

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR HACMİN GÜNIŞİĞİ KARAKTERİSTİĞİNİN ÇIKARILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Nagehan Fatma GÖÇEK

Anabilim Dalı : Elektrik Mühendisliği

Programı : Elektrik Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Dilek ENARUN

HAZİRAN 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR HACMİN GÜNEŞİĞİ KARAKTERİSTİĞİNİN ÇIKARILMASI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Nagehan Fatma GÖÇEK
(504061018)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Mayıs 2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 08 Haziran 2010

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Dilek ENARUN (İTÜ)

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. F. Rengin ÜNVER (YTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Ramazan ÇAĞLAR (İTÜ)**

HAZİRAN 2010

Anneme, babama ve kardeşlerime,

ÖNSÖZ

Bu tezi yapmamda bana imkân sağlayan ve desteğini hiç esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Dilek ENARUN'a,

Çalışmalarına katkıda bulunan ve gönülden destek olan Araştırma Görevlisi arkadaşlarım Suna BOLAT'a, Lale ERDEM'e, A. Kubilay Atalay'a, Duygu BAYRAM'a ve arkadaşım Sanver GÖZEN'e,

Eğitim hayatım boyunca bana sonsuz destek olan babama, her zaman yanımda olan anneme ve kardeşlerime gönülden teşekkür ederim.

Haziran 2010

Nagehan Fatma GÖÇEK
(Elektrik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. DOĞAL IŞIK VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ	3
2.1 Doğal Işık Kullanımı.....	3
2.2 İç ve Dış Aydınlik Düzeyleri	4
2.3 Doğal Işık Enerji Verimliliğine Katkısı	6
3. ÇALIŞMADA KULLANILAN ASTRONOMİK BÜYÜKLÜKLER	9
3.1 Zenit Açısı (Θ_z)	10
3.2 Enlem Açısı (Φ)	10
3.3 Güneşin Deklinasyon Açısı (δ)	11
3.4 Zaman Açısı (ω)	12
3.5 Güneşin Yükseklik Açısı (α)	13
3.6 Güneşin Azimut Açısı (ψ)	14
4. 2002-2004 YILLARI ARASINDA YAPILMIŞ OLAN DENEYSEL ÇALIŞMA.....	15
4.1 Deney Düzenekinin Tanıtımı	15
4.1.1 Test odası	16
4.1.2 Referans oda.....	17
4.2 Verilerin Alınması.....	19
5. GÜNEŞİĞİ KARAKTERİSTİĞİNİN ÇIKARILMASI.....	21
5.1 Verilerin Hazırlanışı.....	22
5.2 Referans Oda – Güneşli İlişkisi	30
5.3 Referans Oda - Güneş Işınları Geliş Açılarının Hesabı	36
5.4 Referans Oda – Güneş Işınlarını Direkt Geldiği Zamanların Hesabı.....	39
5.5 Güneşli Karakteristiğinin En Küçük Kareler Yöntemi ile İkinci Derece Polinom Olarak Çıkarılması.....	55
6. GÜNEŞİĞİ KAREKTERİSTİĞİNİN YAPAY SİNİR AĞI İLE BELİRLENMESİ.....	67
6.1 Yapay Sinir Ağları	67
6.2 Genelleştirilmiş Regresyon Ağı	68
6.3 Uygulama	69
6.4 İki Farklı Yöntem ile Çıkarılan Karakteristiklerin Hata Oranlarının Karşılaştırılması	77

7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR.....	83
EKLER.....	85

KISALTMALAR

GF	: Günüşığı faktörü
EIB	: Integral tipi bir kontrol sistemi - European instrabus
GRN	: Genelleştirilmiş regresyon ağları - Generalized regression network
YSA	: Yapay sinir ağı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Deney düzeneğinden alınan örnek veriler, (01.06.2003)	20
Çizelge 5.1 : Çalışmada kullanılan örnek veriler, (01.06.2003).....	23
Çizelge 5.2 : Çalışmada kullanılan 2002-2004 yılları arasındaki deney verileri.....	24
Çizelge 5.3 : Lambanın açıldığı örnek bir güne ait veriler, (02.06.2009)	29
Çizelge 5.4 : Tüm verilerin bir araya getirildiği matris, (01.01.2004)	38
Çizelge 5.5 : Yükseklik Açısı $< 10^\circ$ olan değerlerin veri kümesinden çıkarılması, (01.12.2003)	42
Çizelge 5.6 : Güneşin geliş açısı ($\mathcal{K}$)’nın veri kümesinde gösterilişi, (02.12.2003) .	44
Çizelge 5.7 : En küçük kareler yöntemine göre hesaplanan karakter fonksiyonları ve bağıl hata oranları	66
Çizelge 6.1 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişliği (Ocak.2004)	70
Çizelge 6.2 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Direkt Günişliği (Ocak.2004)	71
Çizelge 6.3 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişliği (Şubat.2004)	71
Çizelge 6.4 : : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Direkt Günişliği (Şubat.2004)	71
Çizelge 6.5 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişliği (Mart.2004)	72
Çizelge 6.6 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişliği (Nisan.2004)	72
Çizelge 6.7 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişliği (Mayıs.2004).....	72
Çizelge 6.8 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişliği (Haziran.2003)	73
Çizelge 6.9 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişliği (Temmuz.2003)	73
Çizelge 6.10 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişliği (Ağustos.2003)	73
Çizelge 6.11 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişliği (Eylül.2003)	74
Çizelge 6.12 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişliği (Ekim.2003)	74
Çizelge 6.13 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Direkt Günişliği (Ekim.2003)	74
Çizelge 6.14 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişliği (Kasım.2003)	75

Çizelge 6.15 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Direkt Güneşliği (Kasım.2003)	75
Çizelge 6.16 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Güneşliği (Aralık.2003)	75
Çizelge 6.17 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Direkt Güneşliği (Aralık.2003)	76
Çizelge 6.18 : İki farklı yöntem ile bulunan hata oranları	77

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Bir hacmin günışığı faktörü bileşenleri	5
Şekil 3.1 : Dünyanın eksen eğikliği	9
Şekil 3.2 : Zenit açısı	10
Şekil 3.3 : Enlem açısı	11
Şekil 3.4 : Deklinasyon açısının yılın günlerine göre değişimi	11
Şekil 3.5 : Zaman açısının gün içindeki değişimi	13
Şekil 3.6 : Güneşin yükseklik ve azimut açısı	14
Şekil 4.1 : İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi kuşbakışı görünüşü ve koordinatları	15
Şekil 4.2 : Test odası	16
Şekil 4.3 : Test odası deney düzeneği	17
Şekil 4.4 : Referans oda	18
Şekil 4.5 : Referans oda deney düzeneği	18
Şekil 4.6 : Referans oda armatür ve algılayıcı planı	19
Şekil 4.7 : Referans oda yan kesit	19
Şekil 5.1 : Bir aya ait başlangıç verileri – Mayıs 2004	25
Şekil 5.2 : Bir güne ait aydınlık düzeyi grafikleri – 01.06.2003: (a) Test odası pencere yüzeyi. (b)Referans oda hacim iç. (c)Referans oda tavandan 1 m uzaklıkta	26
Şekil 5.3 : Lambanın açıldığı örnek bir güne ait aydınlık düzeyi grafikleri, 02.06.2003 (a)Test odası pencere yüzeyi. (b)Referans oda hacim iç. (c)Referans oda tavandan 1m uzaklıkta.	28
Şekil 5.4 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Ocak.2004	30
Şekil 5.5 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Şubat.2004	31
Şekil 5.6 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Mart.2004	31
Şekil 5.7 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Nisan.2004.	32
Şekil 5.8 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Mayıs.2004	32
Şekil 5.9 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Haziran.2003	33
Şekil 5.10 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Temmuz.2003	33
Şekil 5.11 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği– Ağustos.2003	34
Şekil 5.12 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği – Eylül.2003	34

Şekil 5.13 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği – Ekim.2003	35
Şekil 5.14 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği– Kasım.2003.....	35
Şekil 5.15 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği–Aralık.2003	36
Şekil 5.16 : İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi - Referans odanın güneşe yönelişi	37
Şekil 5.17 : Referans odaya ait bir pencerenin boyutları (cm)	39
Şekil 5.18 : Referans oda çalışma düzlemi algılayıcısının pencereleere göre konumunun azimut açıları ile gösterimi	40
Şekil 5.19 : Referans oda kesit – Hacim iç aydınlık düzeyi algılayıcısına gelen maksimum yükseklik açısı	40
Şekil 5.20 : Referans oda – Güneşin geliş açısının 3 boyutlu (3D) gösterimi	43
Şekil 5.21 : Referans oda – Güneş ışınlarının direkt geldiği pencere aralığı.....	46
Şekil 5.22 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin hesaplanması – Ocak.2004	47
Şekil 5.23 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin hesaplanması – Şubat.2004.....	47
Şekil 5.24 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin hesaplanması – Ekim.2003	48
Şekil 5.25 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin hesaplanması – Kasım.2003	48
Şekil 5.26 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin hesaplanması – Aralık.2003	49
Şekil 5.27 : Güneş ışınlarının direkt geldiği zaman aralıklarının hesaplanması, (17.01.2004)	50
Şekil 5.28 : Güneş ışınlarının direkt geldiği zaman aralıklarının hesaplanması, (14.10.2003)	50
Şekil 5.29 : Güneş ışınlarının direkt geldiği kabul edilen zaman aralıkları, (17.01.2004)	51
Şekil 5.30 : Güneş ışınlarının direkt geldiği kabul edilen zaman aralıkları (14.10.2003)	51
Şekil 5.31 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin belirlenmesi – Ocak.2004	52
Şekil 5.32 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin belirlenmesi – Şubat.2004	52
Şekil 5.33 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin belirlenmesi – Ekim.2003.....	53
Şekil 5.34 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin belirlenmesi – Kasım.2003	53
Şekil 5.35 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin belirlenmesi – Aralık.2003	54
Şekil 5.36 : Güneş ışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması-Ocak.2004.....	56
Şekil 5.37 : Güneş ışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması - Şubat.2004	57
Şekil 5.38 : Güneş ışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması - Mart.2004	58
Şekil 5.39 : Güneş ışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması - Nisan.2004.....	58
Şekil 5.40 : Güneş ışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması - Mayıs.2004	59
Şekil 5.41 : Güneş ışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması - Haziran.2003	59
Şekil 5.42 : Güneş ışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması - Temmuz.2003.....	60
Şekil 5.43 : Güneş ışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması - Ağustos.2003	60
Şekil 5.44 : Güneş ışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması - Eylül.2003	60
Şekil 5.45 : Güneş ışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması - Ekim.2003	61
Şekil 5.46 : Güneş ışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması - Kasım.2003.....	63
Şekil 5.47 : Güneş ışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması - Aralık.2003	64
Şekil 6.1 : Basit bir nöronun yapısı	68

SEMBOL LİSTESİ

E_i	: Hacim içerisinde çalışma düzleminde belirli bir noktada ölçülen aydınlık düzeyi
E_D	: Hacim dışında engellerin olmadığı durumda bir noktada ölçülen aydınlık düzeyi
E_G	: Gök ışığından kaynaklanan aydınlık düzeyi
E_{DY}	: Dış ortamdaki yansılardan kaynaklanan aydınlık düzeyi
E_{IY}	: İç ortamdaki yüzey yansımalarından kaynaklanan aydınlık düzeyi
Θ_z	: Zenit Açısı
Φ	: Enlem Açısı
δ	: Güneşin Deklinasyon Açısı
Γ_D	: Hesaplanan günün yılın kaçınıcı günü olduğunu gösterir
ω	: Zaman Açısı
ω_s	: Güneşin doğuş anında Zenit açısının $\theta_z = 90^\circ$ iken zaman açısı hesaplanması
α	: Güneşin Yükseklik Açısı
ϕ	: Enlem Açısı
ψ	: Güneşin Azimut Açısı
$\mathcal{K}$	: Güneş Işınlığının Geliş Açısı
d	: Gün
h	: Saat
min	: Dakika
E_{tver}	: Test odası pencere yüzeyi düşey aydınlık düzeyi
E_{thor}	: Test odası hacim iç yatay aydınlık düzeyi
E_{rhor}	: Referans oda hacim iç yatay aydınlık düzeyi
E_{rLMhor}	: Referans oda tavandan 1 m uzaklıktaki yatay aydınlık düzeyi
U_{tkon}	: Kontrol gerilimi
VAR_t	: Test Odası Varlık Sensörü
VAR_r	: Referans Oda Varlık Sensörü
σ	: Kullanıcı tarafından belirlenen yumuşatma parametresi
x	: Ağ girişi
y	: Ağ çıkışı

BİR HACMİN GÜNIŞIĞI KARAKTERİSTİĞİNİN ÇIKARILMASI

ÖZET

Bir hacimde aydınlatma için harcanan elektrik enerji tüketiminin azaltılmasında kullanılabilecek en geçerli yöntemlerden biri doğal ışığın kullanımını arttırmaktır. Özellikle gündüz kullanılan hacimlerde aydınlatma, enerji tüketiminin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu çalışmada mevcut bir hacmin doğal ışığı nasıl kullandığı karakterize edilmiştir. Bir hacmin günüışığı karakteristiğinin belirlenmesi, o hacimde kullanılacak en uygun aydınlatma sisteminin belirlenebilmesi anlamına gelir.

Bu çalışmada ilk olarak doğal ışığın gündüz kullanılan hacimlerde alternatif bir ışık kaynağı olarak kullanımının, kullanıcı memnuniyetini arttırdığı ve hacmin enerji performansına katkı sağladığı anlatılmıştır. Mevcut bir hacimde dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyini bulabilmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntem olan günüışığı faktörü tanımlanmıştır.

Bir hacmin günüışığı karakteristiği hacmin güneşe yönelişi, koordinatları, deniz seviyesinden yüksekliği ve hacmin içine direkt ulaşan güneş ışınları ile doğrudan ilişkilidir. Üçüncü bölümde bu çalışmada karakteristiği çıkarılmış olan hacme gelen güneş ışınlarının hesaplanmasında kullanılan güneş açılarının tanımları ve formülleri verilmiştir.

Bu tez çalışmasında 2002-2004 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesinin yanyana bulunan iki ofis odasında yapılan bir deneyden elde edilen aydınlık düzeyi ölçümleri üzerinde çalışılmıştır. Dördüncü bölümde bu deney düzeneği tanıtılmış, deneyde alınan ve bilgisayar ortamına aktarılan veriler ile ilgili bilgi verilmiştir. Bu çalışmada veri kümesi içindeki doğal aydınlık düzeyi verileri ile deney ofislerinden birinin günüışığı karakteristiği çıkarılmıştır.

Mevcut hacmin karakteristiğinin çıkarılmasında öncelikle, deneyden elde edilen doğal aydınlık düzeyi verilerinin tamamen gün ışığı değerlerini içermesi için aralarından yapay aydınlatmanın etkilediği tespit edilen veriler çıkartılmıştır. Tamamen günüışığı verileri ile grafik haline getirilen dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiğinde kimi aylarda beklenen karakteristik şekilden farklı bir sapma gözlenmiştir. İç aydınlık düzeyi değerlerinin çok yükseldiği bu sapmadan kaynaklanan ikinci karakteristiğin nedenini belirlemek için hacmin içine direkt gelen güneş ışınlarının açısal değerleri hesaplanmıştır. Açısal değerler ile ölçüm yapılan değerler karşılaştırılmış ve ikinci karakteristiğin, hacmin güneş ışınlarını direkt olarak almasından kaynaklandığı ortaya konmuştur. Bu hesaplamalar sonucunda bazı aylarda iki farklı karakteristik izleyen hacmin günüışığı karakteristiği en küçük kareler yöntemi ile ikinci derece bir polinom olarak ifade edilmiştir.

Karakter fonksiyonunun çıkarılmasında hata oranının düşük olması istenmektedir. Son bölümde, dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği, hata oranını düşüreceği öngörülen, yapay sinir ağları ile hesaplanmıştır. Genelleştirilmiş regresyon ağı ile çıkarılan karakter fonksiyonunun hata oranları, en küçük kareler

yöntemi ile hesaplanan ikinci derece polinomun hata oranları ile karşılaştırılmıştır. Hata oranı hesabında her iki yöntemde de mutlak bağıl hata hesabı yapılmıştır.

Bu çalışmada, bir hacmin dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiğinin çıkarılmasında iç aydınlık düzeyi verileri, hacim içindeki bir noktada bulunan algılayıcıdan, dış aydınlık düzeyi verileri ise hacmin yan odasında pencerenin iç yüzeyinde bulunan algılayıcıdan alınmıştır. Çıkarılan karakteristikler sonucunda iki algılayıcıdan elde edilen veriler arasında bir korelasyon sağlandığı gözlenmiştir. Böylece bir binada, odaların içinde ölçülen aydınlık düzeyi verileri ile bina dışında tek bir noktadan alınan dış aydınlık düzeyi verisi arasında korelasyon sağlandığı sürece odaların genişliği karakteristikleri çıkarılabilir. Bir hacmin genişliği karakteristiği belirlendikten sonra hacmin aydınlatma sisteminin kontrolü hacim içinde hiçbir algılayıcı kullanmadan, sadece bir dış aydınlık düzeyi algılayıcısı ile otomatik olarak yapılabilir.

DETERMINATION OF INTERIOR DAYLIGHT CHARACTERISTIC

SUMMARY

One of the most efficient methods in reducing the electrical energy consumption of an interior lighting system is to increase the utilization of natural light. Lighting constitutes a significant portion of the energy consumption in interiors that are particularly used during the day. In this study, the utilization of natural light in an existing interior has been characterized. Determination of interior daylight characteristics enables the determination of the most convenient lighting system for that interior.

Firstly, this study describes that the utilization of daylight as an alternative light source in the interior increases user satisfaction and contributes to the energy performance of the interior. The most common method used to determine the interior illuminance level due to exterior illuminance level, which is the Daylight Factor, is described in the second chapter.

The daylight characteristic of an interior is directly related to the location of the interior according to the sun, its coordinates, altitude and sunlight directly reaching the interior. In chapter three, calculated sun angles of the characterized interior are defined and the formulas for these calculations are given.

The illuminance level data used in this study has been obtained from an experiment carried out in two adjacent offices at Istanbul Technical University's Electrical and Electronic, during the years of 2002-2004.. In chapter four, the setup of this experiment is explained and the data set of the measured values from the experiment, which have been transferred to the computer, is given. In this study, the daylight characteristic of one of the office rooms used in the experiment has obtained by the natural lighting levels taken from this data set.

Before the characterization process for the existing interior, the natural illuminance levels obtained from the experiment were meticulously examined to make sure that they only contained daylight values and through this analysis, the values in which artificial lighting had affected daylight levels, were removed. The interior illuminance level characteristic is drawn according to the exterior illuminance level solely with the sunlight data for every month of the year. In some months, the shape of the characteristic curve deviates from the expected curve. In order to determine the reason of the second characteristic curve, which originates from this deviation of high interior illuminance level values, the angles of direct sunlight in the interior are calculated. The angle values and the measured values are compared and it is proven that this second characteristic results from direct sunlight entering the interior. According to these calculations, a curve fitting method, which is commonly used and calculated by the least square method, is used in order to find the characteristic functions of the months as a second order polynomial.

In obtaining the characteristic function, it is desired to obtain a small error value. In the last chapter, in order to minimize the error rates of the characteristic function, artificial neural networks have been used to calculate the interior illuminance level characteristic according to the exterior illuminance level. After this calculation, the error ratios of two methods used in this study are compared. Mean absolute relative errors are calculated for both methods.

In this study, for obtaining the interior illuminance level characteristic in relation to the exterior illuminance level, interior illuminance levels have been recorded from a sensor in the interior, and exterior illuminance levels have been taken from a sensor placed in the next room, on the inner surface of a window. As a result of the characteristics obtained, it can be seen that the data from these two sensors are correlated. Thus, in a building, if the measured interior illuminance levels have a correlation with the exterior illuminance levels measured on a single point on the exterior of the building, then the daylight characteristics of these interiors can be calculated. After the daylight characteristic of an interior has been determined, the control of the lighting system can be performed automatically without using any sensors.

1. GİRİŞ

Yerleşik yaşamın bir parçası olan aydınlatma, teknolojik gelişmelerden hızlı bir şekilde etkilenmekte, elektrik enerjisinde yaşanan krizlerden dolayı enerji verimi daha yüksek elemanların ve sistemlerin uygulaması artmaktadır. Aydınlatma her hacmin temel ihtiyacıdır ve o hacimdeki temel enerji tüketicilerinden biridir. Gerekli ve yeterli aydınlatma koşullarının sağlanması kullanıcıların sağlığı açısından çok önemlidir. Hem kullanıcının ihtiyacını tam olarak karşılamak hem de teknolojik gelişmeler ile güncellenebilir bir aydınlatma sistemi kullanmak enerji-etkin bir uygulamadır.

Endüstriyelleşen toplumların önemli bir bölümü hayatlarını ofislerde çalışarak geçirmektedirler. Ofis aydınlatmasının en önemli işlevi çalışanların gerekli ve yeterli ışık koşulları altında işlerini rahatlıkla ve güven içinde yapmalarını sağlamaktır. Ofis aydınlatmalarında kaliteli bir aydınlatmanın sağlanmasında enerji-etkin aydınlatma sistemlerinin kullanılması yaygınlaşmaktadır. Günümüzde enerji-etkin uygulamaların bir çoğunda yenilenebilir enerjiyi sistemleri kullanılmaktadır. Bir aydınlatma sisteminde ise en temel yenilenebilir enerji güneş enerjisidir. Bir hacimde günışığından maksimum seviyede yararlanılarak aydınlatmaya ait enerji tüketimini minimum seviyeye indirmek mümkündür. Bu hesaplamalar hacmin mimari tasarımı ile başlar, kullanılacak aydınlatma sisteminin verimi ve kontrol özelliklerinin belirlenmesi ile sürdürülür.

Bir hacmin doğal ışık ile olan etkileşimi, o hacmin günışığı karakteristiğini belirler. Bu çalışmada mevcut bir ofisin günışığı karakteristiği incelenmiştir. Bu ofis, İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesinde 2002-2004 yılları arasında yapılan bir deneyde kullanılan iki ofisten biridir. Bu deneyde biri aydınlatma otomatik kontrol sistemi içeren, diğeri içermeyen fakültenin iki ofisine ait aydınlık düzeyi değerleri ölçülmüş ve veriler gün, saat ve dakika olarak iki dakikada bir saklanmıştır. Bu ölçüm değerleri arasından doğal aydınlık düzeyi değerleri alınarak otomatik kontrol sistemi içermeyen ofisin günışığı karakteristiği çıkarılmıştır.

Bu çalışmanın amacı; dış ortamın doğal aydınlık düzeyine bağlı, hacmin iç kısmının doğal aydınlık düzeyi karakteristiğini çıkarmaktır. Karakter fonksiyonu analizi için farklı yöntemler ile çalışılarak hata oranı düşürülmeye çalışılmıştır.

Güneş ışınlarının yeryüzüne gelişini etkileyen en önemli faktörler dünyanın günlük ve yıllık hareketlerinden kaynaklanan güneş ışınlarının yeryüzüne düşme açısı, dünyanın şekli ve bulunulan yerin enlemi, deniz seviyesinden yüksekliği, anlık değişen hava koşullarına karşı havada meydana gelen kirlilik, toz ve nem miktarıdır. Bu faktörler göz önüne alındığında güneş ışınlarının yeryüzüne geliş açıları dışındaki faktörleri bir hesap yöntemi ile belirlemek zordur.

Bu çalışmada dış yansımaların miktarının ve iç hacmin şeklinin değişmediği varsayılarak doğal aydınlık düzeyi ölçümleri ile çıkarılan dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiğinde ölçüm alınan noktalar arasında bir korelasyon sağlandığı ortaya konulmuştur. Yılın her ayı için grafik ile gösterilen karakteristiklerin ne gibi faktörlerden etkilendiği öngörülerek, hesaplanabilir bir faktör olan güneş ışınlarının hacime geliş açıları bulunmuştur. Günışığı karakteristiği iki farklı yöntem ile çıkarılan ayların, karakter fonksiyonu hata oranlarının, ikinci hesap yönteminde ilkinin göre daha düşük çıktığı gözlenmiştir.

Bu tez çalışmasında, günışığı karakteristiğinin çıkarılmasında karakteristiği çıkarılan odanın iç kısmında bir noktadan alınan ölçümler ile yan oda pencere iç yüzeyinden alınan ölçümler arasında bir korelasyon sağlanmıştır. Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği çıkarılan odanın, dış aydınlık düzeyi değerlerinin yan oda pencere yüzeyinden alınması karakteristiğin belirlenmesine engel olmamıştır. böylece bir hacmin dış aydınlık düzeyini ölçen tek bir algılayıcı ile kurulacak korelasyon ile her bir odanın günışığı karakteristiği çıkarılabilir ve daha sonra her odanın aydınlatma sisteminin sadece dış aydınlık düzeyini ölçen tek bir algılayıcı ile kontrol edilebilir.

2. DOĞAL IŞIK VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Aydınlatma sistemleri gün içerisinde en fazla ticari ve kamu binalarında kullanılmaktadır. Ofis aydınlatmalarında amaç iş verimini ve iş hacmini arttırmaktır. Ofis ortamındaki iyi bir aydınlatma, görme koşullarının tam olarak sağlanması ile elde edilir. Çalışma saatlerinin uzunluğu, aydınlatmaya harcanan elektrik enerjisini de arttırmaktadır. Çözüm, enerji kullanımını minimum seviyede tutarak maksimum iş veriminin alınacağı aydınlık düzeyleri ve parıltı dağılımlarını oluşturmaktır [1]. Doğru ve verimli bir ofis aydınlatması için aydınlatma kriterleri ve ekonomik kriterler birlikte ele alınmalıdır.

Ofisler genellikle gündüz çalışılan hacimler olduklarından, maksimum verim için, yapay aydınlatmanın doğal aydınlatmaya bağlı kontrolü ile büyük enerji tasarrufları elde edilebilir [2].

2.1 Doğal Işığın Kullanımı

Doğal ışık, bir hacmin iç mimarisinin algılanmasında rol oynayan en önemli etkenlerden birisidir. Bu etkenin doğru kullanılması ise sadece kullanıcı memnuniyetini değil, aynı zamanda yürütülmesi gereken eylemlerin verimli ve etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini de sağlar [3].

Güneşiğine bağlı görsel konforun sağlanmasında dikkat edilmesi gereken başlıca hususlar doğal aydınlık düzeyi değerleri, parıltı dağılımı, kamaşmanın önlenmesi, ışığın yönlendirilmesi ve gölgelemedir [4]. Bir hacmin doğal aydınlatmasına bağlı karakterinin belirlenmesinde bir yöntem oluştururken, öncelikle gün ışığı ışık şiddetinin gün boyunca değişik seviyelerde olduğu göz önüne alınarak mevsim, gün, saat, güneşin konumu, hacmin koordinatları ve meteorolojik durum gibi değişkenler incelenir. Sonrasında gün ışığının hacmin iç kısımlarına ulaşabilme özelliğini tanımlayabilmek için binanın yönelişi, pencere boyutları ve konumu, dış engellerin durumu, cam tipi ve referans noktası ile pencere arasındaki mesafelerin de hesaplamaları yapılır. İç ortamın mimarı yapısı ve ortamda bulunan eşyalardan

kaynaklanan yansımalar ve renksel özellikler de günışığının o ortamdaki verimini ve dağılımını etkileyen faktörler arasında hesaba katılır.

Özellikle çalışma ortamlarında günışığı her zaman yeterli bir ışık olmayacak, gün içinde yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulacaktır. Yapay aydınlatmanın kullanımındaki amaç, günışığının yetersiz kaldığı durumları desteklemek olmalıdır[5]. Böylece hem hacim içinde günışığının olumlu etkilerinden kullanıcılar yararlanmış olacak, hem de hacimdeki ışık dağılımı düzgün olarak sağlandığı için gölgelemeler ve kamaşmalar engellenecektir.

2.2 İç ve Dış Aydınlık Düzeyleri

Çalışılan ortamlarda ışık kaynağı olarak günışığı kullanımında yaşanan en büyük sorunlar, kaynağın hacmin dışında yer alması, çok değişken bir ışık şiddetine sahip olması ve çalışma koşulları için yeterli aydınlatmanın sağlanabileceği saatlerin kararlaştırılmasının zor olmasıdır [6].

Bir hacim içerisindeki aydınlık düzeylerinin karakteristiğinin çıkarılmasında en çok kullanılan yöntem iç aydınlık seviyesi ile dış aydınlık seviyesinin birbirine oranlanmasıdır. 1955 yılında kapalı gök tanımının standartlaştırılması ile noktasal hesap yöntemleri tanımlanmaya başlanmıştır.

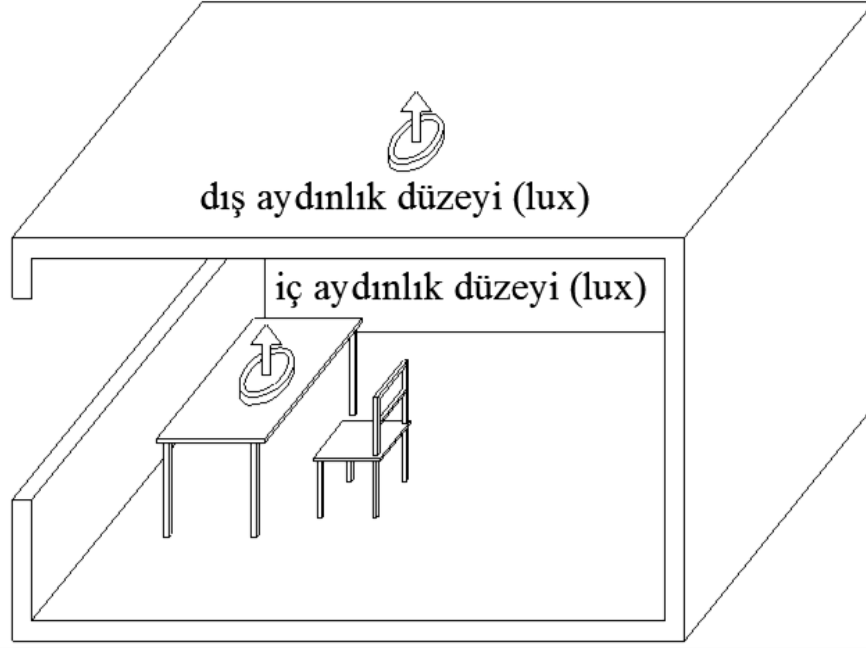
İç ve dış aydınlık düzeyleri arasındaki ilişkiyi belirleyen oran Günışığı Faktörü (GF) olarak tanımlanır ve

$$GF = \frac{\text{İç Aydınlik Düzeyi}}{\text{Dış Aydınlik Düzeyi}} \times 100 = \frac{E_i}{E_D} \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilir [3].

E_i : Hacim içerisinde çalışma düzleminde belirli bir noktada ölçülen aydınlık düzeyi

E_D : Hacim dışında engellerin olmadığı durumda bir noktada ölçülen aydınlık düzeyi



Şekil 2.1 : Bir hacmin günışığı faktörü bileşenleri

Bir hacmin herhangi bir noktasındaki iç aydınlık düzeyini bulmak için üç farklı aydınlık düzey bileşeninin toplanması gerekir [4].

- Gök ışığından kaynaklanan aydınlık düzeyi (E_G): Parıltı dağılımı bilinen gökten, hacim içindeki ölçüm noktasında dolaysız ve tamamen yansısız olarak oluşturduğu aydınlık düzeyidir.
- Dış ortamdaki yansılardan kaynaklanan aydınlık düzeyi (E_{DY}): Gök parıltısının hacim içerisindeki ölçüm noktasına dolaylı olarak dış engellerden yansdıktan sonra ulaşması sonucu oluşturduğu aydınlık düzeyidir.
- İç ortamdaki yüzey yansımalarından kaynaklanan aydınlık düzeyi ($E_{İY}$): Hacim içindeki ölçüm noktasında, günışığının hacmin yüzeylerinden yansıyarak oluşturduğu aydınlık düzeyidir.

Günışığı Faktörü, yukarıda tanımlanan üç aydınlık düzeyi bileşenlerinin Denklem 2.2’de verildiği gibi, dış aydınlık düzeyi bileşeni (E_D)’ne bölümlerinin toplamı olarak ele alınır [3].

$$GB = \frac{E_G}{E_D}$$

$$DYB = \frac{E_{DY}}{E_D}$$

(2.2)

$$İYB = \frac{E_{İY}}{E_D}$$

$$DF = GB + DYB + İYB$$

Günlüğü Faktörünün, bir hacmin günlüğü karakteristiğini belirlemekte kullanılmasının en büyük yararı, bir çok değişkene bağlı olan günlüğünün iç ortamda oluşturacağı aydınlık düzeyi tahminini kolaylaştırmaktır. Dış aydınlık düzeyinin iç ortamda yarattığı aydınlık düzeyi, pencerelerin boyutları, camın optik yapısı, duvarların ve döşemelerin ışık yansıtma katsayıları, meteorolojik etkenler gibi birçok değişkene bağlıdır. Bu etkenlerin bir kısmına ait tam sonuca ulaştıracak bir hesaplama yöntemi bulunmamaktadır.

Bir ortamda günlüğü faktörünü belirlemek için çalışma seviyesi yüksekliğinde belirli bir nokta seçilerek, o noktada yapılan ölçüm iç aydınlık düzeyi olarak hesaba katılır.

2.3 Doğal Işık Enerji Verimliliğine Katkısı

İç hacimlerin aydınlatmasında günlüğü kullanımına ağırlık verilmesi, o hacmin enerji tüketimi ve enerji performansı ile birebir ilişkilidir. Bunun için daha tasarım aşamasında hacimlerin doğal aydınlatma performansları değerlendirilip, buna uygun sistemler kurulmaktadır.

Bir hacim, sürdürülebilirlik kavramı düşünülerek tasarlanmalıdır. Sürdürülebilirlik kavramı ilk olarak 1712 yılında kullanılmaya başlanmış olsa da, iklim değişiklikleri ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi çevresel faktörlerin hissedilmeye başlandığı son yıllarda daha çok anlam kazanmıştır. Sürdürülebilirlik kısaca, bir toplumun temel kaynaklarını tüketmeden ve çevreyi olumsuz etkilemeden yaşamını ve çalışmasını devam ettirme yeteneğidir [7]. Enerjinin değerinin yüksek olduğu günümüzde, yenilenebilir enerji kaynakları ile sürdürülebilir enerji sistemlerinin uyumlu bir şekilde çalışması önem kazanmaktadır. Sürdürülebilir bir enerji sisteminde doğal ve

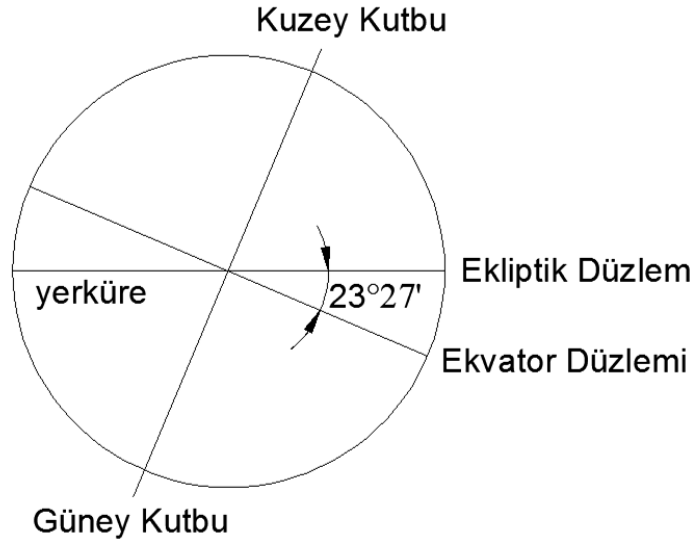
yapay kaynakların ortak kullanımı sağlanmakta, böylece minimum enerji tüketimi ile enerji-etkin bir sistem oluşturulmaktadır.

Doğal aydınlatmaya bağlı dinamik sistemler hem görsel hem de ısı konforu sağlamakta, aynı zamanda enerji tüketimini de azaltmaktadır. Güneş ışınlarının, bir hacmin bağlı olduğu sisteme dâhil edilmesi o sisteme hem ışık hem de ısı kaynağı sağlanmasının yanında, bunun mevsimlere ve iklim koşullarına bağlı verimli bir şekilde kullanımı ise sürdürülebilir bir enerji sisteminin alt yapısını oluşturmaktadır.

Bir hacmin en temel günüşiği aydınlatma elemanı, pencereleri olarak kabul edilir. İç hacmin özellikleri ve kullanılan malzemeler hesaba katılarak, o hacmin günüşiği karakteristiği hesaplanır. Eğer mevcut bir yapı var ise mümkün olan en yüksek seviyede günüşiği, aydınlatma sistemi içine dahil edilerek sistemin verimi maksimum seviyeye çıkarılır. Mimari bir proje üstünde yapılacak hesaplamalar ile mevcut yapılardan çok daha fazla verim elde edilebilir. Böylece, bina veya hacmin koordinatlarına ve konumuna en uygun pencere sistemleri ve bunları destekleyen kontrol edilebilir yapay aydınlatma sistemleri henüz tasarım aşamasında belirlenmiş olur.

3. ÇALIŞMADA KULLANILAN ASTRONOMİK BÜYÜKLÜKLER

Dünya güneşin etrafında ekliptik bir yörüngede dönmektedir ve bu yörüngenin oluşturduğu düzleme ekliptik düzlem denir. Dünyanın ekvator düzlemi ile bu ekliptik düzlem arasında Şekil 3.1’de verildiği gibi $23,5^\circ$ fark vardır. Ayrıca dünya kendi kutup eksenini etrafında da dönmektedir. Bu dönüş hareketi sonucunda güneş ışınlarının dünya üzerinde belirli bir noktaya geliş açısı da değişmekte ve mevsimsel farklılıklar meydana gelmektedir.



Şekil 3.1 : Dünyanın eksen eğikliği

Güneş açıları, yeryüzündeki herhangi bir noktanın güneş ışınlarını alma durumunu, o noktanın koordinatlarına, konumuna, güneşe yönelişine ve saatine bağlı olarak, trigonometrik yöntemlerle belirlenmesini sağlar. Bu çalışmada deneyin gerçekleştirildiği binanın yerküre üzerindeki koordinatları ve binanın yönelişine göre deney odalarına gelen güneş açılarının hesabı MATLAB paket programı ile hesaplanmıştır.

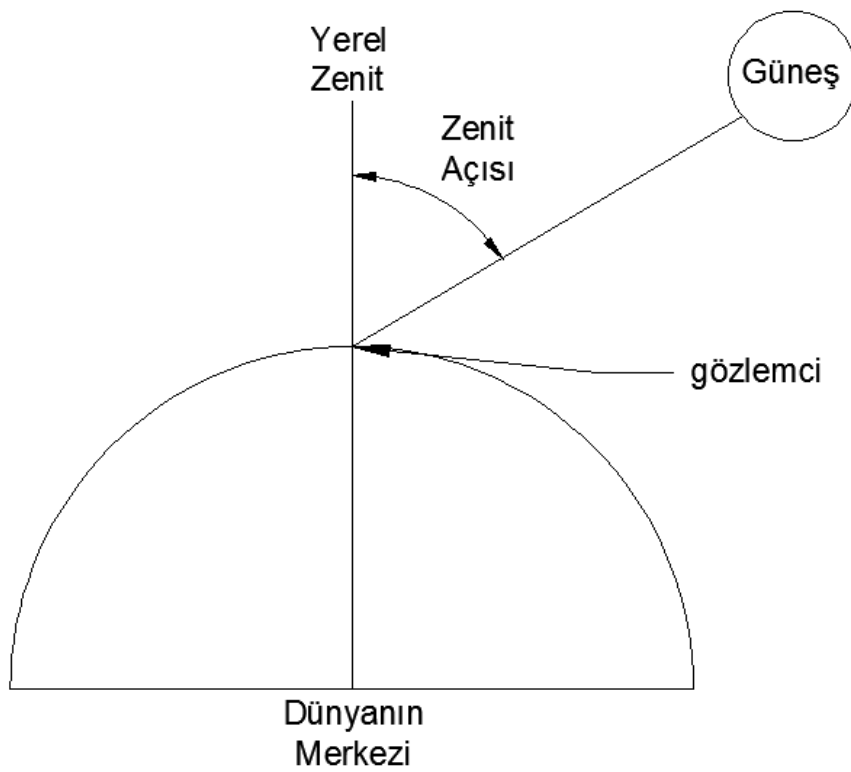
Dünyayı bir kürenin tam merkezinde ve güneşi de o kürenin çeperi üzerinde herhangi bir noktada düşünerek güneşe ilişkin açılar tanımlanır [8].

3.1 Zenit Açısı (Θ_z)

Ekliptik düzleme dik ve dünyanın merkezinden geçtiği düşünülen doğru Yerel Zenit olarak adlandırılır. Zenit mesafesi olarak da adlandırılan Zenit Açısı ise Şekil 3.2’de verildiği gibi, gözlemcinin dünya üzerinde bulunduğu nokta ile güneşin merkezi arasındaki doğru ve Yerel Zenit arasındaki açıdır. Derece cinsinden ifade edilir ve 0° ile 90° arasında değişir [8].

$$\theta_z = \arccos((\sin \delta * \sin \phi) + (\cos \delta * \cos \phi * \cos \omega)) \quad (3.1)$$

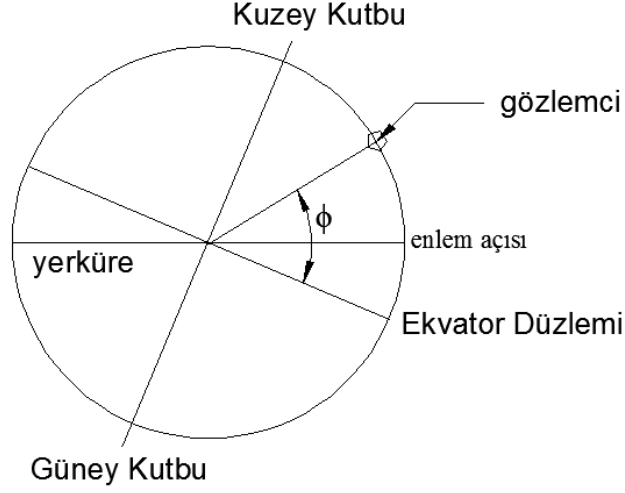
formülü ile hesaplanır.



Şekil 3.2 : Zenit açısı

3.2 Enlem Açısı (Φ)

Gözlemcinin bulunduğu noktanın ekvator düzlemi ile yaptığı açı enlem açısıdır. O noktanın koordinatında belirtilen enlem değerinin derece cinsinden ifade edilmesidir. Şekil 3.3’deki gibi kuzey yarım kürede bulunan bir gözlemci için hesaplanırken pozitif olarak alınır.

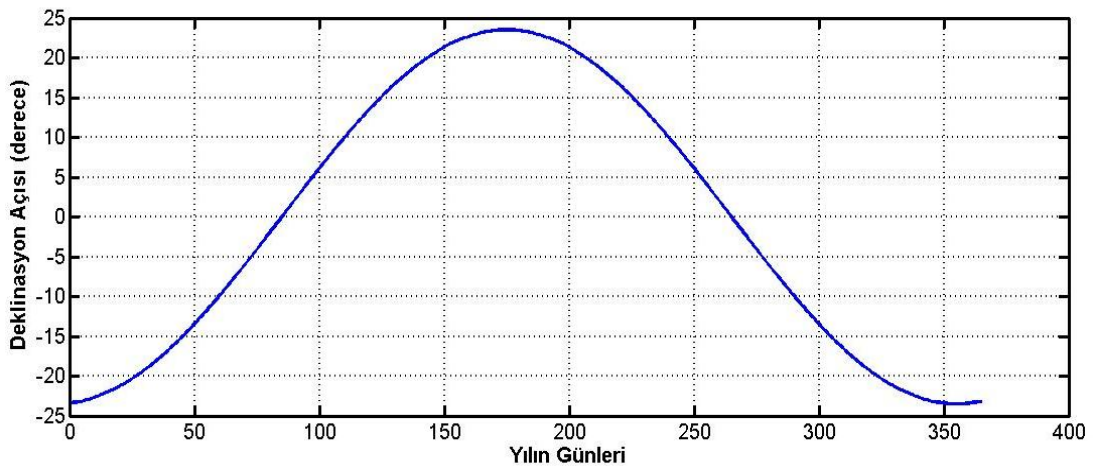


Şekil 3.3 : Enlem açısı

3.3 Güneşin Deklinasyon Açısı (δ)

Güneşin deklinasyon açısı, yılın her günü değişen bir açıdır. Güneş ve dünyanın merkezlerini birleştiren çizgi ile ekvator düzlemi arasında kalan açı olarak tanımlanır. Şekil 3.4’de bir yıl boyunca günlere bağlı değişimi gösterilmektedir.

Dünyanın güneşin etrafında dönerek oluşturduğu ekliptik alana dik durmaması ve kutup ekseninin 23.5° bu alanın normaline göre eğik olması nedeniyle dünya üzerinde güneş ışınlarını dik alan noktalar sürekli değişmekte ve bunun sonucunda mevsimsel farklılıklar oluşmaktadır. Bunu en iyi açıklayan deklinasyon açısının günlere göre değişimini gösteren grafikdir. Yaz gün dönümü olan 21 Haziran’da $+23.5^\circ$, kış gündönümü olan 21 Aralık’a ise -23.5° ’dir [8].



Şekil 3.4 : Deklinasyon açısının yılın günlerine göre değişimi

Güneşin deklinasyon açısının tam olarak hesaplanmasına ilişkin bir çok denklem vardır. Bunlardan biri Spencer'ın ortaya koyduğu ve maksimum hatanın 0.0006 radyandan küçük olduğu aşağıdaki denklemdir. Γ_D , hesaplanan günün yılın kaçınıcı günü olduğunu gösterir.

$$\Gamma = 2 * \pi * \Gamma_D / 365 \quad (3.2)$$

olmak üzere, deklinasyon açısı,

$$\begin{aligned} \delta = & (0.006918 - 0.399912 * \cos \Gamma + 0.070257 * \sin \Gamma - 0.006758 * \cos 2\Gamma \\ & + 0.000907 * \sin 2\Gamma - 0.002697 * \cos 3\Gamma + 0.00148 * \sin 3\Gamma) * (180/\pi) \end{aligned} \quad (3.3)$$

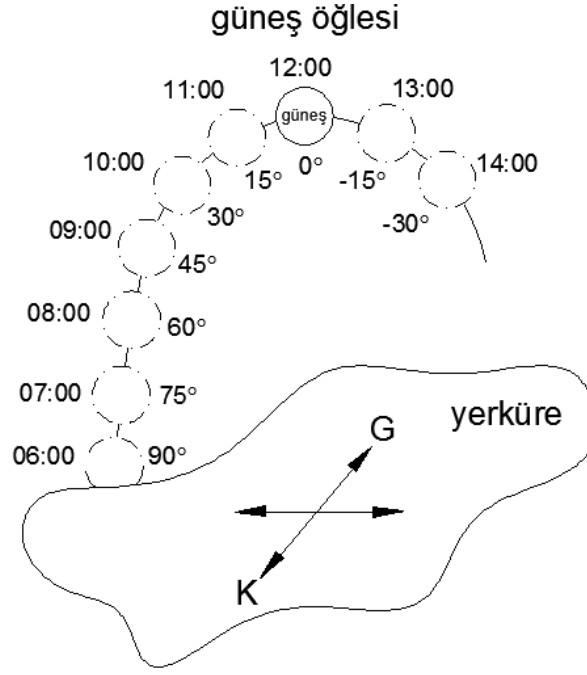
formülü ile hesaplanır [8].

3.4 Zaman Açısı (ω)

Zaman açısı, dünyanın bir gün içinde dönerek kat ettiği açısal mesafedir. Dünya üzerindeki bir noktanın zaman açısını hesaplarken, o noktanın bulunduğu meridyene güneşin dik olarak geldiği zaman başlangıç olarak alınır. Gün ortası olan saat 12:00'de zaman açısı 0.00°'dir.

Yerel zamanın gün ortasından önce olması durumunda zaman açısı pozitifdir, öğleden sonra ise negatiftir. Güneşin yerel meridyenin doğusunda ve batısında yaptığı açısal harekette her saat 15°'dir. Örneğin; sabah saat 09:30'da, yani gün ortasından 2.5 saat önce, zaman açısı 37.5°'dir [8].

$$\cos \theta_z = (\sin \delta * \sin \phi) + (\cos \delta * \cos \phi * \cos \omega) \quad (3.4)$$



Şekil 3.5 : Zaman açısının gün içindeki değişimi

Güneşin doğuş anında Zenit açısının $\theta_z = 90^\circ$ iken zaman açısı hesaplanması(ω_s);

$$\cos 90^\circ = 0 = (\sin \delta * \sin \phi) + (\cos \delta * \cos \phi * \cos \omega_s)$$

$$\cos \omega_s = -\sin \delta * \sin \phi / \cos \delta * \cos \phi \quad (3.5)$$

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \delta * \tan \phi)$$

ω_s aynı zamanda güneşin batış açısına da eşittir. Toplam bir günün uzunluğu zaman açısı olarak $2\omega_s$ 'dir. Saat cinsinden ifade edilirse;

$$N = [2 * \cos^{-1}(-\tan \delta * \tan \phi)] / 15 \quad (3.6)$$

3.5 Güneşin Yükseklik Açısı (α)

Güneşin yükseliş açısı olarak da adlandırılan güneş yüksekliği, gözlemcinin ekliptik düzlemi üzerinde güneşin açısal yükselişini ifade eder. Şekil 3.5'de gösterildiği gibi zenit açısı ile birbirini 90° 'ye tamamlar.

$$\alpha = 90 - \theta_z \quad (3.7)$$

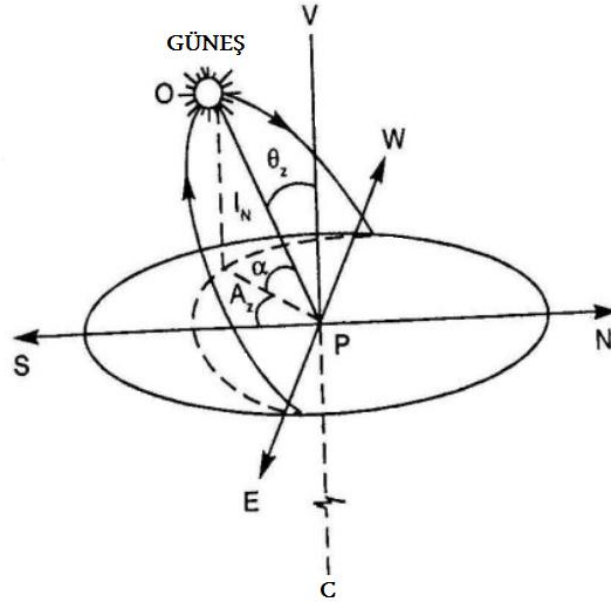
$$\sin \alpha = \cos \theta_z = (\sin \delta * \sin \phi) + (\cos \delta * \cos \phi * \cos \omega) \quad (3.8)$$

α : Güneşin Yükseklik Açısı

δ : Güneşin Deklinasyon Açısı

ϕ : Enlem açısı, derece

ω : Zaman Açısı



Şekil 3.6 : Güneşin yükseklik ve azimut açısı

3.6 Güneşin Azimut Açısı (ψ)

Güneşin azimut açısı, gözlemciden güneşe çekilen çizginin yerküre üzerindeki izdüşümünün, gözlemcinin güneyi ile yaptığı açıdır. Şekil 3.6'de A_z olarak gösterilmiştir. Ufuk açısı olarak da bilinir. Güneşin, gözlemcinin güneyinin, izdüşümü çizginin batısında kalması durumunda pozitif azimut, doğusunda kalmasında ise negatif azimut oluşur.

Aşağıdaki denklem ile Azimut açısı hesaplanır [8]:

$$\cos \psi = (\sin \alpha * \sin \phi - \sin \delta) / (\cos \alpha * \cos \phi) \quad (3.9)$$

α : Güneşin Yükseklik Açısı

ϕ : Enlem açısı, derece

ψ : Güneşin Azimut Açısı, derece

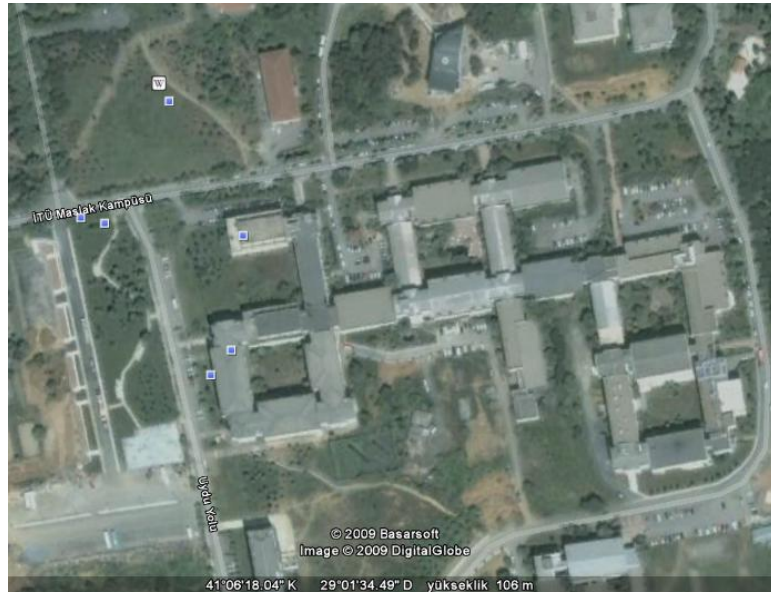
δ : Güneşin Deklinasyon Açısı

4. 2002-2004 YILLARI ARASINDA YAPILMIŞ OLAN DENEYSEL ÇALIŞMA

İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesinde 2002 yılında, Berlin Teknik Üniversitesiyle ortak yürütülen bir çalışma için bir deney düzeneği kurulmuştur. Temmuz 2002 – Eylül 2004 tarihleri arasında iki ofis odasına ait günışığı ve yapay aydınlık düzeyi verileri alınarak enerjiye yönelik ışık verimi üzerinde çalışılmıştır. Bu düzenek sağladığı veriler ile bir çok çalışmaya alt yapı oluşturmuştur.

4.1 Deney Düzeneğinin Tanıtımı

Tez çalışmasında kullanılan veriler İ.T.Ü. Ayazağa Kampüsü Elektrik-Elektronik Fakültesi 3. katında yan yana bulunan iki ofis odasına yerleştirilmiş deney düzeneğine ait algılayıcılardan elde edilen verilerdir. Ofislerden biri Test Odası, diğeri Referans Oda olarak adlandırılmıştır. Yerküre üzerindeki koordinatları Şekil 4.1’de fakültenin kuş bakışı görünüşünde verildiği gibi $41^{\circ}6.3'$ kuzey enlemi ve $29^{\circ}1.46'$ doğu boylamıdır. Konum olarak odaların bakış doğrultusu güneyden 10° doğuya doğrudur.



Şekil 4.1 : İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi kuşbakışı görünüşü ve koordinatları

4.1.1 Test odası

Test odası, otomatik kontrol sistemi ile donatılmış bir aydınlatma sistemi içermektedir. Pencerelerin üst bölümlerine Şekil 4.2’de de görüldüğü gibi bir Işık Rafı Sistemi monte edilmiştir. Bu sistemde test odasının aydınlatmasında doğal ışık ve yapay ışık beraber kullanılmıştır. Endirekt aydınlatma uygulanan bu sistem ile ışık tavana yansıtılarak, ofisin iç bölgelerine ışığın iletimi sağlanmış, bu sayede direkt kamaşma önlenmiştir.

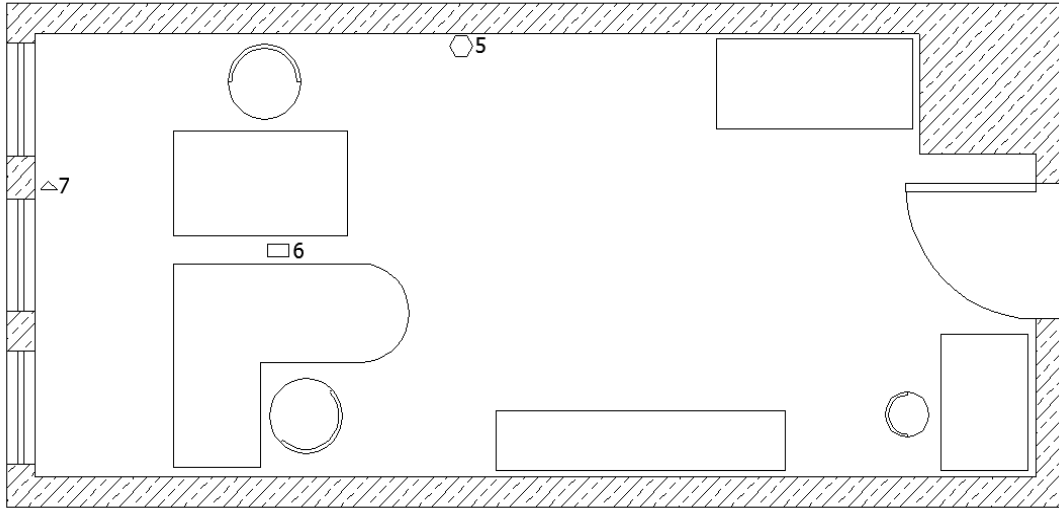
Işık rafı sistemi, çalışma düzleminde istenen aydınlık düzeyini elde etmek için doğal aydınlatmayı sistemin içinde bulunan loşlaştırılabilir floresan lambalar ile desteklemektedir. Sistemin başlıca elemanları 4 adet 80 W’lık Osram marka floresan lamba, 5WG1-4AB02 katalog kodlu Siemens marka 10 A nominal akım ile çalışan loşlaştırılabilir elektronik balast ve EIB Integral tipi bir kontrol sistemi (European Instabus)’dir [9]. Şekil 4.3’de numaralandırılmış olan algılayıcılar deney sisteminin bir parçasıdır ve test odasına ait aydınlık düzeyi ve varlık algılama bilgilerini bilgisayara iletirler.



Şekil 4.2 : Test odası



Şekil 4.4 : Referans oda



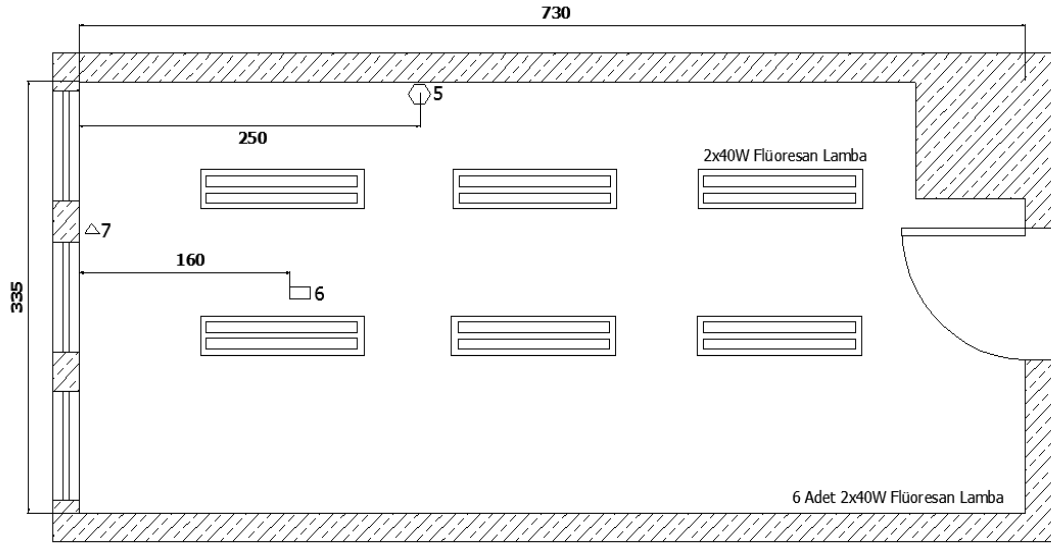
Şekil 4.5 : Referans oda deney düzeneği

5: Lambalara yakın bir yükseklikteki aydınlık düzeyi algılayıcısı

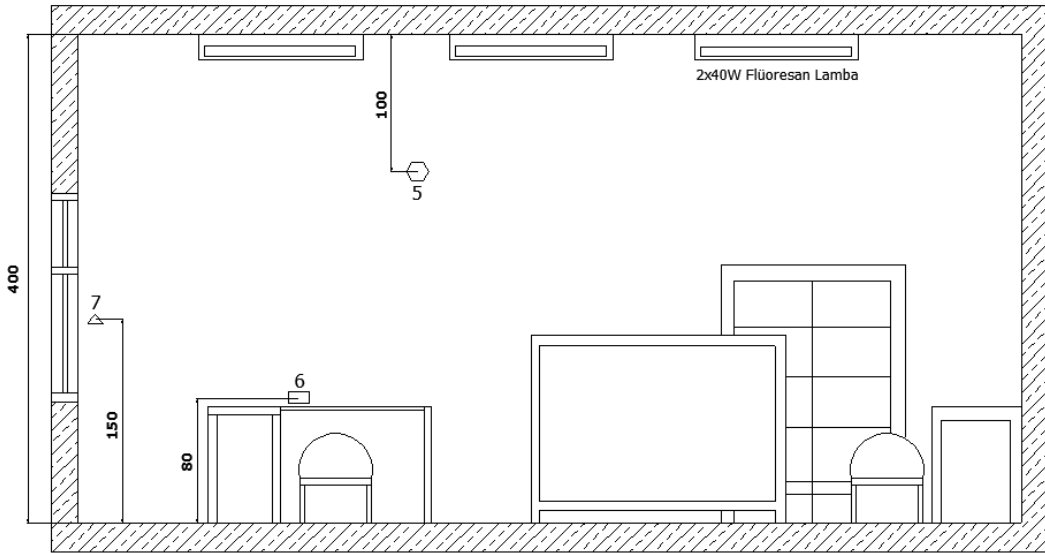
6: Hacim iç aydınlık düzeyi algılayıcısı

7: Hacim içindeki insan varlığı algılayıcısı

Referans odanın, Şekil 4.6 ve 4.7'deki planlarda görüldüğü gibi uzunluğu 7.3 m, genişliği 3.35 m ve tavan yüksekliği 4 m'dir. Duvarlar, tavan, zemin, masalar ve dolapların yansıtma faktörleri sırası ile 0.85; 0.85; 0.14; 0.18; 0.14'dır. Pencere alanı toplam 2.97 m²'dir.



Şekil 4.6 : Referans oda armatür ve algılayıcı planı



Şekil 4.7 : Referans oda yan kesit

4.2 Verilerin Alınması

Deneyde ölçülen ve bilgisayara aktarılan veriler, test odası ve referans oda olarak adlandırılan ofislerdeki algılayıcılardan alınan aydınlık düzeyi ve varlık algılayıcısı verileridir. Temmuz 2002 – Eylül 2004 tarihleri arasında, çalışma saatlerini içine alacak (04:00 – 21:00 saatleri arasında) şekilde Çizelge 4.1’deki gibi her iki dakikada bir algılayıcılardan alınan veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

Çizelge 4.1 : Deney düzeneğinden alınan örnek veriler, (01.06.2003)

Saat	Dakika	Test Odası Pencere Yüzeyi Düşey Aydınlık Düzeyi (lux)	Test Odası Hacim İç Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)	Referans Oda Hacim İç Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)	Referans Oda Tavandan 1 m Uzaklıktaki Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)	Kontrol Gerilimi (V)	Test Odası Varlık Sensörü	Referans Oda Varlık Sensörü
h	min	E_{tver}	E_{thor}	E_{rhor}	E_{rLMhor}	U_{tkon}	VAR_t	VAR_r
...	...	...	...	...	...	...	...	...
11	41	6007	569	933	376	0	0	0
11	43	5956	565	925	375	0,3	0	0
11	45	5926	563	918	373	0	0	0
11	47	5915	562	912	371	0,3	0	0
11	49	5892	561	908	370	0	0	0
11	51	5903	559	904	368	0,3	0	0
11	53	5905	561	671	119	1,2	0	0
11	55	5899	556	901	365	0	0	0
11	57	5878	552	898	362	0	0	0
11	59	5879	551	895	361	0,1	0	0
12	1	5868	548	888	357	0,1	0	0
12	3	5913	549	886	356	0,3	0	0
12	5	5897	544	881	352	0	0	0
12	7	5842	540	872	347	0	0	0
12	9	5817	535	863	345	0,1	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...

5. GÜNIŞIĞI KARAKTERİSTİĞİNİN ÇIKARILMASI

Bu çalışmada amaç, mevcut bir hacmin günüşiğına bağılı karakteristiğinin çıkarılmasıdır. Bir hacmin günüşiğini alma durumu bir çok değışkene bağılıdır. Günüşiğı karakteristiğini ortaya koymak için, 4. Bölümde tanımlanan test odası ve referans odaya ait algılayıcılar ile ölçülerek bilgisayar ortamına aktarılmış verilerin hangi faktörlerden etkilendiğı incelenmiştir.

Dünyanın günlük ve yıllık hareketlerinden kaynaklanan güneş ışınlarının bir hacme geliş açısı, hava koşullarındaki değışimler, hacmin deniz seviyesinden yüksekliğı ve güneşe göre yönelişi gibi faktörler günüşiğinin o hacme ulaşacağı miktarı etkilemektedir. Hacmin güneşe yönelişine göre hesaplanacak olan güneş açıları dışında kalan faktörlerin sayısal yöntemler ile belirlenmesi zordur.

Referans odanın aydınlatma düzeneğı hiçbir otomatik kontrol sistemi içermemektedir. Bu nedenle hacimde yapılan ölçümlerden elde edilen veriler doğal aydınlık düzeyi değıerleri olarak kabul edilmiştir. Algılayıcılardan alınan veriler incelendiğinde, yapay aydınlatmanın kullanımından kaynaklanan istenmeyen ölçümler olduğı fark edilmiştir. Bu istenmeyen ölçümler veri kümesinden çıkarıldıktan sonra hacmin karakteristiğini belirleme çalışmasına başlanmıştır. İstenmeyen ölçümlerin bulunmasında, referans odanın lamba seviyesi aydınlık düzeyi algılayıcısına ait veriler gözönüne alınarak, lambaların açık olduğı zamanlar belirlenmiştir.

Günüşiğı karakteristiğı hesaplamalarında, günüşiğı faktörü adı verilen ve hacim içinde pencerelerden elde edilen iç aydınlık düzeyi değıerinin, hacim dışında günüşiğı engellenmemiş gök koşullarında gerçekleşen dış aydınlık düzeyine oranı kullanılmaktadır. Bu çalışmada hesaplanan günüşiğı karakteristiğı günüşiğı faktöründen yola çıkılarak, hacmin yan pencerelerden aldığı günüşiğinin referans oda içinde bir noktada oluşturduğı aydınlık düzeyi ile, test oda pencere yüzeyinde ölçülen aydınlık düzeyi arasında bir ilişki kurarak elde edilmiştir.

Günişliğin bir hacme ne zaman ve hangi doğrultudan geleceği güneş açıları ile hesaplanır. Güneş açıları, dünyanın güneşin etrafındaki ve kendi etrafındaki dönüşüne göre sürekli değişiklik gösterir. Günişliğin karakteristiği üzerinde etkili olan faktörlerin belirlenmesinde hacmin iç kısmının güneş ışınlarını direkt alışı açıları incelenmiştir. Güneş ışınlarının geliş açıları ile algılayıcılar tarafından ölçülen gerçek aydınlık düzeyi değerleri karşılaştırılarak günişliğin karakteristiği yorumlanmıştır.

5.1 Verilerin Hazırlanışı

Bu çalışmanın amacı, bir hacmin doğal ışığı nasıl kullandığının karakteristik olarak ifade edilmesidir. Bu nedenle deney verileri arasından doğal aydınlık düzeyi ölçümleri alınarak, bir araya getirilmiştir. Referans odaya ait doğal aydınlık düzeyi değerleri olan hacim iç yatay aydınlık düzeyi ve tavandan 1 m uzaklıktaki yatay aydınlık düzeyi verileri ile test odasına ait tek günişliğin verisi olan pencere yüzeyi düşey aydınlık düzeyi verileri günişliğin karakteristiğinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Deney çalışmasında, ofislerdeki algılayıcılar 2002-2004 yılları arasında 2 dakikada bir ölçülen verileri bilgisayara aktarmışlardır. Bu süreçte dış etkenlerden veya algılayıcılardan kaynaklanan nedenlerden dolayı kimi zaman algılayıcılar bir değer ölçmemiştir. Bu ölçüm değeri taşımayan hatalı veriler, 2008 yılında Erva Aksoylu tarafından yazılan yüksek lisans tez çalışmasında ayıklanarak hacimlerin güneşlenme olasılığına bağlı enerji tüketimleri çıkarılmıştır [10].

Bu tez çalışmasının başlangıcında ele alınan ölçümlerden kaynaklanan hatalı verileri içermeyen örnek veriler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 : Çalışmada kullanılan örnek veriler, (01.06.2003)

HAZİRAN AYI - 2003					
Gün	Saat	Dakika	Pencere Yüzeyi Düşey Aydınlık Düzeyi (lux)	Hacim İç Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)	Tavandan 1m Uzaklıktaki Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)
d	h	min	E _{tver}	E _{rhor}	E _{rLMhor}
...	...	...	...	...	...
1	11	15	6672	328	127
1	11	17	5803	293	112
1	11	19	5226	260	101
1	11	21	4801	241	93
1	11	23	4267	211	80
1	11	25	4148	207	74
1	11	27	3637	187	66
1	11	29	3430	176	63
1	11	31	3389	172	63
1	11	33	3429	177	65
1	11	35	4126	225	84
1	11	37	5763	307	114
1	11	39	6895	347	129
1	11	41	6139	301	110
1	11	43	6285	346	138
1	11	45	9009	520	268
1	11	47	10543	562	227
1	11	49	12133	793	349
1	11	51	12631	829	367
1	11	53	13348	832	361
1	11	55	12347	716	366
1	11	57	12114	787	331
1	11	59	12699	772	289
1	12	1	11496	592	208
1	12	3	9127	479	176
1	12	5	8058	432	156
1	12	7	8014	419	153
1	12	9	8537	458	161
1	12	11	8977	443	171
1	12	13	8959	483	205
1	12	15	9454	501	210
...	...	...	...	...	...

Çalışmada bir senelik bir periyot içerisinde günışığının referans oda içindeki etkileri incelenmektedir. Ölçüm yapılan veriler arasından, bu çalışmada referans oda günışığı karakteristiğini çıkarmak için Çizelge 5.2’de verilen aylar üzerinde çalışılmıştır.

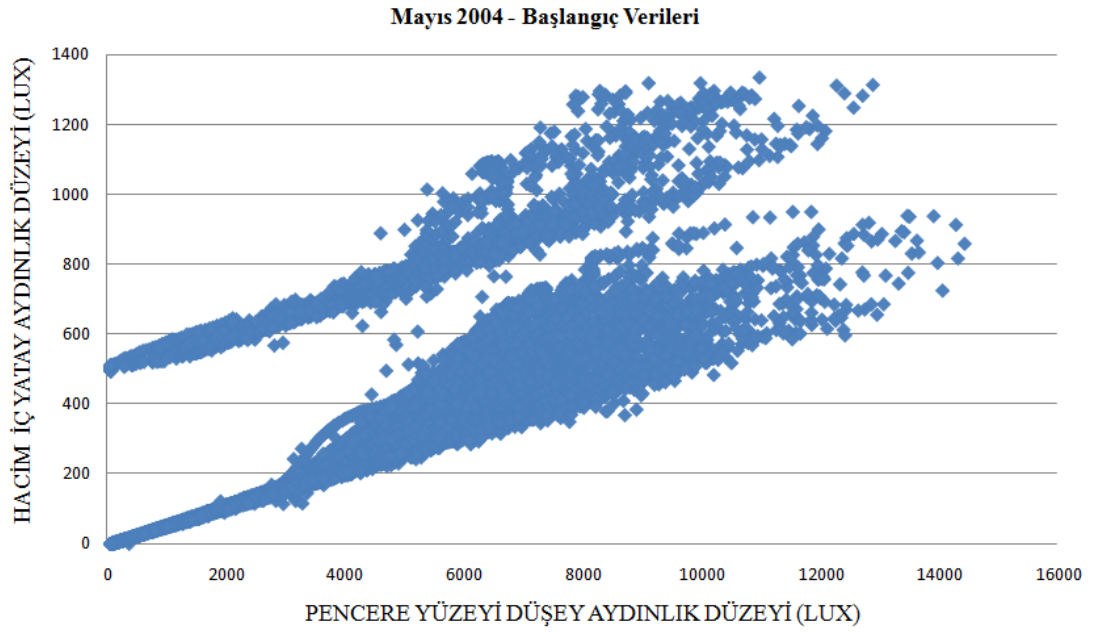
Çizelge 5.2 : Çalışmada kullanılan 2002-2004 yılları arasındaki deney verileri

AY	YIL	VERİLER		
OCAK	2004			
ŞUBAT	2004			
MART	2004			Referans
NİSAN	2004	Test Odası		Oda
MAYIS	2004	Pencere	Referans	Tavandan
HAZİRAN	2003	Yüzeyi	Oda Hacim	1 m
TEMMUZ	2003	Düşey	İç Yatay	Uzaklıktaki
AĞUSTOS	2003	Aydınlık	Aydınlık	Yatay
EYLÜL	2003	Düzeyi (lux)	Düzeyi (lux)	Aydınlık
EKİM	2003			Düzeyi
KASIM	2003			(lux)
ARALIK	2003			

Bu çalışmada, Çizelge 5.2’de verilen aylara ait toplam 162.536 veri ele alınmış ve üzerinde çalışılmaya başlanmıştır.

Referans oda, deney yapılan süre zarfında aktif olarak kullanılmış bir ofistir. Tamamen karanlık ortamda bütün ışıklar yandığında referans oda çalışma düzlemi aydınlık düzeyi 500 lux’dür [11]. Ölçümlerin alınması sırasında ofise gelen bir kullanıcının anahtarı açması sonucunda alınan ölçümlere yapay aydınlatmanın yarattığı aydınlık düzeyi değeri eklenmiştir. Anahtarın açılmasından sonra ölçülen değerler hem doğal hem de yapay ışığın toplam aydınlık düzeyi değerlerini içermesinden dolayı günışığı karakteristiği hesabında istenmeyen değerlerdir.

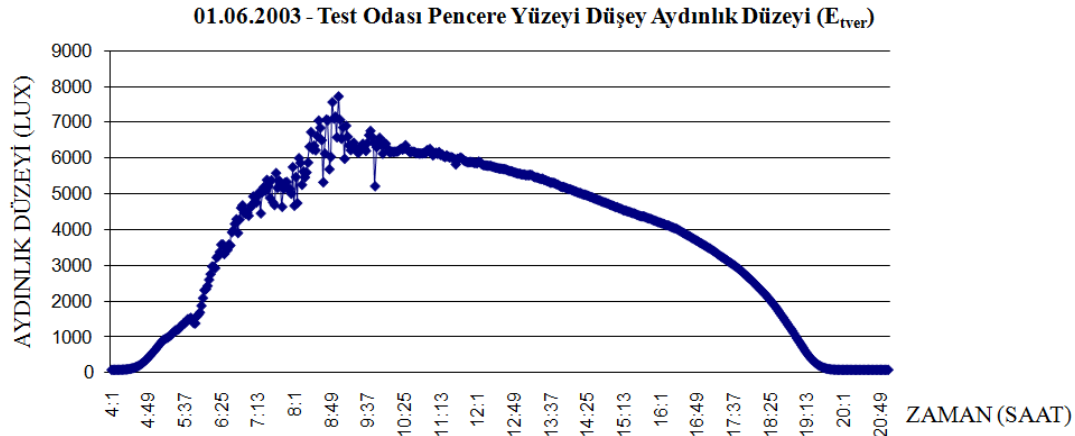
Her aya ait veriler ayrı ayrı incelendiğinde Şekil 5.1’deki Mayıs.2004 örneğinde olduğu gibi pencere yüzeyi düşey aydınlık düzeyine bağlı hacim iç yatay aydınlık düzeyi grafiği çıkarılmış ve başlangıç verilerine ait karakteristiklerde ortalama 500 lux’luk farkla oluşan ve birbirine çok benzeyen iki veri kümesi gözlenmiştir. Karakteristikteki bu ayrı iki kümesinin lambaların açılmasından kaynaklanıp kaynaklanmadığını anlamak üzere tavandan 1 m uzaklıkta bulunan algılayıcıya ait aydınlık düzeyi verileri de incelenmiştir. Bu incelemede gün içindeki pencere yüzeyi aydınlık düzeyi, hacim iç aydınlık düzeyi ve tavandan 1 m uzaklıktaki aydınlık düzeyi değişimleri beraber ele alınmıştır.



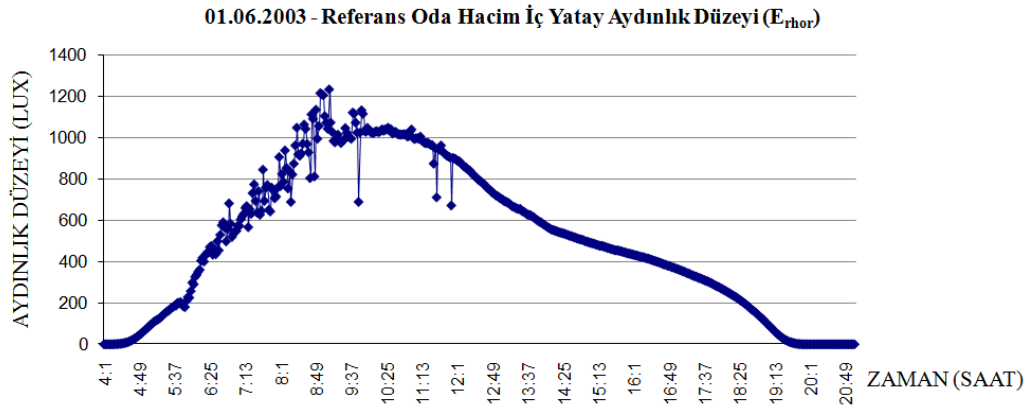
Şekil 5.1 : Bir aya ait başlangıç verileri – Mayıs 2004

Şekil 5.2’de 01.06.2003 tarihine ait, zaman bağlı pencere yüzeyi aydınlık düzeyi, hacim iç aydınlık düzeyi ve tavandan 1 m uzaklıktaki aydınlık düzeyi grafiklerine bakıldığında, iki dakika gibi kısa aralıklar ile alınan ölçümlerin birbirini takip ettiği görülür. Veriler incelendiğinde ard arda gelen veriler arasında genişliğine bağlı düzenli bir artış veya azalış olduğu gözlenir.

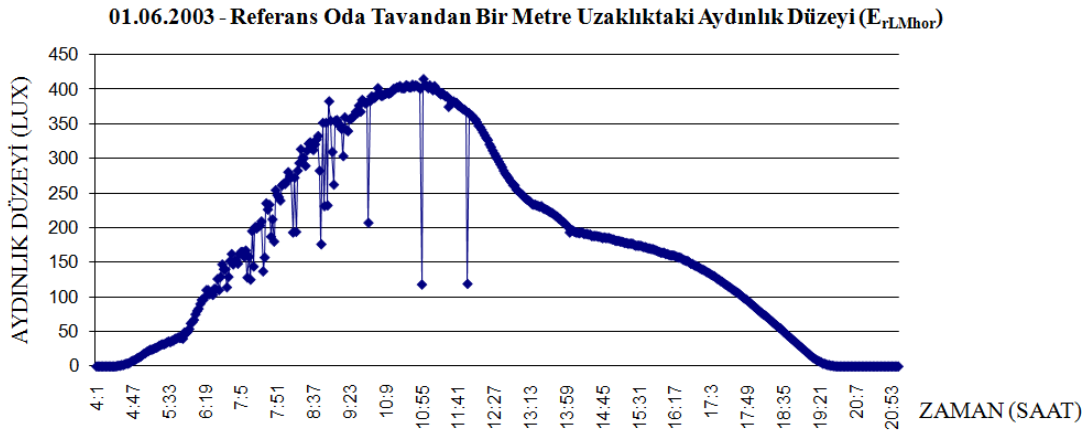
01.06.2003 tarihine ait şekillerde de görüldüğü gibi tavandan 1 m uzaklıkta ölçülen veriler arasında lambaların açılmasından kaynaklanan istenmeyen ölçümler bulunmamaktadır. Güneşin doğuşu, yükselişi ve batışı üç aydınlık düzeyi grafiğinde de açık bir şekilde görülmüştür.



(a)



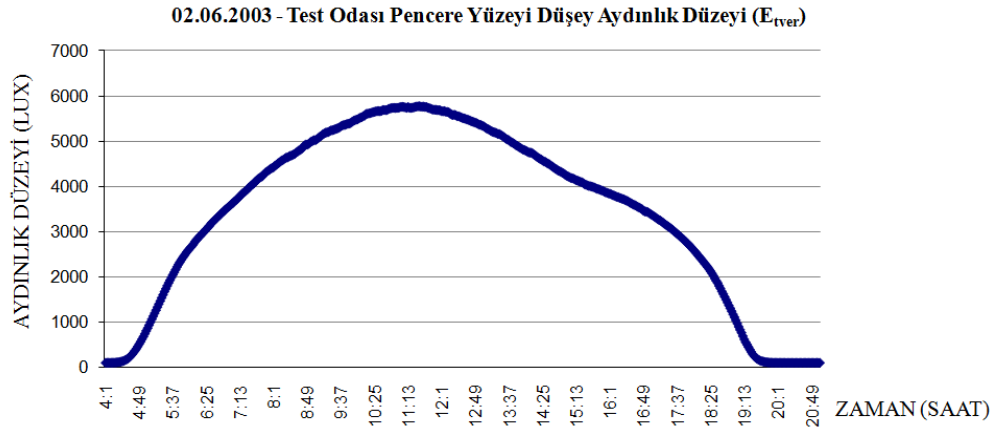
(b)



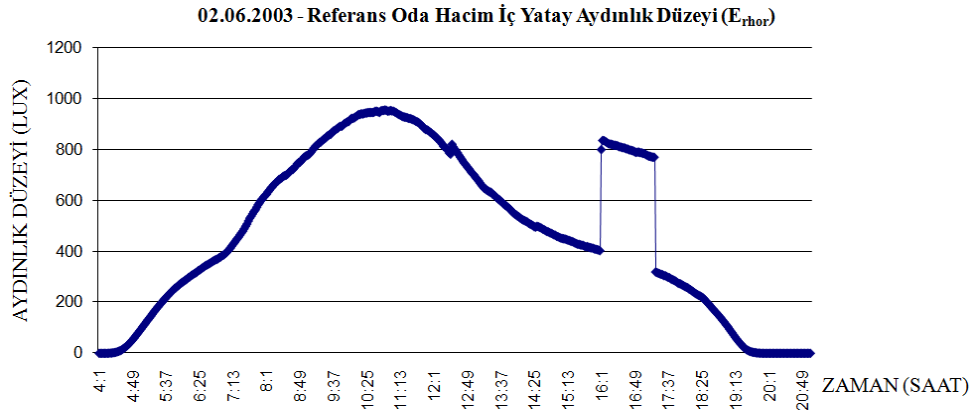
(c)

Şekil 5.2 : Bir güne ait aydınlık düzeyi grafikleri – 01.06.2003: (a) Test odası pencere yüzeyi. (b)Referans oda hacim iç. (c)Referans oda tavandan 1 m uzaklıkta

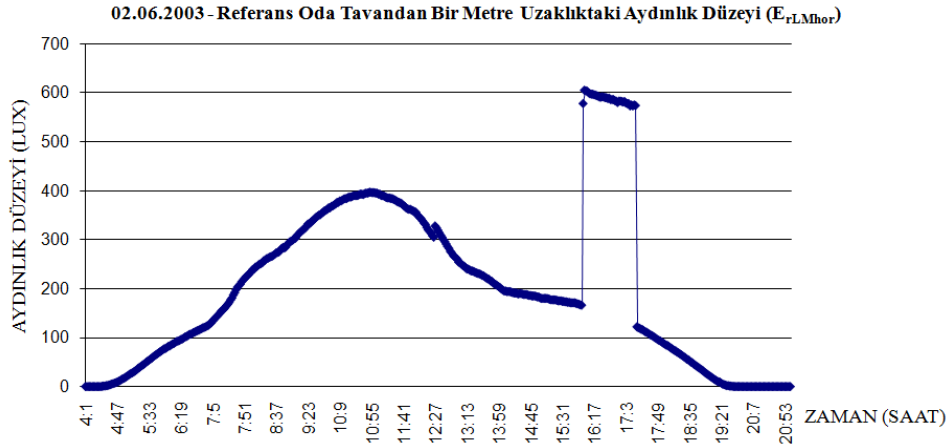
Lambanın açık olması durumu için 02.06.2003 tarihindeki veriler incelendiğinde Şekil 5.3'deki grafiklerden saat 16:01 ile 17:17 arasında beklenenin dışında bir değişim gözlenmiştir. Pencere yüzeyi aydınlık düzeyi grafiğine bakıldığında, lamba seviyesi ölçümlerindeki artışın günışığından kaynaklanmadığı görülmüştür. Çalışma düzlemi verilerine bakıldığında ise lamba seviyesindeki değişim ile aynı saatlerde ve aynı oranda bir artış olduğu gözlenmiştir. Dış aydınlık düzeyindeki değişim oranının lamba seviyesi aydınlık düzeyi artış oranı ile aynı olmadığı, aynı güne ait Çizelge 5.3'teki veriler ile de doğrulanmıştır. Grafik yöntemi ile gözlemlenen ve tablodaki aydınlık düzeyi değerleri ile de sağlaması yapılan, lambaların belirli bir zaman aralığında açıldığının belirlenmiştir. Belirlenen zaman aralığına ait veriler, Çizelge 5.3'te işaretlendiği gibi veri kümesinden çıkarılmıştır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.3 : Lambanın açıldığı örnek bir güne ait aydınlık düzeyi grafikleri,
02.06.2003 (a)Test odası pencere yüzeyi. (b)Referans oda hacim iç.
(c)Referans oda tavandan 1m uzaklıkta.

Çizelge 5.3 : Lambanın açıldığı örnek bir güne ait veriler, (02.06.2009)

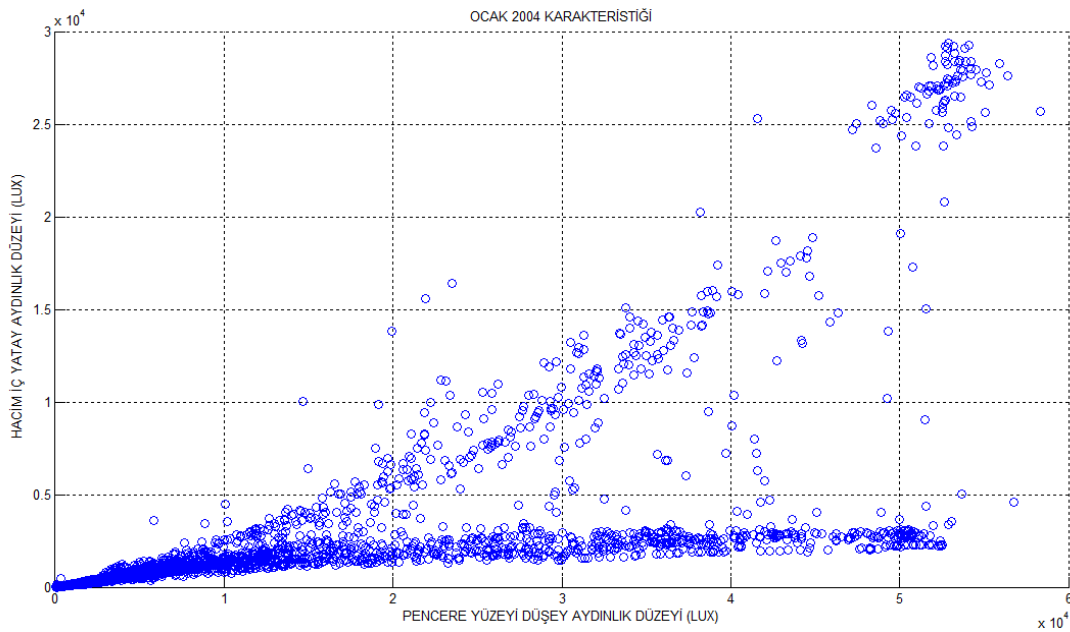
HAZİRAN AYI-2003					
Gün	Saat	Dakika	Pencere Yüzeyi Düşey Aydınlık Düzeyi (lux)	Hacim İç Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)	Tavandan 1m Uzaklıktaki Aydınlık Düzeyi (lux)
d	h	min	E _{tver}	E _{rhör}	E _{rLMhör}
...	...	...	...	...	...
2	15	51	3905	411	170
2	15	53	3887	410	169
2	15	55	3871	408	168
2	15	57	3860	407	167
2	15	59	3848	404	166
2	16	1	3841	802	578
2	16	3	3825	838	605
2	16	5	3810	837	604
2	16	7	3800	834	603
2	16	9	3783	830	600
2	16	11	3771	826	598
2	16	13	3764	824	597
2	16	15	3746	823	597
2	16	17	3740	822	596
2	16	19	3723	819	595
2	16	21	3715	819	594
2	16	23	3701	818	593
2	16	25	3685	816	591
2	16	27	3672	813	591
2	16	29	3650	812	592
2	16	31	3632	810	591
2	16	33	3614	809	590
2	16	35	3598	808	590
2	16	37	3584	805	588
2	16	39	3567	804	589
2	16	41	3549	801	586
2	16	43	3532	800	586
2	16	45	3516	798	586
2	16	47	3499	797	584
2	16	49	3463	793	583
2	16	51	3448	791	580
2	16	53	3445	792	583
2	16	55	3433	792	583
2	16	57	3413	790	582
2	16	59	3392	789	581
2	17	1	3369	787	582
2	17	3	3352	786	579
2	17	5	3329	782	578
2	17	7	3307	780	578

Çizelge 5.3: (devam) Lambanın açıldığı örnek bir güne ait veriler

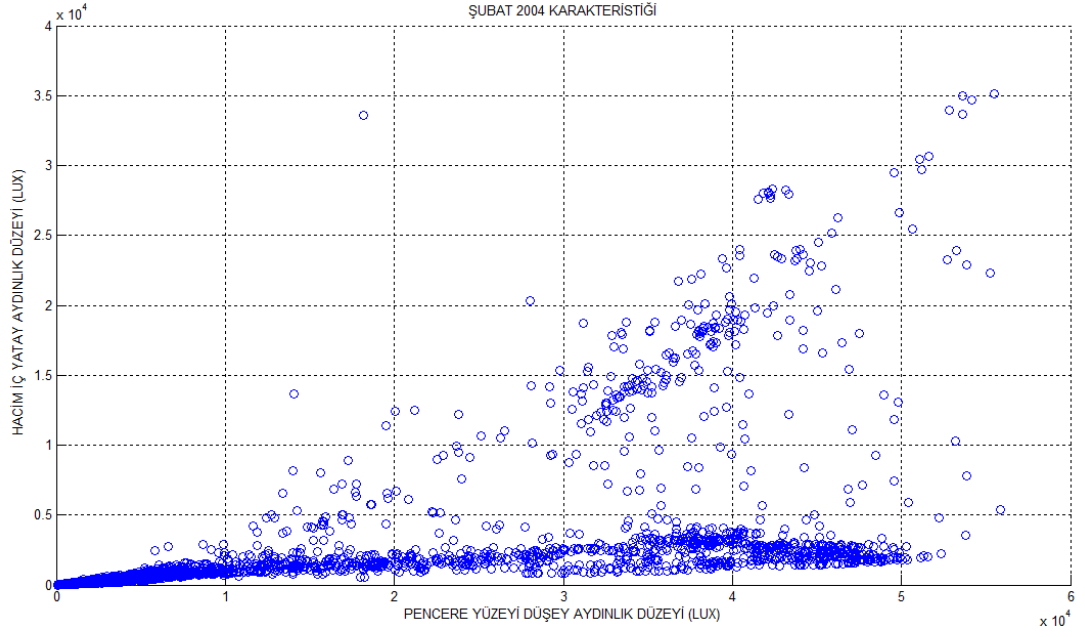
HAZİRAN AYI-2003					
Gün	Saat	Dakika	Pencere Yüzeyi Düşey Aydınlık Düzeyi (lux)	Hacim İç Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)	Tavandan 1m Uzaklıktaki Aydınlık Düzeyi (lux)
d	h	min	E_{tver}	E_{rhor}	E_{rLMhor}
2	17	9	3283	776	573
2	17	11	3263	776	575
2	17	13	3248	773	573
2	17	15	3224	772	575
2	17	17	3201	772	574
2	17	19	3173	320	122
2	17	21	3152	318	120
2	17	23	3130	315	119
2	17	25	3107	313	117
...	...	...	...	...	...

5.2 Referans Oda – Günişliği İlişkisi

Bu çalışmada istenmeyen değerlerin çıkarılması ile geriye kalan ve tamamı günüşiği değerlerini içeren aydınlık düzeyi verileri üzerinde çalışılmıştır. Öncelikle Şekil 5.4-5.15’de 12 aya ait grafiklerde verildiği gibi dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği çıkarılmıştır.

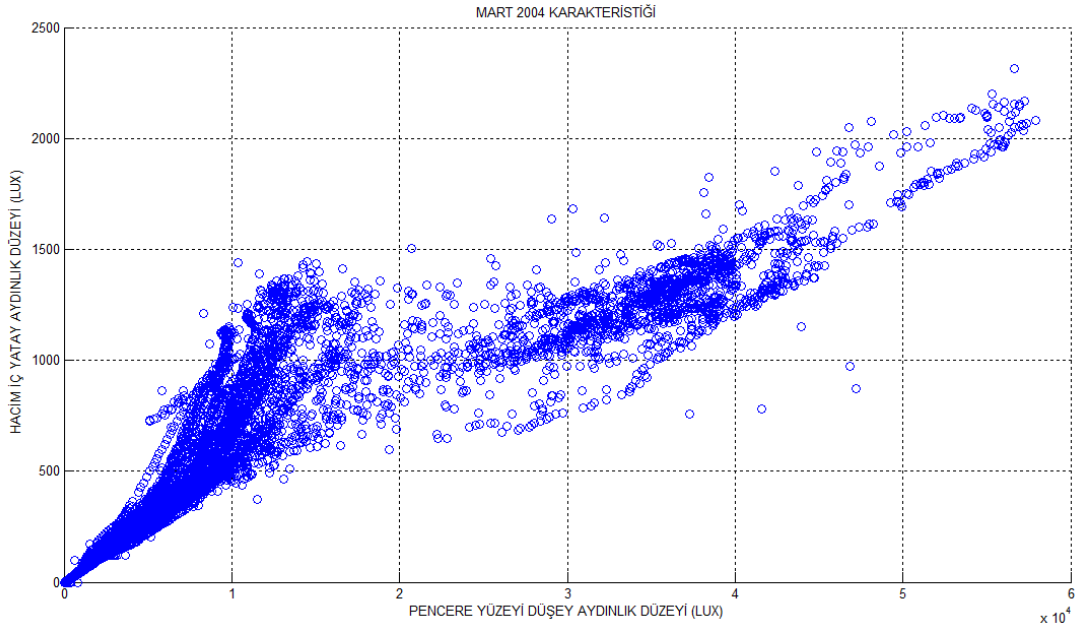


Şekil 5.4 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Ocak.2004

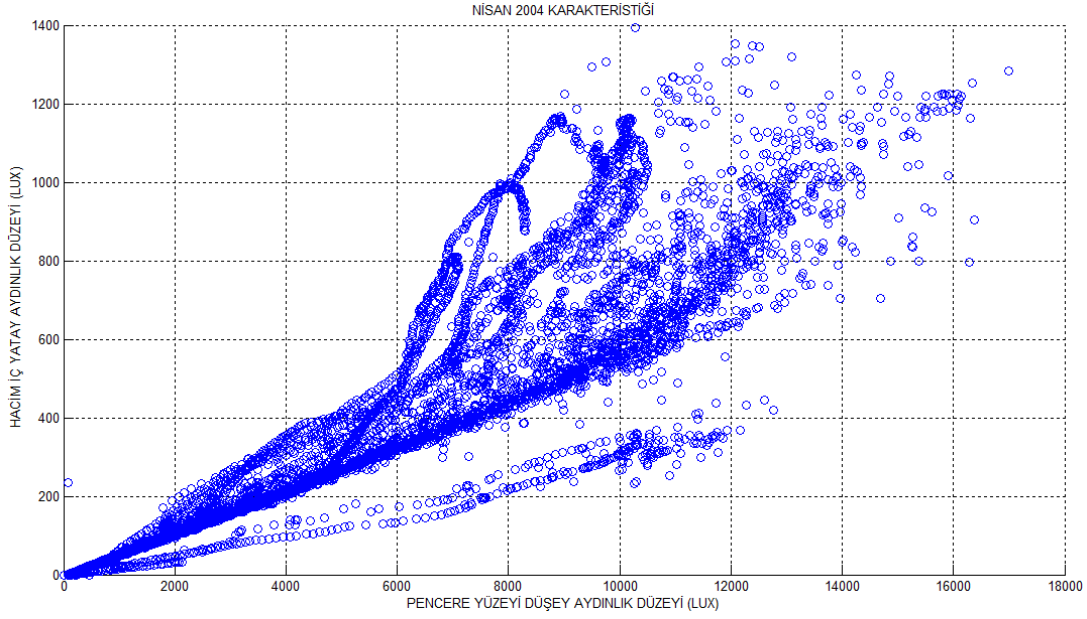


Şekil 5.5 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Şubat.2004

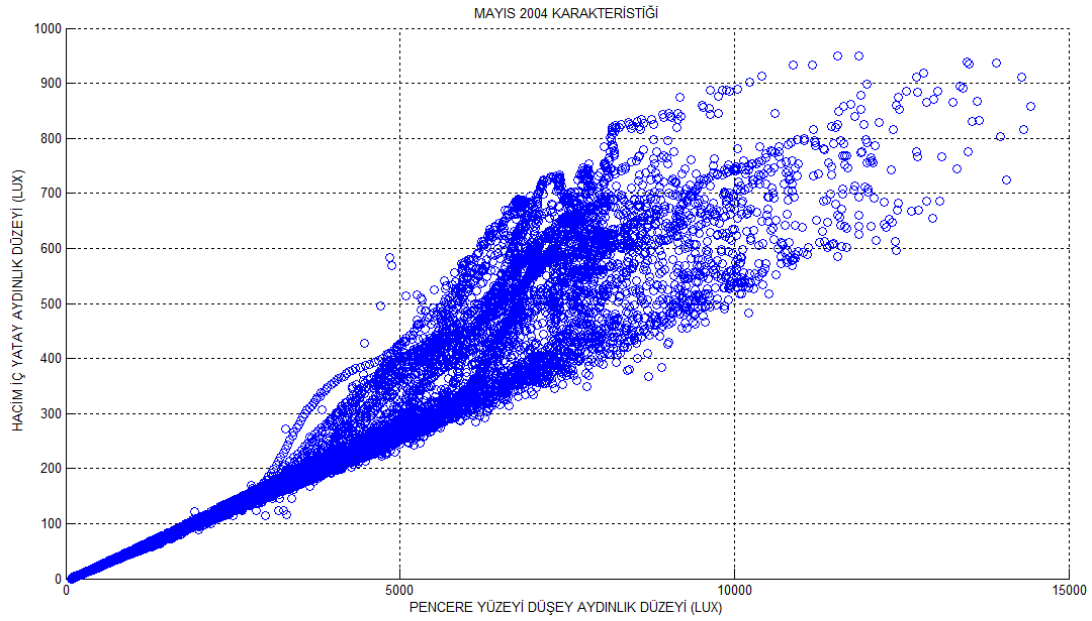
Şekil 5.4 ve 5.5’de verilen Ocak ve Şubat aylarına ait grafiklerde karakteristikler iki kola ayrılmıştır. Üst koldaki verilerde dış aydınlık düzeyi değerlerinin aynı kalmasına rağmen hacmin iç kısımdaki aydınlık düzeyi değerlerinin arttığı gözlenmiştir.



Şekil 5.6 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Mart.2004

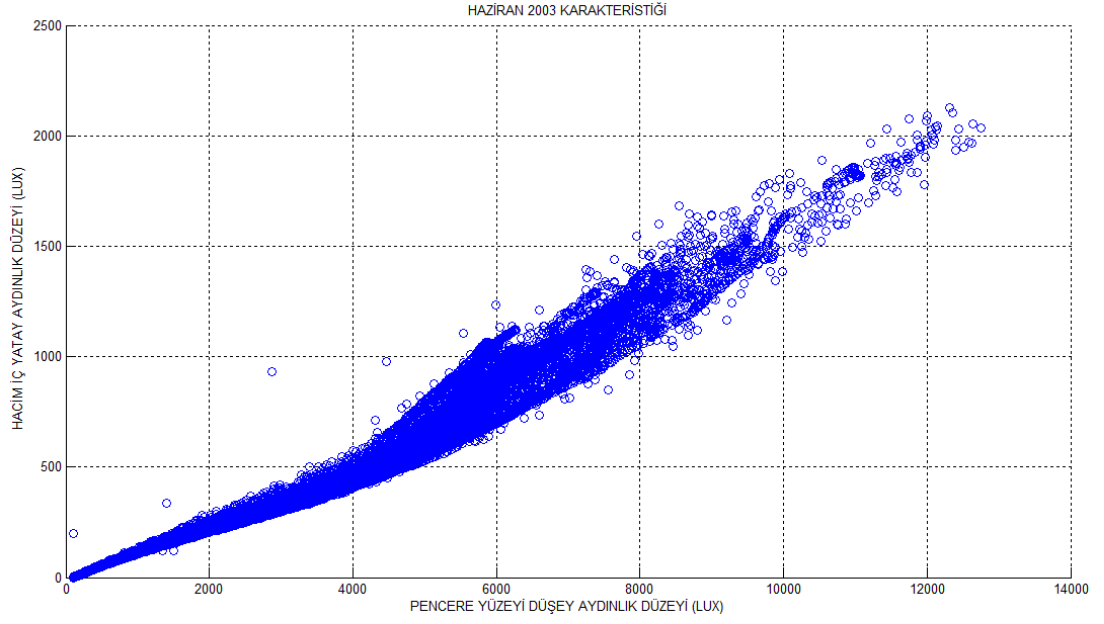


Şekil 5.7 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Nisan.2004

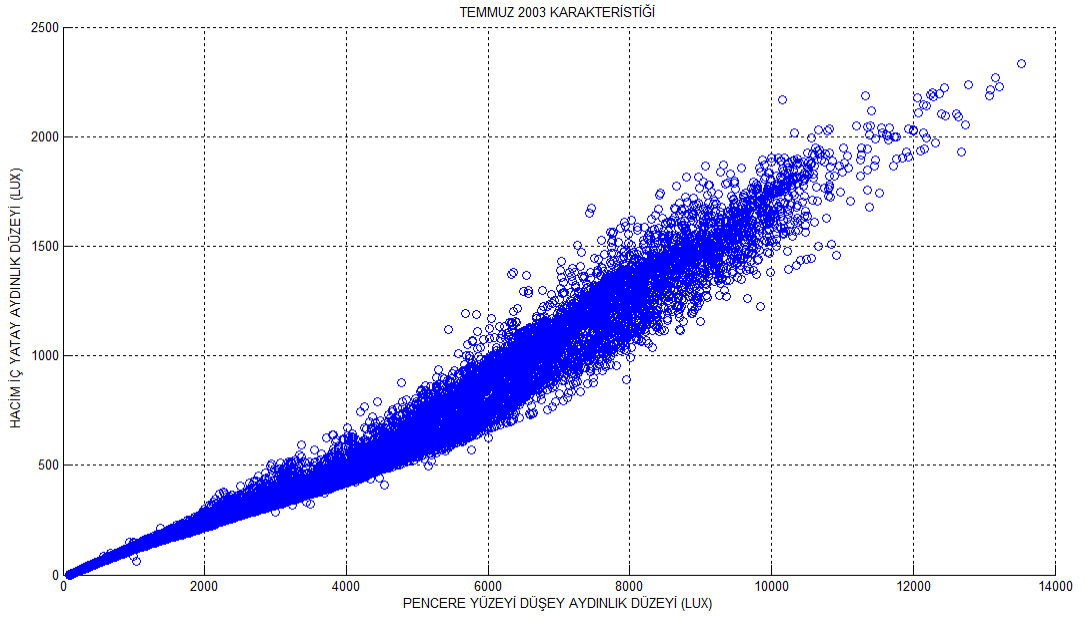


Şekil 5.8 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Mayıs.2004

Mart, Nisan ve Mayıs aylarına ait Şekil 5.6- 5.8'deki grafiklerde, ilkbahar aylarına ait günışığı karakteristikleri verilmiştir. Karakteristiklerin Ocak ve Şubat aylarından farklı olarak tek bir kol halinde oldukları görülmüştür.

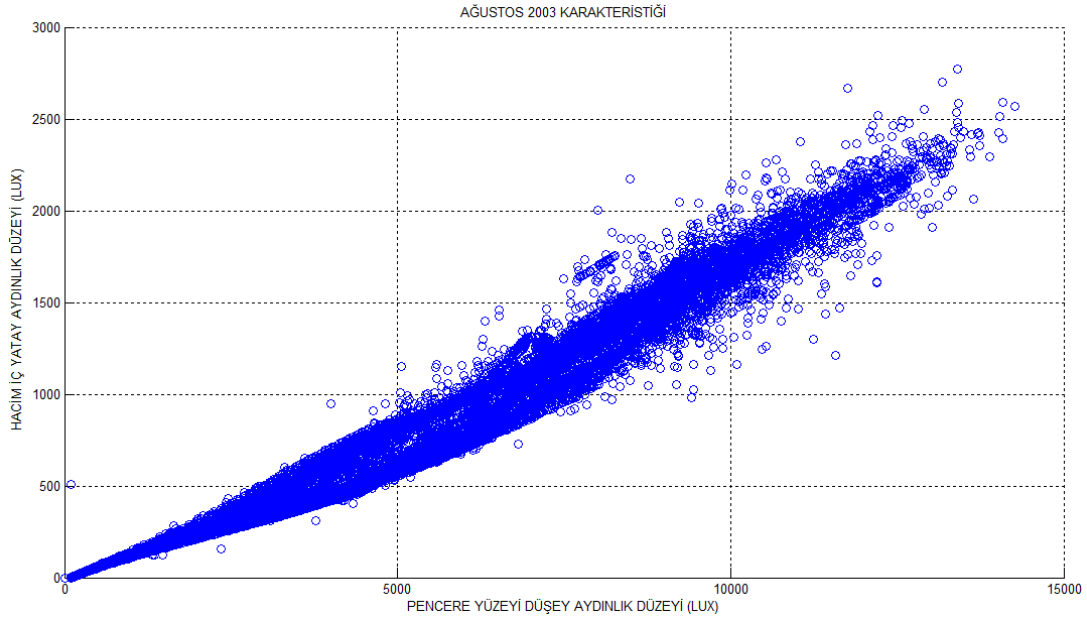


Şekil 5.9 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Haziran.2003



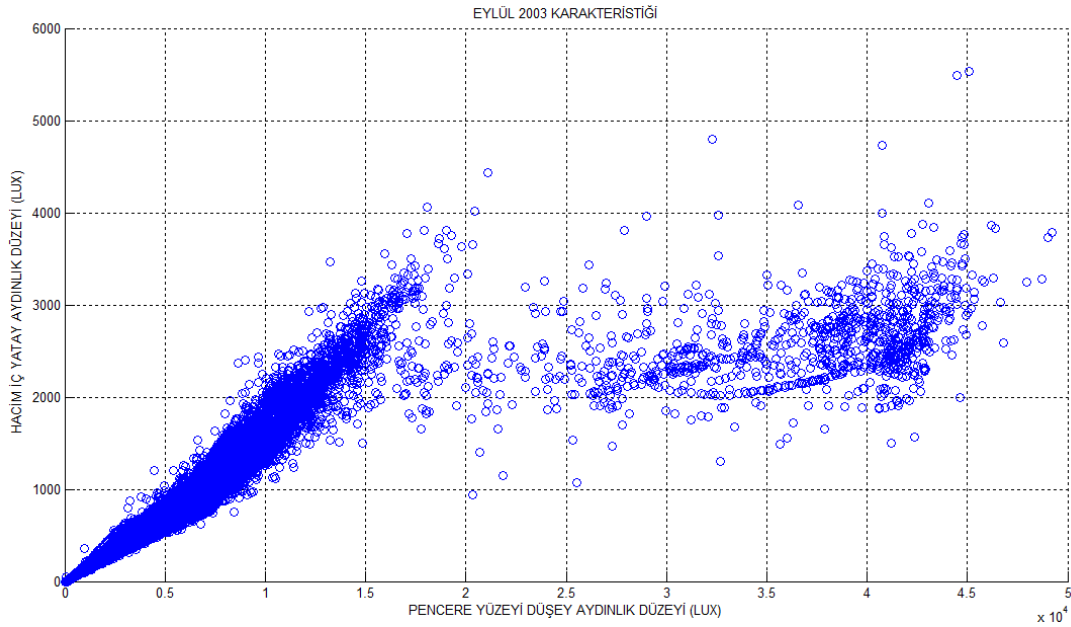
Şekil 5.10 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği Temmuz.2003

Şekil 5.9-5.11'deki grafiklerde yaz aylarına ait dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristikleri verilmiştir.

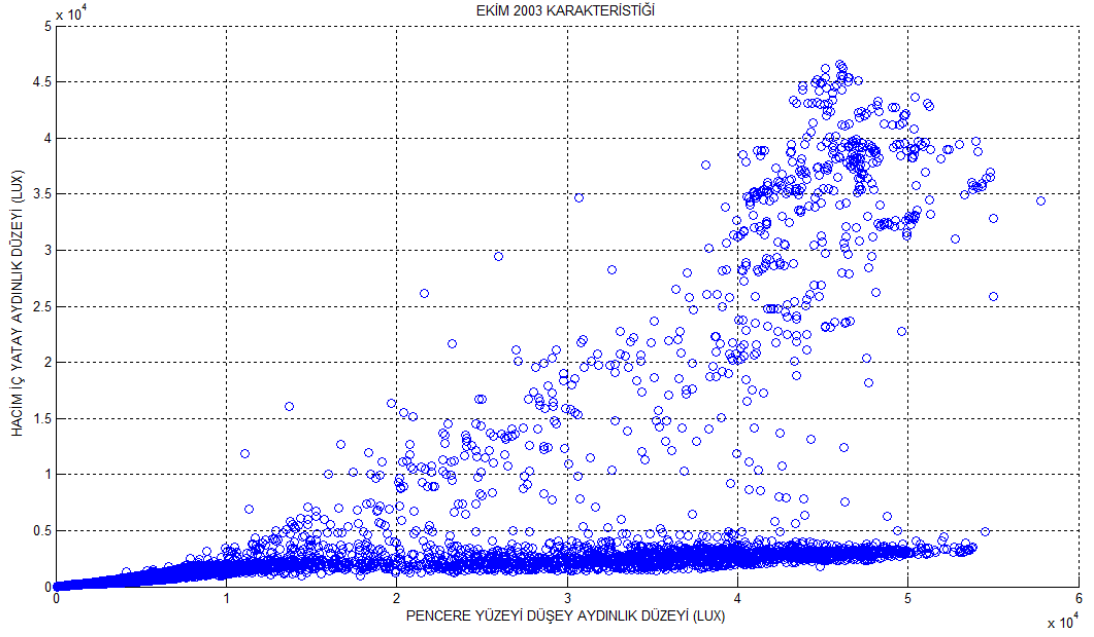


**Şekil 5.11 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği–
Ağustos.2003**

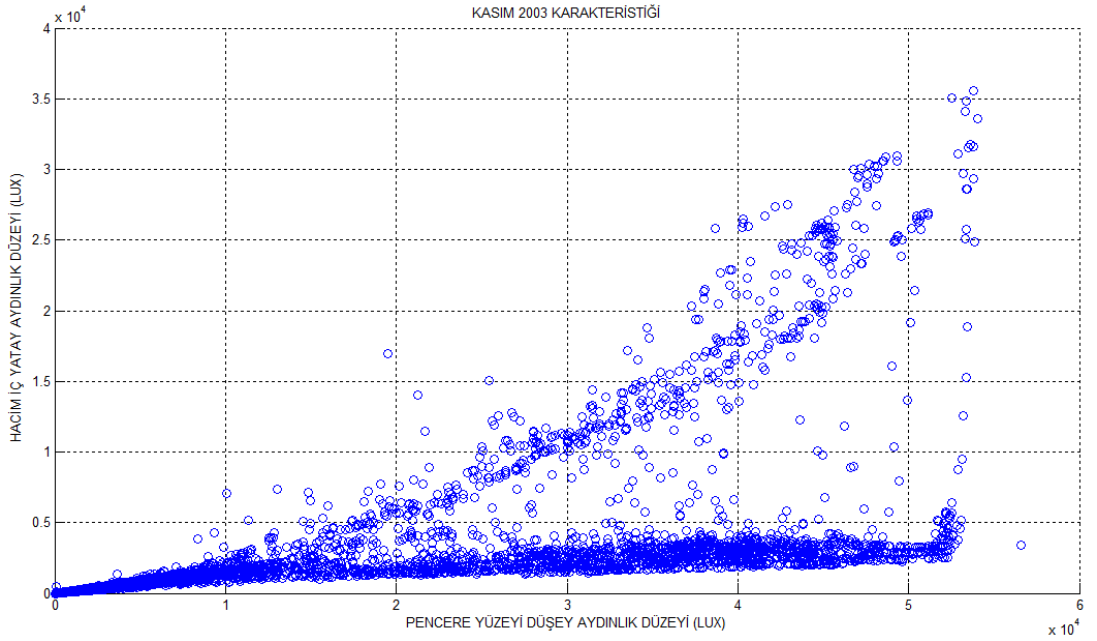
Haziran, Temmuz, Ağustos aylarına ait Şekil 5.9-5.11’deki grafiklere bakıldığında yaz aylarındaki karakteristiklerde verilerin belirli bir kol üzerinde toplandığı görülmüştür.



**Şekil 5.12 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği –
Eylül.2003**

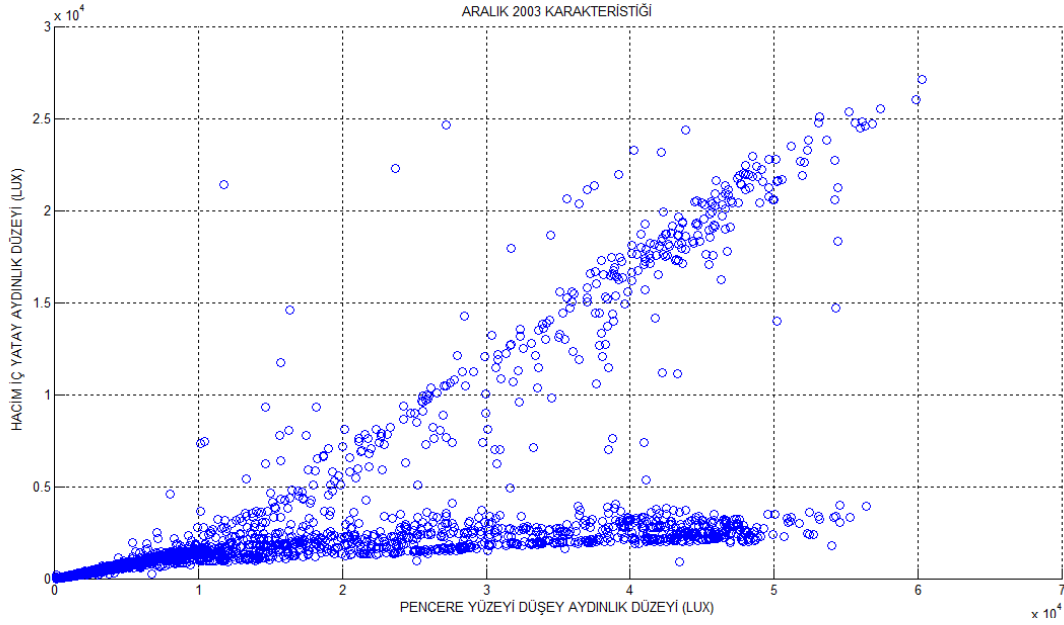


Şekil 5.13 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği – Ekim.2003



Şekil 5.14 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği– Kasım.2003

Ekim, Kasım ve Aralık aylarına ait grafiklere bakıldığında, aynı Ocak ve Şubat aylarında olduğu gibi karakteristiklerin iki kola ayrıldığı ve üst koldaki verilerde hacmin iç kısmında ölçülen aydınlık düzeyi değerlerinin beklenenin üstünde arttığı gözlenmiştir.



Şekil 5.15 : Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği–Aralık.2003

Grafikler incelendiğinde, referans oda günışığı karakteristiğinin aylara göre farklılaştığı gözlenmiştir. Ocak, Şubat, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi grafiklerinde, karakteristiğin iki kola ayrıldığı görülmüştür. Üst koldaki karakteristiğin, iç aydınlık düzeyinde beklenenin çok üzerinde değerleri içerdiği tespit edilmiştir. Bu artışın sebebini araştırmak üzere referans oda iç aydınlık düzeyi algılayıcısına günışığının direkt gelmiş olabileceği düşünülerek, referans odaya gelen güneş ışınlarının açıları hesaplanmıştır.

5.3 Referans Oda - Güneş Işınları Geliş Açılarının Hesabı

Bu tez çalışmasında matematiksel yöntemlerin çözümünde MATLAB paket programı kullanılmıştır. Ölçüm yapılan gün ve saatlere göre astronomik büyüklükler Bölüm 3’te tanımlanan formüller ile MATLAB programında hesaplanmıştır. MATLAB paket programında yapılan hesaplamaların şematik olarak gösterilişi “Program İşleyişi” adı altında Ek A1’de verilmiştir.

Tez çalışmasının yapıldığı İ.T.Ü Ayazağa Kampüsü Elektik-Elektronik Fakültesinin yerküre üzerindeki koordinatları, 41°6.3’ kuzey enlemi ve 29°1.46’ doğu boylamıdır. Güneş açılarının hesaplanmasında programın giriş değerlerinden biri enlem açısıdır. Koordinatlarda belirtilen enlem değeri olan $\phi = 41.10^\circ$ enlem açısı olarak alınmıştır.

Her aya ait ölçüm verileri Çizelge 5.1’de örneklendiği gibi gün, saat, dakika, dış aydınlık düzeyi, iç aydınlık düzeyi ve tavandan 1 m uzaklıktaki aydınlık düzeyi değerlerini içeren bir matris halinde programda giriş matrisi olarak kullanılmıştır.

Güneş açılarından, zaman açısı, güneşin deklinasyon açısı, güneşin yükseklik açısı ve güneşin azimut açısından oluşan çıkış matrisi Bölüm 3’te açıklanan formüller kullanılarak MATLAB paket programında hesaplanmıştır.

Bu hesaplamalar yapılırken öncelikle, referans odanın güneşe yönelişi, pencerelerinin konumu ve bina yapısından kaynaklanan engeller göz önünde bulundurularak hesaplamalara başlanmıştır.

Referans odanın güneşe yönelişi Şekil 5.16’da verildiği gibi güneyden 10° doğuya doğrudur.



Şekil 5.16 : İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi - Referans odanın güneşe yönelişi

Giriş verileri ile hesaplanan tüm veriler tüm aylar için ayrı ayrı Çizelge 5.4’te olduğu gibi tek bir matris olarak saklanmış ve tez çalışmasına bu matrisler üzerinden devam edilmiştir.

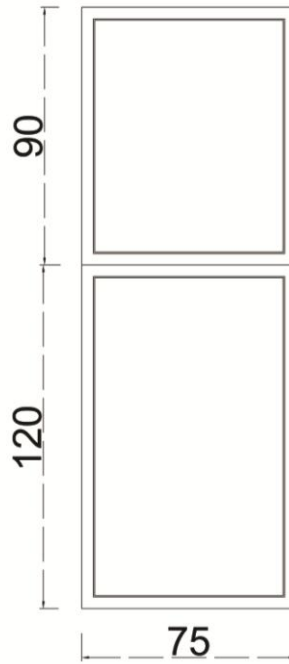
Çizelge 5.4 : Tüm verilerin bir araya getirildiği matris, (01.01.2004)

OCAK AYI 2004									
Gün	Saat	Dakika	Pencere Yüzeyi Düşey Aydınlık Düzeyi (lux)	Hacim İç Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)	Tavandan 1 m Uzaklıktaki Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)	Güneşin Yükseklik Açısı (derece)	Güneşin Azimut Açısı (derece)	Güneşin Deklinasyon Açısı (derece)	Zaman Açısı (derece)
d	h	min	E _{tver}	E _{rhor}	E _{rLMhor}	(α)	(ψ)	(δ)	(ω)
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1	11	47	36406	14580	567	25,89	3,33	-22,94	3,25
1	11	49	34514	14370	575	25,91	2,82	-22,94	2,75
1	11	51	35947	14413	592	25,93	2,30	-22,94	2,25
1	11	53	34809	14194	565	25,94	1,79	-22,94	1,75
1	11	55	34027	14605	572	25,95	1,28	-22,94	1,25
1	11	57	33496	13651	544	25,96	0,77	-22,94	0,75
1	11	59	34039	13970	572	25,96	0,26	-22,94	0,25
1	12	1	36282	6816	596	25,96	0,26	-22,94	-0,25
1	12	3	35454	2746	579	25,96	0,77	-22,94	-0,75
1	12	5	34381	2566	579	25,95	1,28	-22,94	-1,25
1	12	7	34265	2507	573	25,94	1,79	-22,94	-1,75
1	12	9	32050	2410	548	25,93	2,30	-22,94	-2,25
1	12	11	30652	2368	543	25,91	2,82	-22,94	-2,75
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

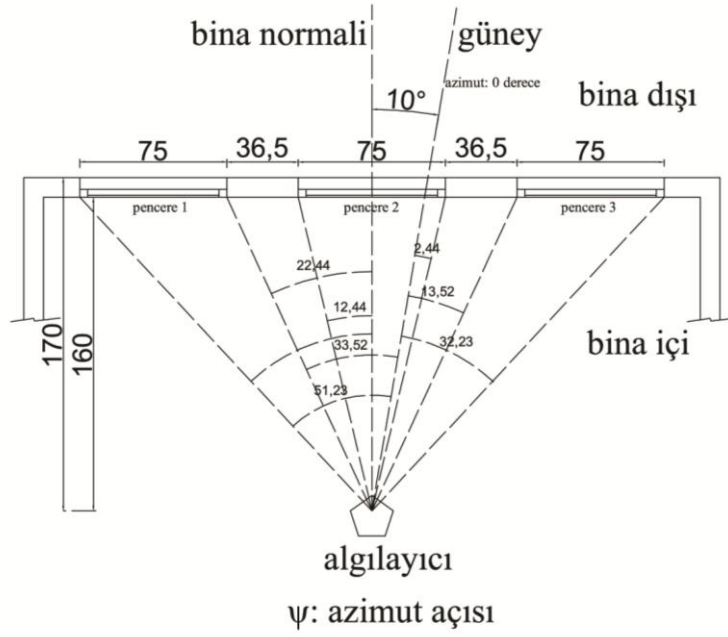
5.4 Referans Oda – Güneş Işınlarnı Direkt Geldiği Zamanların Hesabı

Özellikle Ocak, Şubat, Ekim, Kasım ve Aralık aylarına ait karakteristiklerde meydana gelen ani yükselen iç aydınlık düzeyi değeri göz önüne alınarak, çalışma düzleminde bulunan algılayıcıya güneş ışınlarnın direkt geldiği zaman aralıklarının hesabı yapılmıştır.

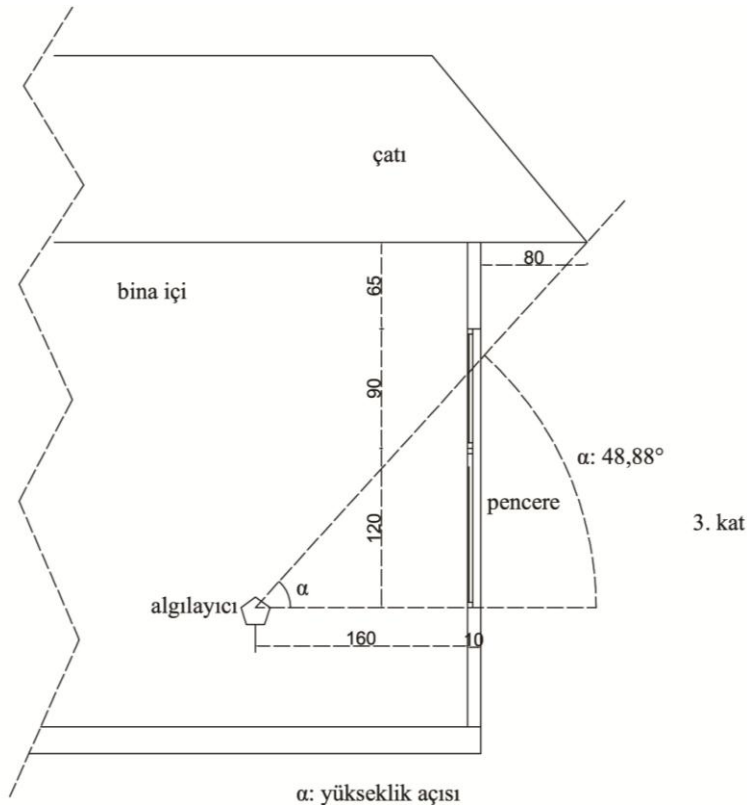
Referans oda hacim içinde bulunan algılayıcı, Şekil 5.17’de boyutları verilen yanyana üç pencerenin tam ortasında ve pencereye 1.6 metre uzaklıktadır. Algılayıcının yerden yüksekliğine bakıldığında, pencerelerin çerçevelerinin alt sınırında olduğu görülmüştür. Bu nedenle hacim içinde bulunan algılayıcının yüksekliği hesaplamalarda yer almamıştır. Hacim içinde bulunan algılayıcının pencerelere göre konumu Şekil 5.18’de ve Şekil 5.19’da gösterilmiştir.



Şekil 5.17 : Referans odaya ait bir pencerenin boyutları (cm)



Şekil 5.18 : Referans oda çalışma düzlemi algılayıcısının pencere konumlarının azimut açıları ile gösterimi



Şekil 5.19 : Referans oda kesit – Hacim iç aydınlık düzeyi algılayıcısına gelen maksimum yükseklik açısı

Referans oda çalışma düzlemi algılayıcısına günışığının direkt gelişini etkileyen bir diğer faktör de binanın üst ve yan çıkıntılarıdır. Ofisin 3. katta olmasından dolayı çatı çıkıntısı algılayıcıya direkt gelecek olan güneş ışınlarının yükseklik açısını

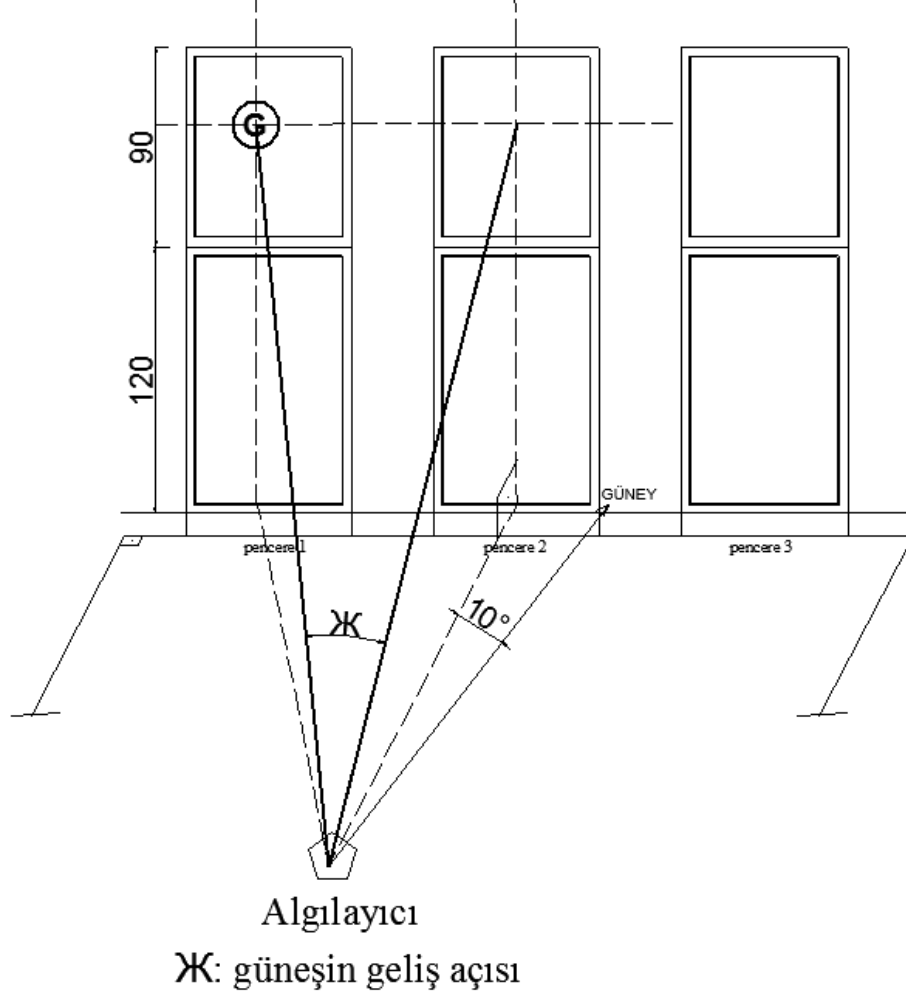
sınırlamaktadır. Şekil 5.19'daki şekilde de gösterildiği gibi çalışma düzlemi algılayıcısına gelen yükseklik açısının maksimum değeri 48.88° 'dir.

Güneşin yükseklik açısı alt sınırı 10° olarak alınmıştır. Bunun nedeni 10° 'nin altındaki güneşin yükseklik açıları, güneşin yataya çok yakın gelmesi ve bu konumda ölçümlerin çok doğru yapılamamasıdır. Bu nedenle, bütün verileri içeren matristeki güneşin yükseklik açısının 10° 'nin altında olduğu değerlerin tümü Çizelge 5.5'de gösterildiği gibi matristen çıkarılmış ve karakteristik hesabına katılmamıştır.

Çizelge 5.5 : Yükseklik Açısı $< 10^\circ$ olan değerlerin veri kümesinden çıkarılması, (01.12.2003)

ARALIK AYI -2003									
Gün	Saat	Dakika	Pencere Yüzeyi Düşey Aydınlık Düzeyi (lux)	Hacim İç Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)	Tavandan 1m Uzaklıktaki Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)	Güneşin Yükseklik Açısı (derece)	Güneşin Azimut Açısı (derece)	Güneşin Deklinasyon Açısı (derece)	Zaman Açısı (derece)
d	h	min	E _{tver}	E _{rhor}	E _{rLMhor}	(α)	(ψ)	(δ)	(ω)
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1	8	19	699	101	17	8,82	50,48	-21,90	55,25
1	8	21	663	90	16	9,11	50,12	-21,90	54,75
1	8	23	700	96	18	9,40	49,75	-21,90	54,25
1	8	25	698	94	17	9,68	49,38	-21,90	53,75
1	8	27	658	86	16	9,97	49,01	-21,90	53,25
1	8	29	662	88	15	10,25	48,64	-21,90	52,75
1	8	31	628	86	16	10,53	48,26	-21,90	52,25
1	8	33	664	94	15	10,82	47,89	-21,90	51,75
1	8	35	637	88	16	11,09	47,51	-21,90	51,25
1	8	37	762	112	17	11,37	47,13	-21,90	50,75
1	8	39	673	90	16	11,65	46,75	-21,90	50,25
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Ölçülen değerler ve hesaplanan değerlerin bir arada olduğu Çizelge 5.4 ve 5.5'te küçük bir kısmı verilen matrisler üzerinde referans oda günışığı karakteristiği çıkarılmaya devam edilmiştir.



Şekil 5.20 : Referans oda – Güneşin geliş açısının 3 boyutlu (3D) gösterimi

Referans oda çalışma düzlemine gelen güneş ışınlarının geliş açısının hesabı için güneşin yükseklik açısının, güneşin azimut açısının ve algılayıcının pencerelere göre konumunun, binanın normaline göre bir dönüşümü yapılmıştır. Şekil 5.20'de gösterildiği gibi, binanın normalinin güneşin o an ki yükseklik doğrultusu ile güneşin geldiği doğrultu arasında kalan açı, güneşin geliş açısı olarak adlandırılmıştır. Güneşin geliş açısı $\mathcal{K}$ olarak gösterilmiştir. $\mathcal{K}$ açısının hesabı diğer açı hesaplarında olduğu gibi gün içinde ölçüm alınan her veri için hesaplanmış ve Çizelge 5.6'da gösterildiği gibi veri tablosuna eklenmiştir.

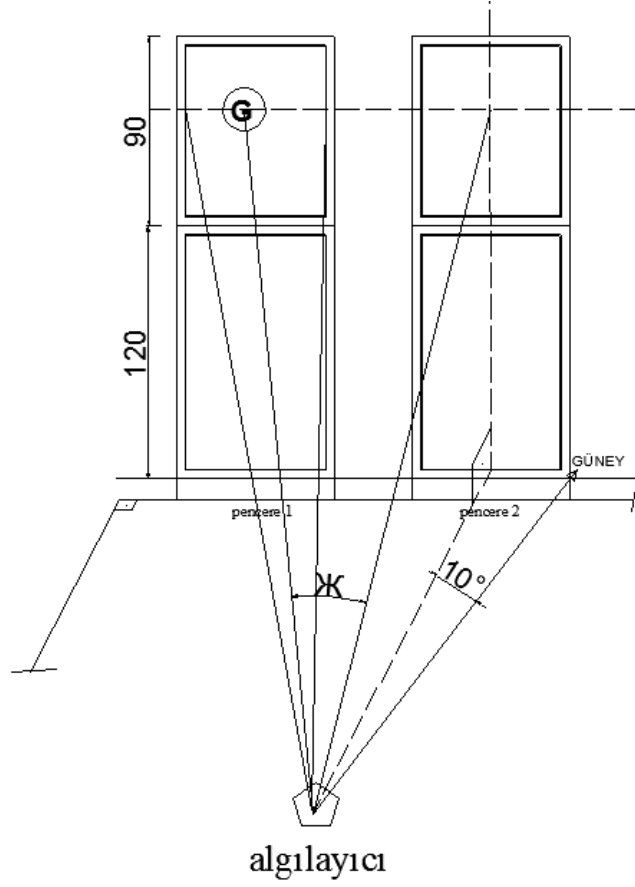
Güneşin geliş açısının kullanılması ile tek bir açı kullanılarak pencerelerden çalışma düzlemine direkt gelen ışınların hesaplaması yapılmıştır.

Çizelge 5.6 : Güneşin geliş açısı ($\mathcal{K}$)'nın veri kümesinde gösterilişi, (02.12.2003)

OCAK AYI -2003									
Gün	Saat	Dakika	Pencere Yüzeyi Düşey Aydınlık Düzeyi (lux)	Hacim İç Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)	Güneşin Yükseklik Açısı (derece)	Güneşin Azimut Açısı (derece)	Güneşin Deklinasyon Açısı (derece)	Zaman Açısı (derece)	Güneşin Geliş Açısı (derece)
d	h	min	E _{tver}	E _{rhor}	(α)	(ψ)	(δ)	(ω)	($\mathcal{K}$)
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	11	7	7135	1806	24,87	13,46	-22,84	13,25	3,14
2	11	9	5833	1308	24,96	12,96	-22,84	12,75	2,69
2	11	11	5331	1106	25,04	12,46	-22,84	12,25	2,23
2	11	13	5051	949	25,12	11,96	-22,84	11,75	1,78
2	11	15	5186	988	25,20	11,46	-22,84	11,25	1,32
2	11	17	5876	1258	25,27	10,96	-22,84	10,75	0,87
2	11	19	6640	1459	25,34	10,45	-22,84	10,25	0,41
2	11	21	6750	1418	25,41	9,95	-22,84	9,75	0,05
2	11	23	7715	1807	25,47	9,44	-22,85	9,25	0,50
2	11	25	9532	2582	25,53	8,94	-22,85	8,75	0,96
2	11	27	9980	2572	25,59	8,43	-22,85	8,25	1,42
2	11	29	9636	2338	25,64	7,92	-22,85	7,75	1,87
2	11	31	10746	2841	25,69	7,42	-22,85	7,25	2,33

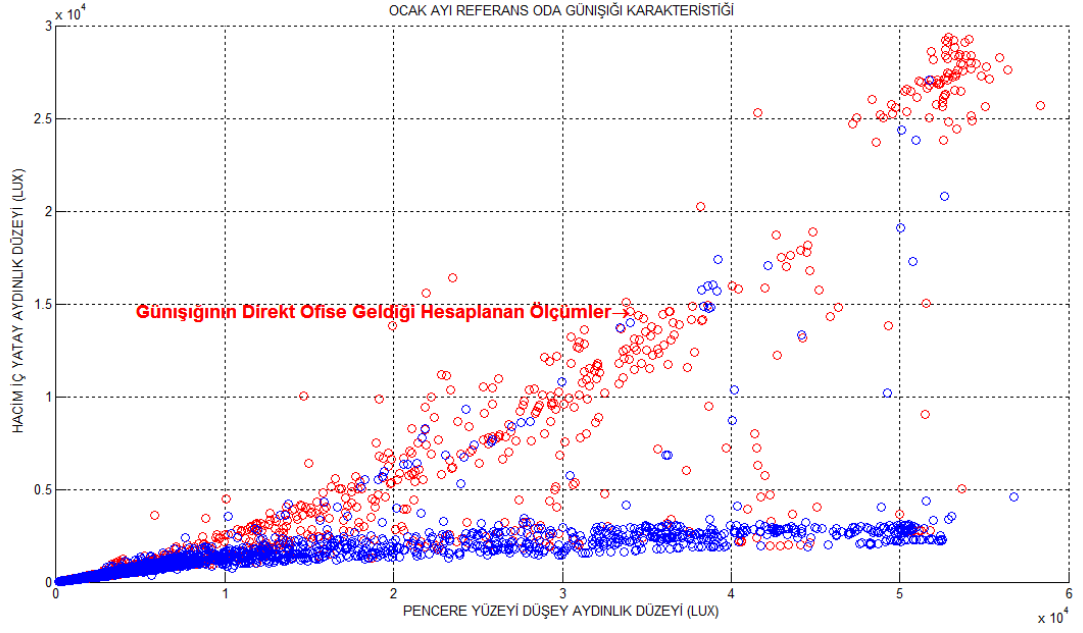
Çizelge 5.6: (devam) Güneşin geliş açısı ($\mathcal{K}$)'nın veri kümesinde gösterilişi, (02.12.2003)

OCAK AYI -2003									
Gün	Saat	Dakika	Pencere Yüzeyi Düşey Aydınlık Düzeyi (lux)	Hacim İç Yatay Aydınlık Düzeyi (lux)	Güneşin Yükseklik Açısı (derece)	Güneşin Azimut Açısı (derece)	Güneşin Deklinasyon Açısı (derece)	Zaman Açısı (derece)	Güneşin Geliş Açısı (derece)
d	h	min	E_{tver}	E_{rhor}	(α)	(ψ)	(δ)	(ω)	$(\mathcal{K})$
2	11	33	12670	3686	25,74	6,91	-22,85	6,75	2,79
2	11	35	13624	4029	25,79	6,40	-22,85	6,25	3,24
2	11	37	13998	3860	25,83	5,89	-22,85	5,75	3,70
2	11	39	15790	4782	25,86	5,38	-22,85	5,25	4,16
2	11	41	16763	5027	25,90	4,87	-22,85	4,75	4,62
2	11	43	16312	5164	25,93	4,36	-22,85	4,25	5,08
2	11	45	14463	4134	25,95	3,84	-22,85	3,75	5,53
2	11	47	12951	3440	25,98	3,33	-22,85	3,25	5,99
2	11	49	11863	3035	26,00	2,82	-22,85	2,75	6,45
2	11	51	11847	3080	26,02	2,31	-22,85	2,25	6,91
2	11	53	11333	2821	26,03	1,79	-22,85	1,75	7,37
2	11	55	9538	2067	26,04	1,28	-22,85	1,25	7,83
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

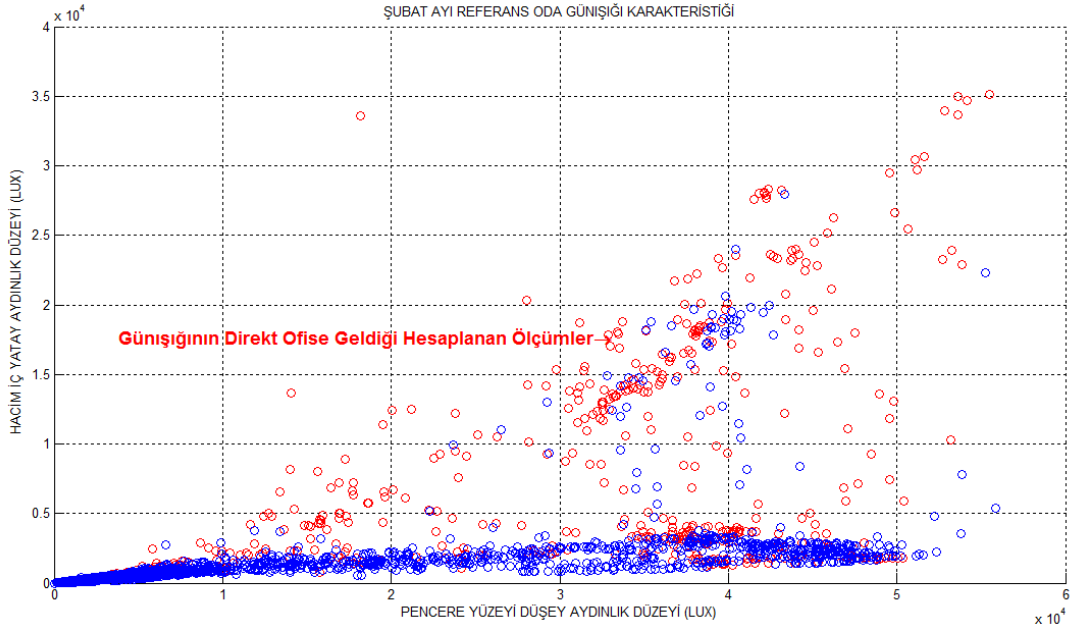


Şekil 5.21 : Referans oda – Güneş ışınlarının direkt geldiği pencere aralığı

Çalışma düzlemine hacmin üç yan penceresinden direkt gelen güneş ışınları hesaplanırken günün her anında güneşin yükseklik açısının, güneşin azimut açısının ve algılayıcının pencerelemelere göre konumunun, binanın normaline göre bir dönüşümü değişen güneşin yükseklik ve azimut açılarına göre, pencere sınırları belirlenmiştir. Şekil 5.21’de güneş ışınlarının Pencere 1’den direkt geldiği andaki Pencere 1’e ait sol ve sağ açılı kolları gösterilmiştir. Günün saatlerine göre üç pencere için de ayrı ayrı açılı hesabı yapılmıştır. Hesaplanan pencere sınır değerleri arasında kalan güneşin geliş açısı değerleri belirlenmiş ve ayrı bir veri kümesi olarak adlandırılmıştır. Direkt ışınların geldiği hesaplanan günışığı değerleri grafik yöntemi ile incelenmiştir.

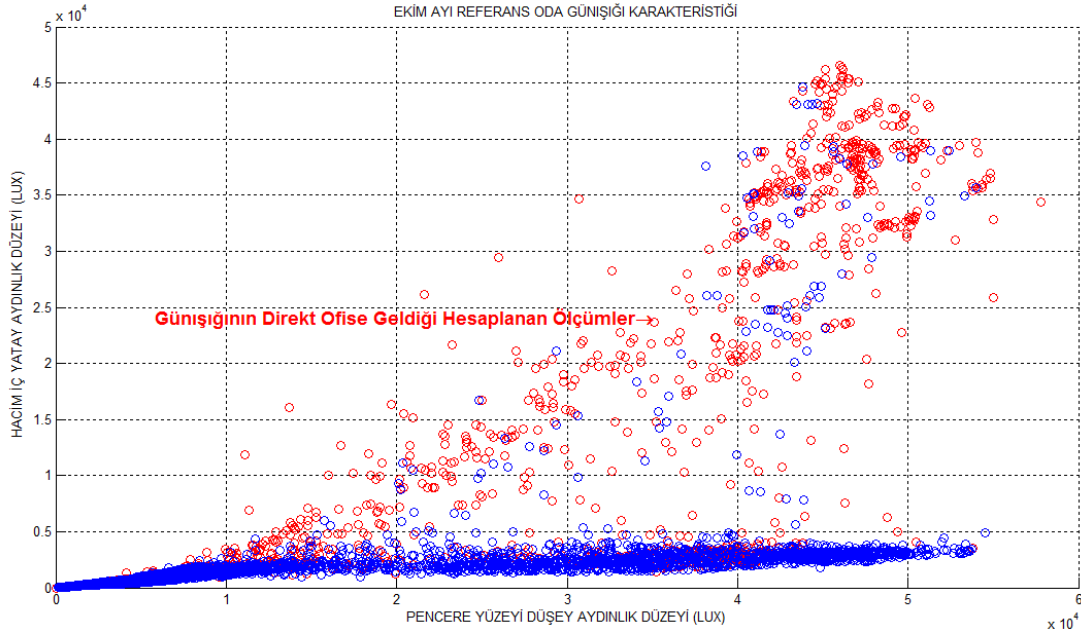


Şekil 5.22 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin hesaplanması – Ocak.2004

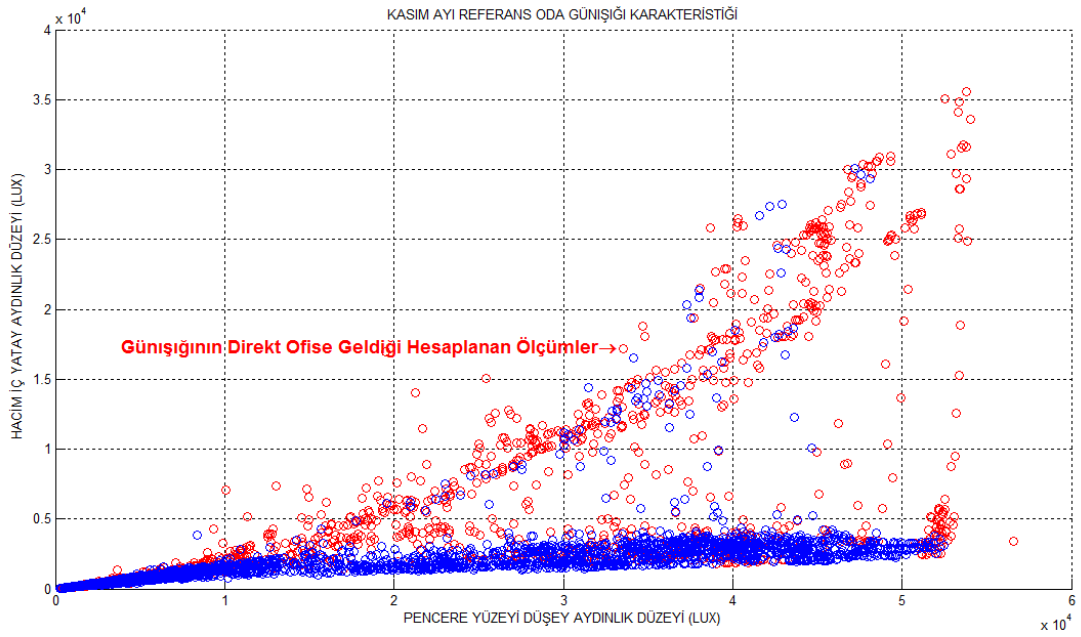


Şekil 5.23 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin hesaplanması – Şubat.2004

Dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiğinin çıkarılmasında ilk başta iki kola ayrılan bazı aylar tespit edilmiş ve bunun nedenini ortaya koymak üzere karakteristiği çıkarılan referans odaya direkt gelen güneş ışınlarının hesabı yapılmıştır. Bu hesaplamalar gün, saat ve dakika bazında hesaplanmış ve grafiklerde görülebilmesi için ölçülen değerler ile aynı matrisin içinde ifade edilmiştir.

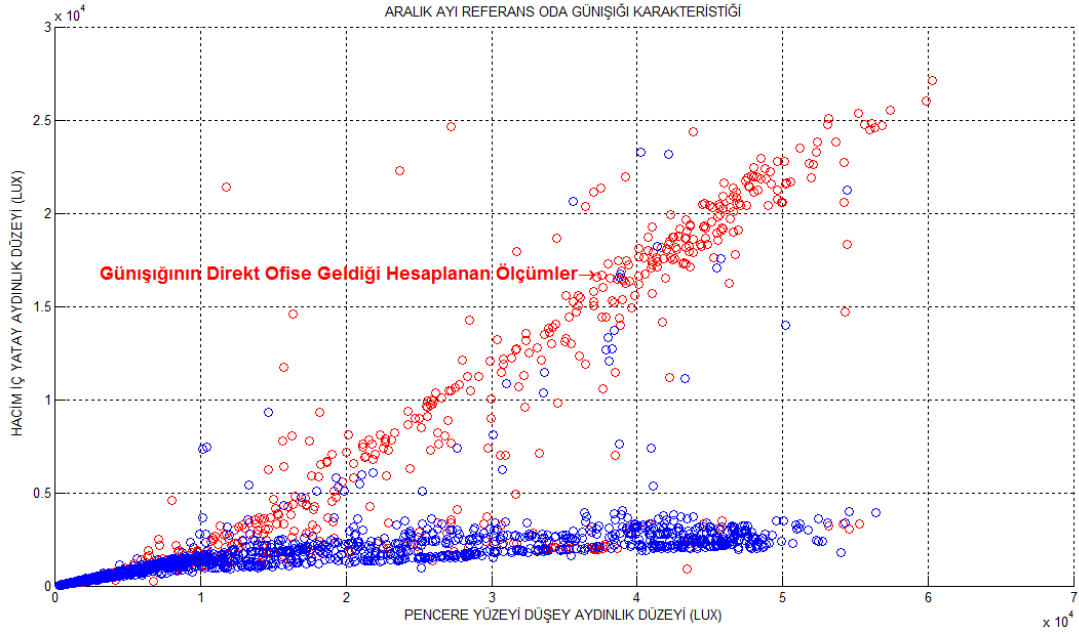


Şekil 5.24 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin hesaplanması – Ekim.2003



Şekil 5.25 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin hesaplanması – Kasım.2003

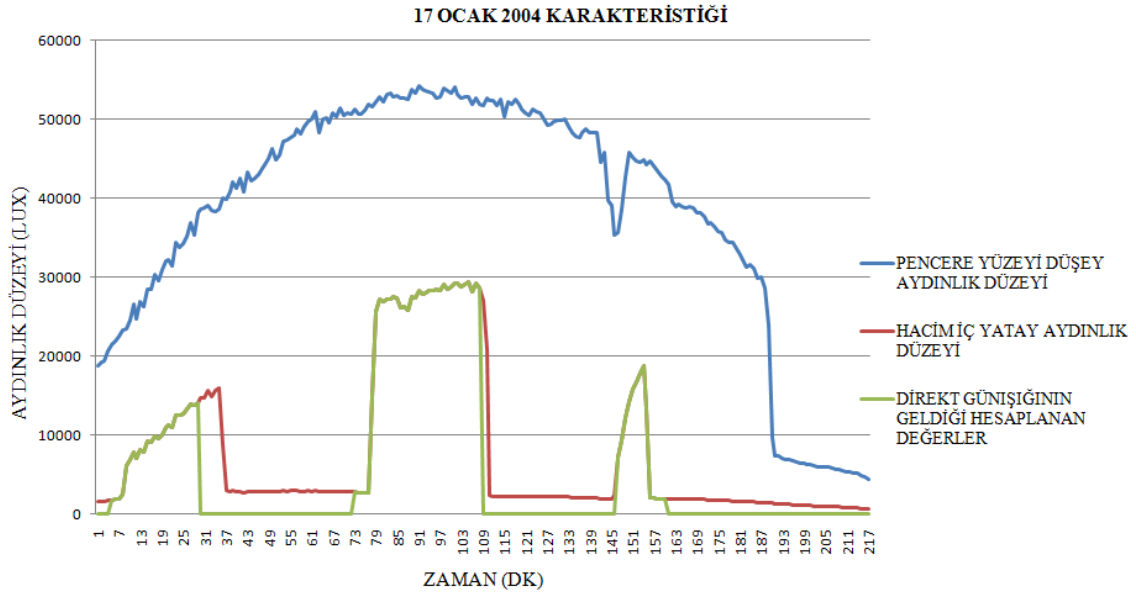
Referans odanın direkt güneş ışığı aldığı hesaplanan zamanlardaki ölçüm değerleri Şekil 5.22 - 5.26'da farklı renk ile gösterilmiştir.



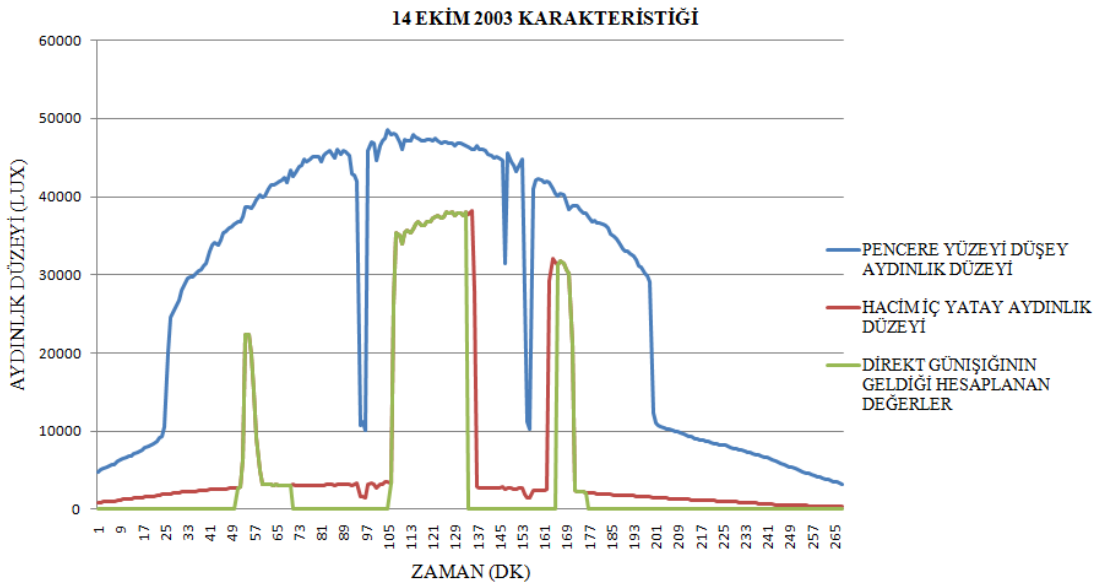
Şekil 5.26 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin hesaplanması – Aralık.2003

Şekil 5.22 - 5.26'da görüldüğü gibi, güneş ışığı karakteristiği yılın diğer aylarına göre farklılık gösteren Ocak, Şubat, Ekim, Kasım ve Aralık ayları için hacmin içine güneş ışınlarının direkt geldiği açılar hesaplanmış ve gerçek değerler ile eşleştirilerek grafik üzerinde gösterilmiştir. Güneş ışınlarının direkt geldiği hesaplanan gerçek değerler kırmızı ile gösterilmiştir. Bu aylar için iki farklı karakteristiğin görüldüğü grafiklerde, iç aydınlık düzeyinin çok yükseldiği üst kısımdaki karakteristiğin tamamına yakınının kırmızı renkte olması, referans odaya zaman zaman güneş ışınlarının direkt geldiğini göstermektedir.

Aynı zamanda aydınlık düzeyi değerlerinin gün içindeki hareketleri de incelenmiştir. Grafiklerde ikinci bir karakteristik gözlenen aylara ait örnek iki günün dış aydınlık düzeyi, iç aydınlık düzeyi ve güneş ışınlarının hacmin pencerelerinden direkt geldiği hesaplanan iç aydınlık düzeyi grafikleri çizilmiştir. Şekil 5.27 ve 5.28'de gösterilen bu grafiklerin gün içindeki değişimlerine bakıldığında iç aydınlık düzeyinin gün içinde üç kez dış aydınlık düzeyi değerlerine yaklaştığı görülmüştür. Bu iç aydınlık düzeyi değerlerinin, hacmin üç penceresinden hacim içindeki algılayıcıya direkt gelen güneş ışınlarından kaynaklandığını göstermektedir.



Şekil 5.27 : Güneş ışınlarının direkt geldiği zaman aralıklarının hesaplanması, (17.01.2004)

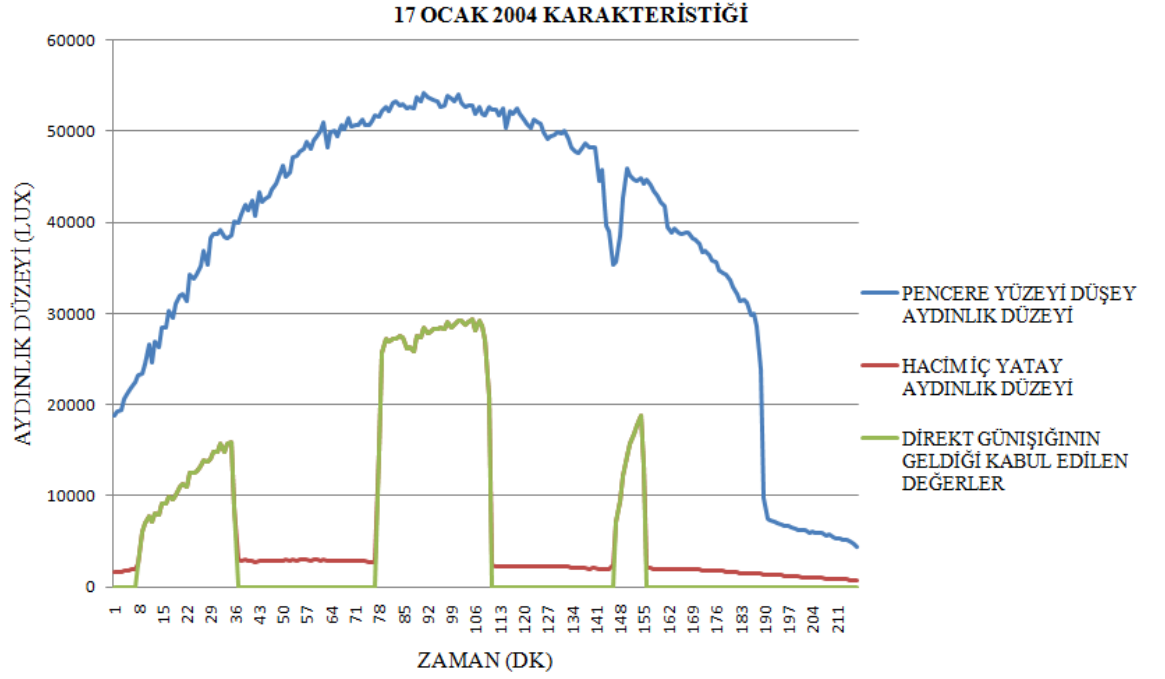


Şekil 5.28 : Güneş ışınlarının direkt geldiği zaman aralıklarının hesaplanması, (14.10.2003)

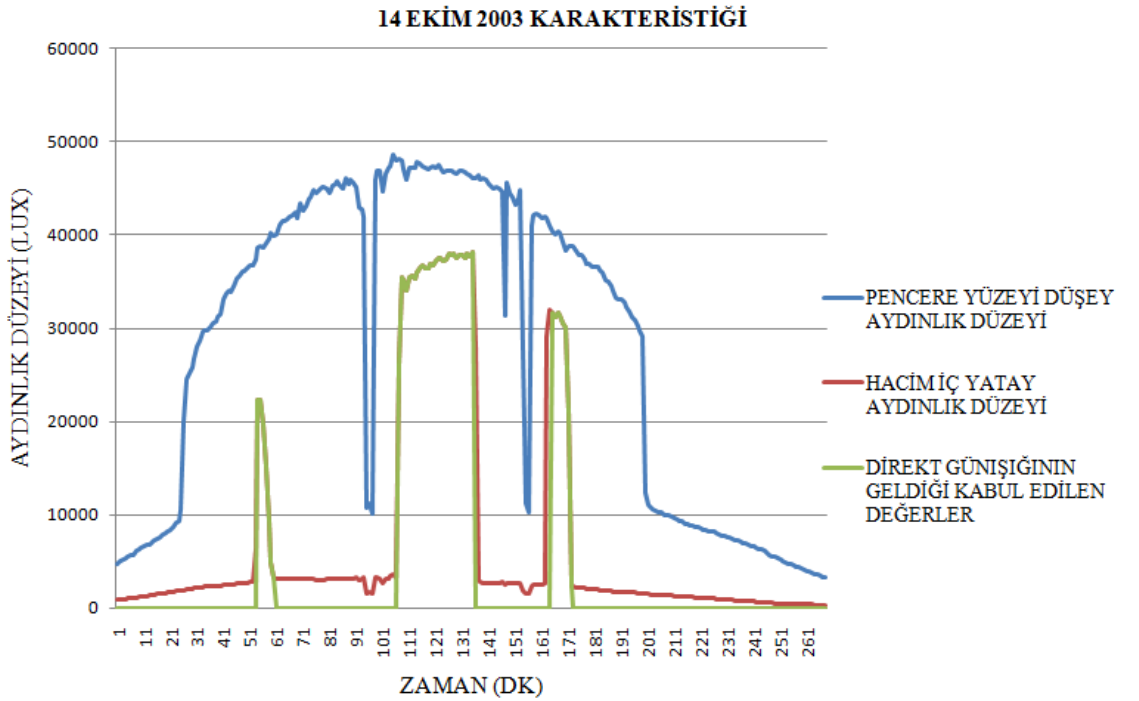
Güneş ışınlarının referans oda pencerelerinden, hacim içindeki algılayıcıya direkt geldiği zaman aralıkları için yapılan hesaplarda bazı sapmalar görülmüştür. Bu sapmalar ölçme ve hesap esnasında ortaya çıkan ihmal edilebilir hataların biraraya gelmesinden kaynaklanmaktadır.

Hesap yöntemi ve ölçüm değerleri ile karşılaştırılarak güneş açılarının referans odada hacmin iç kısmına direkt geldiği zaman aralıkları belirlenmiştir. Güneşin geliş açılarında yapılan değişiklikler sonucunda Şekil 5.29 ve 5.30'da örnek iki günün dış

aydınlık düzeyi, iç aydınlık düzeyi ve güneş ışınlarının hacmin pencerelerinden direkt geldiği hesaplanan iç aydınlık düzeyi grafikleri tekrar çizilmiştir.

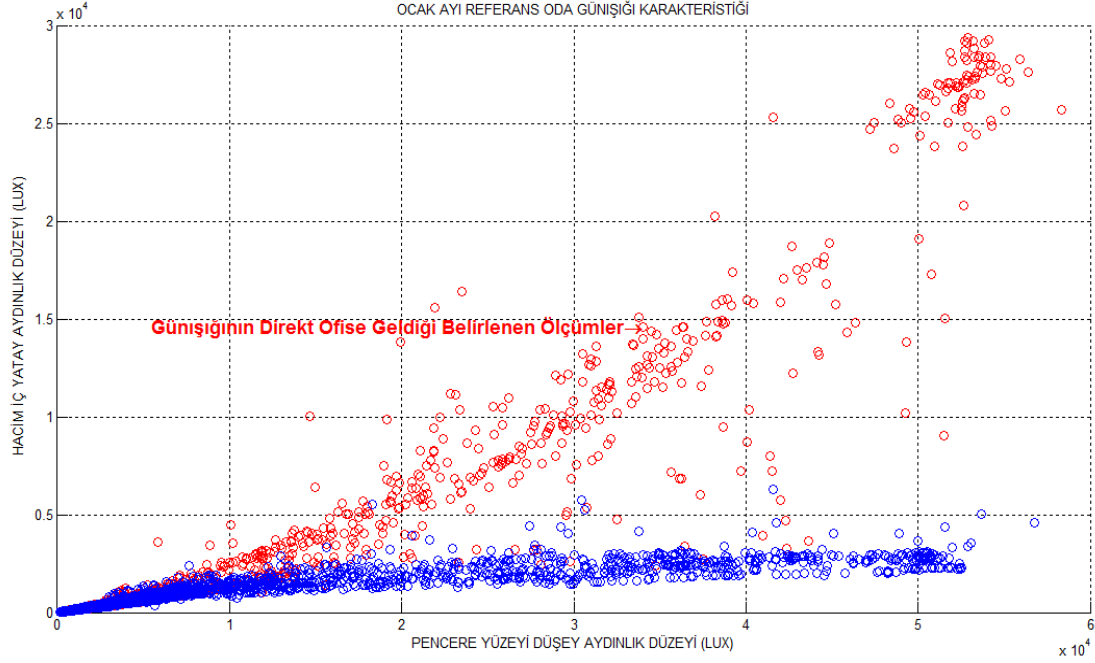


Şekil 5.29 : Güneş ışınlarının direkt geldiği kabul edilen zaman aralıkları, (17.01.2004)



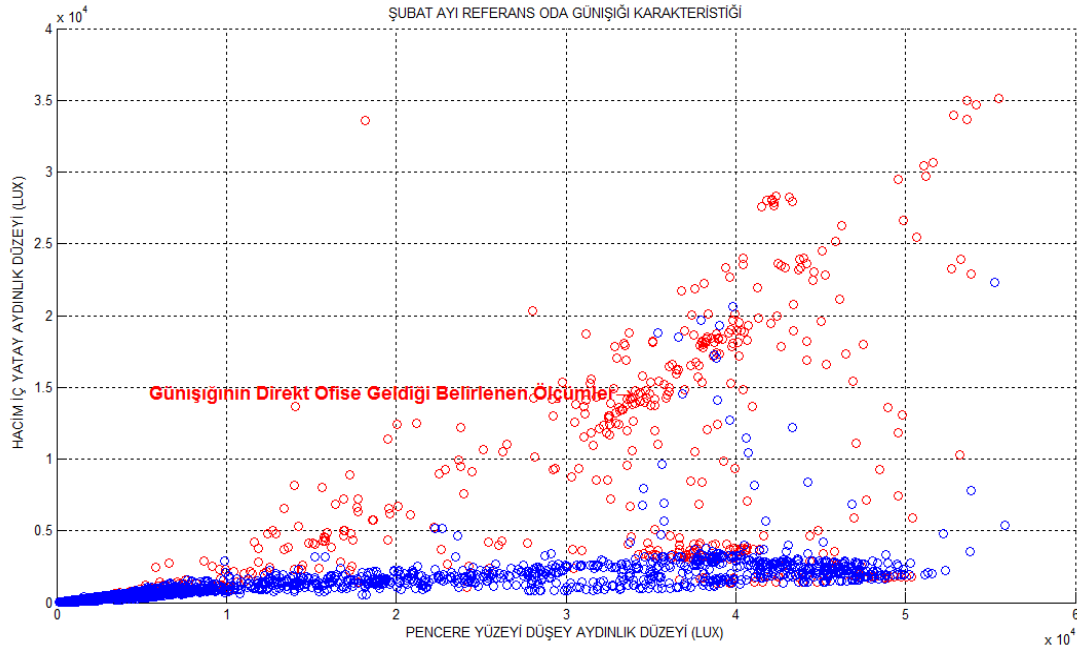
Şekil 5.30 : Güneş ışınlarının direkt geldiği kabul edilen zaman aralıkları (14.10.2003)

Güneş ışınlarının hacmin pencerelerinden direkt geldiği kabul edilen açısal değerlerinin iki farklı karakteristiğe sahip aylar üzerinde uygulanması sonucunda Şekil 5.31 – Şekil 5.35’deki grafikler elde edilmiştir.

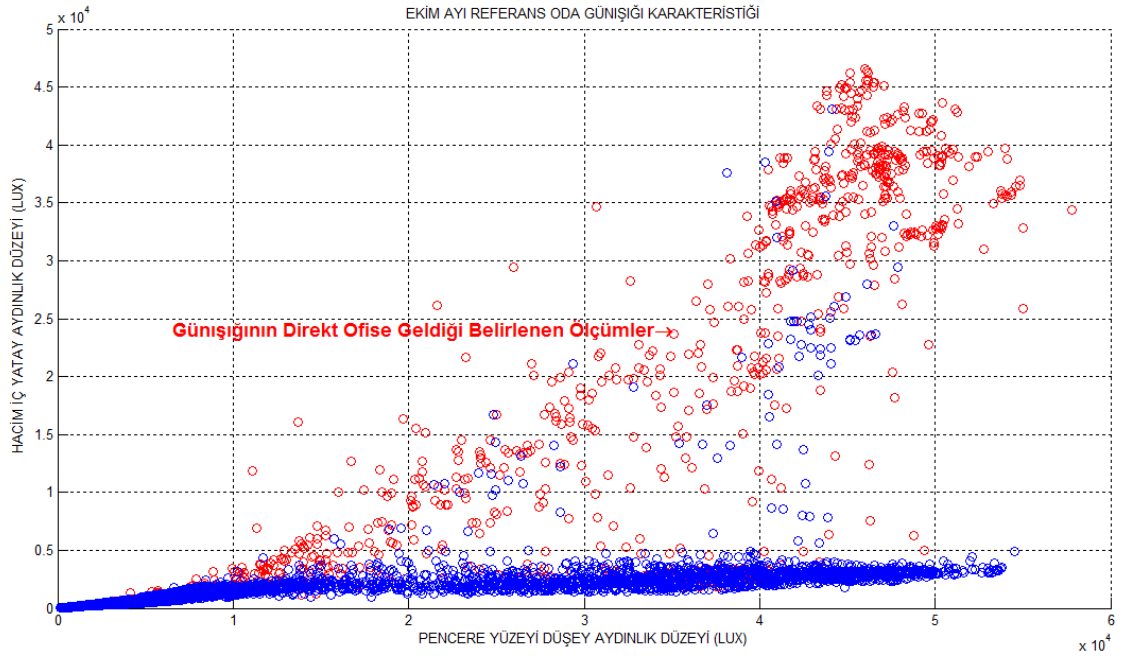


Şekil 5.31 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin belirlenmesi – Ocak.2004

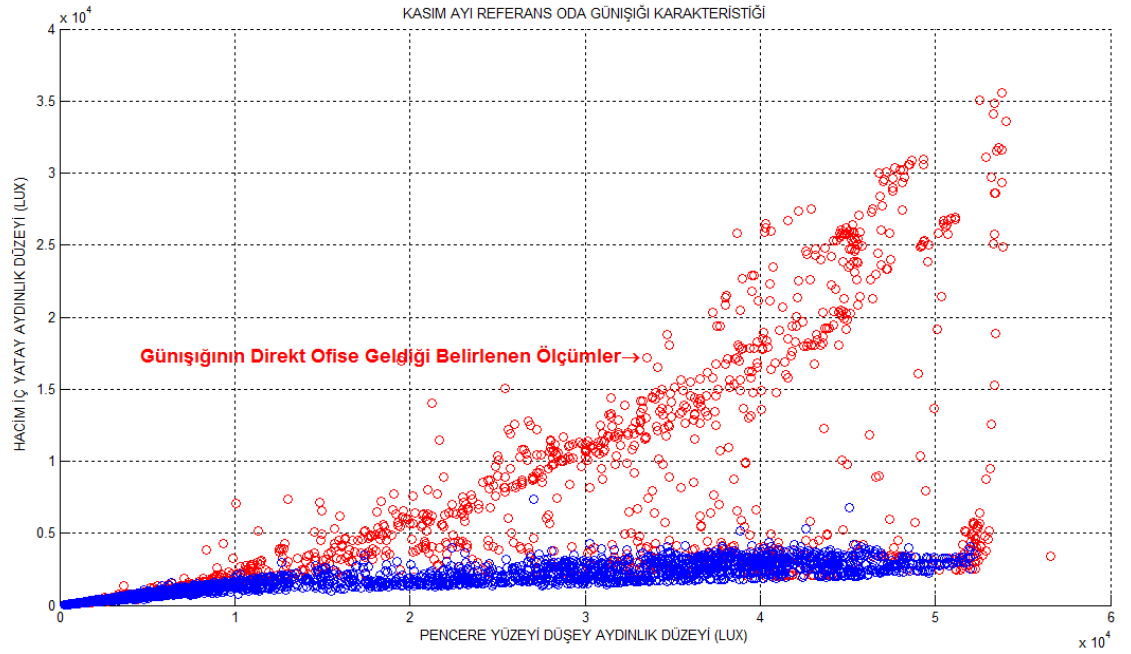
Şekil 5.31’deki grafikte görüldüğü gibi iç aydınlık düzeyi değerlerinin yükseldiği üst koldaki karakteristiğin tamamı kırmızı renktir ve hacim içine direkt gelen güneş ışınlarını göstermektedir.



Şekil 5.32 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin belirlenmesi – Şubat.2004

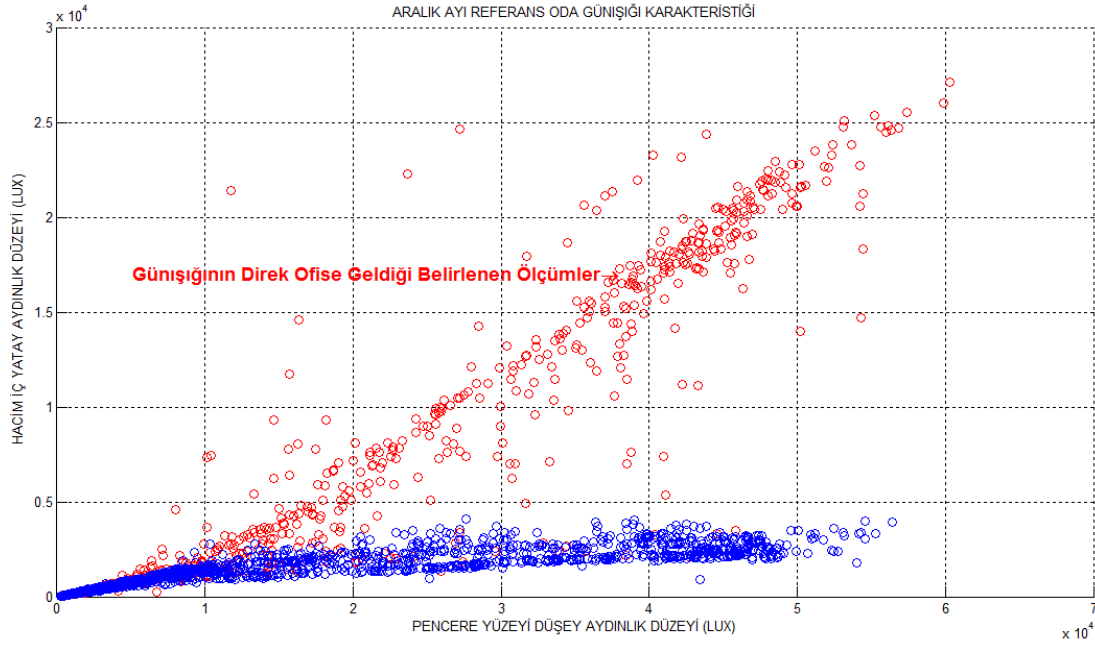


Şekil 5.33 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin belirlenmesi – Ekim.2003



Şekil 5.34 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin belirlenmesi – Kasım.2003

Güneş ışınlarının direkt geldiği hesaplanan Ocak, Şubat, Ekim, Kasım ve Aralık aylarına ait Şekil 5.22 - 5.26'deki grafikler, güneş ışınlarının direkt geldiği tam olarak belirlenen zaman aralıklarındaki değerlere kaydırılması sonucu Şekil 5.31 - 5.35'deki grafikler elde edilmiştir.



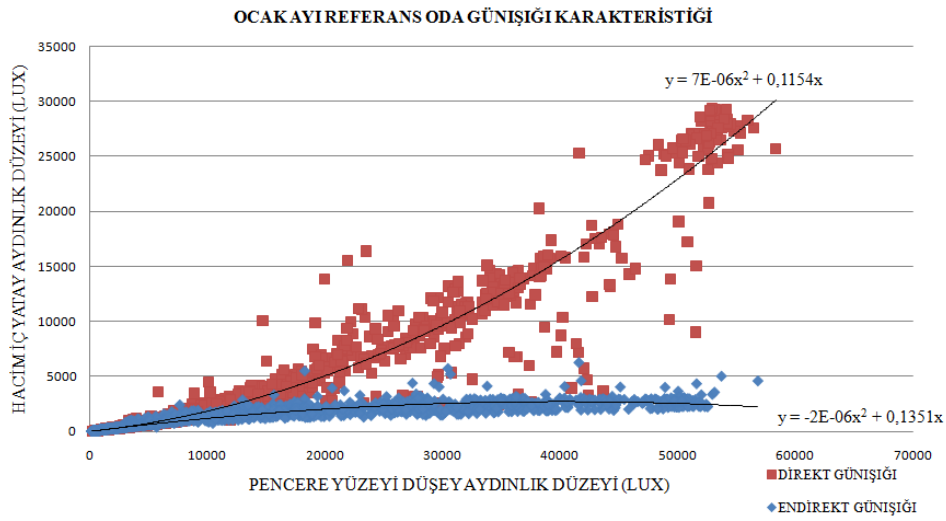
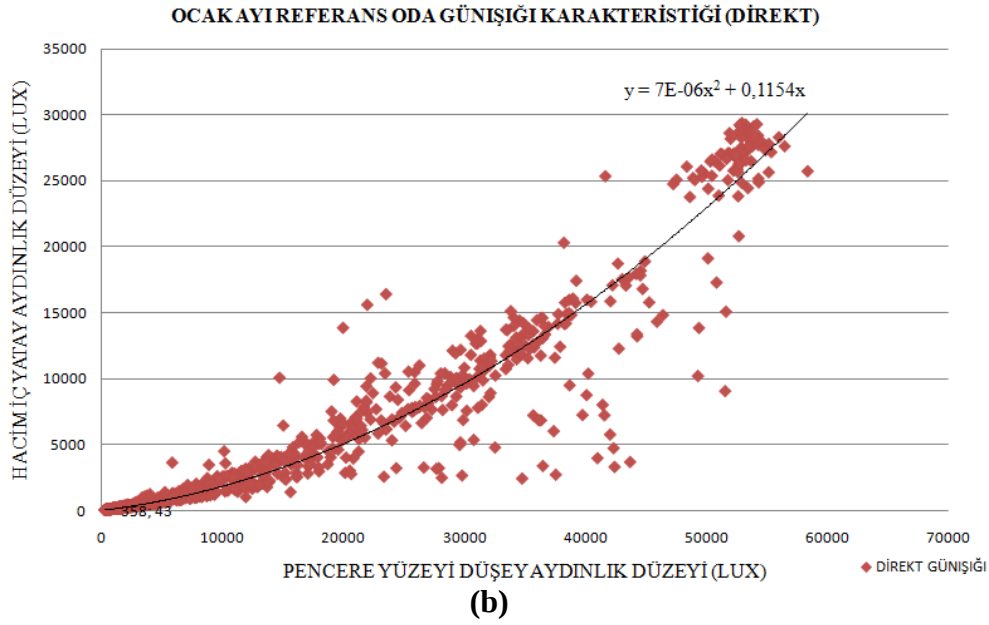
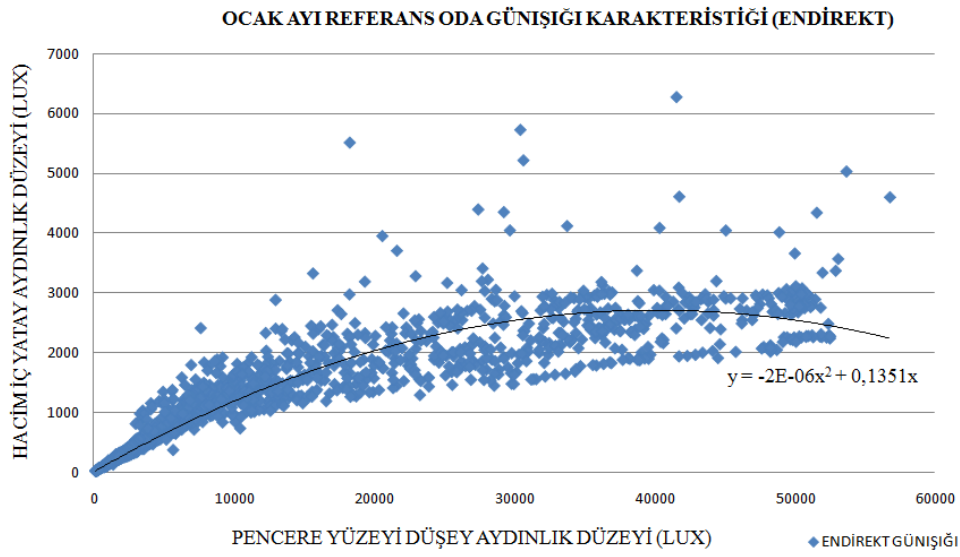
Şekil 5.35 : Güneş ışığının direkt geldiği verilerin belirlenmesi – Aralık.2003

Referans oda pencere yüzeyi aydınlık düzeyine bağlı çalışma düzlemi aydınlık düzeyi karakteristiğinde, hacim içine direkt gelen güneş açılarının belirlendiği ölçüm değerleri kırmızı renkte çizilerek Şekil 5.31 - 5.35’de verilmiştir. Şekil 5.31 - 5.35’deki grafiklerde görüldüğü gibi iç aydınlık düzeyinde beklenenden yüksek ölçülen değerlere ait Ocak, Şubat, Ekim, Kasım ve Aralık ayı karakteristikleri, çalışma düzleminin güneş ışığını direkt almasından kaynaklanmaktadır. Bu ikinci karakteristik, Ocak, Şubat, Ekim, Kasım ve Aralık ayları için referans oda güneş ışığı karakteristiği çıkarılırken ayrı bir karakteristik olarak hesaplanmıştır.

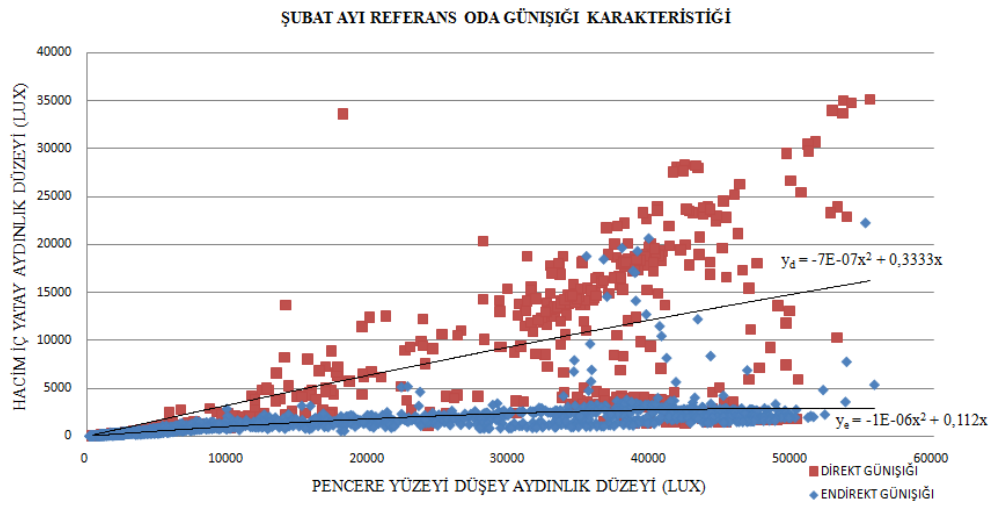
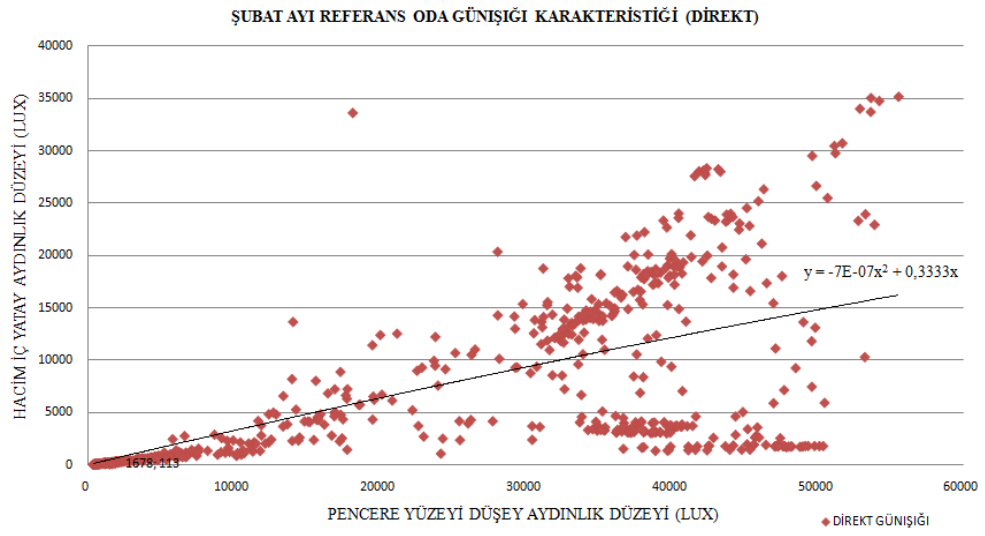
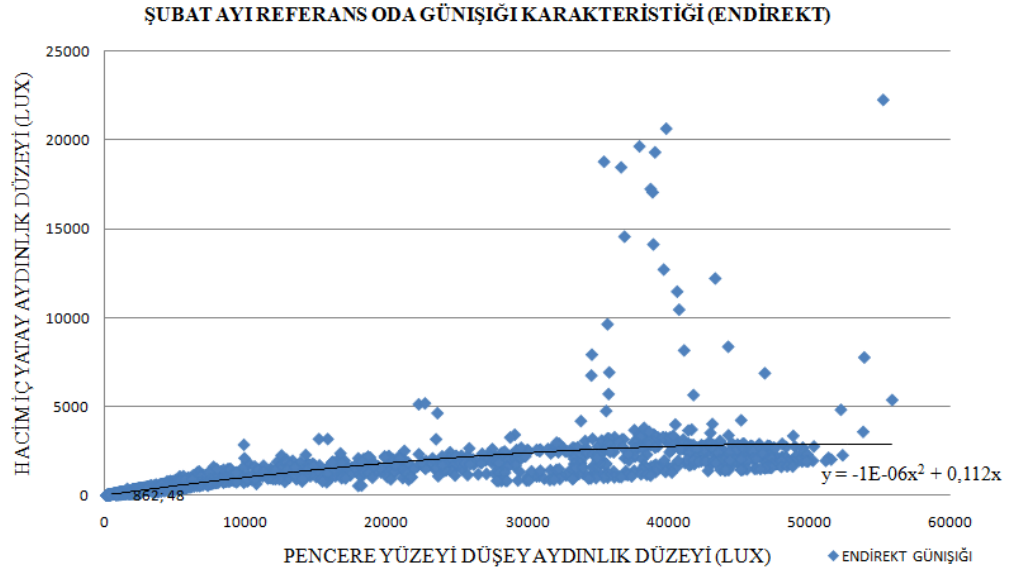
5.5 Günüşğı Karakteristiğınin En Küçük Kareler Yöntemi ile İkinci Derece Polinom Olarak Çıkarılması

Şekil 5.36 - Şekil 5.47’de bütün aylar için günüşğı karakteristiğı grafikleri ve bu grafiklerin en küçük kareler yöntemi ile hesaplanan ikinci derece polinom olarak ifadesi verilmiştir. Referans odanın güneş ışınlarını direkt aldığı aylara ait karakteristiklerde hesaplamalar direkt ve endirekt olarak ikiye ayrılmış ve iki farklı fonksiyon olarak ifade edilmiştir.

MATLAB paket programında hesaplanan denklemler grafiklerin üzerinde gösterilmiştir.

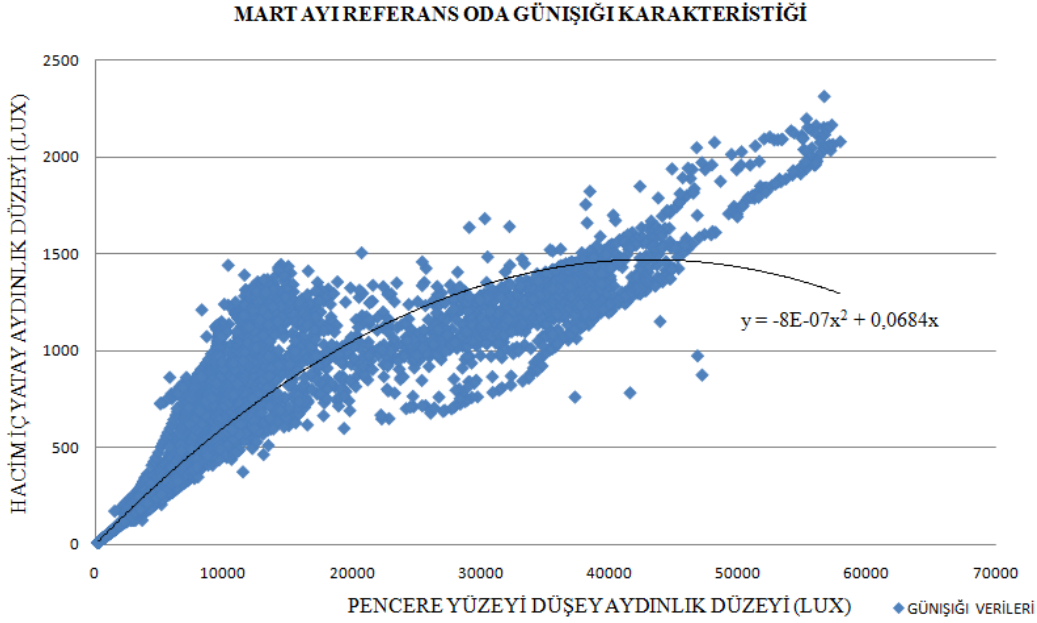


Şekil 5.36 : Güneşiği karakter fonksiyonunun çıkarılması-Ocak.2004

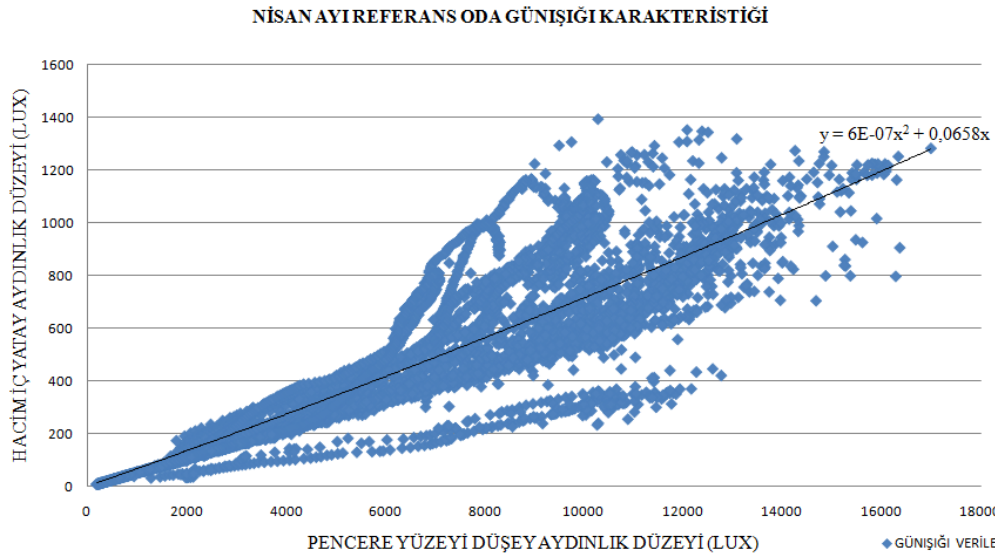


Şekil 5.37 : Güneşliği karakter fonksiyonunun çıkarılması - Şubat.2004

Şekil 5.36 ve 5.37’de verilen grafiklerde Ocak ve Şubat aylarına ait karakteristikler “Direkt” ve “Endirekt” olarak iki karakter fonksiyonu şeklinde ifade edilmiş ve grafiklerde ayrıca gösterilmiştir. Her bir karakteristiğe ait fonksiyonlar en küçük kareler yöntemine göre hesaplanan ikinci derece polinom olarak ifade edilmiş ve grafiklerin üzerinde gösterilmiştir.



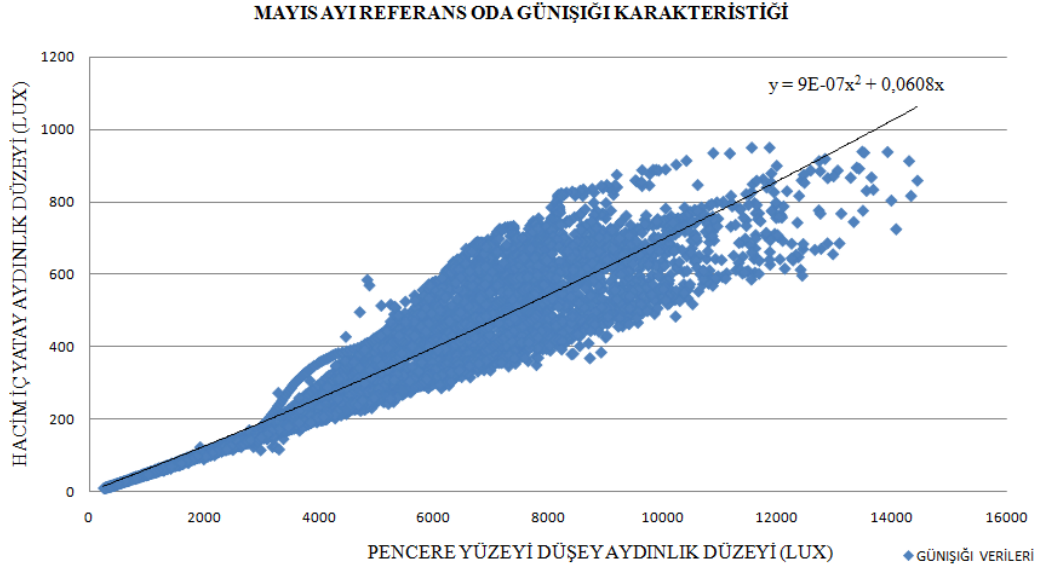
Şekil 5.38 : Güneşiği karakter fonksiyonunun çıkarılması - Mart.2004



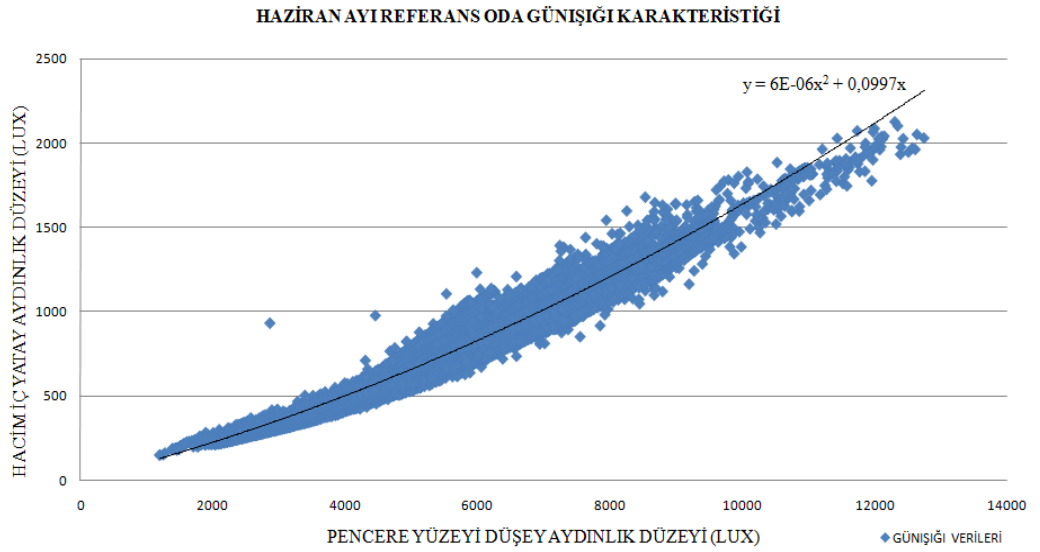
Şekil 5.39 : Güneşiği karakter fonksiyonunun çıkarılması - Nisan.2004

Şekil 5.38 - 5.40’da verilen ilkbahar aylarına ait grafiklerde veriler Mart ayından Mayıs ayına doğru daha düzenli bir karakteristik oluşturmaktadır. Güneşiğinin direkt

hacmin içine geldiği aylardan uzaklaştıkça hacmin endirekt günışığı karakteristiği daha belirgin olarak görülmektedir.

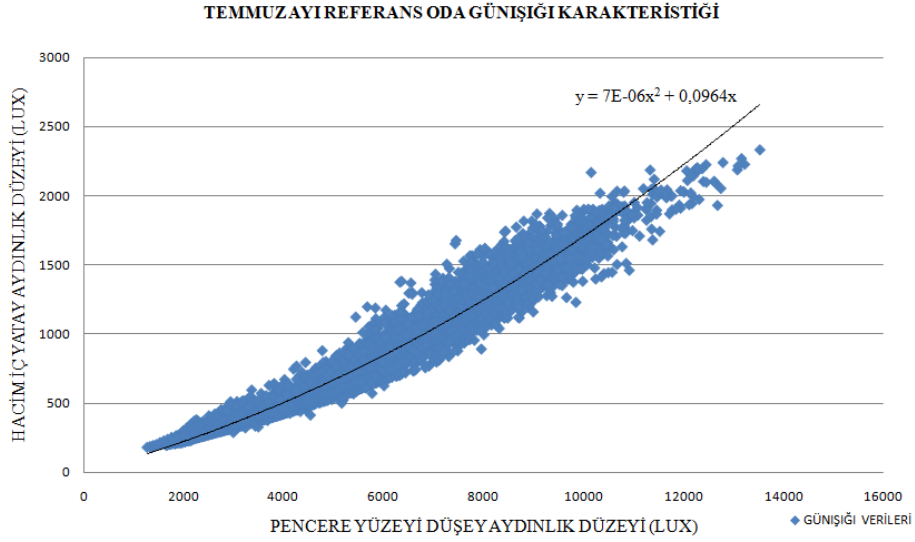


Şekil 5.40 : Günışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması - Mayıs.2004

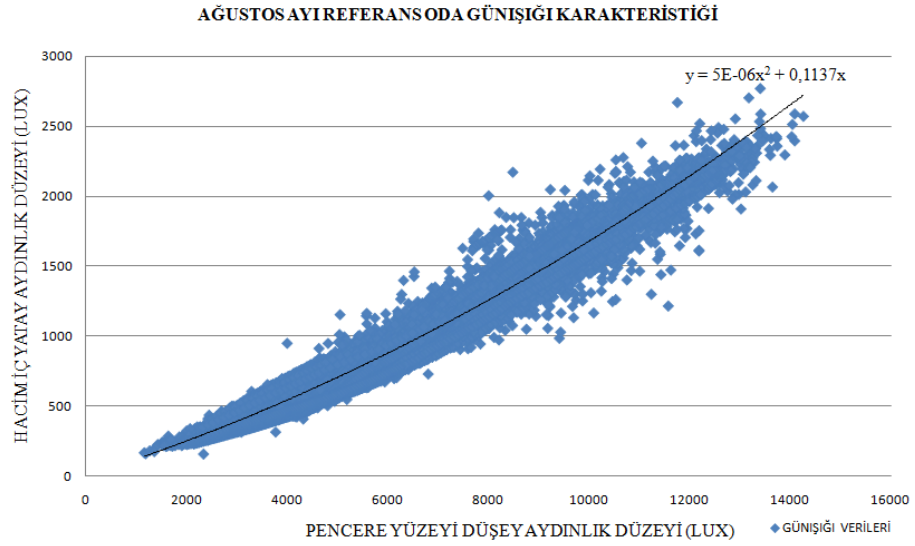


Şekil 5.41 : Günışığı karakter fonksiyonunun çıkarılması - Haziran.2003

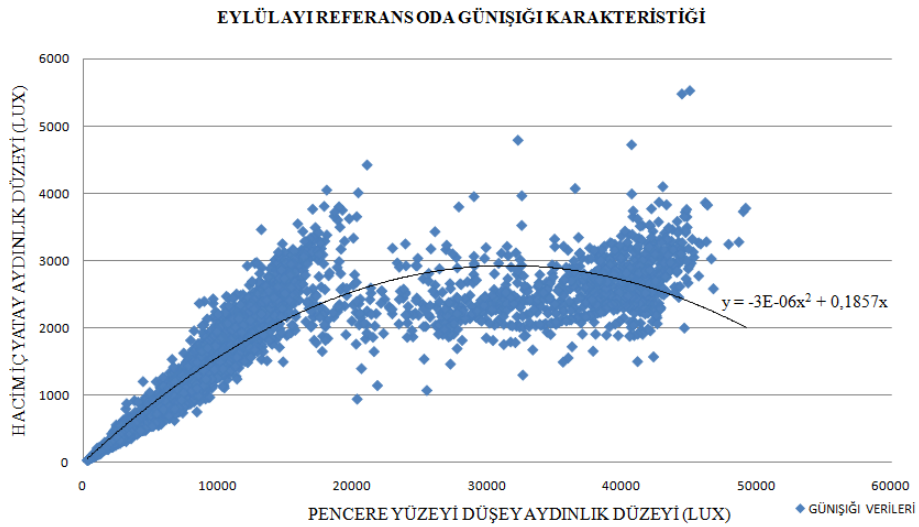
Şekil 5.41-5.43’de yaz aylarına ait günışığı karakteristikleri verilmiştir. Grafiklerde görüldüğü gibi yaz aylarında hacmin iç kısmındaki aydınlık düzeyi değerleri düzgün bir grafik izlemiştir. Referans oda iç kısmına yaz aylarında güneş ışınları direkt gelmemekte ve karakteristiklerin dağılımını etkileyecek büyüklükte başka bir faktör etki etmemektedir.



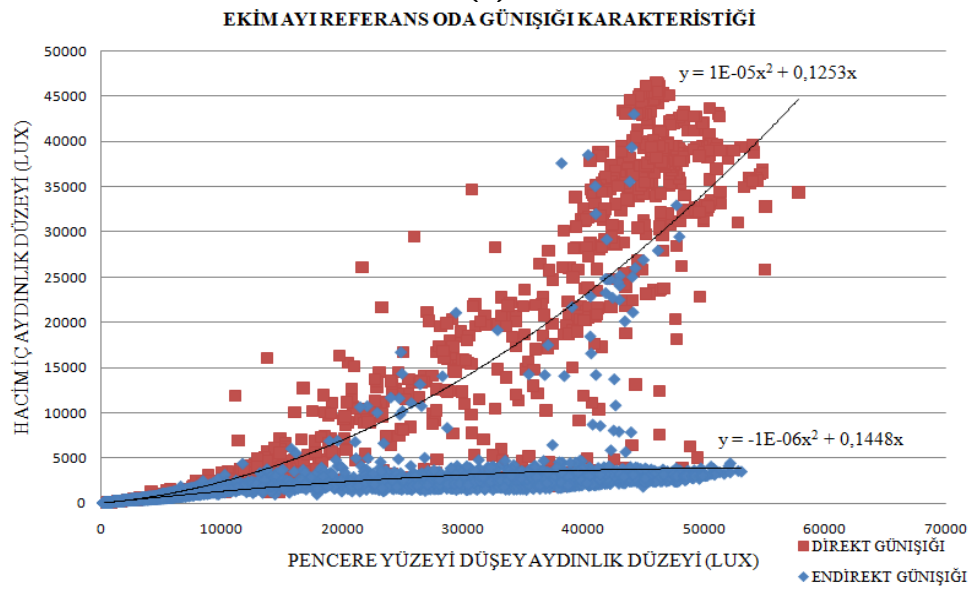
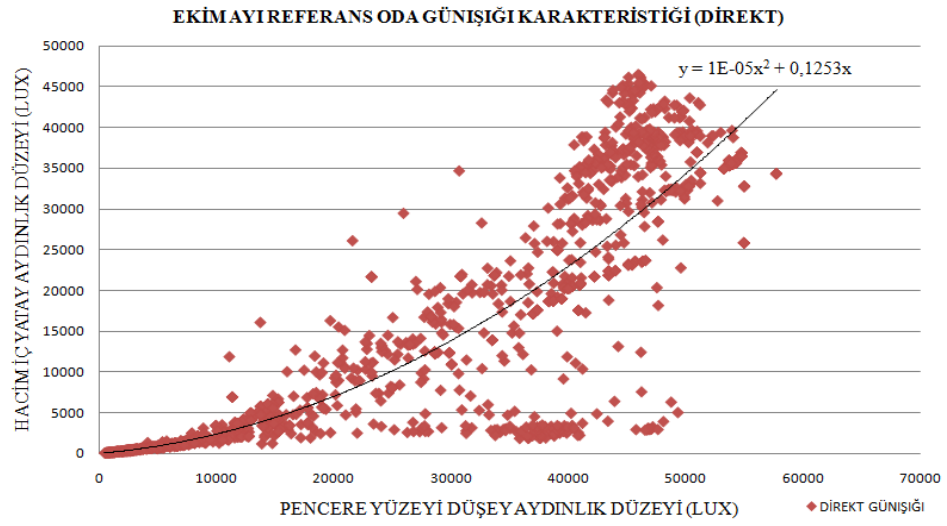
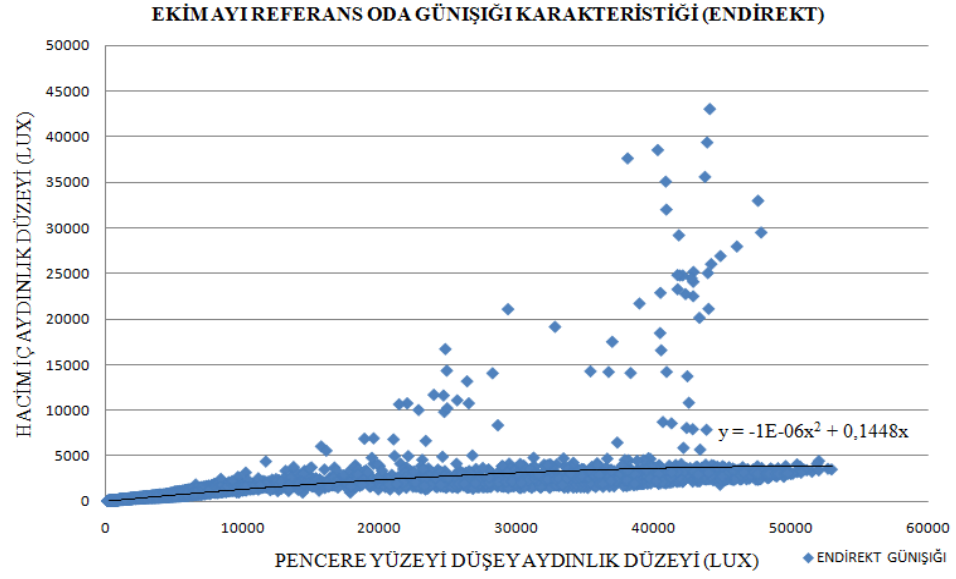
Şekil 5.42 : Güneşliği karakter fonksiyonunun çıkarılması - Temmuz.2003



Şekil 5.43 : Güneşliği karakter fonksiyonunun çıkarılması - Ağustos.2003



Şekil 5.44 : Güneşliği karakter fonksiyonunun çıkarılması - Eylül.2003

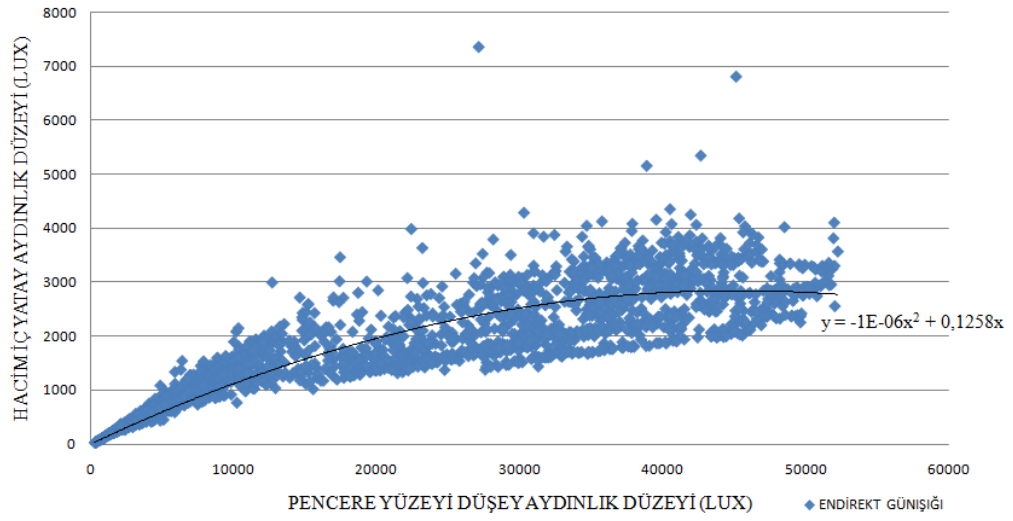


Şekil 5.45 : Güneşiği karakter fonksiyonunun çıkarılması - Ekim.2003

Grafiklerde görüldüğü gibi Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında sadece endirekt günışığı karakteristiği mevcuttur. Güneşin hareketi sonucunda bu aylarda referans oda iç hacmine güneş ışınları direkt gelmemektedir.

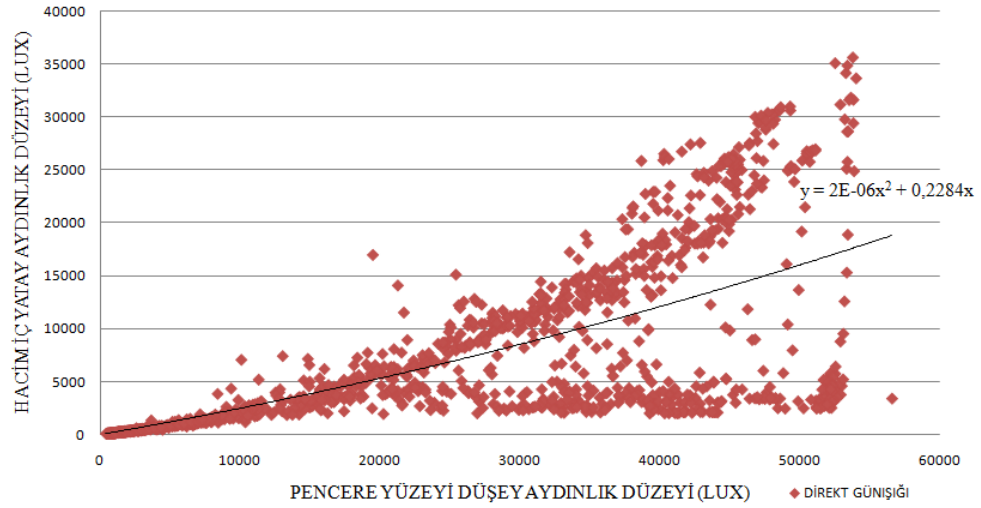
Şekil 5.45 – 5.47’de verilen Ekim, Kasım ve Aralık aylarına ait karakteristikleri, Ocak ve Şubat aylarında olduğu gibi “Direkt” ve “Endirekt” günışığı karakteristikleri olmak üzere iki karakter fonksiyonu şeklinde ifade edilmiştir. “Direkt” ve “Endirekt” günışığı karakteristikleri iki ayrı grafik üzerinde gösterilmiştir. Fonksiyonların hesaplanmasında, yaygın olarak kullanılan bir eğri uydurma methodu olan en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile her bir karakteristik ikinci derece bir polinom olarak tanımlanmıştır.

KASIMAYI REFERANS ODA GÜNEŞİĞİ KARAKTERİSTİĞİ (ENDİREKT)



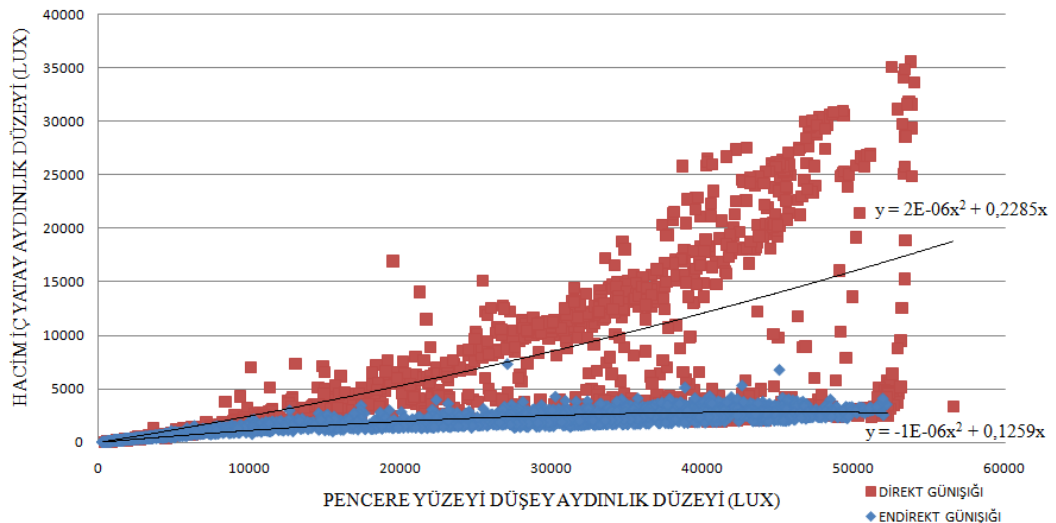
(a)

KASIMAYI REFERANS ODA GÜNEŞİĞİ KARAKTERİSTİĞİ (DİREKT)



(b)

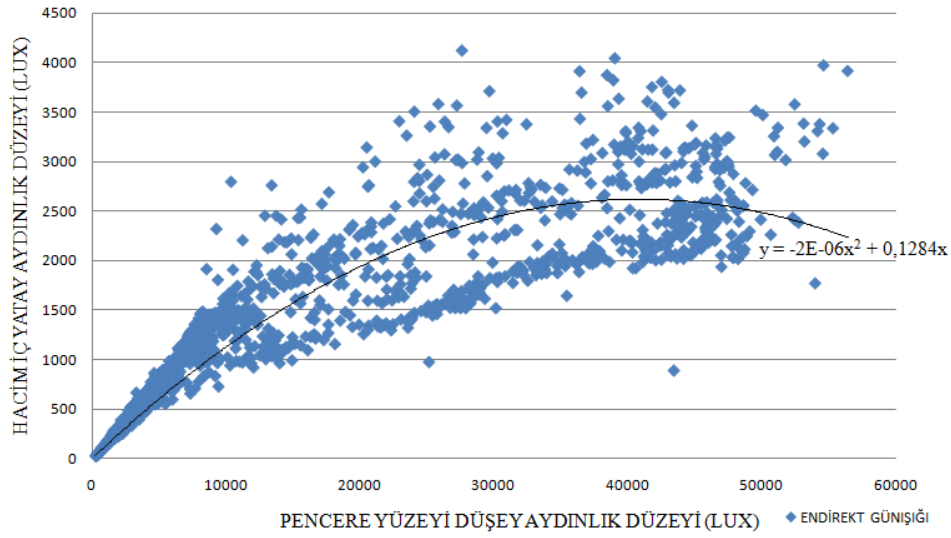
KASIMAYI REFERANS ODA GÜNEŞİĞİ KARAKTERİSTİĞİ



(c)

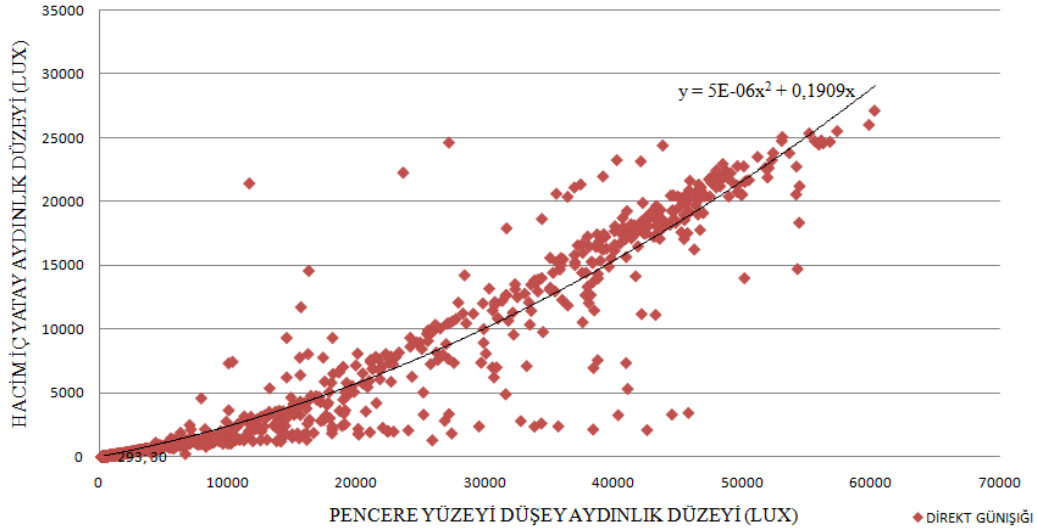
Şekil 5.46 : Güneşliği karakter fonksiyonunun çıkarılması - Kasım.2003

ARALIK AYI REFERANS ODA GÜNEŞİĞİ KARAKTERİSTİĞİ (ENDİREKT)



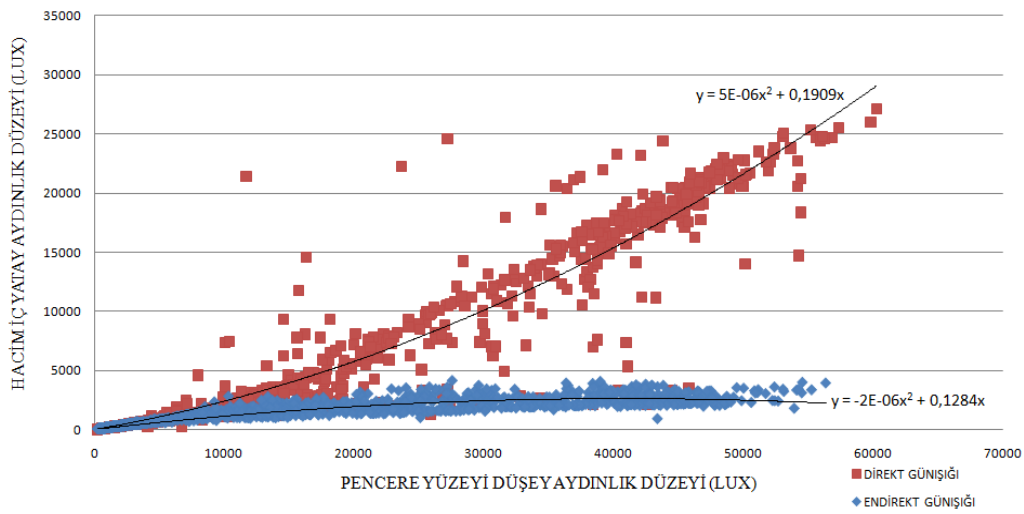
(a)

ARALIK AYI REFERANS ODA GÜNEŞİĞİ KARAKTERİSTİĞİ (DİREKT)



(b)

ARALIK AYI REFERANS ODA GÜNEŞİĞİ KARAKTERİSTİĞİ



(c)

Şekil 5.47 : Güneşliği karakter fonksiyonunun çıkarılması - Aralık.2003

Şekil 5.36 – Şekil 5.47’deki grafiklerde bütün aylara ait günışığı karakteristiklerinin çıkarımları verilmiştir. En küçük kareler yöntemi ile hesaplanan karakter fonksiyonlarının hata oranları ortalama mutlak bağıl hata ile bulunmuştur.

Ortalama mutlak bağıl hata,

$$\eta = \frac{\sum_{n=1}^N \left(\frac{|E - E_h|}{|E|} \right)}{N} * 100 \quad (5.2)$$

ile hesaplanmıştır.

Aylara göre mutlak bağıl hata oranları Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7 : En küçük kareler yöntemine göre hesaplanan karakter fonksiyonları ve bağıl hata oranları

Aylar	Ortalama Mutlak Bağıl Hata (%)	Karakter Fonksiyonu $E_{rhor} = f(E_{tver})$
Ocak 2004	18.88 14.82	DİREKT: $E_{rhor} = 7e - 06 * E_{tver}^2 + 0.1154 * E_{tver}$ ENDİREKT: $E_{rhor} = -2e - 06 * E_{tver}^2 + 0.135 * E_{tver}$
Şubat 2004	142.06 33.32	DİREKT: $E_{rhor} = -7e - 07 * E_{tver}^2 + 0.3333 * E_{tver}$ ENDİREKT: $E_{rhor} = -1e - 06 * E_{tver}^2 + 0.112 * E_{tver}$
Mart 2004	22.63	$E_{rhor} = -8e - 07 * E_{tver}^2 + 0.0684 * E_{tver}$
Nisan 2004	30.83	$E_{rhor} = 6e - 07 * E_{tver}^2 + 0.0658 * E_{tver}$
Mayıs 2004	19.99	$E_{rhor} = 9e - 07 * E_{tver}^2 + 0.0608 * E_{tver}$
Haziran 2003	9.67	$E_{rhor} = 6e - 06 * E_{tver}^2 + 0.0997 * E_{tver}$
Temmuz 2003	9.05	$E_{rhor} = 7e - 06 * E_{tver}^2 + 0.0964 * E_{tver}$
Ağustos 2003	10.70	$E_{rhor} = 5e - 06 * E_{tver}^2 + 0.1137 * E_{tver}$
Eylül 2003	20.13	$E_{rhor} = -3e - 06 * E_{tver}^2 + 0.1857$
Ekim 2003	168.39 23.09	DİREKT: $E_{rhor} = 1e - 05 * E_{tver}^2 - 0.1253 * E_{tver}$ ENDİREKT: $E_{rhor} = -1e - 06 * E_{tver}^2 + 0.1448 * E_{tver}$
Kasım 2003	54.35 22.53	DİREKT: $E_{rhor} = 2e - 06 * E_{tver}^2 + 0.2284 * E_{tver}$ ENDİREKT: $E_{rhor} = -1e - 06 * E_{tver}^2 + 0.1259 * E_{tver}$
Aralık 2003	40.61 18.95	DİREKT: $E_{rhor} = 5e - 06 * E_{tver}^2 + 0.1909 * E_{tver}$ ENDİREKT: $E_{rhor} = -2e - 06 * E_{tver}^2 + 0.1284 * E_{tver}$

6. GÜNEŞİĞİ KAREKTERİSTİĞİNİN YAPAY SİNİR AĞI İLE BELİRLENMESİ

Bu çalışmada, Bölüm 5’te açıklanan, en küçük kareler yöntemi ile eğri uydurularak hesaplanan gün ışığı karakteristikleri, yapay sinir ağı yöntemi ile yeniden hesaplanmıştır. İki farklı yöntemle belirlenen gün ışığı karakteristiklerinin bağıl hata oranları incelenmiştir.

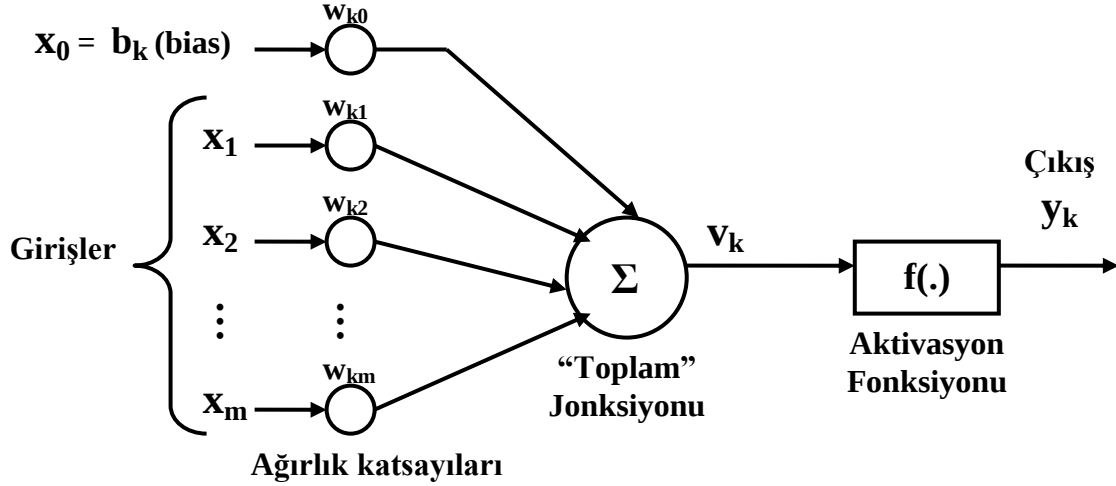
6.1 Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (Artificial Neural Networks), organik beyin ve sinir yapılarından esinlenerek gerçekleştirilmiş elektronik elemanlar ve bunların bilgisayar yazılımlarından oluşmaktadır.

Temel olarak yapay sinir ağları, aynı insan beyininde olduğu gibi, öğrenilen bilgileri yeni bir durum karşısında en uygun cevabı verebilmek için kullanır. Yapay sinir ağları, beyinin çalışmasına benzerliği bakımından üç temel şekilde açıklanır[12]:

- Elektronik elemanlarla veya bir yazılım ile tasarlanmış nöronlar ve bunların birbirleriyle bağlantıları yapay sinir ağlarının temelini oluşturur.
- Nöral devrelerde bilgi kazanımı, bir öğrenme sonucunda gerçekleşir.
- Nöronlar arasındaki ağırlık katsayısı öğrenilen bilgiyi saklamakta kullanılır.

Yapay sinir ağlarının en basit yapısını, nöron adı verilen çok girişli tek çıkışlı elemanlar oluşturur. Şekil 6.1’de gösterilen nöron yapısında olduğu gibi nöronun her bir girişine ait bir ağırlık katsayısı vardır. Toplam jonksiyonunun çıkışı her bir giriş değerinin kendine ait ağırlık katsayısı ile çarpılıp toplamının alınmasıdır. Bu değer bir aktivasyon fonksiyonuna uygulanarak, çıkış değeri elde edilir.



Şekil 6.1 : Basit bir nöronun yapısı

Yapay sinir ağları tek katmanlı veya çok katmanlı olarak ikiye ayrılır. Tek katmanlı olanlarda sadece giriş ve çıkış katmanları vardır. Çok katmanlı sinir ağlarında ise, giriş ve çıkış katmanları arasında “Gizli Katman” (hidden layer) denilen bir veya birden fazla katman bulunur. Bir yapay sinir ağı, giriş ve çıkışı arasında birbirlerine bağlı dizi şeklindeki katmanların bulunduğu birçok nöronu içerir. Bilginin alınışı türüne göre, yapay sinir ağları ikiye ayrılır. Bilgi akışı girişten çıkışa doğru ise ileri beslemeli, herhangi bir nöronun çıkışı söz konusu nörona veya başka bir nörona giriş olarak uygulanıyorsa, kısaca sistemde en az bir geri besleme varsa geri beslemeli yapay sinir ağı olarak adlandırılır.

Sistem çıkışı, ağırlık katsayılarının öğrenme kuralı adı verilen çeşitli yöntemlerle uygun değerlere ayarlanması sonucunda elde edilir.

Bu çalışmada yapay sinir ağı yapısı ve öğrenme algoritması olarak, genelde fonksiyon yaklaşım problemlerinde kullanılan, ileri beslemeli, çok katmanlı bir sinir ağı olan Genelleştirilmiş Regresyon Ağı kullanılmıştır.

6.2 Genelleştirilmiş Regresyon Ağı

Genelleştirilmiş regresyon ağları (Generalized Regression Network - GRN), radyal tabanlı fonksiyon ağlarının özel bir durumudur. Ağ yapısı bir radyal tabanlı katman ile özel bir doğrusal katmandan oluşmaktadır. Radyal tabanlı YSA'larda temel fikir, bir grup radyal tabanlı fonksiyonu istenen fonksiyona yaklaşacak şekilde ağırlıklandırarak toplamaktır. Genelleştirilmiş regresyon ağlarında ise radyal tabanlı

fonksiyon ağılarının merkez ve bant genişliklerinin eğitime verisinin deterministik fonksiyonları olarak belirlenir ve bu tip ağlarda eğitim için yinelemeli (iteratif) yöntemler kullanılmaz [13-16].

Birinci katman, normal bir radyal tabanlı yapay sinir ağı gibi işler. Her nöronun ağırlıklı girişi, giriş vektörü ile bu girişin ağırlık vektörü arasındaki uzaklıktır. Her nöronun net girişi, o nöronun ağırlıklı girişi ile biasının çarpımıyla belirlenir. Her nöronun çıkışı, o nöronun net girişinin radyal tabanlı katmandan geçirilmesiyle hesaplanır.

Genel regresyon ağlarında bir x_j girişi, ağıdaki Gauss çekirdeklerinden birinin merkezi olarak atanır. Herhangi bir giriş vektörü x için i . radyal tabanlı biriminin çıkışı

$$\beta_i = \exp \left[-\frac{(x - x_i)^T (x - x_i)}{2\sigma^2} \right] \quad (6.1)$$

şeklinde hesaplanır [17]. Burada σ kullanıcı tarafından belirlenen yumuşatma parametresidir. Herhangi bir x girişi için ağıın çıkışı y

$$y = \sum_{i=1}^K \alpha_i y_i \quad (6.2)$$

şeklindedir [5]. Denklem 6.2.'de kullanılan α katsayıları aşağıda görüldüğü gibi hesaplanır:

$$\alpha_i = \frac{\beta_i}{\sum_{i=1}^K \beta_i} \quad (6.3)$$

Eğer giriş vektörü x , herhangi bir x_i eğitim vektörüne yakın ise x_i 'ye ilişkin α_i en büyük olacak ve istenen çıkış y , x_i 'ye ilişkin y_i çıkışına yaklaşacaktır [13-16].

6.3 Uygulama

Bu çalışmada, dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiğinin bir fonksiyonla ifade edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, bir yapay sinir ağı yapısı olan genelleştirilmiş regresyon ağı tasarlanmıştır.

Tasarlanan ağın giriş vektörü; gün, saat, dakika, yükseklik açısı, azimut açısı, deklinasyon açısı, zaman açısı ve pencere yüzeyi dikey aydınlık düzeyidir, çıkış vektörü ise referans oda çalışma düzlemi yatay aydınlık düzeyidir. Genelleştirilmiş regresyon ağı 8 giriş nöronu ve 1 çıkış nöronundan meydana gelmektedir.

Belirlenen bütün veri kümesi, eğitim kümesi ve test kümesi olarak ikiye ayrılmıştır. Eğitim kümeleri ile yapay sinir ağı genelleştirilmiş regresyon ağı kullanılarak eğitilmiştir. Eğitimin tamamlanmasından sonra ağın güvenilirliğini sınamak amacıyla test kümesi ağı uygulanarak, gerçek çıkış ile yapay sinir ağının hesaplamış olduğu çıkış karşılaştırılmış, eğitim ve test fazı için hatalar bulunmuştur.

Genelleştirilmiş regresyon ağında değiştirilen tek parametre ağın bir katmanında bulunan radyal tabanlı fonksiyonların bant genişliği olan σ yumuşatma parametresidir. Mutlak bağıl hata yöntemi ile hesaplanan eğitim ve test kümelerindeki hataların σ parametresine göre değişimi incelenerek en uygun σ değeri belirlenir. σ parametresinin optimum değerini bulmak için deneme-yanılma yöntemi kullanılmıştır.

Çizelge 6.1 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günlüğü (Ocak.2004)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	20,833	24,428
0,04	13,993	19,134
0,03	6,761	15,156
0,02	1,055	12,354
0,01	0,001	10,799

Çizelge 6.2 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Direkt Günişığı (Ocak.2004)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	26,612	33,020
0,04	19,119	27,642
0,03	10,006	22,358
0,02	1,749	18,066
0,01	0,001	17,426

Çizelge 6.3 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişığı (Şubat.2004)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	5,367	10,889
0,04	1,828	8,930
0,03	0,220	8,586
0,02	0,001	8,918
0,01	0,000	11,387

Çizelge 6.4 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Direkt Günişığı (Şubat.2004)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	7,949	27,820
0,04	2,813	23,502
0,03	0,337	21,752
0,02	0,001	21,533
0,01	0,000	21,459

Çizelge 6.1 - 6.4'de Ocak ve Şubat ayınlarına ait direkt ve endirekt günişığı karakteristiklerinin genelleştirilmiş regresyon ağı ile hesaplanması sonucunda

çıkarılan hata oranları verilmiştir. En uygun σ parametresine göre yapay sinir ağı hata oranı belirlenmiştir.

Çizelge 6.5 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişığı (Mart.2004)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	3,667	6,965
0,04	1,155	5,400
0,03	0,158	5,128
0,02	0,001	5,147
0,01	0,000	6,279

Çizelge 6.6 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişığı (Nisan.2004)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	8,955	11,314
0,04	5,550	8,732
0,03	2,273	6,615
0,02	0,236	5,221
0,01	0,000	5,027

Çizelge 6.7 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişığı (Mayıs.2004)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	5,105	6,724
0,04	3,105	5,435
0,03	1,311	4,545
0,02	0,211	4,096
0,01	0,000	4,499

Çizelge 6.8 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişığı (Haziran.2003)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	2,956	3,489
0,04	2,024	2,804
0,03	1,056	2,192
0,02	0,238	1,748
0,01	0,000	1,796

Çizelge 6.9 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişığı (Temmuz.2003)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	3,514	4,676
0,04	2,490	4,171
0,03	1,314	3,706
0,02	0,300	3,393
0,01	0,001	3,580

Çizelge 6.10 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günişığı (Ağustos.2003)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	3,040	4,282
0,04	2,047	3,826
0,03	0,969	3,454
0,02	0,162	3,234
0,01	0,000	3,620

Çizelge 6.5 - 6.11’de referans odanın direkt günişığı almayan Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarına ait, genelleştirilmiş regresyon ağı ile hesaplanan ve σ parametresine göre değişiklik gösteren günişığı karakteristiği hata oranları verilmiştir.

Çizelge 6.11 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günüşiği (Eylül.2003)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	8,634	11,416
0,04	4,375	8,422
0,03	1,019	6,579
0,02	0,019	6,231
0,01	0,000	3,620

Çizelge 6.12 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt Günüşiği (Ekim.2003)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	3,237	7,942
0,04	1,409	7,372
0,03	0,290	7,277
0,02	0,016	7,330
0,01	0,000	9,607

Çizelge 6.13 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Direkt Günüşiği (Ekim.2003)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	3,199	17,732
0,04	1,279	17,972
0,03	0,177	18,107
0,02	0,001	18,791
0,01	0,000	21,308

Ekim, Kasım ve Aralık aylarına ait genelleştirilmiş regresyon ağı ile hesaplanan ve σ parametresine göre değişiklik gösteren günüşiği karakteristiği hata oranları hem direkt hem de endirekt karakteristikler için ayrı hesaplanmış ve çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 6.14 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt
Günüşiği (Kasım.2003)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	9,138	11,315
0,04	5,739	8,792
0,03	2,499	6,865
0,02	0,415	5,501
0,01	0,000	6,309

Çizelge 6.15 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Direkt Günüşiği
(Kasım.2003)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	13,267	20,490
0,04	7,529	16,935
0,03	2,866	14,446
0,02	0,406	12,992
0,01	0,000	14,174

Çizelge 6.16 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Endirekt
Günüşiği (Aralık.2003)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	18,986	22,877
0,04	11,514	17,201
0,03	4,416	12,713
0,02	0,420	9,848
0,01	0,000	9,683

Çizelge 6.17 : Mutlak bağıl hatanın σ parametresine göre değişimi – Direkt Günlüğü (Aralık.2003)

Yumuşatma Parametresi (σ)	Eğitim Kümesi Hata Oranı (%)	Test Kümesi Hata Oranı (%)
0,05	21,579	30,719
0,04	13,715	25,524
0,03	6,141	21,805
0,02	0,860	18,823
0,01	0,000	16,906

Amaç test kümesi hata oranını en düşük seviyede tutacak yumuşatma parametresini belirlemektir. Yumuşatma parametresinin 0.02'den daha küçük olduğu değerlerde genel olarak test kümesi hata oranı Sıfır(0)'a çok yaklaştığı için ve ağı test kümesinin %100 öğrenme oranı istenmeyen bir durum olduğundan, ayrıca test kümesi hata oranının minimum seviyete tutmak istenildiğinden dolayı sınır değer olarak yumuşatma parametresi 0.02 olarak alınmıştır. Yapay sinir ağı ile elde edilen hata oranları parametrenin bu değeri için sonuç olarak ifade edilmiştir.

6.4 İki Farklı Yöntem ile Çıkarılan Karakteristiklerin Hata Oranlarının Karşılaştırılması

İki farklı yöntem ile çıkarılan günışığı karakteristiğinin hata oranları Çizelge 6.18’de aylara göre incelendiğinde bir yapay sinir ağı yapısı olan genelleştirilmiş regresyon ağı ile hesaplanan hata oranlarının, en küçük kareler yöntemi ile hesaplanan ikinci derece polinomun hata oranlarına göre çok daha düşük çıktığı görülmüştür.

Çizelge 6.18 : İki farklı yöntem ile bulunan hata oranları

En Küçük Kareler Yöntemi ile İkinci Derece Fonksiyon Tanımlanan Karakteristiğin Hata Oranı (%)	AYLAR	Yapay Sinir Ağı Yapısı Olan Genelleştirilmiş Regresyon Ağı ile Tanımlanan Karakteristiğin Hata Oranı ($\sigma=0.02$) (%)
18.88	OCAK 2004 DİREKT	18.07
14.82	OCAK 2004 ENDİREKT	12.35
142.06	ŞUBAT 2004 DİREKT	21.53
33.32	ŞUBAT 2004 ENDİREKT	8.92
22.63	MART 2004 ENDİREKT	5.15
30.83	NİSAN 2004 ENDİREKT	5.22
19.99	MAYIS 2004 ENDİREKT	4.09
9.67	HAZİRAN 2003 ENDİREKT	1.75
9.05	TEMMUZ 2003 ENDİREKT	3.39
10.70	AĞUSTOS 2003 ENDİREKT	3.23
20.13	EYLÜL 2003 ENDİREKT	6.23
168.39	EKİM 2003 DİREKT	18.79
23.09	EKİM 2003 ENDİREKT	7.33
54.35	KASIM 2003 DİREKT	12.99
22.53	KASIM 2003 ENDİREKT	5.5
40.61	ARALIK 2003 DİREKT	18.82
18.95	ARALIK 2003 ENDİREKT	9.85

Çizelge 6.18’de Şubat ve Ekim aylarına ait direkt güneşli karakteristiklerinin en küçük kareler yöntemi ile hesaplanan ikinci derece polinomda hata oranının çok yüksek çıktığı görülmüştür. Karakteristik hesabında her ay için ortalama 5.000 veri üzerinde çalışılmıştır. Çalışılan verilerin sayısal değerleri de çok büyüktür. Dağınık bir karakteristiğe sahip olduğu gözlemlenen Şubat ve Ekim gibi aylarda güneşli karakteristiğinin ikinci derece polinom ile ifade edilmesi sonucu büyük hata oranları gözlenmiştir. Bu hata oranlarının genelde fonksiyon yaklaşım problemlerinde kullanılan, ileri beslemeli, çok katmanlı bir sinir ağı olan Genelleştirilmiş Regresyon Ağı ile hesaplandığında çok daha küçük çıktığı görülmüştür.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde, elektrik enerjisinde yaşanan krizlerin etkisiyle yenilenebilir kaynakların ve verimi yüksek cihazların kullanımı hızla artmaktadır. Teknolojik gelişmelerin çok hızlı olduğu enerji sektöründe araştırma ve geliştirme çalışmaları sürekli olarak devam etmektedir. Mevcut enerji sistemlerin geliştirilmesinin yanı sıra, enerji sistemlerinin verim hesabı daha tasarım aşamasında iken yapılmaktadır.

Mevcut bir yapıda enerji tüketiminin azaltılmasında, en hızlı ve geri dönüşümü en yüksek olan yöntem aydınlatmaya harcanan enerjiyi azaltmaktır. Verimi yüksek aydınlatma elemanlarının kullanımının yanı sıra günışığından maksimum fayda sağlamak aydınlatmaya harcanan enerjiyi düşürecektir.

Günışığı hem kullanıcı konforunu arttırıcı bir etki yaratmakta hem de sürdürülebilir bir sistem için enerji kaynağı olmaktadır. Bir hacmin günışığından yararlanma oranı ile, o hacmin günışığı karakteristiği belirlenebilmektedir. Bu çalışmada mevcut bir ofis odasının günışığı karakteristiği ortaya konulmuştur. İstanbul Teknik Üniversitesinde önceki yıllarda yapılan bir deneye ait adınlık düzeyi ölçüm değerleri kullanılarak Elektrik-Elektronik fakültesinin ofislerinden birinin günışığı karakteristiği çıkarılmıştır. Deney çalışmasında fakültenin yan yana bulunan iki ofis odası (test odası, referans oda) kullanılmıştır. Referans oda olarak adlandırılan ofisin aydınlatma sistemi, hiçbir otomatik kontrol sistemi içermemektedir. Referans odada hacim içinde ölçme yapılan noktadaki yatay aydınlık düzeyi ve tavandan 1 m uzaklıkta ölçülen yatay aydınlık düzeyi değerleri bu çalışmada kullanılmıştır. Test odası olarak adlandırılan ofisin aydınlatma sistemi ise günışığına bağlı kontrol edilen ışıık rafı sistemi içermektedir. Bu çalışmada kullanılan bir diğer veri de test odasında pencerenin iç kısmında bulunan pencere yüzeyi düşey aydınlık düzeyi ölçümleridir.

Öncelikle, bütün doğal aydınlık düzeyi ölçüm verileri bir araya getirilerek, gün içindeki değişimleri incelenmiştir. Zaman zaman yapay aydınlatma ile de aydınlatıldığı bilinen ve grafik olarak gösterimlerde ortaya konan yapay aydınlatmanın etkilediği ölçüm değerleri başlangıçta veri kümesinden çıkarılmıştır.

Tamamen doğal aydınlık düzeyi değerlerini içeren veriler ile, her aya ait, test odası pencere yüzeyi düşey aydınlık düzeyine bağlı referans oda hacim içindeki bir noktanın yatay aydınlık düzeyi karakteristiği çıkarılmıştır. Karakteristiklere ait grafikler incelendiğinde bazı aylarda referans oda hacim içindeki aydınlık düzeyi ölçüm değerlerinin çok yükseldiği ve beklenenin üstünde bir karakteristik izlediği görülmüştür. Bu beklenenin üstündeki değerlerin hacim içindeki algılayıcıya güneş ışınlarının direkt gelmesinden kaynaklandığı düşünüldükçe, algılayıcıya direkt gelen güneş ışınlarının açıları hesaplanmıştır. Referans oda pencerelerinden algılayıcıya direkt gelen güneş ışınlarının zaman aralıkları ölçüm değerleri ile eşleştirilerek o ölçüm değerleri grafikte farklı renk ile çizdirilmiştir. Bunun sonucunda, beklenenin üstünde değerlere sahip karakteristiğe ait verilerin tamamına yakınının farklı renk olduğu gözlenmiştir. Böylece ocak, şubat, ekim, kasım ve aralık aylarında referans oda çalışma düzleminin günışığını belirli sürelerle direkt aldığı ortaya konulmuş ve karakteristik fonksiyonun çıkarılmasında bu beklenenin üstünde değerlere sahip ikinci karakteristiğe ait değerler de ayrıca hesaplanmıştır.

Günışığı karakteristiği önce, en küçük kareler yöntemi ile hesaplanarak her aya ait ikinci derece bir fonksiyon çıkarılmıştır. Bu fonksiyonun çıktıları ile gerçek değerler arasındaki hata oranının hesabında ortalama mutlak bağıl hata yöntemi kullanılmıştır.

Günışığı karakteristiğinin bir fonksiyon olarak ifadesinde kullanılan diğer bir yöntem, veri kümesindeki eleman sayısının çok fazla olması nedeniyle yapay sinir ağı yöntemidir. Hata oranını azaltmak amacıyla çabuk cevap veren, eğitim süresi kısa ve eğri uydurma gibi problemler için uygun bir yapay sinir ağı yapısı olan genelleştirilmiş regresyon ağı tasarlanmıştır. Veri kümesinin yarısı eğitim kümesi diğer yarısı test kümesi olarak hesaplamalar yapılmış ve ortalama mutlak bağıl hata yöntemi kullanılarak test kümesi ile gerçek değerler arasındaki hata oranı çıkarılmıştır.

İki farklı hesap yöntemi ile ortaya konulan hacmin günışığı karakteristiğinde, hata oranının, bir yapay sinir ağı yapısı olan genelleştirilmiş regresyon ağı yönteminde, en küçük kareler yöntemi ile uydurulan ikinci derece polinoma göre çok daha düşük çıktığı görülmüştür.

Bu tez çalışmasında bir ofis odasının dış aydınlık düzeyine bağlı iç aydınlık düzeyi karakteristiği çıkarılmıştır. Bu çıkarımda dış aydınlık düzeyi değerleri, hacmin yan

oda penceresi iç yüzeyine yerleştirilen bir algılayıcı ile ölçülmüştür. Karakteristiği çıkarılan odanın iç kısmında bir noktada bulunan algılayıcı ile de hacim içindeki doğal aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Çıkarılan karakteristikler göstermiştir ki dış aydınlık düzeyi değerlerinin yan odadan alınıyor olması dış aydınlık düzeyi ile iç aydınlık düzeyi arasında bir korelasyon sağlanmasında engel oluşturmamaktadır. Bu yöntem ile otomatik kontrol sistemine sahip bir bina içinde, her odanın iç kısmında bir noktaya monte edilen bir yatay aydınlık düzeyi algılayıcısı ve binanın herhangi bir noktasından ölçülecek olan tek bir dış düşey aydınlık düzeyi algılayıcısı arasında kurulacak korelasyon ile tüm odaların günışığı karakteristiği çıkarılabilir. Korelasyonun sağlanması durumunda hacmin aydınlık düzeyi kontrolü tek bir dış aydınlık düzeyi algılayıcısı ile yapılabilir. Bu yöntem ile bir binada aydınlatma sisteminde kullanılacak algılayıcı sayısı 1'e düşürülebilir ve her hacmin kendi günışığı karakteristiğine uygun bir şekilde aydınlatılması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

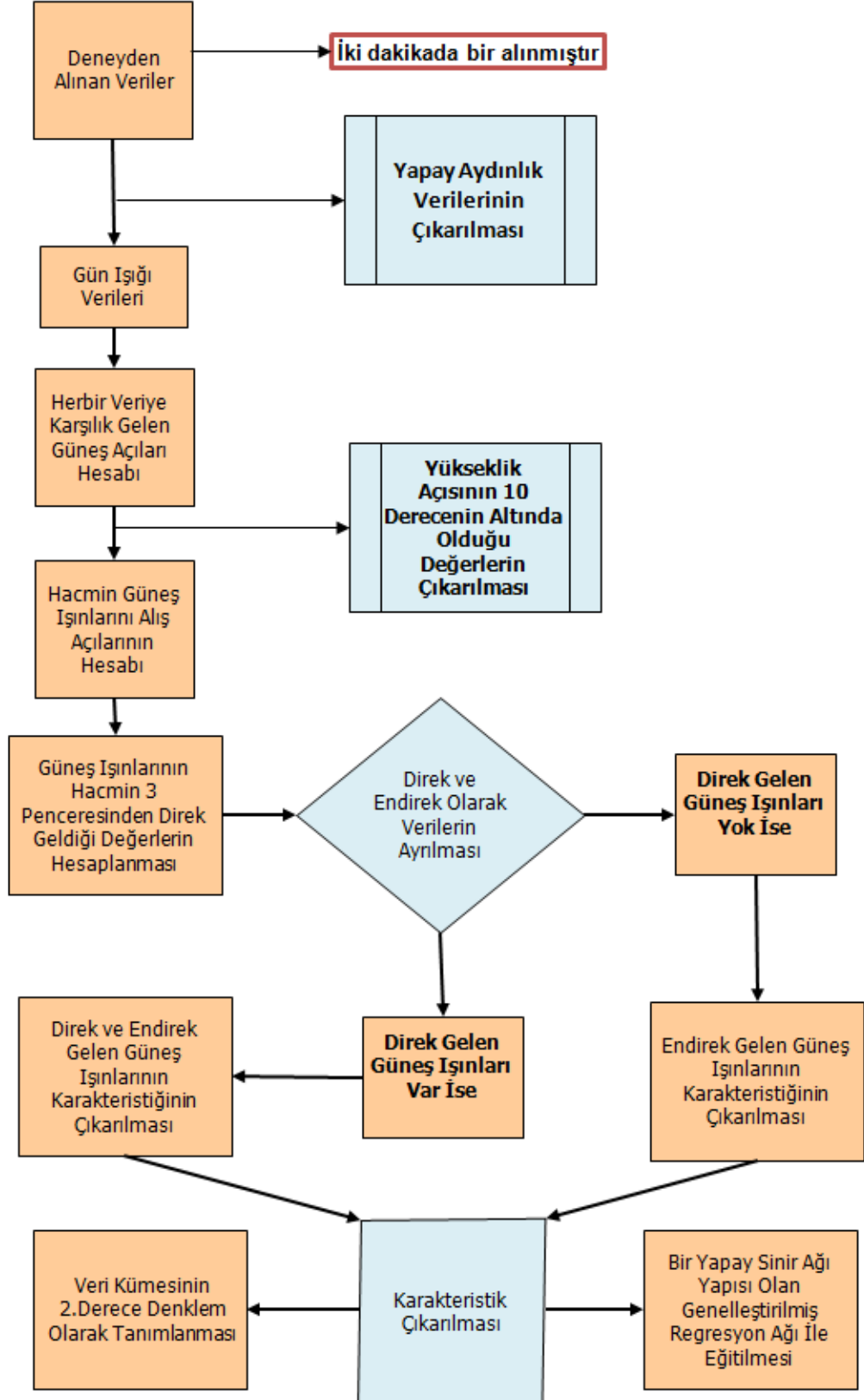
- [1] **Bhusal, P., Tetri, E., Halonen, L.,** 2006. Quality and Efficiency of Office Lighting, *EPIC 2006 AIVC*, Lyon, France, 21-23 Kasım.
- [2] **Demir, N., Onaygil, S.,** 1995. Kompleks Binalarda Aydınlatmanın Kontrolü, *Elektrik Mühendisliği 6. Ulusal Kongresi*, 11-17 Eylül 1995, Bursa.
- [3] **Enarun, D.,** 1987. *Bina Tasarımı Aşamasında Hacim İçindeki Doğal Işık Dağılımını Belirlemek İçin Bir Model*, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.
- [4] **Küçükdoğu, M. Ş.,** 1980. *Güneşışığından Yararlanmada En Etkili Olan Hacim Derinliğinin Belirlenmesi*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi.
- [5] **Özkaya, M.,** 1994. *Aydınlatma Tekniği*, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [6] **CIE-Uluslar Arası Aydınlatma Komisyonu,** 1972. *Güneşışığı, Doğal Güneşışığı Hesabı için Uluslararası Tavsiyeler*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Yayını, İstanbul.
- [7] **Özçuhadar, T.,**2007. *Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Sürecinde İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [8] **Muhammed I.,** 1983. *An Introduction To Solar Radiation*, Academic Press, Inc.
- [9] **Çetegen, D., Enarun, D., Yener, A.K., Batman, A.,** 2004. Güneşışığı-Yapay Işık Entegrasyonunu Sağlayan Işık Rafı Sisteminin İncelenmesi, *5. Ulusal Aydınlatma Kongresi*, Ekim 7-8, İstanbul.
- [10] **Aksoylu, E.,** 2008. *Güneşlenme Olasılığına Bağlı Olarak Enerji Tüketiminin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [11] **Çetegen, D., Enarun, D., Belendorf, H., Aydınli, S., Kaase, H.,** 2005. Optimisation of Integrated Daylight and Electric Lighting with Respect to Local Climatic Conditions, *Lux Europa*, Berlin
- [12] **Haykin, S.,** 1999. *Neural Networks, A Comprehensive Foundation*. Simon and Schuster/A Viacom Company, USA, pp.10 - 29.
- [13] **Spetch, D. F.,** 1991. General Regression Neural Network, *IEEE Trans. On Neural Networks*, 2, No. 6, pp. 568-576.
- [14] **Rutkowski, L.,** 2004. Generalized Regression Neural Networks in Time-Varying Environ-ment, *IEEE Trans. on Neural Networks*, 15, No. 3, pp. 576-596.
- [15] **Hoya, T.,** 2004. Notions of Intuition and Attention Modeled by a Hierarchically Arranged Generalized Regression Neural Network, *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics*, 34, No. 1, pp. 200-209.

- [16] **Hoya, T., Chambers, J. A.**, 2001. Heuristic Pattern Correction Scheme Using Adaptively Trained Generalized Regression Neural Networks, *IEEE Trans. on Neural Networks*, **12**, No. 1, pp. 91-100.
- [17] **Bolat, S., Kalenderli, Ö.**, Optimum İzolatör Geometrisinin Yapay Sinir Ağı ile Belirlenmesi, *Eleco'2004 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa, s. 243-247, Aralık 8-12, 2004.

EKLER

EK A.1 : Güneş Açıları Hesabının Yazılımı

Program işleyişi



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Nagehan Fatma GÖÇEK
Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 27.03.1983
Adres: Sarıyer, İstanbul
Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi