

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**YAŞLI EVLERİNDE PENCERELERİN BİNA ENERJİ VE GÜN IŞIĞI
PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet OKUMUŞ**

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

ŞUBAT 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**YAŞLI EVLERİNDE PENCERELERİN BİNA ENERJİ VE GÜN IŞIĞI
PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet OKUMUŞ
301091056**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 Aralık 2013
Tezin Savunulduğu Tarih : 24 Ocak 2014**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hatice SÖZER (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Sermin ONAYGİL (İTÜ)
Prof. Dr. Rengin ÜNVER (YTÜ)**

ŞUBAT 2014

İTÜ, Enerji Enstitüsü'nün 301091056 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **MEHMET OKUMUŞ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**YAŞLI EVLERİNDE PENCERELERİN BİNA ENERJİ VE GÜN IŞIĞI PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Hatice SÖZER**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Sermin ONAYGİL**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Rengin ÜNVER

Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **16 Aralık 2013**

Savunma Tarihi : **24 Ocak 2014**

ÖNSÖZ

Öncelikle bu çalışmayı yapmam için beni cesaretlendiren ve tezimle ilgili konularda beni yönlendirip yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Hatice SÖZER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tezde uygulama alanı olarak seçtiğimiz Kartal Yaşlı Evi binası verilerini bizlerle paylaşan ve çalışmalarımız süresince yardımlarını bizden esirgemeyen Kartal Belediyesi'ne teşekkür ederiz.

Son olarak beni bu günlere getiren, geçmişe takılıp kalmak yerine geleceği inşa etmeme odaklanan değerli aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

Şubat 2014

Mehmet OKUMUŞ
(Makine Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ	xxi
YAŞLI EVLERİNDE PENCERELERİN BİNA ENERJİ VE GÜN IŞIĞI PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....	xxiii
ÖZET.....	xxiii
RESEARCH OF WINDOWS IMPACT ON BUILDING ENERGY AND DAYLIGHT PERFORMANCE FOR ELDERLY HOUSES	xxv
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin amacı	3
1.2 Literatür İncelemesi.....	4
2. TEZİN İÇERİĞİ	9
2.1 Yaşlı evi tanımı	9
2.2 Yaşlı evi iç mekan konfor şartları standartları	9
2.2.1 Isıl konfor şartları	10
2.2.2 Aydınlatma konfor şartları	10
2.2.3 Diğer standartlar.....	11
2.3 Örnek çalışma: Yaşlı evi	12
2.3.1 Bina kabuğu özellikleri	13
2.3.2 Bina kullanım alanları	20
2.3.3 Mekanik sistemleri	21
2.3.4 Elektrik ve otomasyon sistemleri	23
2.4 Enerji ve gün ışığı modellemesi yazılımları.....	23
2.4.1 DOE-2.2	23
2.4.1.1 Yazılım içeriği.....	24
2.4.1.2 Mahal yükü hesaplama metodu.....	30
2.4.2 eQUEST	32
2.4.2.1 Yazılım içeriği.....	32
2.4.3 Autodesk Ecotect Analysis 2011	35
2.4.3.1 Ecotect yazılımında yapılabilen analizler	35
2.4.4 Desktop Radiance	37
2.4.4.1 Yazılımın içeriği.....	38
2.4.4.2 Programın metodolojisi	39
2.5 Pencereler	41
2.5.1 Pencere bileşenleri	42
2.5.2 Pencerelerin performans kriterleri	44
2.5.2.1 Isı geçirgenliği (U-değeri).....	45

2.5.2.2 Camların optik özellikleri.....	45
2.5.2.3 Güneş ısı kazanç katsayısı.....	47
3. ÖRNEK ÇALIŞMA	53
3.1 Yöntem 1 : Mevcut durumun belirlenmesi.....	54
3.1.1 Tüm bina enerji performansı	54
3.1.2 Örnek mahalın belirlenmesi	57
3.1.3 Seçilen mahalın enerji performansı.....	61
3.1.4 Seçilen mahal için gün ışığı modellemesi çalışması	62
3.2 Yöntem 2 : Standart koşulların belirlenmesi	65
3.2.1 Tüm bina enerji performansı	65
3.2.2 Seçilen mahalın enerji performansı.....	67
3.3 Yöntem 3 : İyileştirilmiş koşulların belirlenmesi	68
3.3.1 Tüm bina enerji performansı	68
3.3.2 Seçilen mahalın enerji performansı.....	70
3.3.3 Seçilen mahal için gün ışığı modellemesi çalışması	71
3.4 Tartışma.....	74
3.4.1 Tüm bina enerji modellemesi karşılaştırması.....	74
3.4.2 Seçilen mahalın enerji modellemesi karşılaştırması	78
3.4.3 Seçilen mahal için gün ışığı modellemesi karşılaştırması.....	82
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	85
KAYNAKLAR.....	89
EKLER.....	93
ÖZGEÇMİŞ.....	249

KISALTMALAR

U.S.	: United States
TS	: Türk Standardı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
HVAC	: Heating, Ventilation, Air-Conditioning
EN	: European Norm
ANSI	: American National Standards Institute
IESNA	: Illuminating Engineering Society of North America
RP	: Recommended Practice
AIA	: The American Institute of Architects
DOE	: Department of Energy
LBL	: Lawrence Berkeley National Laboratory
BDL	: Building Description Language
LSPE	: Loads, Systems, Plants, Economics
dwg	: Drawing (CAD yazılımı dosya formatı)
CAD	: Computer Aided Design
CFD	: Computational Fluid Dynamics
CIE	: Commission internationale de l'Eclairage (International Commission on Illumination)
SHGC	: Solar Heat Gain Coefficient
GK	: Gölgeleme Katsayısı, yüzde
IG	: Görünür Işık Geçirgenliği, yüzde

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : TS 825'e göre bina kabuğu için standart U-değerleri [5]	4
Çizelge 2.1 : Yaşlı evinin mevcut penceresinin katalog bilgileri [35]	14
Çizelge 2.2 : Yaşlı evindeki yapı elemanları ve kesitler	16
Çizelge 2.3 : TS 825 ve mevcut durumun karşılaştırılması	19
Çizelge 2.4 : Klima santrallerinin teknik özellikleri	21
Çizelge 2.5 : Fan-coil sisteminin teknik özellikleri	22
Çizelge 2.6 : Kazanların teknik özellikleri	22
Çizelge 2.7 : Soğutma gruplarının teknik özellikleri	23
Çizelge 3.1 : Enerji tüketen sistemler [42]	54
Çizelge 3.2 : Mevcut pencere için bina yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu	56
Çizelge 3.3 : Mevcut pencere için bina yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu	56
Çizelge 3.4 : Mevcut pencere için bina yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu...	56
Çizelge 3.5 : Mevcut pencere için seçilen mahalın yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu	62
Çizelge 3.6 : Mevcut pencere için seçilen mahalın yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu	62
Çizelge 3.7 : Mevcut pencere için seçilen mahalın yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu	62
Çizelge 3.8 : Dört tipik gün için mevcut camın iç zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri	63
Çizelge 3.9 : Dört tipik gün için mevcut camın dış zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri	64
Çizelge 3.10 : Standart pencere için bina yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu	66
Çizelge 3.11 : Standart pencere için bina yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu	66
Çizelge 3.12 : Standart pencere için bina yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu	66
Çizelge 3.13 : Standart pencere için seçilen mahalın yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu	67
Çizelge 3.14 : Standart pencere için seçilen mahalın yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu	67
Çizelge 3.15 : Standart pencere için seçilen mahalın yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu	67
Çizelge 3.16 : İyileştirilmiş pencere için bina yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu	69
Çizelge 3.17 : İyileştirilmiş pencere için bina yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu	69
Çizelge 3.18 : İyileştirilmiş pencere için bina yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu	69

Çizelge 3.19 : İyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık elektrik sarfıyatı ve karbon emisyonu	70
Çizelge 3.20 : İyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık doğal gaz sarfıyatı ve karbon emisyonu	71
Çizelge 3.21 : İyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık enerji sarfıyatı ve karbon emisyonu	71
Çizelge 3.22 : Dört tipik gün için iyileştirilmiş camın iç zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri.....	72
Çizelge 3.23 : Dört tipik gün için iyileştirilmiş camın dış zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri.....	73
Çizelge 3.24 : Mevcut, standart ve iyileştirilmiş pencerelerin özellikleri.....	74
Çizelge 3.25 : Mevcut ve standart pencere için bina yıllık elektrik sarfıyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması	75
Çizelge 3.26 : Mevcut ve standart pencere için bina yıllık doğal gaz sarfıyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması	75
Çizelge 3.27 : Mevcut ve standart pencere için bina yıllık enerji sarfıyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması	75
Çizelge 3.28 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için bina yıllık elektrik sarfıyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması	76
Çizelge 3.29 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için bina yıllık doğal gaz sarfıyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması	77
Çizelge 3.30 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için bina yıllık enerji sarfıyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması	77
Çizelge 3.31 : Mevcut ve standart pencere için seçilen mahalın yıllık elektrik sarfıyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması	78
Çizelge 3.32 : Mevcut ve standart pencere için seçilen mahalın yıllık doğal gaz sarfıyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması	79
Çizelge 3.33 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık enerji sarfıyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması	79
Çizelge 3.34 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık elektrik sarfıyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması	80
Çizelge 3.35 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık doğal gaz sarfıyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması	80
Çizelge 3.36 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık enerji sarfıyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması	81
Çizelge 4.1 : Mevcut, standart ve iyileştirilmiş pencerelerin özellikleri.....	85
Çizelge 4.2 : Her üç pencere için bina elektrik tasarrufu karşılaştırılması	86
Çizelge 4.3 : Her üç pencere için bina doğal gaz tasarrufu karşılaştırılması	86
Çizelge 4.4 : Her üç pencere için bina enerji tasarrufu karşılaştırılması.....	86
Çizelge 4.5 : Her üç pencere için seçilen mahalın elektrik tasarrufu karşılaştırılması	87
Çizelge 4.6 : Her üç pencere için seçilen mahalın doğal gaz tasarrufu karşılaştırılması	87
Çizelge 4.7 : Her üç pencere için seçilen mahalın enerji tasarrufu karşılaştırılması	87

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : Yaşlı evinin lokasyonu ve yönü	13
Şekil 2.2 : Yaşlı evinin A-A kesidi ve seçilen mahalın konumu	15
Şekil 2.3 : Yaşlı evinin 4. katının ve seçilen mahalın planı	20
Şekil 2.4 : DOE-2 motorunun veri akış şeması [38]	28
Şekil 2.5 : eQUEST sihirbazları [39]	33
Şekil 2.6 : Şematik dizayn sihirbazındaki genel akış şeması [39]	34
Şekil 2.7 : Yaşlı evinin klima santrali şeması	35
Şekil 2.8 : Dektop Radiance programının akış şeması [45]	38
Şekil 2.9 : Cam çeşitlerinin sınıflandırılması [51]	42
Şekil 2.10 : Çift cam ünitesi yapı bileşenleri detayı [30]	43
Şekil 2.11 : Tek cam katmanının optik özellikleri [30]	46
Şekil 2.12 : Çift katmanlı pencerede güneş ısı kazancının olduğu bileşenler [30]	50
Şekil 3.1 : Yaşlı evinin eQUEST yazılımında hazırlanan 3-boyutlu görseli (ön)	55
Şekil 3.2 : Yaşlı evinin eQUEST yazılımında hazırlanan 3-boyutlu görseli (arka)	55
Şekil 3.3 : Mevcut pencere için bina yıllık enerji tüketimin sistem bazında dağılımı	57
Şekil 3.4 : Yaşlı evinin ön yüzünün Ecotect Analysis yazılımındaki 3-boyutu (21 Haziran saat 09:00)	58
Şekil 3.5 : Yaşlı evinin arka yüzünün Ecotect Analysis yazılımındaki 3-boyutu (21 Haziran saat 09:00)	59
Şekil 3.6 : Yaşlı evinin güneybatı cephesinin gün ışığı analizi (21 Aralık saat 15:00)	60
Şekil 3.7 : Seçilen mahalın zonları	61
Şekil 3.8 : Mevcut pencere için seçilen mahalın yıllık enerji tüketimin sistem bazında dağılımı	62
Şekil 3.9 : Dört tipik gün için mevcut camın iç zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri	64
Şekil 3.10 : Dört tipik gün için mevcut camın dış zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri	65
Şekil 3.11 : Standart pencere için bina yıllık enerji tüketimin sistem bazında dağılımı	66
Şekil 3.12 : Standart pencere için seçilen mahalın yıllık enerji tüketimin sistem bazında dağılımı	68
Şekil 3.13 : İyileştirilmiş pencere için bina yıllık enerji tüketimin sistem bazında dağılımı	70
Şekil 3.14 : İyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık enerji tüketimin sistem bazında dağılımı	71
Şekil 3.15 : Dört tipik gün için iyileştirilmiş camın iç zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri	73
Şekil 3.16 : Dört tipik gün için iyileştirilmiş camın dış zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri	74

Şekil 3.17 : Her üç pencere için bina yıllık elektrik sarfıyatı karşılaştırması	76
Şekil 3.18 : Her üç pencere için bina yıllık doğal gaz sarfıyatı karşılaştırması	77
Şekil 3.19 : Her üç pencere için bina yıllık enerji sarfıyatı karşılaştırması	78
Şekil 3.20 : Her üç pencere için seçilen mahal yıllık elektrik sarfıyatı karşılaştırması	80
Şekil 3.21 : Her üç pencere için seçilen mahal yıllık doğal gaz sarfıyatı karşılaştırması	81
Şekil 3.22 : Her üç pencere için seçilen mahal yıllık enerji sarfıyatı karşılaştırması	82
Şekil 3.23 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın dış zonunun gün ışığı modellemesi karşılaştırması	83
Şekil 3.24 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın iç zonunun gün ışığı modellemesi karşılaştırması	84
Şekil 4.1 : 21 Mart saat 07:00	94
Şekil 4.2 : 21 Mart saat 08:00	94
Şekil 4.3 : 21 Mart saat 09:00	94
Şekil 4.4 : 21 Mart saat 10:00	94
Şekil A.5 : 21 Mart saat 11:00	95
Şekil A.6 : 21 Mart saat 12:00	95
Şekil A.7 : 21 Mart saat 13:00	95
Şekil A.8 : 21 Mart saat 14:00	95
Şekil A.9 : 21 Mart saat 15:00	96
Şekil A.10 : 21 Mart saat 16:00	96
Şekil A.11 : 21 Mart saat 17:00	96
Şekil A.12 : 21 Mart saat 18:00	96
Şekil A.13 : 21 Haziran saat 05:00	97
Şekil A.14 : 21 Haziran saat 06:00	97
Şekil A.15 : 21 Haziran saat 07:00	97
Şekil A.16 : 21 Haziran saat 08:00	97
Şekil A.17 : 21 Haziran saat 09:00	98
Şekil A.18 : 21 Haziran saat 10:00	98
Şekil A.19 : 21 Haziran saat 11:00	98
Şekil A.20 : 21 Haziran saat 12:00	98
Şekil A.21 : 21 Haziran saat 13:00	99
Şekil A.22 : 21 Haziran saat 14:00	99
Şekil A.23 : 21 Haziran saat 15:00	99
Şekil A.24 : 21 Haziran saat 16:00	99
Şekil A.25 : 21 Haziran saat 17:00	100
Şekil A.26 : 21 Haziran saat 18:00	100
Şekil A.27 : 21 Haziran saat 19:00	100
Şekil A.28 : 23 Eylül saat 07:00	100
Şekil A.29 : 23 Eylül saat 08:00	101
Şekil A.30 : 23 Eylül saat 09:00	101
Şekil A.31 : 23 Eylül saat 10:00	101
Şekil A.32 : 23 Eylül saat 11:00	101
Şekil A.33 : 23 Eylül saat 12:00	102
Şekil A.34 : 23 Eylül saat 13:00	102
Şekil A.35 : 23 Eylül saat 14:00	102
Şekil A.36 : 23 Eylül saat 15:00	102
Şekil A.37 : 23 Eylül saat 16:00	103

Şekil A.38 : 23 Eylül saat 17:00	103
Şekil A.39 : 23 Eylül saat 18:00	103
Şekil A.40 : 21 Aralık saat 08:00	103
Şekil A.41 : 21 Aralık saat 09:00	104
Şekil A.42 : 21 Aralık saat 10:00	104
Şekil A.43 : 21 Aralık saat 11:00	104
Şekil A.44 : 21 Aralık saat 12:00	104
Şekil A.45 : 21 Aralık saat 13:00	105
Şekil A.46 : 21 Aralık saat 14:00	105
Şekil A.47 : 21 Aralık saat 15:00	105
Şekil A.48 : 21 Aralık saat 16:00	105
Şekil B.1 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 07:00	106
Şekil B.2 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 07:00	106
Şekil B.3 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 08:00	107
Şekil B.4 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 08:00	107
Şekil B.5 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 09:00	108
Şekil B.6 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 09:00	108
Şekil B.7 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 10:00	109
Şekil B.8 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 10:00	109
Şekil B.9 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 11:00	110
Şekil B.10 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 11:00	110
Şekil B.11 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 12:00	111
Şekil B.12 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 12:00	111
Şekil B.13 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 13:00	112
Şekil B.14 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 13:00	112
Şekil B.15 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 14:00	113
Şekil B.16 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 14:00	113
Şekil B.17 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 15:00	114
Şekil B.18 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 15:00	114
Şekil B.19 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 16:00	115
Şekil B.20 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 16:00	115
Şekil B.21 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 17:00	116
Şekil B.22 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 17:00	116
Şekil B.23 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 18:00	117
Şekil B.24 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 18:00	117
Şekil B.25 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 05:00	118
Şekil B.26 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 05:00	118
Şekil B.27 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 06:00	119
Şekil B.28 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 06:00	119
Şekil B.29 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 07:00	120
Şekil B.30 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 07:00	120
Şekil B.31 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 08:00	121
Şekil B.32 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 08:00	121
Şekil B.33 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 09:00	122
Şekil B.34 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 09:00	122
Şekil B.35 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 10:00	123
Şekil B.36 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 10:00	123
Şekil B.37 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 11:00	124
Şekil B.38 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 11:00	124
Şekil B.39 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 12:00	125

Şekil B.40 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 12:00	125
Şekil B.41 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 13:00	126
Şekil B.42 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 13:00	126
Şekil B.43 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 14:00	127
Şekil B.44 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 14:00	128
Şekil B.45 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 15:00	128
Şekil B.46 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 15:00	129
Şekil B.47 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 16:00	129
Şekil B.48 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 16:00	130
Şekil B.49 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 17:00	130
Şekil B.50 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 17:00	131
Şekil B.51 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 18:00	131
Şekil B.52 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 18:00	132
Şekil B.53 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 19:00	132
Şekil B.54 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 19:00	133
Şekil B.55 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 07:00	133
Şekil B.56 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 07:00	134
Şekil B.57 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 08:00	134
Şekil B.58 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 08:00	135
Şekil B.59 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 09:00	135
Şekil B.60 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 09:00	136
Şekil B.61 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 10:00	136
Şekil B.62 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 10:00	137
Şekil B.63 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 11:00	137
Şekil B.64 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 11:00	138
Şekil B.65 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 12:00	138
Şekil B.66 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 12:00	139
Şekil B.67 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 13:00	139
Şekil B.68 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 13:00	140
Şekil B.69 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 14:00	140
Şekil B.70 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 14:00	141
Şekil B.71 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 15:00	141
Şekil B.72 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 15:00	142
Şekil B.73 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 16:00	142
Şekil B.74 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 16:00	143
Şekil B.75 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 17:00	143
Şekil B.76 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 17:00	144
Şekil B.77 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 08:00	144
Şekil B.78 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 08:00	145
Şekil B.79 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 09:00	145
Şekil B.80 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 09:00	146
Şekil B.81 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 10:00	146
Şekil B.82 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 10:00	147
Şekil B.83 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 11:00	147
Şekil B.84 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 11:00	148
Şekil B.85 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 12:00	148
Şekil B.86 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 12:00	149
Şekil B.87 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 13:00	149
Şekil B.88 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 13:00	150
Şekil B.89 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 14:00	150

Şekil B.90 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 14:00	151
Şekil B.91 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 15:00	151
Şekil B.92 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 15:00	152
Şekil B.93 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 16:00	152
Şekil B.94 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 16:00	152
Şekil C.1 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 07:00	153
Şekil C.2 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 07:00	153
Şekil C.3 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 08:00	154
Şekil C.4 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 08:00	154
Şekil C.5 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 09:00	155
Şekil C.6 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 09:00	155
Şekil C.7 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 10:00	156
Şekil C.8 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 10:00	156
Şekil C.9 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 11:00	157
Şekil C.10 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 11:00	157
Şekil C.11 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 12:00	158
Şekil C.12 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 12:00	158
Şekil C.13 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 13:00	159
Şekil C.14 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 13:00	159
Şekil C.15 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 14:00	160
Şekil C.16 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 14:00	160
Şekil C.17 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 15:00	161
Şekil C.18 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 15:00	161
Şekil C.19 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 16:00	162
Şekil C.20 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 16:00	162
Şekil C.21 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 17:00	163
Şekil C.22 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 17:00	163
Şekil C.23 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 18:00	164
Şekil C.24 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 18:00	164
Şekil C.25 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 05:00	165
Şekil C.26 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 05:00	165
Şekil C.27 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 06:00	166
Şekil C.28 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 06:00	166
Şekil C.29 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 07:00	167
Şekil C.30 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 07:00	167
Şekil C.31 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 08:00	168
Şekil C.32 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 08:00	168
Şekil C.33 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 09:00	169
Şekil C.34 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 09:00	169
Şekil C.35 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 10:00	170
Şekil C.36 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 10:00	170
Şekil C.37 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 11:00	171
Şekil C.38 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 11:00	171
Şekil C.39 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 12:00	172
Şekil C.40 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 12:00	172
Şekil C.41 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 13:00	173
Şekil C.42 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 13:00	173
Şekil C.43 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 14:00	174
Şekil C.44 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 14:00	174
Şekil C.45 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 15:00	175

Şekil C.46 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 15:00	175
Şekil C.47 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 16:00	176
Şekil C.48 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 16:00	176
Şekil C.49 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 17:00	177
Şekil C.50 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 17:00	177
Şekil C.51 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 18:00	178
Şekil C.52 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 18:00	178
Şekil C.53 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 19:00	179
Şekil C.54 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 19:00	179
Şekil C.55 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 07:00	180
Şekil C.56 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 07:00	180
Şekil C.57 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 08:00	181
Şekil C.58 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 08:00	181
Şekil C.59 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 09:00	182
Şekil C.60 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 09:00	182
Şekil C.61 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 10:00	183
Şekil C.62 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 10:00	183
Şekil C.63 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 11:00	184
Şekil C.64 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 11:00	184
Şekil C.65 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 12:00	185
Şekil C.66 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 12:00	185
Şekil C.67 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 13:00	186
Şekil C.68 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 13:00	186
Şekil C.69 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 14:00	187
Şekil C.70 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 14:00	187
Şekil C.71 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 15:00	188
Şekil C.72 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 15:00	188
Şekil C.73 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 16:00	189
Şekil C.74 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 16:00	189
Şekil C.75 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 17:00	190
Şekil C.76 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 17:00	190
Şekil C.77 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 08:00	191
Şekil C.78 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 08:00	191
Şekil C.79 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 09:00	192
Şekil C.80 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 09:00	192
Şekil C.81 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 10:00	193
Şekil C.82 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 10:00	193
Şekil C.83 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 11:00	194
Şekil C.84 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 11:00	194
Şekil C.85 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 12:00	195
Şekil C.86 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 12:00	195
Şekil C.87 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 13:00	196
Şekil C.88 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 13:00	196
Şekil C.89 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 14:00	197
Şekil C.90 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 14:00	197
Şekil C.91 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 15:00	198
Şekil C.92 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 15:00	198
Şekil C.93 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 16:00	199
Şekil C.94 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 16:00	199
Şekil D.1 : Mevcut cam için 21 Mart saat 07:00 (3-boyutlu)	200

Şekil D.2 : Mevcut cam için 21 Mart saat 08:00 (3-boyutlu)	200
Şekil D.3 : Mevcut cam için 21 Mart saat 09:00 (3-boyutlu)	201
Şekil D.4 : Mevcut cam için 21 Mart saat 10:00 (3-boyutlu)	201
Şekil D.5 : Mevcut cam için 21 Mart saat 11:00 (3-boyutlu)	202
Şekil D.6 : Mevcut cam için 21 Mart saat 12:00 (3-boyutlu)	202
Şekil D.7 : Mevcut cam için 21 Mart saat 13:00 (3-boyutlu)	203
Şekil D.8 : Mevcut cam için 21 Mart saat 14:00 (3-boyutlu)	203
Şekil D.9 : Mevcut cam için 21 Mart saat 15:00 (3-boyutlu)	204
Şekil D.10 : Mevcut cam için 21 Mart saat 16:00 (3-boyutlu)	204
Şekil D.11 : Mevcut cam için 21 Mart saat 17:00 (3-boyutlu)	205
Şekil D.12 : Mevcut cam için 21 Mart saat 18:00 (3-boyutlu)	205
Şekil D.13 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 05:00 (3-boyutlu)	206
Şekil D.14 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 06:00 (3-boyutlu)	206
Şekil D.15 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 07:00 (3-boyutlu)	207
Şekil D.16 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 08:00 (3-boyutlu)	207
Şekil D.17 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 09:00 (3-boyutlu)	208
Şekil D.18 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 10:00 (3-boyutlu)	208
Şekil D.19 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 11:00 (3-boyutlu)	209
Şekil D.20 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 12:00 (3-boyutlu)	209
Şekil D.21 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 13:00 (3-boyutlu)	210
Şekil D.22 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 14:00 (3-boyutlu)	210
Şekil D.23 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 15:00 (3-boyutlu)	211
Şekil D.24 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 16:00 (3-boyutlu)	211
Şekil D.25 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 17:00 (3-boyutlu)	212
Şekil D.26 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 18:00 (3-boyutlu)	212
Şekil D.27 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 19:00 (3-boyutlu)	213
Şekil D.28 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 07:00 (3-boyutlu)	213
Şekil D.29 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 08:00 (3-boyutlu)	214
Şekil D.30 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 09:00 (3-boyutlu)	214
Şekil D.31 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 10:00 (3-boyutlu)	215
Şekil D.32 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 11:00 (3-boyutlu)	215
Şekil D.33 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 12:00 (3-boyutlu)	216
Şekil D.34 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 13:00 (3-boyutlu)	216
Şekil D.35 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 14:00 (3-boyutlu)	217
Şekil D.36 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 15:00 (3-boyutlu)	217
Şekil D.37 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 16:00 (3-boyutlu)	218
Şekil D.38 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 17:00 (3-boyutlu)	218
Şekil D.39 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 08:00 (3-boyutlu)	219
Şekil D.40 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 09:00 (3-boyutlu)	219
Şekil D.41 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 10:00 (3-boyutlu)	220
Şekil D.42 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 11:00 (3-boyutlu)	220
Şekil D.43 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 12:00 (3-boyutlu)	221
Şekil D.44 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 13:00 (3-boyutlu)	221
Şekil D.45 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 14:00 (3-boyutlu)	222
Şekil D.46 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 15:00 (3-boyutlu)	222
Şekil D.47 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 16:00 (3-boyutlu)	223
Şekil E.1 : Yeni cam için 21 Mart saat 07:00 (3-boyutlu)	224
Şekil E.2 : Yeni cam için 21 Mart saat 08:00 (3-boyutlu)	224
Şekil E.3 : Yeni cam için 21 Mart saat 09:00 (3-boyutlu)	225
Şekil E.4 : Yeni cam için 21 Mart saat 10:00 (3-boyutlu)	225

Şekil E.5 : Yeni cam için 21 Mart saat 11:00 (3-boyutlu)	226
Şekil E.6 : Yeni cam için 21 Mart saat 12:00 (3-boyutlu)	226
Şekil E.7 : Yeni t cam için 21 Mart saat 13:00 (3-boyutlu)	227
Şekil E.8 : Yeni cam için 21 Mart saat 14:00 (3-boyutlu)	227
Şekil E.9 : Yeni cam için 21 Mart saat 15:00 (3-boyutlu)	228
Şekil E.10 : Yeni cam için 21 Mart saat 16:00 (3-boyutlu)	228
Şekil E.11 : Yeni cam için 21 Mart saat 17:00 (3-boyutlu)	229
Şekil E.12 : Yeni cam için 21 Mart saat 18:00 (3-boyutlu)	229
Şekil E.13 : Yeni cam için 21 Haziran saat 05:00 (3-boyutlu)	230
Şekil E.14 : Yeni cam için 21 Haziran saat 06:00 (3-boyutlu)	230
Şekil E.15 : Yeni cam için 21 Haziran saat 07:00 (3-boyutlu)	231
Şekil E.16 : Yeni cam için 21 Haziran saat 08:00 (3-boyutlu)	231
Şekil E.17 : Yeni cam için 21 Haziran saat 09:00 (3-boyutlu)	232
Şekil E.18 : Yeni cam için 21 Haziran saat 10:00 (3-boyutlu)	232
Şekil E.19 : Yeni cam için 21 Haziran saat 11:00 (3-boyutlu)	233
Şekil E.20 : Yeni cam için 21 Haziran saat 12:00 (3-boyutlu)	233
Şekil E.21 : Yeni cam için 21 Haziran saat 13:00 (3-boyutlu)	234
Şekil E.22 : Yeni cam için 21 Haziran saat 14:00 (3-boyutlu)	234
Şekil E.23 : Yeni cam için 21 Haziran saat 15:00 (3-boyutlu)	235
Şekil E.24 : Yeni cam için 21 Haziran saat 16:00 (3-boyutlu)	235
Şekil E.25 : Yeni t cam için 21 Haziran saat 17:00 (3-boyutlu)	236
Şekil E.26 : Yeni cam için 21 Haziran saat 18:00 (3-boyutlu)	236
Şekil E.27 : Yeni cam için 21 Haziran saat 19:00 (3-boyutlu)	237
Şekil E.28 : Yeni cam için 23 Eylül saat 07:00 (3-boyutlu)	237
Şekil E.29 : Yeni cam için 23 Eylül saat 08:00 (3-boyutlu)	238
Şekil E.30 : Yeni cam için 23 Eylül saat 09:00 (3-boyutlu)	238
Şekil E.31 : Yeni cam için 23 Eylül saat 10:00 (3-boyutlu)	239
Şekil E.32 : Yeni cam için 23 Eylül saat 11:00 (3-boyutlu)	239
Şekil E.33 : Yeni cam için 23 Eylül saat 12:00 (3-boyutlu)	240
Şekil E.34 : Yeni cam için 23 Eylül saat 13:00 (3-boyutlu)	240
Şekil E.35 : Yeni cam için 23 Eylül saat 14:00 (3-boyutlu)	241
Şekil E.36 : Yeni cam için 23 Eylül saat 15:00 (3-boyutlu)	241
Şekil E.37 : Yeni t cam için 23 Eylül saat 16:00 (3-boyutlu)	242
Şekil E.38 : Yeni cam için 23 Eylül saat 17:00 (3-boyutlu)	242
Şekil E.39 : Yeni cam için 21 Aralık saat 08:00 (3-boyutlu)	243
Şekil E.40 : Yeni cam için 21 Aralık saat 09:00 (3-boyutlu)	243
Şekil E.41 : Yeni cam için 21 Aralık saat 10:00 (3-boyutlu)	244
Şekil E.42 : Yeni cam için 21 Aralık saat 11:00 (3-boyutlu)	244
Şekil E.43 : Yeni cam için 21 Aralık saat 12:00 (3-boyutlu)	245
Şekil E.44 : Yeni cam için 21 Aralık saat 13:00 (3-boyutlu)	245
Şekil E.45 : Yeni cam için 21 Aralık saat 14:00 (3-boyutlu)	246
Şekil E.46 : Yeni cam için 21 Aralık saat 15:00 (3-boyutlu)	246
Şekil E.47 : Yeni cam için 21 Aralık saat 16:00 (3-boyutlu)	247

SEMBOL LİSTESİ

d	: Kalınlık, (m)
λ_h	: Isıl İletkenlik Hesap Değeri, (W/m. K)
R	: Isıl İletkenlik Direnci, (m ² . K/W)
U	: Isıl Geçirgenlik Katsayısı, (W/m ² . K)
T	: Sıcaklık, (°C)
t	: Zaman, (s)
α	: Yayınlılık
k	: Isı İletim Katsayısı, (W/m ² . K)
c	: Özgül Isı, (kJ/kg.K)
ρ	: Yoğunluk, (kg/m ³)
ϕ	: Yüzey Normalinden Ölçülen Azimut Açısı
θ	: Yüzey Normalinden Ölçülen Kutup Açısı
L	: Işınım
Λ	: Çift Yönlü Yansıma ve Geçirgenlik Dağılımı
A	: Alan, (m ²)
Q	: Anlık Enerji Akışı, (W/m.K)
G	: Geçirme
Y	: Yansıtma
S	: Soğutma
$\bar{\omega}$: İntegrasyon Katı Açısı
N	: Absorbe Edilen Radyasyonun İçeriye Akan Fraksiyonu
q	: Enerji akışı, (W/m ²)
E	: Tek Cam Levha Üzerine Gelen Dik Güneş Işınımı
λ	: Dalga Boyu
V	: Cam Katmanlarının Sayısı
M	: Bölen Eleman
h	: İletim ve Radyasyonla Olan Isı Transferi
e	: Yayınlılık Katsayısı
σ	: Stefan-Boltzman Sabiti

Üst İndisler

f : Fraksiyon

Alt İndisler

c	: Cam
g	: Gelen
çyd	: Çok Yönlü Dağılım
y	: Yansımış
e	: Yayılmış
p	: Pencere

HK	: Hava Kaçağı, (m ³ /s. m ²)
cm	: Camın Merkezi
ck	: Camın Kenarı
d	: Doğrama
STD	: Standart Solar Dağılım
D	: Dağılım
b	: Birim

YAŞLI EVLERİNDE PENCERELERİN BİNA ENERJİ VE GÜN IŞIĞI PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bina tasarımında en önemli konu iç mekan konfor şartlarının insan sağlığı için optimum seviyede olmasıdır. Bu tezin örnek çalışması bir yaşlı evi olduğundan, iç mekan konfor şartı kapsamında mahal sıcaklık ve aydınlık düzeyinin önemi daha da artmaktadır.

Konfor şartlarını sağlamak için ise incelenmesi gereken ilk parametre bina kabuğudur. Isıl ve aydınlatma konfor şartlarının sağlanmasında pencere türlerinin büyük bir etkisi bulunmaktadır. Doğru bir pencere seçimi ile istenen her çeşit konfor şartını yerine getirmek mümkündür.

Pencerelerde, üç parametre tüm bina enerji tüketimine ve yaşam alanlarındaki doğal aydınlık düzeylerine etki etmektedir. Bu parametreler ısı geçirgenlik katsayısı, gölgeleme katsayısı ve görünür ışık geçirgenliği değeridir. Binanın ısıl performansı hesaplamalarında pencerelerin ısı geçirgenlik ve gölgeleme katsayıları kullanılırken, doğal aydınlatma hesaplarında görünür gün ışığı değeri kullanılmaktadır.

Ülkemizde yayınlanan yönetmeliklerde veya standartlarda özel ihtiyaçlar için konfor şartları tanımlanmamıştır. Ancak yurtdışında gerek yaşlı evleri gerekse de özel ihtiyacı bulunan kullanıcı tipleri için konfor şartları detaylı olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle bu tez çalışmasında yaşlı evi incelenirken yurtdışındaki standartlar ve yönetmelikler takip edilmiştir. Türkiye’de de özel kullanıcı tipleri için iç mekan konfor şartlarının tanımlanması gerekmektedir.

Çalışmada belirtilen konfor şartları değerleri ülkemizde bulunan bir yaşlı evi için yapılmıştır ve bu yaşlı evi için konfor şartlarının sağlanıp sağlanmadığı incelenmiştir. Sonuç olarak yurtdışındaki standartlarda ısıl konfor şartları için belirtilen kışın 21 °C ve yazın 24 °C sıcaklıkları ülkemizdeki yaşlı evleri için de uygulanabilir. Yaşam alanlarının aydınlık düzeyleri için ise yine yurtdışındaki standartlarda belirtilen 300 lüks ile okuma alanlarında 500 lüks değeri ülkemiz için de aynı şekilde uygulanabilir. Konfor şartlarını sağlamanın yanında bina enerji sarfiyatını azaltan bir pencere seçimi yapılması önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında öncelikle yaşlı evleri için yurt içindeki ve yurt dışındaki standartlar incelenmiş ve belirlenen standarda göre konfor şartlarını en iyi seviyede sağlayacak yüksek performanslı pencere seçimi yapılmıştır. Pencere seçimi yapılırken güneybatı cephesinde güneşe en fazla maruz kalan mahal uygulama alanı olarak seçilmiştir. Seçilen bu pencere ile mevcut durumdaki ve TS 825’teki pencereler enerji ve gün ışığı bakımından karşılaştırılmışlardır.

Enerji tüketiminin hesabında DOE-2.2 tabanlı eQUEST enerji modellemesi yazılımı, gün ışığı hesabında ise Autodesk Ecotect Analysis ve Dektop Radiance yazılımları kullanılmıştır.

Tüm bina enerji tüketimi karşılaştırmasında mevcut pencere, TS 825'teki pencere ile karşılaştırıldığında %7'lik, seçilen pencere ile karşılaştırıldığında %12'lik enerji tasarrufu hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar güneybatı cephesindeki seçilen bir yaşam alanı için yapıldığında mevcut pencere ile TS 825'teki pencere arasında %13'lük, mevcut pencere ile yüksek performanslı pencere arasında ise %25'lik enerji tasarrufu meydana gelmiştir. Gün ışığı modellemesinde ise mevcut pencere yerine yüksek performanslı pencere kullanıldığında mahaldeki gün ışığı seviyesi %32 oranında azalmıştır. Yaptığımız hesaplamalardan da anlaşıldığı gibi sadece binadaki mevcut pencereleri uygun bina yönü, iklim koşulları göz önünde bulundurularak, belirlenen standartlara göre seçilmesi tüm binadaki enerji tüketimini %12 oranında, gün ışığı aydınlık düzeyini ise %32 oranında azaltmıştır.

RESEARCH OF WINDOWS IMPACT ON BUILDING ENERGY AND DAYLIGHT PERFORMANCE FOR ELDERLY HOUSES

SUMMARY

The quality of the indoor environment plays a crucial role in sustainable buildings. It has a significant influence on people well-being, productivity and quality of life.

This study shows a real life case study that serves space temperature and lighting levels of an elderly house in the scope of interior comfort.

The first parameter that should be examined is whether thermal and lighting comfort conditions have been achieved or not. Provision of thermal and lighting comfort requirements of the window has a big impact in sustainable buildings. Obtaining desired thermal and lighting comfort is possible if the window are selected in a right way.

In Europe and United States, comfort conditions are described in detailed both for elderly houses and the other building types with special occupant needs. However, regulations, codes or standards in Turkey does not define comfort conditions for the special needs. Therefore, this article for elderly houses followed the regulations and standards in abroad.

In Turkey, indoor comfort conditions for special user types need to be defined. Comfort conditions values indicated in the study have been specified for an elderly house in Turkey.

“EN-12464-1” indicates illuminance as 100 lux for bedrooms and 300 lux for reading areas. According to “ANSI/IESNA RP-28-2007 Lighting and the Visual Environment for Senior Living Standard”, illuminance must be 750 lux. According to “IESNA Lighting Handbook”, illuminance requirement of older people is twice more than young people illuminance requirement. “Care Homes for Older People” indicates illuminance as 150 lux for elderly bedrooms. The illuminance was selected as 300 lux for general lighting (core zone) and 500 lux for reading lighting (perimeter zone), because of elderly comfort conditions.

According to “ASHRAE Standard 170-2008”, the space air temperature of occupied space must be 21 °C in winter, 24 °C in summer conditions and the humidity range must be %60 in elderly houses. “Guidelines for design and construction of hospitals and health care facilities standard” indicates the space air temperature of elderly occupied space as 21 °C in winter, 24 °C in summer. According to “2011 ASHRAE Handbook-HVAC Applications”, occupied space air temperature must be 24 °C both in summer and in winter. According to 1. category that is defined for elderly occupied space by “EN-15251”, the space air temperature must be 21 °C in winter and 25,5 °C in summer conditions. 21 °C and 24 °C were used in winter and summer conditions for elderly occupied space in the article.

Window selection that reduces building energy consumption plays also crucial role as well as providing comfort conditions. The case study in this article compares the existing window system both for the specified values described in TS 825 and one of the high efficiency window system.

There are three parameters that affect whole energy consumption and natural daylight levels in regularly occupied spaces. These parameters are; thermal conductivity, shading coefficient and visible light transmittance values. While thermal conductivity and visible transmittance is being used in calculation of thermal performance, visible transmittance is used in calculation of natural daylight.

The computer simulations which are DOE-2.2 based on eQUEST, Autodesk Ecotect Analysis and Desktop Radiance have been used for energy consumption and daylight calculations, respectively.

DOE-2.2 is a simulation engine. DOE-2.2 was developed by Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) and is one of the commonly used simulation engine. DOE-2.2 calculate whole building energy performance for 8760 hours (1 year).

eQUEST is the abbreviation of "Quick Energy Simulation Tool". The program was developed by James Hirsch and Partners and is the user interface free DOE-2.2 simulation engine. eQUEST makes full use of the capabilities of DOE-2.2 simulation engine.

Ecotect Analysis ensures designers make energy efficient and sustainable buildings with the analysis and simulation tools. Ecotect was developed by architects, and is an environmental analysis software focuses on building design process, including from the concept design to the detailed design process. Shade, daylight, lighting, thermal, ventilation and acoustic analysis can be done by Ecotect.

Desktop Radiance is a sophisticated software that carries out daylight or artificial lighting analysis and visualization. This software was developed by Gregory J. By Ward at Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL). Radiance is one of the most important tools that is able to carry out daylight and artificial lighting analysis for any geometric space.

The aim of the energy modelling is delivering annual (8760 hours) building energy performance with the existing window of the sample elderly house, minimum window performance standards indicated in TS 825 and the selected high-efficient windows. Moreover, investigating the differences between energy consumption for all three conditions for the whole building and selected space.

The main reason of daylight modeling is that determining the space from the south façade that gets the most daylight level and finding average illuminance level at four typical dates for the existing and high efficient window of the selected space by comparing with 300 lux for general lighting (core zone) and 500 lux for reading lighting (perimeter lighting).

The study has been compared to daylight and energy performance according to the result of energy and daylight simulation. While these studies have been carried out, thermal and lighting comfort conditions specified by the international standards mentioned above have been also considered.

The case study, elderly house, is in Istanbul, Turkey and was built southeastwardly. It has 2 below grade, 5 above grade floors and the total net floor area is 21.983,5 m².

The insulation material is low-density expanded polystyrene foam. The thickness of insulation material is 5 cm and it was used in above grade exterior walls except the exterior walls of unconditioned spaces. There is no shading devices on façade. The roof is pitched and shingle was used. Windows have aluminum and plastic fenestrations and they are double glazed. U-value of the window that has plastic fenestration is $3,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, shading coefficient of the glazing is 0,86 and visible light transmittance is 0,80.

Shelter, pool, laundry, water storages, technical rooms were located in 2. basement. Cinema, meeting room, nursery, gym, storage and 12 elderly spaces were located in 1. basement. Meeting room, offices, coiffeur and 26 elderly spaces were located in ground floor. 1., 2., 3. and 4. Floors have 44 elderly spaces each. Restaurant, hobby room, prayer room, meeting room, terrace and 16 elderly space were located in 5. floor.

There is HVAC system in the building. 2-pipe fan-coil system was installed for heating and cooling. Fresh air requirements were satisfied by 100% fresh air units that were located in the roof. Space heating is supplied by central heating system. Boilers supply hot water for fan-coils, air handling units and domestic hot water. The circulation pumps are 3-step. Chillers were located in garden and 5. floor and are air-cooled. Chillers supply chilled water for fan-coils and air handling units. Table 2.5 shows technical specifications of the chillers. Domestic water is supplied from water storage that were located in 2. basement. Domestic hot water is supplied by 2000 lt capacity accumulation tank.

Fluorescent lighting fixtures were used in common spaces and lighting power density is 9 W/m^2 . Incandescent lighting fixtures were used in elderly occupied spaces and lighting power density is 12 W/m^2 . The building has not lighting automation system and sensors.

When looking into the result, there has been improvement in energy saving as well as glare prevention caused by natural daylight.

In conclusion, specified thermal comfort conditions values in abroad which are 21°C in winter and 24°C in summer is also suitable for elderly houses in Turkey. Moreover, for the illumination level of 300 lux and 500 lux values specified in the standards is again appropriate for Turkey. The research methodology includes the literature review which firstly concentrates on worldwide standards for elderly people.

When comparing the existing window system with TS 825 and high efficient window type in terms of energy consumption, energy saving occurs 7% and 12%, respectively. When same comparison for the existing window type is applied on a habitable space located on the southern façade, the results show that there has been 13% energy saving compared to TS 825 and 25% energy saving compared to high efficiency window type. Daylight modelling shows that using the high efficient window system instead of existing one causes decrease in daylight level by 32%. This result shows that using the high efficient window system reduces energy consumption in the building as well as obstructive glare in habitable spaces.

The results show that the window system specified in TS 825 is not much better than the existing one. At this point, the U-value specified in TS 825 should be reduced according to the today's conditions. Although the window U-value is $2,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

as specified in TS 825, the recommended window U value is shown in the same table as $1,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

The recommended value should be specified as mandatory value when considering the today's conditions. In order to achieve daylight efficient buildings, these window systems can be easily purchased without rising the investment costs. The window type of the elderly house in the case study has a mid-level of performance.

As a result of calculations, using high-performance window in all the buildings, energy consumption has been significantly reduced, as well as in the areas of life that cause high levels of glare has been reduced in regularly occupied areas.

This article studied the high efficiency window system for the room located on southern side of the elderly house which is most exposed to the sun. The later stages of this article might study glare control for the rooms located on each side of the house. Thus optimum selection of the window system can be determined.

1. GİRİŞ

Dünyadaki enerji tüketimi, artan nüfus, sanayileşme ve teknolojinin gelişimiyle birlikte hızla yükselmekte, mevcut kaynakların sınırlı olmasından dolayı enerji ihtiyacı problemi ortaya çıkmaktadır. İnsanlığın en temel ihtiyacı olan enerjiye ilişkin talebin giderek yükseliyor olması enerji verimliliği konularını öne çıkarmaktadır.

Türkiye'nin birincil enerji kaynakları açısından büyük oranda (yaklaşık %70) bir dış bağımlılığa sahip bulunduğu bunun ilerleyen yıllar içinde artacağı öngörüldüğü göz önüne alındığında enerjinin verimli kullanılması daha da önemli hale gelmektedir [1].

Türkiye'deki verimsiz enerji kullanımında binalarda tüketilen enerjinin önemli bir payı vardır. Türkiye'deki binaların büyük çoğunluğunda enerji verimliliğinin yükseltilmesi için alınabilecek en temel tedbirler bile bugüne kadar yeterince uygulanamamıştır. Binaların ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin denetimi konusundaki eksiklik, Türkiye'deki binaların büyük çoğunluğunun çatı, duvar ve cam izolasyonları açısından yetersiz, bütünsel kaynak yönetiminden uzak ve enerji tasarrufu açısından geri olması sonucunu doğurmuştur. Bu binaların enerji tasarrufu yönünden rehabilite edilmesi çok önemlidir.

Binaların enerji verimliliği konusundaki enerji verimli uygulamalar ülkemizde çok yakın bir geçmişte uygulanmaya başlamıştır. Akıllı bina uygulamaları ve bina sertifikasyon sistemleri bunlara örnek olarak verilebilir.

U.S. Department of Energy's Energy Information Administration'ın 2005 tarihli "Konut Enerji Tüketim Anketi"ne göre Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 111,1 milyon evin toplam enerji maliyeti 201 milyar dolardır ve bu tüketimin %38'i ısıtmada, %20'si aydınlatmada, %8'i su ısıtmada, %7'si soğutmada, %7'si havalandırmada, %20'si priz, pişirme ve ekipman yüklerinde kullanılmaktadır [2].

Binalarda enerji sarfiyatını azaltmak için ilk başta yapılması gereken, enerji tasarrufudur. Enerji tasarrufu yaparken dikkat edilmesi gereken birinci parametre ise insandır. Konfor şartlarını sağlamayan bir binada kullanıcı memnuniyeti

sağlanamayacaktır. Uygun malzeme ve sistem seçimi yapılarak enerji sarfıyatı konfor şartlarından taviz verilmeden azaltılabilir.

Enerji sorunlarının yanısıra insanların yaşamlarının %90'ını içinde geçirdikleri binaların konforlu olmaları büyük bir önem arz etmektedir. Özellikle içinde yaşlıların 7 gün 24 saat yaşadıkları yaşlı evlerinin tasarım aşamasında yaşlıların konforlarını sağlayacak şekilde dizayn edilmeleri ve sonrasında da bu dizayn koşullarına göre işletilmeleri büyük önem arz etmektedir.

Yurtdışında konfor şartları için birçok standart hazırlanmış ve bu standartlar bina ve kullanıcı tiplerine göre özelleştirilmiştir. Örneğin, hastane, alışveriş merkezi, ofis, yaşlı evi gibi binaların her biri için ayrı ayrı konfor şartlarını tanımlayan standartlar bulunmaktadır. Ülkemizde ise durum böyle değildir. Bazı özel yönetmelikler olmasına rağmen, bu yönetmeliklerde önemli bir konu olan konfor şartlarına değinilmemiştir. Ülkemizdeki yönetmeliklere konfor şartlarının dahil edilmesi yanlış uygulamaların önüne geçecektir.

Enerji ve insan etkin bir bina tasarlarırken enerji tasarrufunun yanı sıra, binada yaşayacak insanların tipi de incelenmeli ve konfor şartlarını sağlayan en tasarruflu tasarım yapılmalıdır.

Teknolojik gelişmelerdeki ilerlemelerle yaşayan bir bina inşa etmek için birçok yapı bileşeni ve mekanik sistem temin edilebilir. Örneğin isteğe göre çok farklı tipte cam üretilebilmektedir. Önemli olan camın performansından beklentilerin belirlenmesidir.

Binanın konsept tasarımı yapıldıktan sonra konfor şartlarını sağlamak aynı zamanda da enerji tasarrufu yapmak için bina enerji ile gün ışığı modellemeleri yapılmalı ve en uygun pencere seçimi ile mekanik, aydınlatma tasarımı yapılmalıdır. Örneğin, konsept aşamasından sonra enerji ve gün ışığı modellemeleri yapıldığında yanlış bir pencere seçimi yapılmamış olacak ve mekanik sistemlerde gereksiz yere yüksek oranlarda emniyet faktörü alınmasına gerek kalmayacaktır. Sonuç olarak bina içerisine yeterince gün ışığı alan, enerji etkin bir bina ortaya çıkmış olacaktır.

Bu tezin birinci bölümünde konuya giriş yapılmış, tezin amacı belirtilmiş, bu tez oluşturulurken yararlanılan kaynaklar ve bu konuda daha önce yapılmış olan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde yaşlı evinin tanımından, ülkemizdeki ve yurt dışındaki yaşlı evleri konfor şartlarını tanımlayan yönetmelikler, kanunlar, standartlar gibi yayınlardan ve tezde karşılaştırma yapılacak örnek yaşlı evinin teknik özelliklerinden, enerji ve gün ışığı modellemelerinin yapılacağı bilgisayar yazılımlarının tanımlarından, metodolojilerinden ve camların performans kriterlerinden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde örnek çalışmanın yönteminden bahsedilmiş olup, seçilen Kartal/İstanbul'daki örnek yaşlı evi binası ele alınarak bilgisayar yazılımları vasıtasıyla enerji ve gün ışığı modellemeleri yapılmış olup ve mevcut pencere, TS 825'te tanımlanan standart pencere ile seçilen iyileştirilmiş pencerenin enerji ve gün ışığı yönünden performansları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmayı yaparken camın ısı geçirgenlik katsayısı, gölgeleme katsayısı ve görünür gün ışığı geçirgenliği parametreleri incelenmiştir.

Dördüncü bölümde yapılan enerji ve gün ışığı modellemeleri sonuçları yorumlanmış, yaşlı evleri konfor şartları ve en uygun cam için önerilerde bulunulmuş, bu çalışmanın devamı olabilecek çalışmalar anlatılmıştır.

1.1 Tezin amacı

Ülkemizde binalar toplam enerji kullanımında en büyük paya sahip olan faktördür. Türkiye'de binalarda kullanılan enerji, toplam enerji tüketiminin %34'üne ve kullanılan elektrik ise toplam elektrik tüketiminin %43'üne karşılık gelmektedir [2].

Ülkemizdeki birçok binanın eski olması, bu binaların ekonomik ömürlerini tamamlamış olmaları, inşa edildikleri tarihte enerji etkin tasarım konularının düşünülmemiş olması, birçok yapının ruhsatsız inşa edilmesi [3] ve böylece binanın projelendirme aşamasının olmaması doğrudan inşaatın başlaması gibi sebeplerden dolayı ülkemizdeki bina sektörünün enerji etkinliği kötü durumdadır.

Ülkemizdeki konut ve ticari binalarda tüketilen enerjinin %80'i ısıtma amacıyla kullanılmaktadır [2]. Fakat kullanılan ısıtma sisteminin (soba) enerji verimliliği oldukça düşüktür [4].

Bina kabuğundan kaynaklanan ısı kaybı toplam ısı kaybının %60-70'i kadardır [2]. Ülkemizde 11,5 milyon konutun sadece %10'unda çatı yalıtımı ve %9'unda çift cam bulunmaktadır [4]. Teknolojik gelişmeler sonucunda standart çift camın dahi teknik

özellikleri günümüzde enerji verimliliği adına yeterli değildir. Standart düz cam yerine low-e kaplamalı, film tabakalı, argon gazlı, ikili ve üçlü cam kombinasyonları ve ısı yalıtımlı doğramaya sahip camlar kullanılabilir.

TSE'nin 2008 yılında yayınlamış olduğu TS 825'te Türkiye'deki bölgelere göre ısı geçirgenlik katsayısı (U) değerleri Çizelge 1.1'de belirtilmiştir. Tezin örnek çalışması olan yaşlı evi, İstanbul'da bulunduğu için TS 825'teki 2. bölge için belirtilen değerler esastır. Bu tezin örnek çalışmasında sadece TS 825'teki pencere için belirtilen değer kullanılmıştır.

Çizelge 1.1 : TS 825'e göre bina kabuğu için standart U-değerleri [5]

	$U_{Dış\ duvar}$ (W/m ² .K)	U_{Tavan} (W/m ² .K)	U_{Zemin} (W/m ² .K)	$U_{Pencere}$ (W/m ² .K)
1.Bölge	0,70	0,45	0,70	2,40
2.Bölge	0,60	0,40	0,60	2,40
3.Bölge	0,50	0,30	0,45	2,40
4.Bölge	0,40	0,52	0,40	2,40

TS 825'te belirtilen bu değerler kullanılacak pencerenin en yüksek ısı geçirgenlik katsayısı değerleridir. Bu değerlerden daha yüksek ısı geçirgenlik katsayısına sahip pencere kullanımı yönetmeliğe aykırıdır. Buna rağmen yönetmelikte belirtilen bu değerlerin aynısına sahip pencerenin uygulanması da artık günümüzde enerji verimli bir uygulama değildir. Çizelge 1.1'de belirtilen pencere ısı geçirgenlik katsayısı 2,40 W/m².K olmasına rağmen TS 825'te 1,80 W/m².K değerinin tavsiye edildiği belirtilmektedir [5].

Bu tezin amacı ülkemizdeki yaşlı evleri için konfor şartlarının belirlenmesi, konfor şartlarını sağlayacak pencere seçiminin yapılması ve örnek çalışmadaki mevcut pencere, TS 825'te belirtilen standart değere sahip pencere ve iyileştirilen pencerenin bina enerji tüketimi ve gün ışığı seviyesi yönünden karşılaştırmasının yapılmasıdır.

1.2 Literatür İncelemesi

Literatürde enerji ve gün ışığı modellemeleri ile ilgili birçok kaynak ve çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda genellikle enerji ve gün ışığı modellemesi yazılımları incelenmiş veya örnek çalışma olarak ısı kaybı kazancı hesaplamaları, tüm bina enerji modellemeleri ve gün ışığı modellemeleri yapılmıştır. Yapılmış olan çalışmalar ile kendilerinden sonraki çalışmalara yol gösterici nitelikte sonuçlar elde

edilmiştir. Bu alanda yayınlanan ve bu tez çalışmasında da yararlanılan makaleler içerikleri ile birlikte aşağıda yer almaktadır;

Sezer (2005), “*Farklı Cam Türlerinin Performans Kriterlerinin İncelenmesi*” adlı çalışmasında optimal konfor koşullarının sağlanması için, çeşitli cam ünitelerinin güneş kontrolü, ışık geçirgenliği, renk ve ışık yansımalarına ilişkin performans kriterlerini incelemiş ve değerlendirmiştir [6].

Narayan ve diğ. (2006), “*Simulation Strategies for Healthcare Design to Achieve Comfort and Optimize Building Energy Use*” adlı çalışmalarında cephe sistemlerindeki güneş kontrol yöntemlerini enerji tüketimini azaltmak ve konfor şartlarını optimize etmek için incelemişlerdir. Bu çalışmada örnek çalışmadaki camlar yüksek verimli camlar ile değiştirildiğinde elektrik tüketiminde \$ 9.666 ve doğal gaz tüketiminde de \$ 12.596 tasarruf elde edilmiştir [7].

Savaşır ve Begeç (2004), “*Giydirme Cephelerde Kullanılan Camların Isı Yalıtım ve Maliyet Açısından Performanslarının Karşılaştırılması*” adlı çalışmalarında yalıtımsız, orta yalıtımlı ve iyi yalıtımlı camları cam maliyeti, ısı kaybı değerleri, aylık yakıt tüketimi, maliyeti ve tek cama göre diğer sistemlerin aylık yakıt tasarruf oranlarını hesaplamışlardır. Sonuçlarında $5,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ısı geçirgenlik değerine sahip tek cam yerine $2,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ısı geçirgenlik değerine sahip çift cam takıldığında ısıtmada %51, $1,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ değerindeki low-e cam takıldığında %71 ve $1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ değerine sahip low-e, argon gazlı cam takıldığında ise %78 tasarruf elde edilmiştir [8].

Tzempelikos ve diğ. (2010), yapmış oldukları çalışmada ısıl ve aydınlatma konfor şartlarını sağlayan yüksek performanslı cam ile standart bir cam karşılaştırılmışlardır. Sonuçlarında düşük geçirgenliğe sahip cam kullanıldığında yapay aydınlatma ihtiyacı ve ısıtma yükü artmıştır [9].

Omar ve Al-Ragom (2001), yapmış oldukları çalışmada Kuveyt’teki örnek bir bina için farklı cam türlerine göre pik enerji ihtiyacını sabit tutmak için camların boyutlarını incelemişlerdir [10].

Alvarez ve diğ. (2001), yapmış oldukları çalışmada termal yayım azaldığında camın gölgeleme katsayısının da azaldığı ve böylece soğutma yüklerinin azaldığını belirtmişlerdir [11].

Nielsen ve diğ. (2000), farklı tipteki cam ve pencerelerin örnek bir konut için enerji performanslarını basit bir metodla incelemişlerdir [12].

Muneer ve Hawas (1981), çalışmalarında farklı cam ve doğrama kombinasyonları için ısıtma ihtiyacını incelemiştir [13].

Robinson ve Littler (1993), çalışmalarında LBNL'in Window ve Pilkington'ın Multb yazılımında ileri teknoloji bir cam sisteminin performansını incelemişlerdir [14].

Hutchins ve Platzler (1996), çalışmalarında camların ısı geçirgenlik katsayısını ve gölgeleme katsayısını düşürecek yüksek teknolojili materyalleri incelemişlerdir [15].

Cappelletti ve diğ. (2013), yaptıkları çalışmada iç mekan konfor şartlarını sağlamak için farklı cam tiplerini Paris, Milan ve Roma'da bulunan örnek binalar için incelemişlerdir [16].

Ihm ve diğ. (2012), yaptıkları çalışmada Güney Kore'deki konut binaları için cam seçiminin enerji performansına etkilerini incelemişlerdir [17].

Sekhar ve Toon (1998), çalışmalarında reflekte ve low-e kaplamalı cam sistemini 20 katlı bina örneğinde farklı cam tipleri için incelemişlerdir [18].

Buratti ve diğ. (2012), yaptıkları çalışmada ticari bir bina için konfor şartlarını sağlayan farklı cam tiplerini Trnsys ve EnergyPlus yazılımlarında incelemişlerdir [19].

Sagia ve diğ. (2007), çalışmalarında camların enerji tüketimi ve konfor üzerindeki etkilerini incelemişlerdir [20].

Lim ve diğ. (2012), çalışmalarında farklı cam tipleri için örnek bir binanın gün ışığı seviyelerini incelemişlerdir [21].

Bojic ve diğ. (2001), çalışmalarında Hong Kong'daki yüksek katlı konutlar için pencerelerin enerji performanslarına olan etkilerini incelemişlerdir [22].

Chan ve diğ. (2009), yaptıkları çalışmada çift cephe sistemi kullanarak örnek bir binanın soğutma yükünde %26 tasarruf olduğunu EnergyPlus yazılımı ile hesaplamışlardır [23].

Urbikain ve Sala (2009), yaptıkları çalışmada "*Window Energy Rating System*" metoduyla farklı pencere tipleri için enerji performansını çeşitli iklim koşulları için

hesaplamışlardır. Ayrıca bu farklı pencere sistemlerini Trnsys ve Window yazılımlarında simüle etmişlerdir [24].

Clarke ve diğ. (1997), yaptıkları çalışmada ESP-r ve Radiance programlarında farklı cam tiplerinin binalarda enerji ve gün ışığı performanslarını kıyaslamışlardır [25].

Literatürdeki çalışmalarda pencere seçimlerinde pencerelere ait üç ana performans kriteri üzerinde durulmuştur. Bunlar bu tezde de değerlendirilen görünür gün ışığı geçirgenliği, gölgeleme katsayısı ve ısı geçirgenlik katsayısı değerleridir. Yapılan çalışmalarda pencerelerin ısı geçirgenlik katsayısı ve gölgeleme katsayısı değerleri azaldıkça tasarruf oranlarında artış olmuştur. Bununla beraber gölgeleme katsayısı azaldıkça, görünür gün ışığı geçirgenliği oranı da azalmıştır. Bu şekilde de daha fazla güneş kontrolü yapılmaktadır.

Sonuç olarak literatürde elde edilen bulgular, enerji etkin ve yeterli gün ışığı alan bina tasarımı yaparken, cam seçiminin ve konfor şartlarının incelenmesi gerektiğini göstermektedir.

2. TEZİN İÇERİĞİ

Bu bölümde yaşlı evinin tanımı, ülkemizdeki ve yurtdışındaki yaşlı evleri konfor şartlarını tanımlayan yönetmelikler, kanunlar, standartlar gibi yayınlar ve tezde karşılaştırma yapılacak örnek yaşlı evinin teknik özellikleri, enerji ve gün ışığı modellemelerinin yapılacağı bilgisayar yazılımlarının tanımları, metodolojileri ve camların performans kriterleri ele alınmıştır.

2.1 Yaşlı evi tanımı

Yaşlı evi veya huzurevi “sağlıklı yaşlıları huzurlu bir ortamda korumak ve bakmak, sosyal, fiziksel ve moral ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla gerçek kişiler veya özel hukuk tüzel kişileri tarafından kurulan ve yirmi dört saat yatılı hizmet veren en az yirmi kapasiteli sosyal hizmet kuruluşudur” [26].

Yaşlı evleri Türkiye’de 60 yaş ve üzerindeki muhtaç yaşlıları korumak, bakmak, sosyal, psikolojik ve fiziksel gereksinimlerini karşılamak, sürekli bakıma ve rehabilitasyona gereksinim duyanlara bakım ve rehabilitasyon hizmeti vermekle görevli ve yükümlüdürler. Yaşlı evleri “T.C. Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı” altında “Özürlü ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü”ne bağlıdır [26]. Ülkemizde bakıma muhtaç kişilerin lehine anayasada, kanunlarda, kanun hükmünde kararnamelelerde, bakanlar kurulu kararlarında, yönetmeliklerde, genelgelerde ve tebliğlerde yaptırımlar bulunmaktadır.

2.2 Yaşlı evi iç mekan konfor şartları standartları

Ulusal yayınlar incelendiğinde yaşlı evlerinin sıcaklık ve aydınlatma konfor şartlarını ilgilendiren maddeler bulunamamıştır. “Özel Huzurevleri İle Huzurevi Yaşlı Bakım Merkezleri Yönetmeliği” yaşlı evlerinin fiziki özellikleri, kuruluş bölümleri, hizmet işleyiş ve çalışan yetkinlikleri ile ilgili tarifleri belirtir. Söz konusu yönetmeliğin “Fiziki Özellikler ve Kuruluş Bölümleri” adlı dördüncü bölümünün yirmi ikinci maddesinin dördüncü bendinde sadece “binanın güvenli bir merkezi sistemle

ısıtılması sağlanır” ibaresi vardır [26]. Bahsedilen yönetmelikte uygun sıcaklık ve aydınlatma koşullarını belirten maddeler bulunmamaktadır. Ülkemizde yayınlanan diğer kanun, yönetmelik, genelge ve benzerleri “*Özel Huzurevleri İle Huzurevi Yaşlı Bakım Merkezleri Yönetmeliği*” ’ni adres göstermektedir. Yine bunlarda da sıcaklık ve aydınlatma konfor şartları ile ilgili standart değerler belirtilmemiştir.

Ülkemiz dışında yaşlı evleri ile ilgili standartlar, kanunlar, yönetmelikler ve benzerlerinde hem konfor şartları hem de fiziki koşullar spesifik olarak tanımlanmıştır.

2.2.1 Isıl konfor şartları

ASHRAE Standard 170-2008’e göre yaşlı odalarındaki mahal sıcaklığı kış şartlarında 21°C, yaz şartlarında 24°C ve nem oranı en fazla %60 olmalıdır [27]. “*Guidelines for design and construction of hospitals and health care facilities*” standardına göre yaşlı odası mahal sıcaklığı kış şartlarında 21°C ve yaz şartlarında 24°C olmalıdır [28]. “*2011 ASHRAE Handbook-HVAC Applications*” yaşlı odaları için yaz ve kış şartlarında 24°C sıcaklığını belirtir [29]. “*EN-15251*” yaşlı ve hassas insanlar için tanımladığı 1. kategoriye göre mahal sıcaklığı kış şartlarında 21 °C ve yaz şartlarında 25,5 °C olmalıdır [30].

Teze ait örnek çalışmada kış şartlarında 21°C ve yaz şartlarında 24°C seçilmiştir.

2.2.2 Aydınlatma konfor şartları

“*EN-12464-1*’e” göre aydınlık düzeyleri yatak odalarında 100 lüks ve okuma alanlarında 300 lüks olmalıdır [31]. “*ANSI/IESNA RP-28-2007 Lighting and the Visual Environment for Senior Living*” standardına göre yaşlı odaları 300 lüks, yaşlılar için okuma alanları ile 750 lüks olmalıdır [32]. “*IESNA Lighting Handbook*” standardına göre yaşlı odalarında genel aydınlatma ihtiyacı genç insanlara göre iki kat daha fazladır [33]. “*Care Homes for Older People*” standardına göre yaşlı odalarında genel aydınlık düzeyi 150 lüks olmalıdır [34].

Örnek çalışmada genel aydınlatma zonu için (iç zon) 300 lüks, okuma zonu için (dış zon) 500 lüks değeri takip edilmiştir.

2.2.3 Diğer standartlar

Ülkemiz dışında aydınlatma ve termal konfor şartları açısından, yaşlı evi tasarımı ve inşaatı sırasında takip edilmesi gerekli olan diğer standartlar aşağıda belirtilmiştir. Yine bu standartlarda da *ASHRAE*, *AIA*, *EN* standartlarındakine benzer değerler görülmektedir.

- *American Institute of Architects (www.aia.org)*

Keith Diaz Moore, "Design Guidelines for Adult Day Services" in AIA Report on University Research, 2005

- *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) (www.ashrae.org)*

Humidity Control Design Guide for Commercial and Institutional Buildings (2001)

Guideline 1.1-2007: The HVAC Commissioning Process

Standard 12, Minimizing the Risk of Legionellosis Associated with Building Water Systems

Standard 52.1-1992: Gravimetric and Dust-Spot Procedures for testing Air-Cleaning Devices Used in General Ventilation for Removing Particulate Matter

Standard 52.2: Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size

Standard 55-2010: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy

Standard 62.1-2010: Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality

Standard 62.2-2010: Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings

Standard 90.1-2010: Energy Standard for Buildings Except low-Rise Residential Buildings

Standard 90.2-2007: Energy Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings

Standard 188: Prevention of Legionellosis Associated with Building Water Systems

Standard 154-2003: Ventilation for Commercial Cooking Operations

Standard 170-2013: Ventilation of Health Care Facilities

- *Illuminating Engineering Society (IES) (www.iesna.org)*

ANSI/IES Publication RP-29-06: Recommended Practices for Lighting for Hospitals and Health Care Facilities

- *International Code Council (www.iccsafe.org)*

International Building Code

International Green Construction Code

International Plumbing Code

- *Plumbing-Heating-Cooling Contractors-National Association (PHCC-National Association) (www.phccweb.org)*

National Standard Plumbing Code, 2000

- *With Seniors in Mind (www.withseniorinmind.org)*

Senior Living Sustainability Guide, 2011

Örnek çalışma olan yaşlı evi için yapılan enerji ve gün ışığı modellemeleri çalışmalarında bu bölümde belirtilmiş olan uluslararası standartlara uygunluk esas alınmıştır.

2.3 Örnek çalışma: Yaşlı evi

Bu tezde incelenecek olan yaşlı evi İstanbul ili, Kartal ilçesi, Yakacık mahallesinde yer almaktadır ve güneydoğu yönünde inşa edilmiştir. 2 bodrum ve 5 normal kattan oluşan bina net 21.983,5 m²'dir. Şekil 2.1'de yaşlı evinin lokasyonu ve yönü belirtilmiştir.

Tezin örnek çalışması olan yaşlı evinin yapım yılı 2009'dur ve bina kullanıma henüz açılmamıştır.

Yaşlı evinin aşağıdaki bölümde açıklanan özellikleri Kartal Belediyesi'nden temin edilmiştir.



Şekil 2.1 : Yaşlı evinin lokasyonu ve yönü

2.3.1 Bina kabuğu özellikleri

Isıtılmayan mahallerin dış duvarları hariç tüm bina 5 cm düşük densiteli ekspande polistren köpük ile izole edilmiştir. Alüminyum ve plastik doğramalı olarak iki çeşit kullanılmış pencere sistemleri çift camlı olarak seçilmiştir. Dış cephede güneş kırıcı sistemler kullanılmamıştır. Çatı kırma çatı olup asfalt temelli su yalıtımın üstünde shingle kullanılmıştır. Çatıda bulunan yağmur olukları binanın kuzey ve güney cephelerinden aşağı inmektedir.

Yaşlı evin projesinde ısı yalıtımı sadece yaşlı odalarında bulunmaktadır ve ısı yalıtımı uygulamasında hatalar vardır. Bu hatalar neticesinde ısı köprüleri oluşmuştur. Bunun yanında pencerelerin montajı sırasında etkin bir sızdırmazlık sağlanmamıştır ve bunun sonucunda hava kaçakları meydana gelmektedir.

Plastik doğramalı pencerelere ait cam ve doğrama bileşik ısı geçirgenlik katsayıları $3,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, gölgeleme katsayısı 0,86, ve görünür güneş ışığı geçirgenliği 0,80'dir. Pencerelere ait ısı geçirgenlik değeri, gölgeleme katsayısı ve görünür gün ışığı geçirgenliği değerleri cam üreticisine ait katalogdan alınmıştır. Katalog değerleri Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : Yaşlı evinin mevcut penceresinin katalog bilgileri [35]



Performans Hesaplayıcı

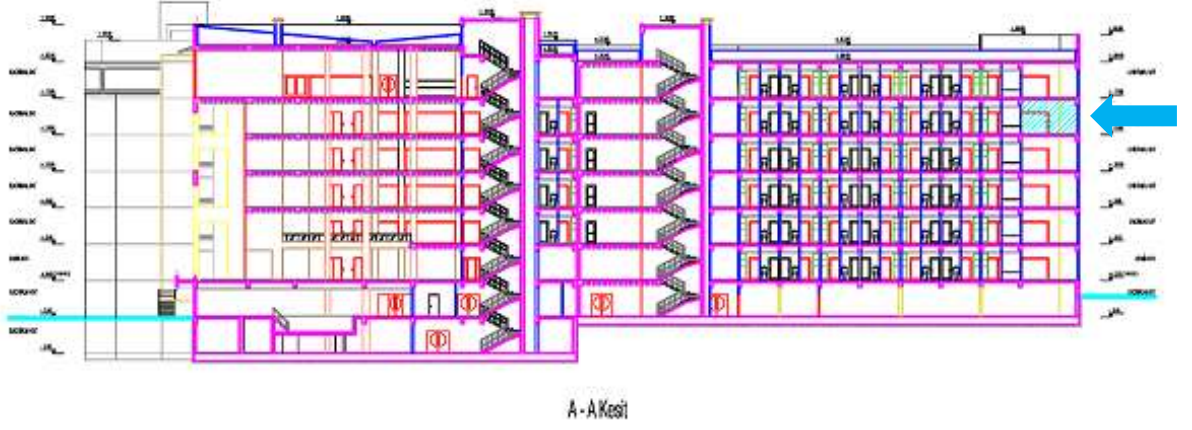


Isıcam® Kombinasyonu

DIŞ CAM	: 4 mm Helio Clear
BOŞLUK	: 6 mm Ara Boşluk (Hava)
İÇ CAM	: 4 mm Helio Clear

Gün Işığı Değerleri (EN 410)	Gün Işığı Geçirgenliği	: %80
	Gün Işığı Dışa Yansıtma	: %14
	Gün Işığı İçe Yansıtma	: %14
Güneş Enerjisi Değerleri (EN 410)	Güneş Enerjisi Direkt Geçirgenliği	: %68
	Güneş Enerjisi Dışa Yansıtma	: %12
	Güneş Enerjisi Soğurma	: %19
	Güneş Enerjisi Toplam Geçirgenliği (Solar Faktör / q)	: %74
	Gölgeleme Katsayısı	: 0,86
Isı Geçirgenlik Katsayısı (EN 673)	UV Geçirgenlik	: %46
	U Değeri W/(m ² K)	: 3,4

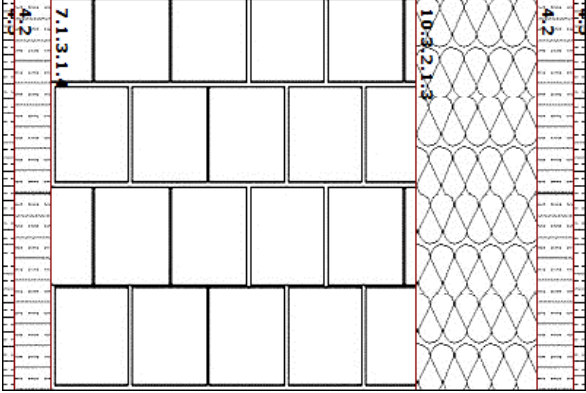
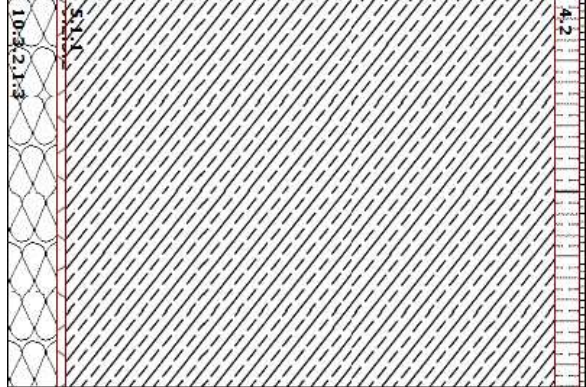
Şekil 2.2’de, yaşlı evinin Şekil 2.3’te belirtilen A-A kesidi ve Bölüm 3.1.2’de seçilen mahalın yeri görülmektedir. Seçilen mahal turkuaz rengiyle belirtilmiştir.



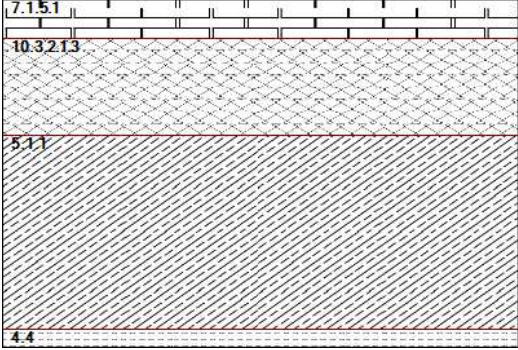
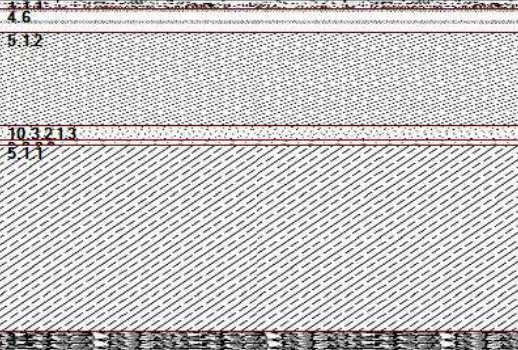
Şekil 2.2 : Yaşlı evinin A-A kesidi ve seçilen mahalın konumu

Çizelge 2.2’de yaşlı evindeki yapı elemanları ve kesitler görülmektedir.

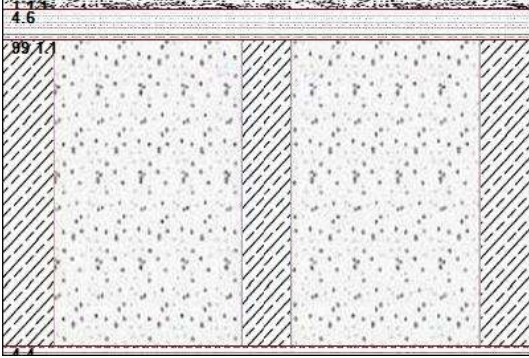
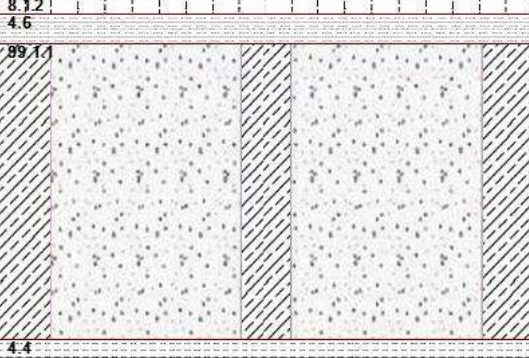
Çizelge 2.2 : Yaşlı evindeki yapı elemanları ve kesitler

YAŞLI EVİNDEKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	
		d	λ_h	R	U	
		(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	W/m ² K	
	Dış hava teması duvar					
	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)				0,13	
	Alçı harçlı şap	0,005	1,2	0		
	Çimento harcı	0,015	1,6	0,01		
	Normal harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	0,15	0,36	0,42		
	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164'e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 04	0,05	0,04	1,25		
	Çimento harcı	0,015	1,6	0,01		
	Alçı harçlı şap	0,005	1,2	0		
	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04		
	TOPLAM				1,86	0,537
		Toprak teması dış duvar				
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)				0,13		
Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164'e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 04		0,03	0,04	0,75		
PVC örtü		0,005	0,19	0,03		
Donatılı - Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar		0,3	2,5	0,12		
Çimento harcı		0,015	1,6	0,01		
Alçı harcı, kireçli alçı harcı		0,005	0,70	0,01		
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0		
TOPLAM				1,05	0,959	

Çizelge 2.2 : Yaşlı evindeki yapı elemanları ve kesitler (devamı)

YAŞLI EVİNDEKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	
		d	λ_h	R	U	
		(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	W/m ² K	
	Üzeri çatılı tavan					
	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)				0,08	
	Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1)		0,02	0,33	0,06	
	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164'e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletimlik grubu 04		0,05	0,040	1,25	
	Donatılı - Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar		0,1	2,5	0,04	
	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva		0,01	0,51	0,02	
	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)				0,13	
	TOPLAM				1,58	0,633
	Toprak temaslı taban					
	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)				0,17	
	Kristal yapıli püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)		0,02	3,5	0,01	
	Çimento harçlı şap		0,05	1,4	0,04	
	Donatısız -Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar		0,2	1,65	0,12	
	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164'e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletimlik grubu 04		0,03	0,040	0,75	
	PVC örtü		0,01	0,19	0,05	
	Donatılı - Normal beton (TS 500'e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar		0,4	2,5	0,16	
	Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)		0,05	0,70	0,07	
	TOPLAM				1,37	0,732

Çizelge 2.2 : Yaşlı evindeki yapı elemanları ve kesitler (devamı)

YAŞLI EVİNDEKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
		d	λ_h	R	U
		(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	W/m ² K
	İç taban (Ortak kullanım alanları için)				
	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17	
	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,01	3,5	0	
	Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,02	
	Gazbeton Asmolen	0,3	0,29	1,03	
	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış siva	0,01	0,51	0,02	
	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,17	
	TOPLAM			1,41	0,7138
	İç taban (Yaşlı odaları için)				
	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17	
	Kayın, meşe, dişbudak	0,018	0,20	0,09	
	Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,02	
	Gazbeton Asmolen	0,3	0,27	1,11	
	Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış siva	0,02	0,51	0,04	
	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,17	
	TOPLAM			1,6	0,6316

Çizelge 1.1’de TS825’e göre bina kabuğu için standart ısı geçirgenlik katsayısı değerleri gösterilmiştir.Yaşlı evi İstanbul’da bulunduğundan tablodaki 2. bölge için gösterilen değerlerle Çizelge 2.2’de gösterilen değerlerin karşılaştırılması Çizelge 2.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 : TS 825 ve mevcut durumun karşılaştırılması

	$U_{Dış\ duvar}$ (W/m ² .K)	U_{Tavan} (W/m ² .K)	U_{Zemin} (W/m ² .K)	$U_{Pencere}$ (W/m ² .K)
Mevcut Durum	0,537	0,633	0,732	3,40
TS 825 (2. Bölge)	0,60	0,40	0,60	2,40

Yaşlı evinin mevcut durumundaki dış duvar ile TS 825’te belirtilen dış duvar U-değeri karşılaştırılacak olursa yaşlı evinin projede standarda uygun olarak tasarlandığı görülmektedir. Tavana, zemine ve pencereye bakıldığında ise standartta belirtilen değerlerden daha yüksek U-değerleri görülmektedir.

2.3.2 Bina kullanım alanları

2. bodrum katta sığınak, havuz, çamaşırhane, su depoları, elektrik, makine ve mekanik odalar bulunmaktadır.

1. bodrum katta sinema, toplantı salonu, doktor odası, spor salonu, depolar ve 8 normal oda, 2 köşe suit, 2 orta suit toplamda 12 oda bulunmaktadır.

Zemin katta toplantı odası, yönetim, kuaför, ofisler ve 16 normal oda, 6 köşe suit, 4 orta suit toplamda 26 oda bulunmaktadır.

1. katta 34 normal oda, 6 köşe suit, 4 orta suit toplamda 44 oda bulunmaktadır.

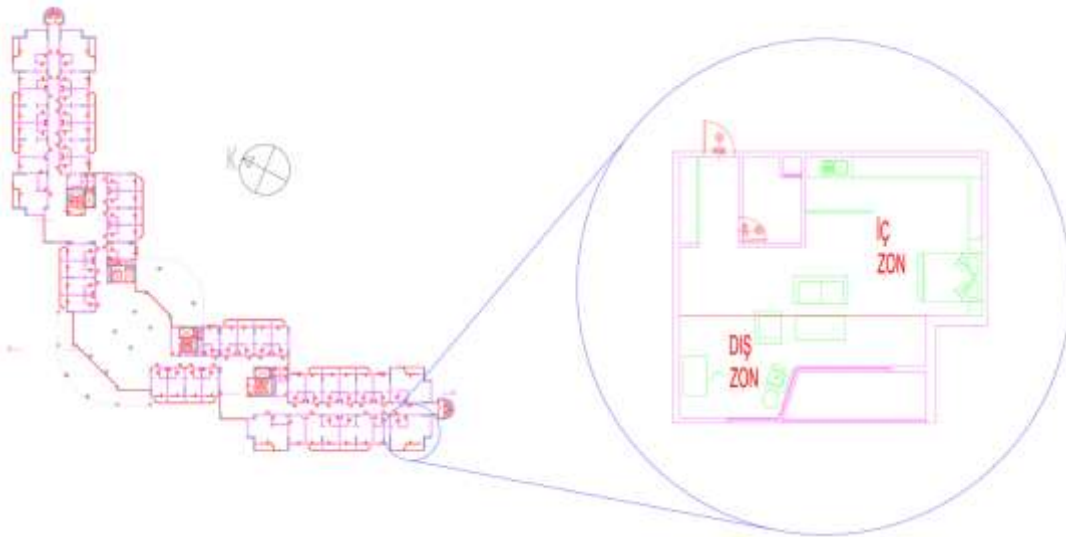
2. katta 34 normal oda, 6 köşe suit, 4 orta suit toplamda 44 oda bulunmaktadır.

3. katta 34 normal oda, 6 köşe suit, 4 orta suit toplamda 44 oda bulunmaktadır.

4. katta 32 normal oda, 4 köşe suit, 4 orta suit, 2 özel suit toplamda 42 oda bulunmaktadır.

5. katta yemek salonu, hobi salonu, mescit, toplantı salonu, teras ve 12 normal oda, 4 köşe suit toplamda 16 oda bulunmaktadır.

Şekil 2.3'te yaşlı evinin 4. katının planı ve Bölüm 3.1.2'de seçilen mahalın büyütülmüş planı görülmektedir.



Şekil 2.3 : Yaşlı evinin 4. katının ve seçilen mahalın planı

2.3.3 Mekanik sistemleri

Binada ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri bulunmaktadır. İki borulu fan-coil sistemi ısıtma ve soğutma için kullanılmaktadır. Katların taze hava ihtiyacı çatı ve 1. bodrum katta bulunan klima santralleri ile sağlanmaktadır. Çizelge 2.4’te klima santrali sisteminin ve Çizelge 2.5’te fan-coil sisteminin teknik özellikleri belirtilmiştir.

Çizelge 2.4 : Klima santrallerinin teknik özellikleri

Klima santrali	Tip 1	Tip 2	Tip 3
Tip	% 100 taze hava	% 100 taze hava	% 100 taze hava
Üfleme hava debisi (m ³ /h)	26.000	5.000	1.260
Egzoz hava debisi (m ³ /h)	24.000	4.100	1.080
Üfleme basınç kaybı (mSS)	35	20	15,2
Egzoz basınç kaybı (mSS)	25	15	10
Üfleme elektrik gücü (kW)	4	2	0,8
Egzoz elektrik gücü (kW)	3,5	1,8	0,7

Çizelge 2.5 : Fan-coil sisteminin teknik özellikleri

Fan-coil	Tip 1	Tip 2	Tip 3 (Koridor)	Tip 4 (Koridor)
Isıtma kapasitesi (kW)	2,5	3,6	2,5	3,6
Soğutma kapasitesi (kW)	2,2	3,4	2,2	3,4
Gidiş sıcak su sıcaklığı (°C)	55	55	55	55
Dönüş sıcak su sıcaklığı (°C)	45	45	45	45
Gidiş soğuk su sıcaklığı (°C)	7	7	7	7
Dönüş soğuk su sıcaklığı (°C)	12	12	12	12
Elektrik gücü (kW)	0,25	0,4	0,25	0,4

Binada ısıtma merkezi sistem ile sağlanmaktadır. 2. bodrum katta bulunan mekanik odada farklı kapasiteli kazanlar ayrı kollektörler ve pompalar vasıtası ile genel alanların ısıtılmasında kullanılan fan-coilleri, ortak alanların taze hava ihtiyacını sağlayan klima santrallerinin ısıtma serpantinlerini ve kullanım sıcak suyu için boylerleri besler. Kazanlar doğalgazlı olup yoğuşmalı tip değildir. Çizelge 2.6’da kazanların teknik özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.6 : Kazanların teknik özellikleri

Kazan	Tip 1	Tip 2	Tip 3
Tip	Sıcak su kazanı	Sıcak su kazanı	Sıcak su kazanı
Yakıt	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz
Kapasite (kW)	450	450	200
Verim	0,92	0,92	0,92

Isıtma sisteminde kullanılan sirkülasyon pompaları 3 kademelidir.

Soğutma için kullanılan soğutma grupları bahçe ve 5. katta konumlandırılmıştır. Hava soğutmalı sistemler kullanılmıştır. Bu sistemler fan-coilleri ve klima santrallerinin soğutma serpantinlerini beslemektedir. Çizelge 2.7’de soğutma gruplarının teknik özellikleri belirtilmiştir.

Çizelge 2.7 : Soğutma gruplarının teknik özellikleri

Soğutma grubu	Tip 1
Tip	Hava soğutmalı su soğutma grubu
Soğutucu akışkan	R-134a
Kapasite (kW)	1000
Elektrik gücü (kW)	409

Kullanma suyu ihtiyacı 2. bodrum katta yer alan su depolarından hidrofor ile sağlanmaktadır. Kullanma sıcak su ihtiyacı, mekanik odada bulunan toplam kapasitesi 2000 lt olan 2 akümülyasyon tankı ile sağlanır.

2.3.4 Elektrik ve otomasyon sistemleri

Ortak kullanım alanlarında aydınlatma, flüoresan tip aydınlatma elemanları ile sağlanmaktadır ve aydınlatma güç yoğunluğu değeri 9 W/m^2 'dir. Bireysel kullanıma yönelik yaşlı odalarında ise enkandesan (akkor) tip aydınlatma elemanları ile sağlanmıştır ve aydınlatma güç yoğunluğu değeri 12 W/m^2 'dir. Katlarda yangın sensörlerinin, hemşire izleme sistemlerinin ve mekanik kontrol sistemlerinin bağlı olduğu panolar mevcuttur.

2.4 Enerji ve gün ışığı modellemesi yazılımları

Teze konu olan örnek çalışma bilgisayar yazılımları ile yapılmıştır. Bu bölümde örnek çalışmanın yapıldığı yazılımların tanıtımlarından ve hesap metodolojilerinden bahsedilmiştir.

Enerji modellemesi için DOE-2.2 tabanlı eQUEST 3.64 programı ve gün ışığı modellemesi için ise Autodesk Ecotect 2011 ve bu programa yama olarak kullanılan Desktop Radiance programları kullanılmıştır.

2.4.1 DOE-2.2

Binanın enerji tüketiminin tahmin edilmesinin karmaşıklığından dolayı enerji simülasyonu araçları genellikle iki parçadan oluşur: Tüm denklemleri, hesap yöntemlerini içeren simülasyon motoru; kullanıcının girdileri kolaylıkla girmesini ve modelleme sonuçlarını görmesini sağlayan kullanıcı arayüzü [36].

Simülasyon motoru binanın enerji tüketiminin hesabını yapar ve istenirse farklı dizayn tiplerini karşılaştırma imkanı sağlar.

DOE-2.2 bir simülasyon motorudur. DOE-2.2 simülasyon motoru Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) tarafından geliştirilmiştir ve günümüzde en çok kullanılan simülasyon motorlarından biridir. DOE-2.2 dizayn aşamasında binanın enerji performansının çalışılması için tasarlanmıştır [36]. DOE simülasyon motoru yaklaşık 35 yıllık bir gelişim prosesinden geçmiştir ve halen geliştirilmeye devam etmektedir. DOE uzun yıllardır geliştirildiğinden dolayı DOE tabanlı birçok kullanıcı arayüzü mevcuttur. Bölüm 2.5.2’de dünyada en çok kullanılan DOE kullanıcı arayüzü olan eQUEST anlatılmıştır.

DOE-2.2, binanın 1 yıllık (8760 saatlik) enerji performansını simüle eder. DOE-2.2’nin içinde “*Building Description Language (Bina Tanımlama Dili-BDL)*” adında bilgisayar yazılım dili mevcuttur. Bu yazılım dili ile söz konusu olan bina enerji tüketimi hesaplanır [38].

Bina enerji tüketimi, binanın şekline, yapı bileşenlerinin termal özelliklerine, duvarın, zeminin, çatının, pencerenin ve kapının büyüklüklerine ve pozisyonlarına, geçirimli yüzeyler sebebiyle olan güneş kazançlarına, kullanıcı, aydınlatma, ekipman zaman çizelgesine, çevre, sıcaklık ve nem koşullarına göre belirlenir. Ayrıca enerji tüketimi birincil ve ikincil HVAC sistemlerinin tiplerinden, yakıt türlerinden, verimlerinden ve işleyiş zaman çizelgelerinden etkilenir [38]. Kısacası binanın yaşam döngüsü maliyeti temel tasarım kararlarından ciddi anlamda etkilenir.

DOE-2.2 ile bina enerji tüketimi hesabı yapılırken bina ile ilgili detaylıca tüm verilere ihtiyaç bulunmamaktadır. Program içerisinde öntanımlı değerler bulunmaktadır. Bu öntanımlı değerler kullanılarak bina enerji tüketimine yaklaşım yapılabilir; eğer bu değerler varsa kullanıcı tarafından programa girilebilir.

Takip eden bölümlerde DOE-2.2’nin içeriğinden ve mimari yapısından bahsedilmiştir. Şekil 2.4’te DOE-2.2 simülasyon motorunun veri akış şeması gösterilmiştir.

2.4.1.1 Yazılım içeriği

BDL İşlemcisi uygun form, söz dizimi ve içerik için sıralı olarak her bir BDL yönergesini kontrol eder. Ayrıca BDL İşlemcisi girdi verilerinin olması gereken aralığın dışında olup olmadığını da kontrol eder. Eğer bir değer tanımlanmamış ise BDL İşlemcisi bunun için öntanımlı bir değer atar. Bazı durumlarda BDL İşlemcisinin atadığı öntanımlı değer, gerçekteki değerle aynı olabilir. Bu durum

genellikle cihazların performans eğrilerinde görülür. Yine de gerçek değerler öntanımlı değerlerden farklı ise bu değerlerin düzeltilmesi gerekir [38].

Duvarlar ve çatılar ile dışarıdaki dalgalı iklim koşulları arasındaki geçişsiz ısı akış değerleri olan cevap faktörlerinin hesaplanmasında da BDL İşlemcisi kullanılır. Bu cevap faktörleri sonrasında Loads ve Systems programları tarafından kullanılır. BDL İşlemcisi, eğer kullanıcı isterse özel ağırlıklandırma faktörlerini hesaplar ve duvarların ve malzemelerin kullanıcı tanımlı kütüphanelerini oluşturur. Bu faktörlerle bina strüktürü ve mobilyaları nedeniyle ısıtma ve soğutmadaki termal gecikmelerin hesaplanması amaçlanmıştır. BDL İşlemcisi ilave olarak Loads (Yükler), Systems (Sistemler), Plant (Tesis) ve Economics (Ekonomi) simülatörlerinde kullanılacak olan girdi verilerini hazırlar. Ayrıca Loads, Systems, Plant ve Economics (LSPE) simülatörlerinin her birinin girdisi bir öncekinin çıktısı niteliğindedir. [38].

Loads programı (simülatörü) saatlik ısıtma ve soğutma yüklerini Bölüm 2.4.1.2’de bahsedilen metodolojiyi kullanarak hesaplar.

Loads programında duvarlardan, çatılardan, zeminlerden, pencerelerden ve kapılardan olan ısı kayıpları ve kazançları ayrı ayrı olacak şekilde hesaplanır. Bina kabuğundan iletim ve radyasyonla olan ısı transferi BDL’de oluşturulan cevap faktörleri ise hesaplanır. Ağırlıklandırma faktörleri de BDL’de oluşturulur ve bu faktörler termal kütle etkilerini, yalıtımın yerleşimini, güneş açısını, bulutluluk oranını ve bina lokasyonu, yönü ve mimari tasarımını dikkate alır. Oluşturulan ağırlıklandırma faktörleri bir dosyaya yazılarak Loads ve Systems programlarında kullanılacak hale dönüştürülür. İnfiltrasyon yükleri ise tahmini sızıntı oranı metodu (çatlak metodu) veya hava değişim metoduyla hesaplanabilir [38].

Mekan içerisindeki enerji dengesini etkileyen faktörlerden olan aydınlatma ve ekipman yükleri kullanıcı tarafından zaman çizelgesiyle birlikte girilir. Bina kullanıcılarından kaynaklanan duyulur ve gizli ısı da zaman çizelgesine göre saatlik bazda hesaplamalara dahil edilebilir.

Loads programındaki hesaplamalar kullanıcı tarafından tanımlanan sabit bir sıcaklık değerine göre yapılır. Bunun sebebi Loads programının ısı yükleri saatlik iklim verilerini temel alarak değil, sabit mahal sıcaklığını dikkate alarak hesaplamasıdır.

Systems programı, Loads programının çıktılarını modifiye eder ve mekanın saatlik sıcaklık değişimini dikkate alarak ısı yükleri yeniden hesaplar [38].

Loads programı çıktıları mimar ve mühendislerin bina dış kabuğunun farklı malzemeler ile kombinasyonlarını yaparak, bu tasarımların ısı davranışlarını incelemelerini sağlar. Loads ve Systems program çıktılarını kullanarak da mühendisler, soğutma grubu, kazan ve benzeri seçimleri yapabilirler [38].

Systems programı binadaki mekanların sıcaklık ve nem kontrollerini yapacak olan ikincil HVAC ekipmanlarının performanslarının hesaplanmasını yapan algoritmalarından oluşur. Systems programı DOE-2.2'deki öntanımlı ikincil HVAC ekipmanlarının seçiminde kullanılır [38].

Systems programı, Loads programının çıktılarını ve kullanıcı tanımlı verilerini (hava debileri, termostat set değerleri, cihaz çalışma zaman çizelgesi gibi) kullanarak ikincil HVAC sistemlerinin saatlik enerji tüketimini hesaplar. Ayrıca Loads programında hesaplanan termal yükler Systems programında değişken mahal sıcaklığı koşulları dikkate alınarak yeniden hesaplanır [38].

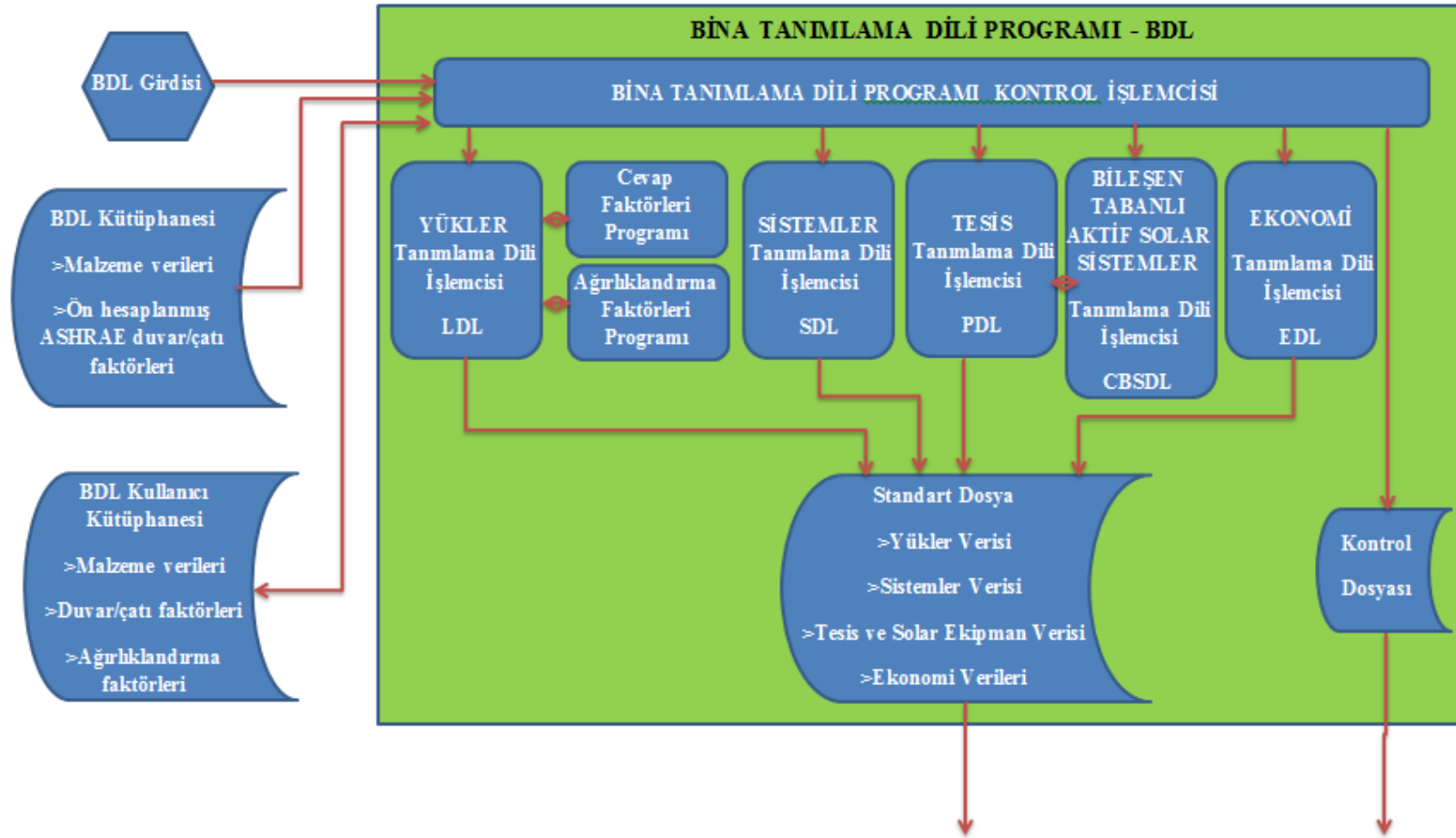
Plant programı birincil HVAC sistemlerinin performansını hesaplayacak olan denklemlerden oluşur. Her bir tesis ekipmanı (soğutma grubu, soğutma kulesi, kazan, boyler gibi) işletme koşullarına ve kısmi yük karakteristiklerine göre modellenir. Kullanıcı modellenecek olan tesis ekipmanını, her bir ünitenin kapasitesini, adetini ve çalışma şekillerini seçer. Plant programı, Loads ve Systems programlarının çıktılarını kullanarak binanın enerji tüketimini hesaplar. Plant programı ayrıca yaşam döngüsü maliyet analizi yapabilen alt programlar içerir [38].

Economics programı çeşitli bina bileşenlerinin yaşam döngüsü maliyet analizlerini hesaplamak için kullanılır.

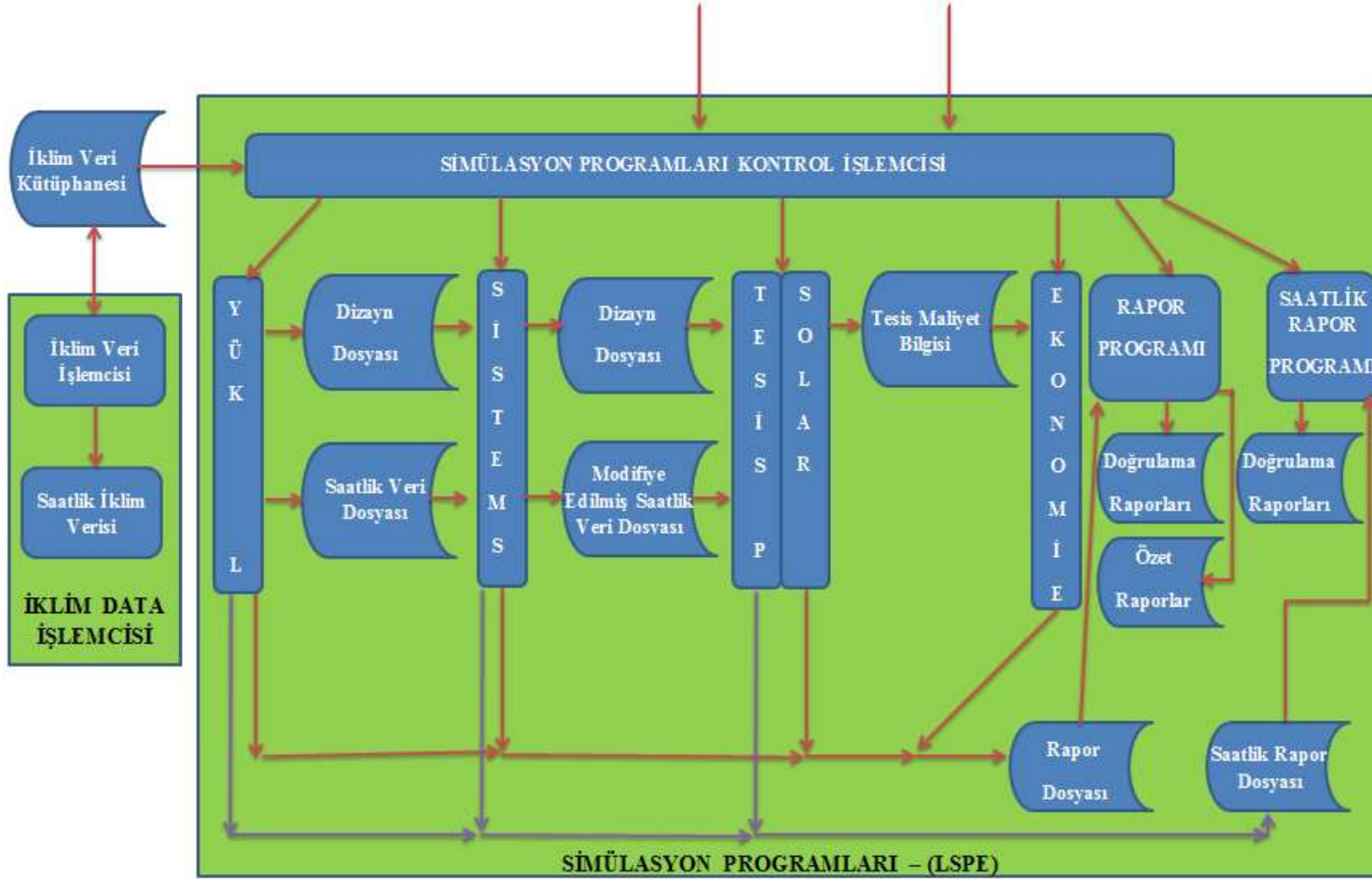
Report (Rapor) programı LSPE programlarının çıktı dosyalarını toplamak için kullanılır. Çıktı verileri listeler ve tablolar halinde standart bir formatta düzenlenir [38].

DOE-2.2'de ayrıca iklim verilerini düzenlemeye yarayan bir program da bulunmaktadır. Bu program ile kullanıcı iklim verileri üzerinde değişiklikler yapabilir [38].

DOE-2.2'de ayrıca malzeme, yapı ve zaman çizelgesi kütüphaneleri bulunmaktadır. Kütüphane verileri istenirse öntanımlı olarak kullanılır veya kullanıcı tarafından bu veriler girilebilir.



Şekil 2.4 : DOE-2 motorunun veri akış şeması [38]



Şekil 2.4 : DOE-2 motorunun veri akış şeması [38] (devamı)

2.4.1.2 Mahal yükü hesaplama metodu

Bina kabuğundan iletim ve radyasyonla olan ısı transferi BDL’de oluşturulan cevap faktörleri ile hesaplanır. Cevap faktörlerinin hesap metodolojisi tek yönlü ısı akışının bulunması, yani iç ve dış yüzey sıcaklıkları bilinen bir duvarın iç ve dış yüzeylerindeki ısı akışının bulunmasıdır. Bu problemin çözümünde;

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2.1)$$

denklemini kullanılmalıdır. Bu denklemde T sıcaklık, x dış yüzeyden olan uzaklık, t zaman, α yayınlıdır.

$$\alpha = \frac{k}{c \cdot \rho} \quad (2.2)$$

α , Denklem 2.2 ile hesaplanır. Burada da k ısı iletim katsayısı, c özgül ısı ve ρ yoğunluktur [38].

Duvar için U değeri;

$$U = \frac{1}{\sum_{i=1}^{KS} R_i} \quad (2.3)$$

denklemini ile hesaplanır [38]. Denklem 2.2’de KS ısı iletim direncine sahip katmanların sayısı, R_i ise katmanların ısı iletim direncidir ve;

$$R_i = \frac{d_i}{k_i} \quad (2.4)$$

denklemini ile hesaplanır.

DOE-2.2 bilgisayar programı mahal hava sıcaklığını ve termal yükleri hesap ederken ağırlıklandırma faktörlerini kullanır [39]. Ağırlıklandırma faktörü tekniği ilk olarak Mitalas ve Stephenson tarafından bulunmuştur [40,41]. Ağırlıklandırma faktörü, bina enerji simülasyonunda en çok kullanılan metotlardan biridir. Diğer hesap metotlarına örnek olarak ağırlıklandırma metodundan daha basit bir metod olan bina strüktürünün ve mobilyaların ısı tutma özelliklerini ihmal eden kararlı-durum metodu ve daha karmaşık bir hesap metodu olan enerji-dengesi hesapları verilebilir. Ağırlıklandırma metodu hesaplarında termal yükler binanın fiziksel özelliklerine ve

sıcaklık, solar radyasyon, rüzgar hızı gibi saatlik değişken iklim koşullarına göre yapılır. Hesaplanan bu yükler sistem seçiminde kullanılır. Ağırlıklandırma metodu bina enerji analizindeki parametreleri hesaplayan basit, esnek, hızlı ve verimli bir metottur [38].

Birinci adımda Loads programında hava sıcaklığı sabit bir referans değer olarak alınır. Mahalin anlık ısı kazançları ve kayıpları bu sabit hava sıcaklığı değerine göre hesap edilir. Bu hesaplamalara camlardan giren solar radyasyon, aydınlatmadan, insanlardan ve ekipmanlardan kaynaklanan enerji, duvar, çatı ve döşemelerden iletimle olan enerji dahil edilir. Soğutma yükü hesabı temel olarak mahalin kullanıcı tarafından belirlenmiş olan sıcaklık değerine inebilmesi için ne kadarlık enerji atılması gerektiğidir. Isıtma için ise aynı durumun tersidir [38].

Solar radyasyon camlardan içeri girdiğinde, bu enerjinin bir kısmı zemin, duvarlar ve mobilyalarda absorbe edilir ve ilerleyen saatlerde absorbe edilen bu enerji soğutma yükü olarak karşımıza çıkar. Ağırlıklandırma faktörleri söz konusu termal yüklerin hesabında kullanılır. Ağırlıklandırma faktörleri gelen solar radyasyonun ne kadarlık kısmının absorbe edileceğini ve absorbe edilen bu enerjinin kaç saat sonra ısı kazancı olarak mahale yük getireceğini hesaplar. Her mahaldeki mobilya, zemin ve döşemeler farklılık gösterdiğinden, ağırlıklandırma faktörleri de değişkendir [38].

Birinci adımın sonunda çeşitli kaynakların sebep olduğu ısı kazanç yükleri toplanarak mahalin toplam soğutma yükü hesaplanır [38].

İkinci adımda Systems programında mahal için HVAC sistemi belirlendikten sonra hava sıcaklığı ağırlıklandırma faktörleri gerçek ısı yayma oranını ve hava sıcaklığını hesap eder. Gerçek ısı yayma oranı soğutma yükünden farklıdır, çünkü kullanıcı tarafından tanımlanmış olan hava sıcaklığı HVAC sisteminin karakteristiği nedeniyle değişiklik gösterir. Hava sıcaklığı ağırlıklandırma faktörleri HVAC sisteminin karakteristiği nedeniyle olan mahal hava sıcaklık değişimini de hesap eder [38].

DOE-2.2'de tüm ağırlıklandırma faktörleri yapılırken kullanılan iki adet varsayım vardır. Birincisi modelleme prosesinde doğrusal diferansiyel denklemler kullanılabilir. Bu varsayım gereklidir, çünkü çeşitli kaynaklardan olan ısı kazancı bağımsız bir şekilde hesaplanabilir ve sonra bu ısı kazancı toplam sonuç olarak ifade edilebilir. Bu nedenle, doğrusal olmayan prosesler olan doğal taşınım ve radyasyon, doğrusala benzetilmek zorundadır. İkinci genel varsayım ağırlıklandırma faktörlerine

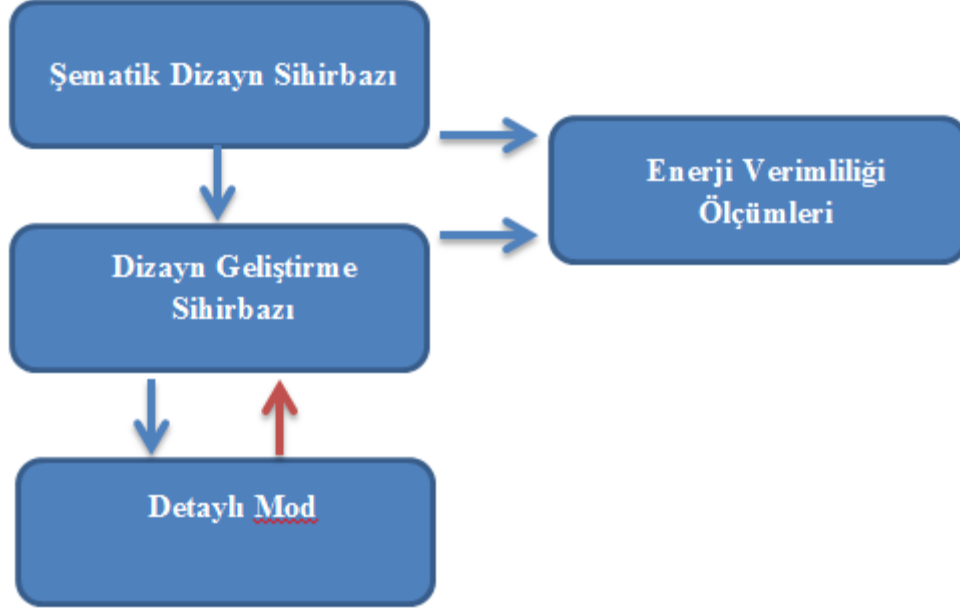
etki edensistem özellikleri sabittir. Yani bu parametreler zamanın ya da sıcaklığın fonksiyonu değildir. Camlardaki film katsayılarının ve gelen radyasyonun yüzeylerdeki dağılımının ortalaması alınmasını gerekli kılar. Her iki varsayım da ağırlıklandırma faktörlerinin kullanımındaki kısıtlamalardır. Doğrusallık varsayımı (birinci varsayım) çok ciddi bir kısıtlama değildir; çünkü birçok hesaplamanın radyasyon için bile doğruluğu yeterlidir. Sabit sistem özellikleri varsayımı (ikinci varsayım) mahal özelliklerinin çok önemli olduğu hesaplamalarda kısıtlamaya sebep olur. Birinci varsayımın örnek olarak mahalın duvarlarında gelen radyasyonun dağılımının saatlik olarak değişimi verilebilir ve ikinci varsayımın örnek olarak da camdaki filmin katsayısının hava akış hızı ve ısı akış yönüyle değişimi verilebilir [38].

2.4.2 eQUEST

eQUEST, “*Quick Energy Simulation Tool*”un kısaltmasıdır. Program James Hirsch ve Ortakları tarafından geliştirilmiş ücretsiz bir DOE-2.2 simülasyon motoru kullanıcı arayüzüdür [42]. eQUEST, DOE-2.2 simülasyon motorunun kabiliyetlerinin tamamının kullanılmasını sağlar ve bunun yanında Title 24 California Energy Code ile ASHRAE 90.1 karşılaştırmasının kolayca yapılabilmesi adına bu standartların baz değerlerini kütüphanesinde içerir.

2.4.2.1 Yazılım içeriği

eQUEST iki adet dizayn sihirbazına sahiptir: Şematik dizayn ve dizayn geliştirme sihirbazları. Her iki sihirbazda temel olarak modellemeyi oluşturmalarına rağmen dizayn geliştirme sihirbazı şematik dizayn sihirbazından daha fazla veri girişine izin verir. Burdaki amaç tasarımın daha başındayken modellemenin kolaylıkla yapılması için şematik dizayn sihirbazının kullanılması, süreç biraz daha ilerideyse ve modelleme için daha detaylı veri girişi yapmak isteniyorsa dizayn geliştirme sihirbazının kullanılmasıdır.



Şekil 2.5 : eQUEST sihirbazları [39]

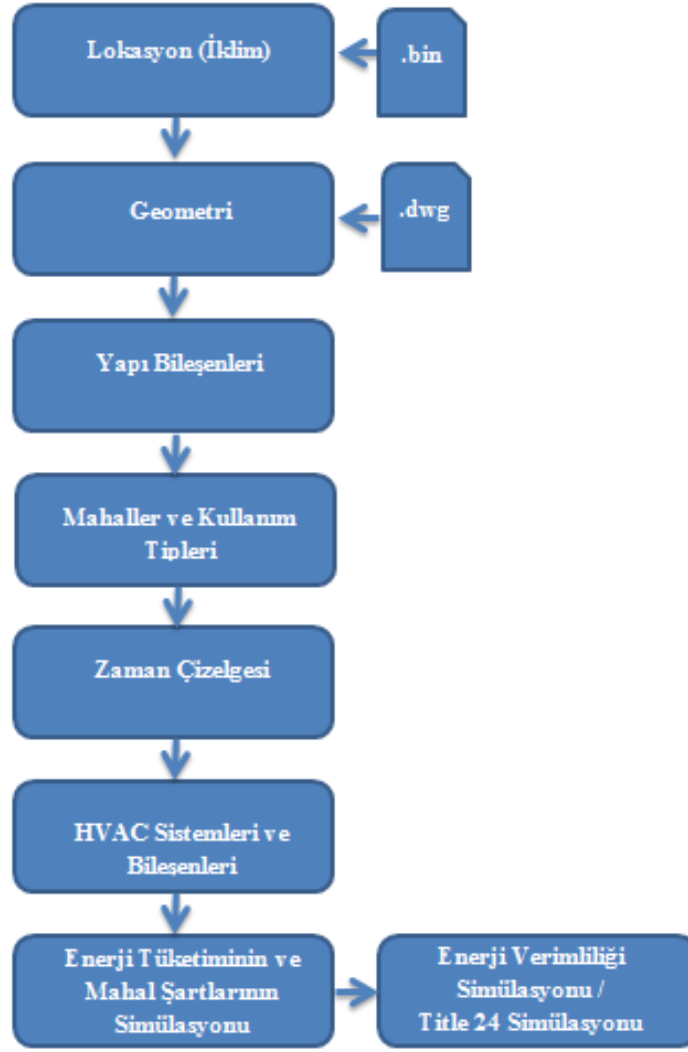
Şekil 2.5'teki okların gösteriliş amacı daha az detay içeren sihirbazdan daha fazla detay içeren sihirbaza geçiş olmasına rağmen, bunun tersine bir geçişin mümkün olmamasıdır. Modellemenin çok daha detaylı bir biçimde hazırlanması isteniyorsa detaylı mod kullanılmalıdır. Detaylı modda tüm parametreler tanımlıdır ve bunlar değiştirilebilir. Bunun yanında detaylı modda çalışma yapıldıktan sonra dizayn geliştirme sihirbazına geri dönüş olabilir, ancak detaylı modda yapılmış bütün çalışmalar silinir.

Enerji verimliliği ölçümleri sihirbazı ise girdi verilerinin kolayca karşılaştırılmasını sağlar. Örneğin bina modelinde sadece camlar değiştirildiğinde simülasyon sonuçlarındaki değişikliğin karşılaştırılması yapılabilir.

eQUEST'te girdiler ilk başta kütüphaneden çekilir. Bu veriler programda yeşil renkli olarak görülür. Kullanıcı, üzerinde çalıştığı binaya ait verileri ilgili kısımlara girdiğinde veriler kırmızı renkli olarak görülür.

Mimari modelleme yapılırken programa dwg dosya formatındaki mimari proje eklenebilir ve bu mimari üzerinde 3-boyut oluşturulabilir.

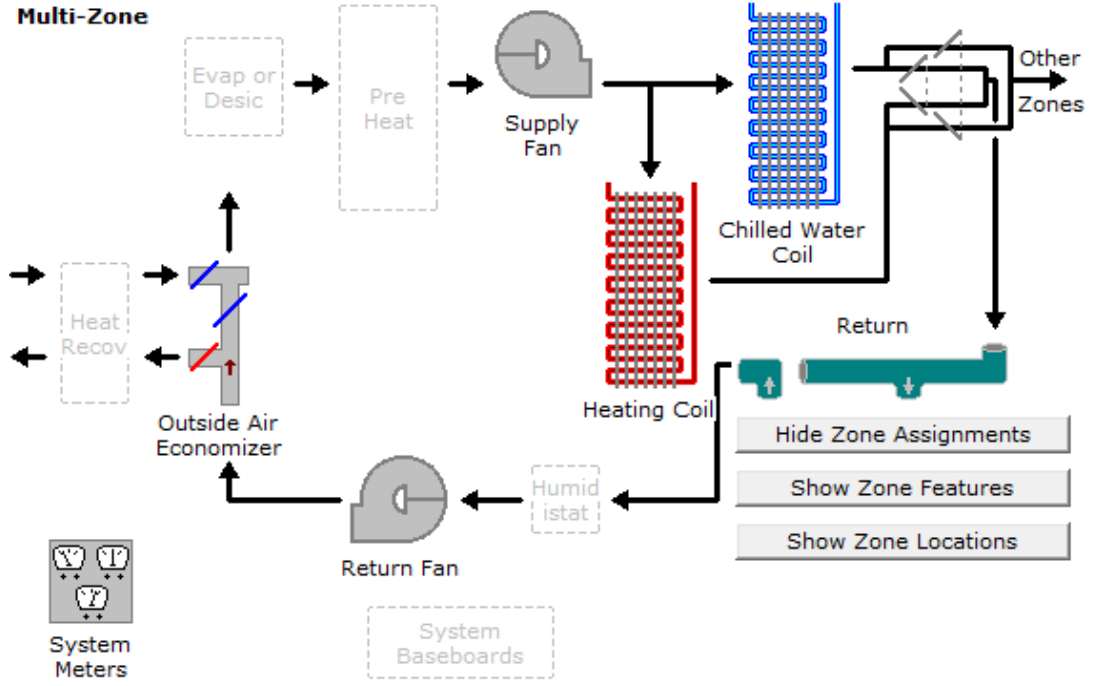
Programın ana girdi kategorileri Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6 : Şematik dizayn sihirbazındaki genel akış şeması [39]

eQUEST iki ek fonksiyona sahiptir: Title 24 analizi ve enerji verimliliği simülasyonları. eQUEST yarıotomatik olarak modellenmiş olan binayı Title 24 Standardı baz verileri ile kıyaslar. Enerji verimliliği simülasyonları ise modellenmiş olan binayı yapılan bir takım küçük ya da büyük değişiklikler için kıyaslar [42].

eQUEST, DOE-2.2 simülasyon motorunun tüm fonksiyonlarına sahiptir. Şekil 2.7’de tezin örnek çalışması olan yaşlı evinin klima santrali şematik olarak görülmektedir. eQUEST ara yüzünde DOE-2.2’deki öntanımlı HVAC sistemlerinin tamamı bulunmaktadır. Aynen DOE-2.2’de olduğu gibi sistemlerin bileşenleri sistemden çıkartılabilir veya sisteme dahil edilebilir. Fakat sistem bileşenlerinin sırasının değiştirilmesi veya şemada olmayan başka bir sistem bileşeninin sisteme eklenmesi mümkün değildir [39].



Şekil 2.7 : Yaşlı evinin klima santrali şeması

2.4.3 Autodesk Ecotect Analysis 2011

Autodesk Ecotect, analiz ve simülasyon araçları ile tasarımcıların enerji verimliliği yüksek ve sürdürülebilir tasarımlar yapmalarını sağlar. Ecotect mimarlar tarafından geliştirilmiş, bina tasarım sürecine odaklı bir çevresel analiz yazılımıdır ve konsept tasarımdan ayrıntılı projelendirme süreci dahil her türlü sürdürülebilir yapı için analizler yapabilir. Gölge, gün ışığı, aydınlatma, termal, havalandırma ve akustik analizleri Ecotect tarafından yapılabilir.

Ecotect programında çevresel etkenlerin bina performansına olan etkilerinin simülasyonlarının etkileşimli olarak 3-boyutlu görüntülenmesi, güneş radyasyonu, gölge ve yansımalar, gölgeleyici tasarımları ve görsel etki çalışmaları, Autodesk Green Building Studio adındaki web tabanlı servis ile farklı tasarım alternatifleri için kapsamlı hava, su, enerji ve karbon analizleri, ENERGYSTAR skorları ve LEED ve BREEAM gün ışığı kredisi için analizler yapılabilir [43].

2.4.3.1 Ecotect yazılımında yapılabilen analizler

- Gölge ve yansımalar: Farklı gün, saat ve konumda güneş pozisyonu görüntülenerek yıllık gölge durumları saptanabilir. Model üzerinde gölgeleri görüp seçilecek bir eleman izole edilerek bağımsız olarak gölge etkileri incelenebilir. Farklı durumlar için gölge renklerini değiştirerek

karşılaştırmalar yapılabilir. Aynı zamanda güneşin iç mekanlara pencerelerden nasıl girdiği ve mekan içerisinde nasıl yayıldığı da görüntülenebilir. Modeldeki nesnelere solar reflektör olarak etiketleyerek yerleşke genelindeki yansımalar ve etkileri izlenebilir [44].

- Gölgeleyici ve güneşkırıcı tasarımı: Gölgeleyici tasarımı sihirbazı karmaşık güneşkırıcı tasarımları yapmayı mümkün kılar. Seçilen bir zaman aralığı için pencerelerde en uygun gölgeleme için gölgeleyici eleman formu yaratılır. Sistemi yarattıktan sonra, zaman içinde herhangi bir eleman üzerinde ne kadar güneş radyasyonu toplandığı da hızlıca hesaplanabilir [44].
- Güneş radyasyonu: Pencereler ve başka yüzeyler üzerindeki güneş radyasyonu hesaplamaları görsel hale getirilir ve farklı zaman periyotlarındaki durumlar karşılaştırılabilir. Bina dışındaki alanların güneşten yararlanma ve hiç güneş almayan bölgeleri kolayca anlaşılabilir. Gün ışığı oranı ve aydınlanma düzeyi herhangi bir nokta ya da düzlem üzerinde hesaplanıp görsel hale getirilir. Hesaplama yapıldıktan sonra ileri aydınlatma özellikleri ile potansiyel tasarruf miktarları anlaşılabilir [44].
- Fotovoltaik panel dizileri boyutlandırma ve yük eşleme: Gölgeleme ve yansıtma yüzdeleri ile birlikte herhangi bir nesne üzerine düşen solar radyasyon miktarı hesaplanır. Bu bilgi ile toplam yıllık radyasyon verilerini birleştirip solar paneller için en uygun yer ve konum belirlenebilir. Her bir kollektör üzerine toplanacak yıllık güneş enerjisi hesaplanıp ne kadar enerji üretilebileceği görülebilir [44].
- Aydınlatma analizleri: Gün ışığı etkeni ve aydınlık düzeyleri değerleri modelin herhangi bir noktasında ya da bir analiz düzlemi üzerinde hesaplanabilir. Modeldeki gün ışığı etkeni bir kez hesaplandıktan sonra ileri gün ışığı özellikleri sayesinde potansiyel kazanç ve tasarruf miktarları tanımlanabilir [44].
- Işık hakkı: Arazi izdüşümü açıları analizi, engelleri değerlendirmek, herhangi bir nokta ya da yüzey için düşey gökyüzü bileşenlerini hesaplamak ve belirli bir düzeyin altında ışık alabilecek alanların görselleştirmesi yapılabilir. Her pencere ya da yüzey için açısal test düzlemler, yaratılarak çalışılabilir. Komşu

yapıların ışık hakkını engelleyip engellemediği karşılıklı olarak gözlemlenebilir [44].

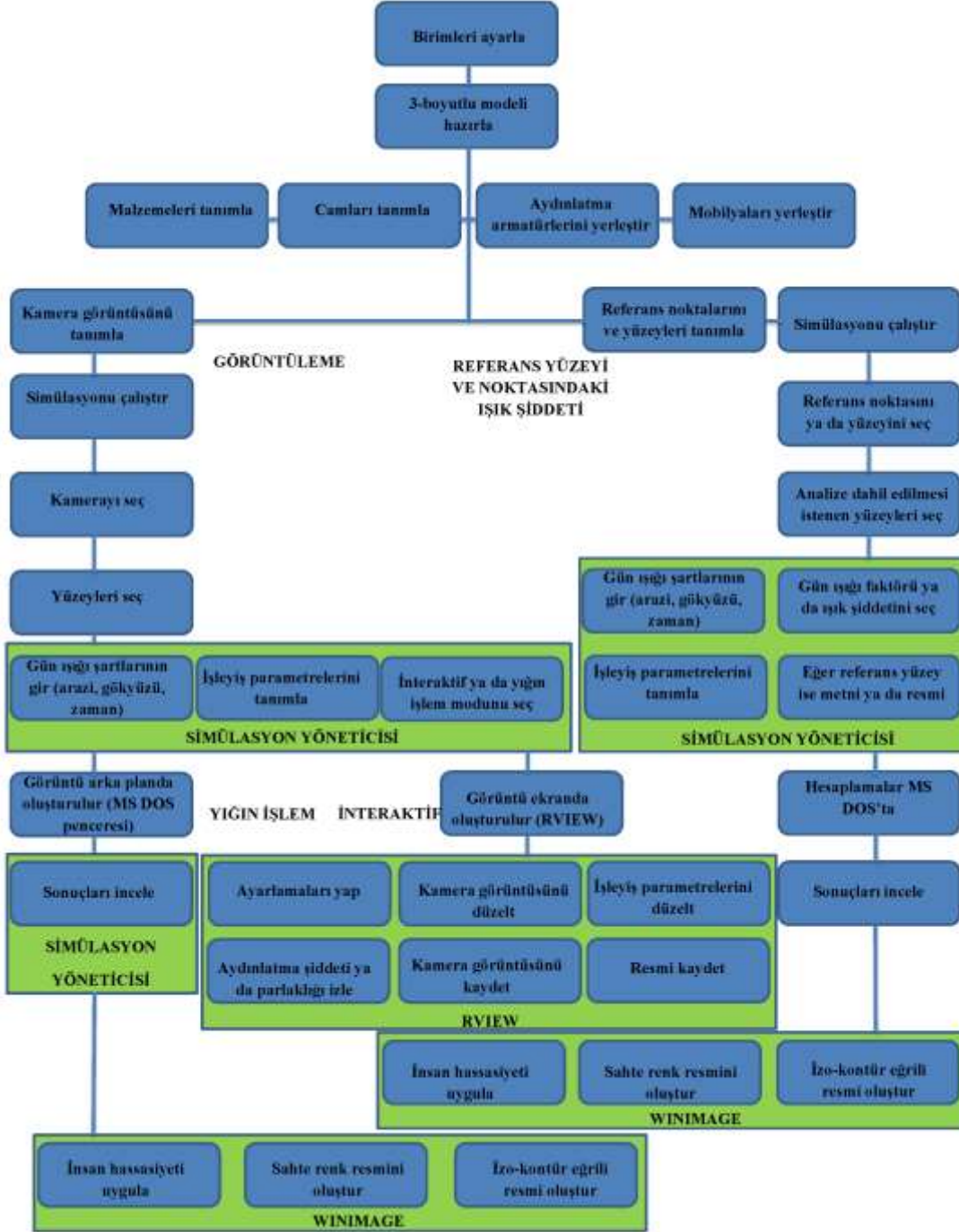
- Akustik analizler: Sesin önemli olduğu her tür mekan için parçacık ya da dınsal olarak ses yayılımları etkileşimli olarak analiz edilip, en uygun akustik geometri tasarımları yapılabilir [44].
- Termal analizler: Malzemeler ve mimari elemanların ısı geçirim katsayıları da göz önüne alınarak farklı geometrilerdeki zonların ya da mahallerin ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanabilir [44].
- Hava akımı ve havalandırma: Oluşturulan geometriler ve analiz düzlemleri “computational fluid dynamics (CFD)” araçlarına ihraç edilir. Hesaplama sonrası sonuçları özgün model üzerinde görüntülemek için tekrar Ecotect içerisine alınır. Aynı biçimde şehir ortamında bina ya da bina topluluğu arasındaki hava akımları görüntülenebilir [44].

2.4.4 Desktop Radiance

Desktop Radiance basit ya da karmaşık gün ışığı veya yapay aydınlatma analizi ve görselleştirmesi yapan gelişmiş bir yazılımdır. Radiance, Gregory J. Ward tarafından Lawrence Berkeley National Laboratory’de (LBNL) başlangıçta araştırma amaçlı olarak geliştirilmiştir [45]. Program ilk olarak 1989’da yayınlanmıştır [46].

Tezin örnek çalışmasında Desktop Radiance 2.0 Beta versiyonu kullanılmıştır.

Radiance gün ışığı ve yapay aydınlatma analizlerini herhangi bir geometriye sahip mahal için yapabilen en güçlü araçlardan biridir. Desktop Radiance ise daha çok profesyonel hayatta kullanılması için Radiance’ın Windows işletim sistemi altında geliştirilmiş olan kullanımı daha kolay kullanıcı arayüzüdür [47]. Şekil 2.8’de Desktop Radiance programının hesap metodolojisinin akış şeması görülmektedir.



Şekil 2.8 : Dektop Radiance programının akış şeması [45]

2.4.4.1 Yazılımın içeriği

Radiance programının aydınlatma simülasyonu ve görselleştirme prosesi temel olarak ışın izleme metoduna dayanmaktadır. Radiance programının hedefleri parlaklık hesaplamalarını doğru bir şekilde yapmak, yapay ve doğal aydınlatmayı modelleyebilmek, ayna gibi farklı tipteki yansıtıcı yüzeyleri tanımlayabilmek,

karmaşık yapıdaki geometrilere doğru sonuç almak ve CAD yazılımlarından doğrudan gelen modeli modifiye etmeden hesaplamalarda kullanılmaktadır [46].

Hesap sonuçlarının kesinliği fiziksel temelli sahnelemenin en zor olan noktalarından biridir. Bunu sağlamak için program sonuçları periyodik olarak test edilmektedir [46].

Aydınlatma hesabı doğal ve yapay aydınlatma kaynaklarının tümünü içermelidir. Gün ışığı simülasyonu özellikle mimarları ilgilendirmektedir. Mimarlarca genel olarak gün ışığı simülasyonu cephe tasarımı yaparken ve doğal aydınlatmanın iç mekana olan etkilerinin hesabında kullanılır [46].

Başlangıçta Radiance iç mekanlardaki yapay aydınlatmanın modellenmesi için tasarlanmıştır [46]. İlerleyen aşamalarda programa dağınık çoklu yansıma algoritmalarının da eklenmesiyle, program gün ışığı simülasyonlarını da yapabilir hale gelmiştir [48].

Radiance programı yansıma ve geçirgenlik fonksiyonlarını modelleyebilir ve ayrıca programda tanımlanmış olan malzemelerin deneysel ölçümleri yapılmıştır [48].

Radiance programında karmaşık geometrilere sahip mekanlar ve bu mekanların içerisindeki insan, mobilya, bitki ve benzerleri modellenen ve bu karmaşık geometrinin aydınlatma hesaplamalarını yapar ve mahalin 3-boyutlu görselini gölgeler de dahil olmak üzere simüle eder. Yalnız bu karmaşık geometrilerin modellenmesi çok zaman alan bir süreçtir. Bu süreci kısaltmak için Radiance programı CAD programlarıyla birlikte çalışabilir. En önemli nokta söz konusu CAD programlarında geometrinin 3-boyutlu olarak hazırlanması gerekmektedir [48].

2.4.4.2 Programın metodolojisi

Bölüm 2.4.4.1’de Radiance programının hedefleri özetlendi. Söz konusu bu hedefler üç temel zorluk ile karşılaşır: Kesinlik, yaygınlık ve pratiklik. Bu bölümde problemin temelini tanımlama, problemin spesifik çözüm teknikleri, hesap sonuçlarının optimizasyonu ve sistemin tüm uygulamasından bahsedilmiştir.

Radiance esas olarak geriye yönlü ışın izleme metodunu kullanır. Işın izleme gerçek dünyada ışığın hareket ettiği şeklini göz önünde bulundurarak bir sahnenin görüntüsünü çizen grafik oluşturma yöntemidir. Bu yöntemde işlemler gerçek

yeryüzündeki yolun tersini izler. Gerçek dünyada ışınlar bir ışık kaynağından çıkar ve nesnelere aydınlatır. Işık, nesnelere yansır ya da şeffaf nesnelere içinden geçer. Yansıyan ışık göze ya da kamera merceğine çarpar [49]. Geriye yönlü ışın izlemede ise ışınlar kamera konumundan bir sahnede görünen tüm yüzeylere doğru izlenir. Böylece göze ulaşmayan ışınların hesaplama sırasında getireceği ilave iş yükünden kurtulur ve sadece kameraya ulaşan ışınlar için hesaplamalar yapılır [49].

Doğal aydınlık düzeyi hesaplamaları için CIE Açık Gök, CIE Kapalı Gök, CIE Ortalama Gök ve tek düze kapalı gök tiplerine göre hesaplama yapılırken, aynı zamanda, şehir, ülke, zaman dilimi, enlem ve boylam verileri de girilebilir [50].

Phong aydınlatma modeline göre herhangi bir pikselin renk değeri belirlenirken üç bileşen kullanılır: Ortam, yaygın ve aynasal. Bu üç bileşen, toplamaları 1'e eşit olan üç katsayı ile toplanarak, ilgili pikselin renk değeri hesaplanır. Klasik ışın izleme yöntemi, ortam değerini gerçekçi olarak modelleyemeyebilir. Örneğin bir mekanda masa olduğu farz edilirse, masanın altının tamamen siyah olduğu görülür. Gerçek dünyada bazı yüzeylerin tamamen karanlık olmamasına rağmen, ışın izlemenin sonucunda tamamen karanlık olmasının nedeni, ışık kaynağından çıkan ışınlar tarafından doğrudan aydınlatılmayan yüzeylerin gerçekte aydınlık olmasıdır. Yani sahnede aydınlık görünmesine rağmen, ışık kaynağından çıkan ışınların doğrudan çarpmadıkları yüzeyler bulunmaktadır. Bu yüzeyler kırılmalar veya yansımalar neticesinde aydınlanmaktadır. Bu işleme "*dolaylı aydınlatma*" denir. Doğrudan aydınlatılmayan bu yüzeylerin renk değerlerinin hesaplanması için özel bir algoritma gerekmektedir [49].

Yüzeyin her bir noktasının hesabında aşağıdaki integral denklemi;

$$L_y(\theta_y, \phi_y) = L_e(\theta_y, \phi_y) \quad (2.5)$$

$$+ \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} L_g(\theta_g, \phi_g) \Lambda_{\text{çyd}}(\theta_g, \phi_g; \theta_y, \phi_y) \left| \cos \theta_g \right| \sin \theta_g \, d\theta_g \, d\phi_g$$

kullanılır. Bu denklemde θ yüzey normalinden ölçülen kutup açısıdır, ϕ yüzey normalinden ölçülen azimut açısıdır, $L_e(\theta_y, \phi_y)$ yayılmış ışınımdır ve birimi $W/sr.m^2$ 'dir, $L_r(\theta_r, \phi_r)$ yansımış ışınımdır, $L_g(\theta_g, \phi_g)$ gelen ışınımdır, $\Lambda_{\text{çyd}}(\theta_g, \phi_g; \theta_r, \phi_r)$ çift yönlü yansıma ve geçirgenlik dağılım fonksiyonudur ve birimi steradyan⁻¹ 'dir [46].

Denklem 2.5 Kajiya'nın sahneleme denklemidir ve bu denklemin yaygınlığı ve basitliği bina aydınlatma simülasyonlarında kullanılmasının en önemli nedenlerindendir [46].

Desktop Radiance programında hesaplamalar yapıldıktan sonra sonuçlar referans yüzeydeki aydınlık düzeyi dağılımı, referans noktadaki aydınlık düzeyi dağılımı ve 3-boyutlu görselleştirme olarak alınabilir.

Mekana belli bir konumda kamera tanımlama yoluyla kamera bakışına bağlı olarak 3-boyutlu görselleştirme yapılabilir. Program ışın izleme metodu kullandığından sahnelenen 3-boyutlu görsel sabittir, kamera bakış yönü değiştirildiği takdirde sahneleme için hesaplamaların yeniden yapılması gerekir. 3-boyutlu görsel renklere ve eş aydınlık eğrileriyle göre ifade edilebilir. Ayrıca 3-boyutlu görsel üzerinde istenen noktya dokunarak o noktadaki aydınlık düzeyi görülebilir [50].

2.5 Pencereleler

Cam “*inorganik esaslı, amorf bünyeli, sabit erime noktası olmayan, çok yüksek sıcaklıklarda akıcılık kazanan, soğuyunca katılaşp durgunlaşan, sıvı maddelerin özelliklerini gösteren, ayrıca normal sıcaklıklarda kristalleşme göstermeden hızla katılaşp katı maddelerin mekanik özelliklerini de taşıyabilen bir silikat sistem*” olarak tanımlanmaktadır [51].

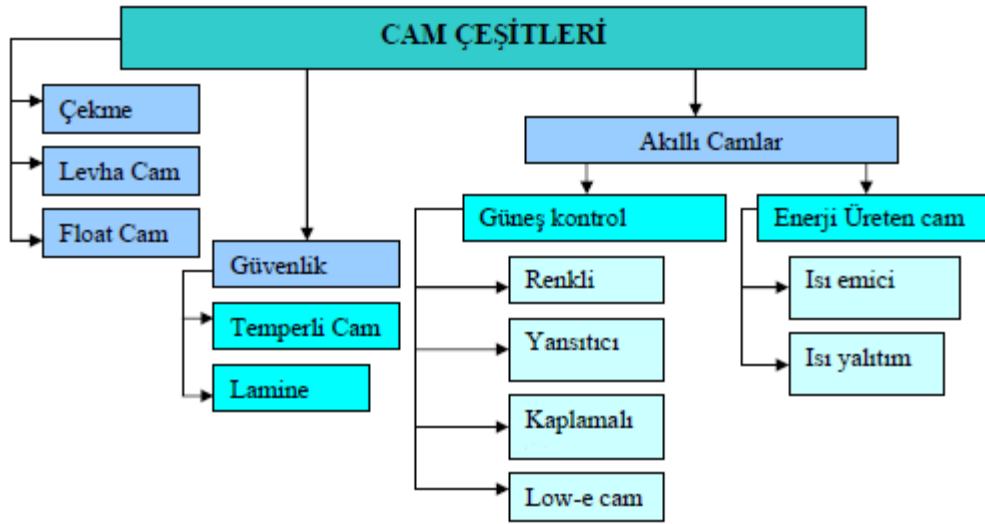
Camlar iç ortamın dışarıyla bağlantı kurmasını sağlayan saydam yapı elemanlarıdır. Dış ortamdan içeriye ışık geçişini sağlarlar. Camlar yapıları sebebiyle duvar gibi saydam olmayan yapı elemanlarına göre ısıyı genelde daha fazla geçirirler.

Camın ısı geçirgenlik katsayısının yüksek oluşundan dolayı geçmişte enerji tasarrufu sağlamak amacıyla binalarda mümkün olduğunca az kullanılmaya çalışılmaktaydı [52]. Günümüzde gelişen teknoloji ile camlarda saydam olmayan yüzeylere yakın ısı geçirgenlik katsayısına sahip camlar üretilebilmektedir. Ayrıca gün ışığının insan sağlığına ve üretkenliğine etkileri anlaşıldıkça, binalarda cam yüzeylerin oranı artırılmaktadır.

Cam malzemelerin gün ışığı geçirme, ses yalıtımı, iç ve dış duvar kaplamaları işlevlerinin yanında, ışık geçirme ve ısı yalıtımı, ışık geçirme ve saydamlık, ışık geçirme ve saydamlık ve güneş kontrolü gibi işlevleri de vardır [53].

Gün ışığının olumlu etkilerinin yanı sıra gün ışığı kaynaklı sorunlar da bulunmaktadır. Bu sorunlar ısısal ve görsel olarak iki kısma ayrılabilir. Isısal sorunlara örnek olarak saydam yüzeylerin yanlış konumlandırılması ile özellikle yaz aylarında binanın ısınmasına sebep olur ve böylece binanın soğutma yükleri artar. Görsel sorunlara ise kontrolsüz ve doğrudan iç hacimde dağılan gün ışığı kamaşma oluşturur. Yetersiz miktardaki gün ışığı durumunda ise aydınlatma armatürleri kullanılması gerekir, bu durumda da gereksiz yere enerji sarfiyatı olur [54]. Bahsedilen bu sorunlar akıllı camlar ve doğru uygulama ile ortadan kaldırılabilir.

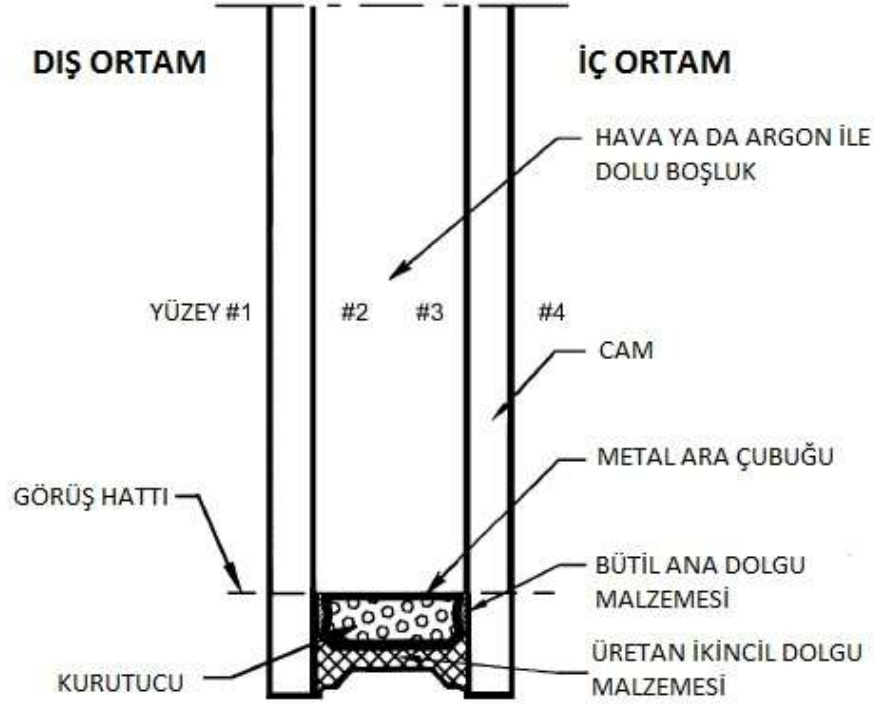
Şekil 2.9’da cam tipleri gösterilmiştir.



Şekil 2.9 : Cam çeşitlerinin sınıflandırılması [51]

2.5.1 Pencere bileşenleri

Bir cam ünitesi tek ve çoklu olabilir. Şekil 2.10’da tipik bir çift cam ünitesi yapı bileşenleri detayı görülmektedir.



Şekil 2.10 : Çift cam ünitesi yapı bileşenleri detayı [30]

Metal ara çubuğu, camlar ile dolgu malzemelerini birbirinden ayırır ve mukavemet sağlarlar. Metal ara çubuğundan olan ısı iletiminin azaltılabilmesi için uygun malzeme kullanılmalıdır [30].

Günümüzde birçok farklı tipte dolgu malzemesi pencerelerde kullanılmaktadır. Tüm dolgu malzemesi tiplerindeki birincil amaç nem ve hidrokarbon iletimini azaltmaktır. İkincil dolgu malzemesinin amacı strüktürel bütünlüğü sağlamaktır [30].

Kurutucu malzeme molekül eleği, slika jel veya bu ikisinin karışımından oluşur. Kurutucunun amacı nemi almaktır [30].

Camlar arasında hiçbir gaz bulunmayacağı gibi hava veya argon gazı kullanılarak ısı transferi azaltılabilir.

Pencere doğramalarında üç ana kategori vardır: Ahşap, metal ve polimer. Ahşabın iyi bir strüktürel bütünlüğü ve yalıtımı olmasına rağmen iklim şartlarından, nemden ve böcek gibi canlılardan kolay etkilenmektedir. Metalin güçlü bir strüktürel bütünlüğü vardır ve uzun ömürlüdür, fakat ısıl performansı çok kötüdür. Metal doğramalarda en çok kullanılan malzeme alüminyumdur. Bunun sebebi imalat kolaylığı, ucuz oluşu, kütlelerinin az oluşudur. Metal doğramalarda ısı iletimini artırmak için metal olmayan malzemeler ara malzeme olarak kullanılarak ısı yalıtımı sağlanır. Polimerler

sıkıştırılmış vinil ya da camla kuvvetlendirilmiş polyesterden oluşur. Polimer doğramaların strüktürel bütünlükleri ve ısı performansları ahşabınki gibidir [30].

Üreticiler bazı durumlarda bu üç tip doğrama çeşidini ısı performansı artırmak, strüktürel yapıyı güçlendirmek ve ürünün ömrünü uzatmak için kombine olarak kullanabilmektedirler.

Gölgeleme ekipmanı iç ortamda, dış ortamda veya penceredeki camların arasında da bulunabilir. Gölgeleme ekipmanlarında kumaş, metal, ahşap ve plastik kullanılabilir.

Gölgeleme ekipmanları binaya estetik açıdan da katkı sağladıkları için birçok farklı türde imal edilmektedirler. Fakat gölgeleme ekipmanlarındaki birincil amaç direk gün ışığının gelmesini engelleyerek çalışma ortamındaki kamaşmayı engellemek, konforu artırmak ve güneş ısı kazancını azaltmaktır.

2.5.2 Pencere performans kriterleri

Pencerelerdeki enerji akışı, içerisi ve dışarısı arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan iletim ve taşınım ile olan ısı transferi, pencereler ve pencereleri çevreleyen yapı malzemeleri ile cam katmanları arasında olan net uzun dalga ışınımsal değişim, doğrudan güneşten gelen veya yerden ve diğer cisimlerden yansıyan radyasyon ve pencerelerdeki hava kaçakları aracılığıyla olur [30]. Tüm bunlar dikkate alındığında pencerelerdeki sürekli rejimdeki enerji akışı;

$$Q = UA_p(T_{dış} - T_{iç}) + (SHGC)A_p E_{toplam} + (HK)A_p \rho C_p (T_{dış} - T_{iç}) \quad (2.6)$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada Q anlık enerji akışıdır ve birimi Watt'tır; U toplam ısı transferi katsayısıdır ve birimi $W/m^2 \cdot K$ 'dir; A_p pencerenin öngörülen alanıdır ve birimi m^2 'dir; $T_{iç}$ iç hava sıcaklığıdır ve birimi $^{\circ}C$ 'dir; $T_{dış}$ dış hava sıcaklığıdır ve birimi $^{\circ}C$ 'dir; SHGC güneş ısı kazanç katsayısıdır ve birimsizdir; E_{toplam} toplam birim alandaki radyasyondur ve birimi W/m^2 'dir; HK mevcut koşullardaki hava kaçığıdır ve birimi $m^3/(s \cdot m^2)$ 'dir; ρ hava yoğunluğudur ve birimi kg/m^3 'dir; C_p havanın özgül ısıdır ve birimi $kJ/kg \cdot K$ 'dir [30].

Denklem 2.6'da en soldaki belirtilen terim sıcaklık farkından dolayı pencereden geçen ısı transferidir, ikinci terim güneş radyasyonu kaynaklı ısı transferidir ve en son terim hava kaçığından dolayı olan ısı transferidir [30].

Denklem 2.6, Q değerinin hesaplanmasında kolaylıklar sağlasa da pencere üreticisinden alınan U ve SHGC değerleri ile bu hesaplamanın yapılmasında gerçek sonuç ile arasında farklılık olmaktadır. Bunun nedenlerine örnek olarak güneş ısı kazanç katsayısının güneş geliş açısı ve tayfsal dağılıma göre değişmesi verilebilir [30].

2.5.2.1 Isı geçirgenliği (U-değeri)

Pencere sistemlerinde genellikle geçirimli cam katmanları ve bu camların etrafını çevreleyen doğrama bulunur. Pencerenin ısı iletim katsayısının hesaplanmasında camın merkezinin, camın kenarının ve doğramanın ısı iletim katsayılarının da hesaplara dahil edilmesi gerekmektedir. Bu durumda pencerenin toplam U-değeri;

$$U = \frac{U_{cm}A_{cm} + U_{ck}A_{ck} + U_dA_d}{A_{toplam}} \quad (2.7)$$

denklemini ile hesaplanır. Burada cm camın merkezi, ck camın kenarı ve d doğrama demektir [30].

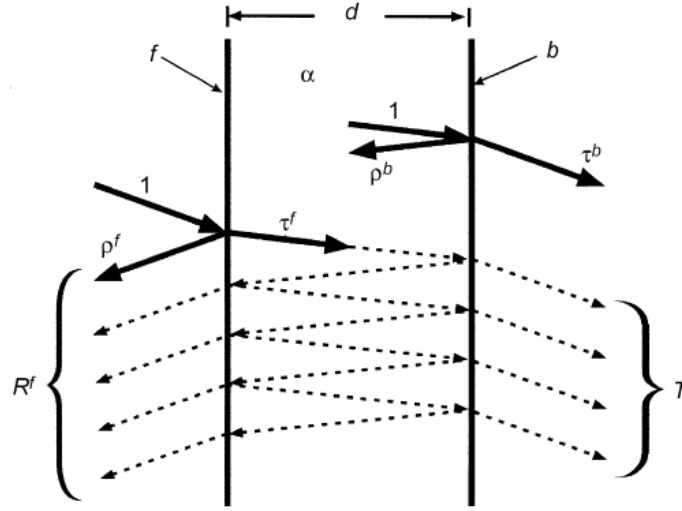
2.5.2.2 Camların optik özellikleri

Pencerenin güneş ısı kazancının iki bileşeni vardır. Birincisi doğrudan iletilen güneş radyasyonudur. Pencereden doğrudan giren radyasyonun miktarı cam sisteminin güneş geçirimliliğiyle ilgilidir. Söz konusu radyasyon miktarı gelen ışınımın, cam alanı ve camın güneş geçirgenliği ile çarpımıyla bulunur [30].

Işık geçirgenliği “*cama dik açı ile gelen 380-780 nanometre dalga boyları arasındaki görünür güneş ışığının camdan geçiş yüzdesi*” olarak ifade edilir [53].

Radyasyon cam katmanlarına geldiğinde bir kısmı camdan geçer ve bir kısmı da yansır. Geçen radyasyonun bir kısmı malzemenin soğurma özelliğine göre soğrulur. Bunun yanında malzemeler radyasyonu tamamen soğurmazlar [30].

Cam üzerindeki güneş radyasyonu düşünöldüğünde geçirimlilik T, yansıma R ve soğurma A özellikleri her bir cam katmanında ayrı ayrı gözlemlenir. Bu özellikler Şekil 2.11’de gösterilmiştir. R_f camın ön tarafında olan yansımayı gösterir. F ön tarafı, b ise arka tarafı ifade eder [30].



Şekil 2.11 : Tek cam katmanının optik özellikleri [30]

Şekil 2.11’de d kalınlığındaki cam katmanında, τ ve ρ her iki yüzeyin geçirimsizliğini ve yansıtıcılığını, α ise cam katmanının soğurma özelliğini ifade etmektedir. Cam katmanının geçirimsizliği, yansıtma ve soğurma özellikleri 1’e eşittir [36].

$$G + Y + S = 1 \quad (2.8)$$

Genellikle camlarda bir yüzeyde kaplama olup diğer yüzeyde olmadığından τ ve ρ her iki yüzeyde farklılık gösterebilir [30].

Camın solar-optik özellikleri gelen güneş radyasyonunu toplam geçirimsizliği, yansıtması ve absorbe etmesidir. Eğer camın tayfsal optik özellikleri olan $G(\lambda)$, $Y(\lambda)$, $S(\lambda)$ ve cama gelen tayfsal ışınım $E(\lambda)$ ise solar optik özellikler;

$$X = \frac{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} E_{STD}(\lambda) X(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} E_{STD}(\lambda) d\lambda} \quad (2.9)$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada $X(\lambda)=G(\lambda)$, $Y(\lambda)$ ya da $S(\lambda)$, $E_{STD}(\lambda)$ standart solar dağılım ve X standart solar dağılım için toplam G , Y ya da S ’dir [30].

Denklem 2.9’u solar radyasyon hüzmesi içinde açıya bağlı olarak hesap etmek daha kolaydır. Camlardan olan enerji akışı her yönden gelen radyasyonların toplamına eşit olmalıdır. Gökyüzü ve yer radyasyonu ideal dağınık olarak varsayılır. Dağılım özellikleri tüm yönlerin hesaba katılmasıyla bulunur [30].

$$X_D = \frac{\iint_{hem} X(\theta) \cos \theta d\bar{\omega}}{\iint_{hem} \cos \theta d\bar{\omega}} = 2 \int_0^{\pi/2} X(\theta) \cos \theta d\theta \quad (2.10)$$

Burada $X(\theta)$, $G(\theta)$, $Y(\theta)$ ya da $S(\theta)$, $\bar{\omega}$ integrasyonun katı açısı ve X_D standart güneş dağılımının G , Y ya da S 'dir [30].

2.5.2.3 Güneş ısı kazanç katsayısı

Eğer;

$$E_D = E_{DN} \cdot \cos \theta \quad (2.11)$$

tek cam levha üzerine gelen dik güneş ışınımı, G güneş geçirgenliği, S güneş soğurma özelliği ve N absorbe edilen radyasyonun içeriye akan fraksiyonu ise, güneş radyasyonundan mahale giren birim alandaki toplam güneş kazancı q_b ;

$$q_b = E_D \cdot (G + N \cdot S) \quad (2.12)$$

denklemden hesaplanır. Burada q_b birim alandaki enerji akısıdır ve birimi W/m^2 'dir [30].

Absorbe edilen güneş radyasyonu güneşten gelen ultraviyole, görünür ve infrared radyasyonları içerir ve bu radyasyon absorbe edilen malzeme içinde ısıya dönüşür [30].

Denklemin 2.12'deki parantez güneş ısı kazanç katsayısı olarak adlandırılır. Bu durumda toplam ısı kazancı aşağıdaki formül ile hesaplanabilir [30]:

$$q_b = E_D \cdot SHGC \quad (2.13)$$

Pencere sisteminden kaynaklanan güneş ısı kazancının hesaplanabilmesi için güneş ısı kazanç katsayısının belirlenmiş olması gerekmektedir ve üreticilerin spektlerinde ısı geçirgenlik katsayısının yanısıra bina enerji performansı hesaplarının yapılabilmesi için güneş ısı kazanç katsayısının belirtilmiş olması gerekmektedir.

S ve G optik özelliklerinin etki alanının açısı ve dalga boyu ile değişmesinden dolayı güneş ısı kazanç katsayısı bu değerlerin fonksiyonu olarak ifade edilir. Genellikle güneş ısı kazancı $q(\theta)$ ve güneş ısı kazanç katsayısı $SHGC(\theta, \lambda)$;

$$q(\theta) = \int_{\lambda} E_D(\lambda) \cdot [G(\theta, \lambda) + N \cdot S(\theta, \lambda)] d\lambda \quad (2.14)$$

denklemleriyle ifade edilir [30].

$$q(\theta) = \int_{\lambda} E_D(\lambda) \cdot SHGC(\theta, \lambda) d\lambda \quad (2.15)$$

Burada $E_D(\lambda)$ gelen güneş tayfsal ışıması, $G(\theta, \lambda)$ pencere sisteminin tayfsal geçirgenliği, $S(\theta, \lambda)$ pencere sisteminin toplam tayfsal soğurma özelliğidir [30].

Burada açı ve dalga boyuna bağlı güneş ısı kazanç katsayısı;

$$SHGC(\theta, \lambda) = G(\theta, \lambda) + N \cdot S(\alpha, \lambda) \quad (2.16)$$

denklemleriyle ifade edilir [30].

“*NFRC Technical Document 300*”den dalgaboyu ortalama güneş ısı kazanç katsayısı aşağıdaki gibi bulunur [56]:

$$SHGC(\theta, \lambda) = \frac{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} E_D(\lambda) \cdot [G(\theta, \lambda) + N \cdot S(\theta, \lambda)] d\lambda}{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} E_D(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (2.17)$$

Denklem 2.9 ve Denklem 2.17 kullanılarak güneş ısı kazanç katsayısı ve güneş ısı kazancı hesaplanabilir [56].

Dıştan içe doğru numaralandırılan cam katmanları ve k cam indeksi ile güneş ısı kazanç faktörü;

$$SHGC(\theta) = G^f(\theta) + \sum_{k=1}^V N_k \cdot S_k^f(\theta) \quad (2.18)$$

denklemleriyle ifade edilir. Burada G^f cam sisteminin ön geçirgenliği, L cam katmanlarının sayısı, S_k^f k katmanının içe gelen akış fraksiyonu ve N_k k katmanının içe gelen akış fraksiyonudur [30].

İçe gelen akış fraksiyonu ısı transfer modeli basitleştirilerek hesaplanabilir:

$$N_k = U \cdot \sum_{j=k}^1 R_{j-1,j} \quad (2.19)$$

Bu denklem aslında pencerenin ısı transfer katsayısının k'inci katmandan dışarısına doğru ısı direncin çarpımıdır. Daha karışık olan çok katmanlı cam sistemlerinde N_k değerini daha detaylı olarak hesap etmek gerekir. Çünkü efektif ısı transfer katsayıları cam katmanlarının sıcaklıklarına ve diğer çevresel etkilere göre sürekli değişiklik göstermektedir [57,58].

Gelen dağınık radyasyon durumu için yarı küresel ortalama güneş ısı kazanç katsayısı kullanılmak zorundadır. Denklem 2.10 ve Denklem 2.17'un kombine edilmesi ile;

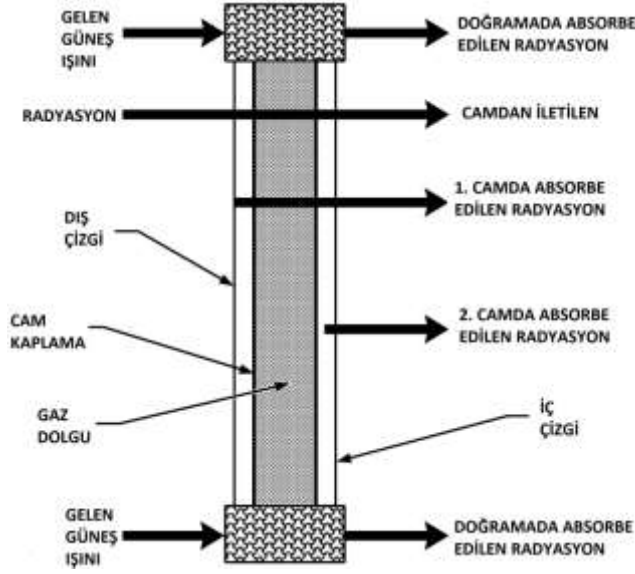
$$\langle \text{SHGC}(\theta) \rangle_D = \frac{\iint_{hem} \text{SHGC}(\theta) \cos \theta d\bar{\omega}}{\iint_{hem} \cos \theta d\bar{\omega}} = 2 \int_0^{\pi/2} \text{SHGC}(\theta) \cos \theta d\theta \quad (2.20)$$

denklemini elde edilir [30]. Eşit bir biçimde Denklem 2.18'deki G ve S, Denklem 2.10 kullanılarak yarı küresel olarak;

$$\langle \text{SHGC} \rangle_D = \langle G^f \rangle_D + \sum_{k=1}^L N_k \cdot \langle S_k^f \rangle_D \quad (2.21)$$

denklemini ifade edilir [30].

Şekil 2.12'de güneş kazancının pencerenin hangi kısımlarından kaynaklandığı gösterilmiştir. Doğrudan iletilen solar radyasyonun tamamının iç yüzeylerde absorbe edilerek ısıya dönüştüğü varsayılır. Güneş kazancı mekan içerisine doğrama gibi pencerenin opak bileşenlerinden girer. Çünkü güneş enerjisinin bir kısmı bu opak bileşenlerde absorbe edilerek mekan içerisine ısı transferi ile girer [30].



Şekil 2.12 : Çift katmanlı pencerede güneş ısı kazancının olduğu bileşenler [30]

Pencere sisteminin güneş ısı kazanç katsayısı, cam ve opak bileşenlerin güneş kazançlarının alanlara göre oranlanmasıyla bulunabilir. Böylece,

$$SHGC = \frac{SHGC_c A_c + SHGC_d A_d + \sum_{i=1}^M A_i SHGC_i}{A_c + A_d + \sum_{i=1}^M A_i} \quad (2.22)$$

denklemini elde edilir. Burada M bölen eleman, $SHGC_c$, $SHGC_d$ ve $SHGC_i$ camın, doğramanın ve i'inci bölgenin güneş ısı kazanç katsayısı, A_c , A_d ve A_i camını doğramanın ve i'inci bölgenin alanıdır [30].

Bazı durumlarda opak elemanların toplam SHGC değerini bilmek kullanışlı olur. Buradan;

$$SHGC_{op} = \frac{SHGC_d A_d + \sum_{i=1}^M A_i SHGC_i}{A_{op}} \quad (2.23)$$

denklemini elde edilir. Buradan;

$$A_{op} = A_d + \sum_{i=1}^M A_i \quad (2.24)$$

denklemini bulunur [30].

$SHGC_d$;

$$SHGC_d = \alpha_d^s \left(\frac{U_d}{h_d} \right) \left(\frac{A_d}{A_{yüzey}} \right) \quad (2.25)$$

denklemleri ile hesaplanabilir. Burada α_d^s doğramanın dış yüzeyinin güneş soğurma katsayısı, U_d doğramanın U-değeri, h_d doğrama ve dış çevre arasındaki iletim ve radyasyonla olan ısı transferi katsayısıdır [35]. $SHGC_i$ 'de aynı şekilde;

$$SHGC_i = \alpha_i^s \left(\frac{U_i}{h_i} \right) \left(\frac{A_i}{A_{yüzey}} \right) \quad (2.26)$$

denklemleri ile hesaplanır [30].

Dış tarafın ısı transfer katsayıları olan h_s ve h_i ;

$$h_i \text{ ya da } h_s = h_{iletim} + 4\sigma e_d T_{dış}^3 \quad (2.27)$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada h_{iletim} doğrama ve dış çevreyle olan ısı transferi katsayısı, e_d doğrama yüzeyinin dışının yayınlılık katsayısı, $T_{dış}$ dış sıcaklık ve σ Stefan-Boltzman sabitidir [30].

3. ÖRNEK ÇALIŞMA

Bu bölümde Bölüm 2.3'te bahsedilen yaşlı evi için enerji ve gün ışığı modellemeleri yapılmıştır. Enerji modellemesi eQUEST yazılımında, gün ışığı modellemesi de Ecotect Analysis ve Desktop Radiance yazılımlarında yapılmıştır.

Enerji modellemesi yapılmasındaki amaç örnek yaşlı evinin mevcut durumdaki penceresi, TS 825'te belirtilen minimum performanstaki pencere ve seçilen yüksek performanslı pencere için 1 yıllık (8760 saatlik) bina enerji performansının çıkartılması, her üç durum için tüm bina ve örnek mahal için enerji sarfiyatındaki değişimlerin incelenmesidir.

Gün ışığı modellemesi yapılmasındaki amaç ise güneybatı cephesinde en fazla güneş ışığı alan mahalın seçilmesi, seçilen mahal için binanın mevcut durumdaki penceresi ve yüksek performanslı pencere için bir yıldaki dört tipik gün için ortalama aydınlık düzeylerini bulunup, Bölüm 2.2.2'de belirtilen iç genel aydınlatma zonu için 300 lüks ve dış okuma zonu için 500 lüks değerleri ile karşılaştırılmasıdır.

Enerji ve gün ışığı modellemeleri sonucunda yapılan çalışmalar gün ışığı ve enerji performansı yönünden karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalar yapılırken Bölüm 2.2'de bahsedilen uluslararası standartlarca belirtilmiş olan sıcaklık ve aydınlatma konfor şartlarına dikkat edilmiştir.

eQUEST ile gerçekleştirilen enerji modellemesinin sonuçları 9 başlıkta incelenmiştir: Isıtma, soğutma, ısıtma için fan, soğutma için fan, pompa, ekipman, aydınlatma, sıcak su ve sera gazı emisyonu. Isıtma binanın ısıtma ihtiyacı için gerekli enerjiyi, soğutma binanın soğutma ihtiyacı için gerekli olan enerjiyi belirtir. Fan enerjisi ısıtma ve soğutma sırasında fan-coil ve klima santrallerinin fanlarının tükettiği enerji olacak şekilde ikiye ayrılmıştır. Pompa, ısıtma ve soğutmada fan-coil ve klima santrallerine sıcak ve soğuk su basan pompaların tükettiği enerjiyi belirtir. Aydınlatma binadaki aydınlatma armatürlerinde tüketilen enerjidir. Sıcak su kullanma sıcak suyu elde edilmesinde tüketilen enerjidir. Ekipman enerjisi ise

binadaki priz yükleridir. Sera gazı emisyonu ise binanın bir yıldaki karbon emisyonunu belirtmektedir [42]. Çizelge 3.1’de tablo halinde gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 : Enerji tüketen sistemler [42]

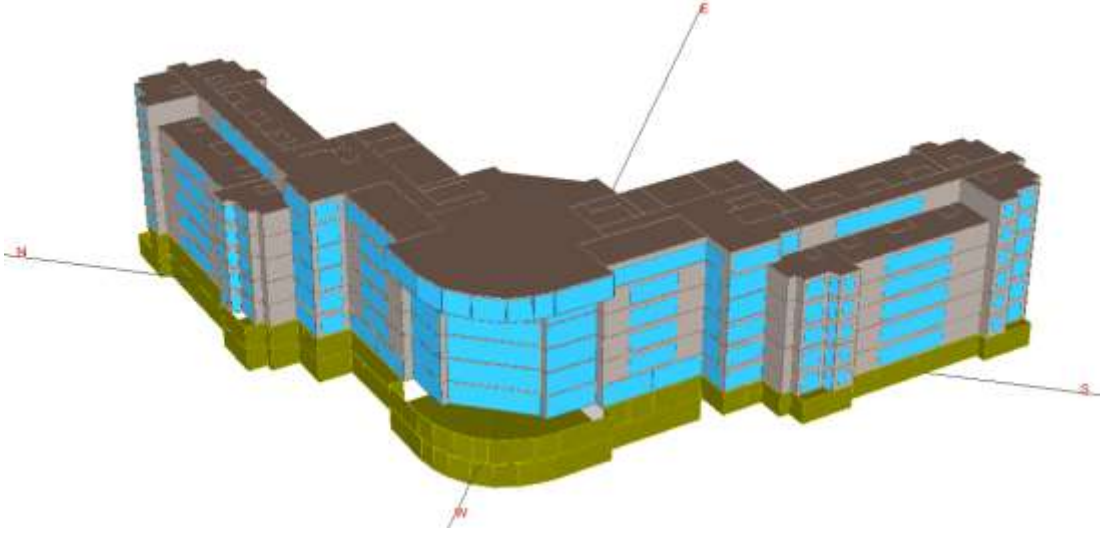
Isıtma	Binanın ısıtma ihtiyacı için gerekli olan enerjiyi belirtir.
Soğutma	Binanın soğutma ihtiyacı için gerekli olan enerjiyi belirtir
Fan Isıtma	Isıtma sırasında fan-coil ve klima santrallerinin fanlarının tükettiği enerjiyi belirtir.
Fan Soğutma	Soğutma sırasında fan-coil ve klima santrallerinin fanlarının tükettiği enerjiyi belirtir.
Pompa	Isıtma ve soğutmada fan-coil ve klima santrallerine sıcak ve soğuk su basan pompaların tükettiği enerjiyi belirtir.
Ekipman	Binadaki priz yükleridir.
Aydınlatma	Binadaki aydınlatma armatürlerinde tüketilen enerjidir.
Sıcak Su	Kullanma sıcak suyu elde edilmesinde tüketilen enerjidir.

3.1 Yöntem 1 : Mevcut durumun belirlenmesi

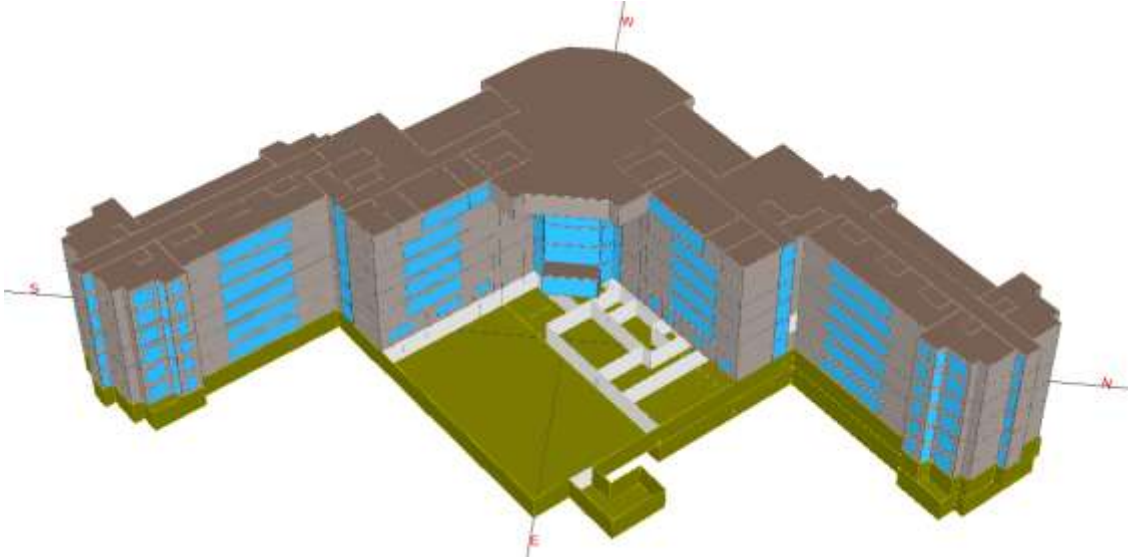
Bu bölümde mevcut pencere için tüm binanın ve seçilen mahalın enerji performansı ile gün ışığı modellemesi verileri gösterilmiştir.

3.1.1 Tüm bina enerji performansı

eQUEST enerji modellemesi yazılımında yaşlı evi mevcut duruma göre modellenmiştir. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de yaşlı evinin eQUEST yazılımında hazırlanmış olan 3-boyutlu görselleri görülmektedir.



Şekil 3.1 : Yaşlı evinin eQUEST yazılımında hazırlanan 3-boyutlu görseli (ön)



Şekil 3.2 : Yaşlı evinin eQUEST yazılımında hazırlanan 3-boyutlu görseli (arka)

Yaşlı evi için mevcut pencerenin teknik özellikleri aşağıdaki gibidir:

- $3,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ cam ve doğrama bileşik ısı geçirgenlik katsayısı
- 0,86 camın gölgeleme katsayısı
- 0,80 camın gün ışığı geçirgenliği

eQUEST enerji modellemesi yazılımında yapılan 1 yıllık enerji simülasyonu sonucunda sistemler bazında yaşlı evi binasının mevcut penceresi için yıllık enerji

sarfıyatı ve sera gazı emisyonu Çizelge 3.2, Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4’te, enerji tüketiminin sistemler bazındaki oranları ise Şekil 3.3’te gösterilmiştir.

Sera gazı emisyon hesaplaması yaparken elektrik için 0,617 kg eşdeğer CO₂/kWh ve doğal gaz için 0,234 kg eşdeğer CO₂/kWh değeri kullanılmıştır [59].

Çizelge 3.2 : Mevcut pencere için bina yıllık elektrik sarfıyatı ve karbon emisyonu

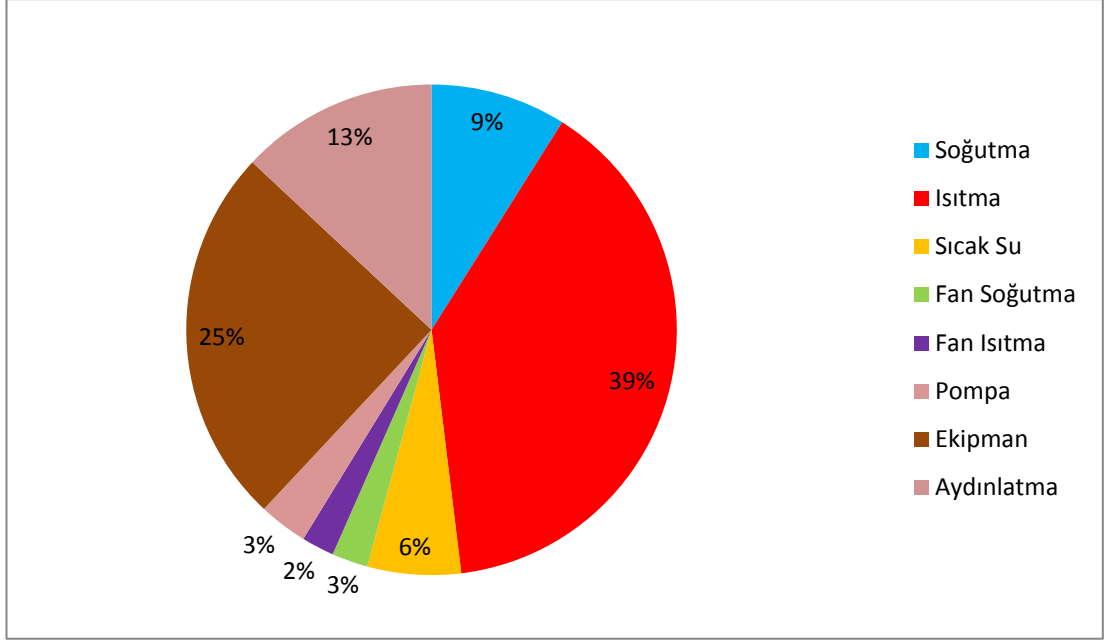
Soğutma (kWh/yıl)	Fan Soğutma (kWh/yıl)	Fan Isıtma (kWh/yıl)	Pompa (kWh/yıl)	Ekipman (kWh/yıl)	Aydınlatma (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
916.680	220.583	243.709	329.111	2.561.860	1.335.546	5.607.489	3.459,82

Çizelge 3.3 : Mevcut pencere için bina yıllık doğal gaz sarfıyatı ve karbon emisyonu

Isıtma (kWh/yıl)	Sıcak Su (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
4.008.287	631.685	4.639.972	1.085,75

Çizelge 3.4 : Mevcut pencere için bina yıllık enerji sarfıyatı ve karbon emisyonu

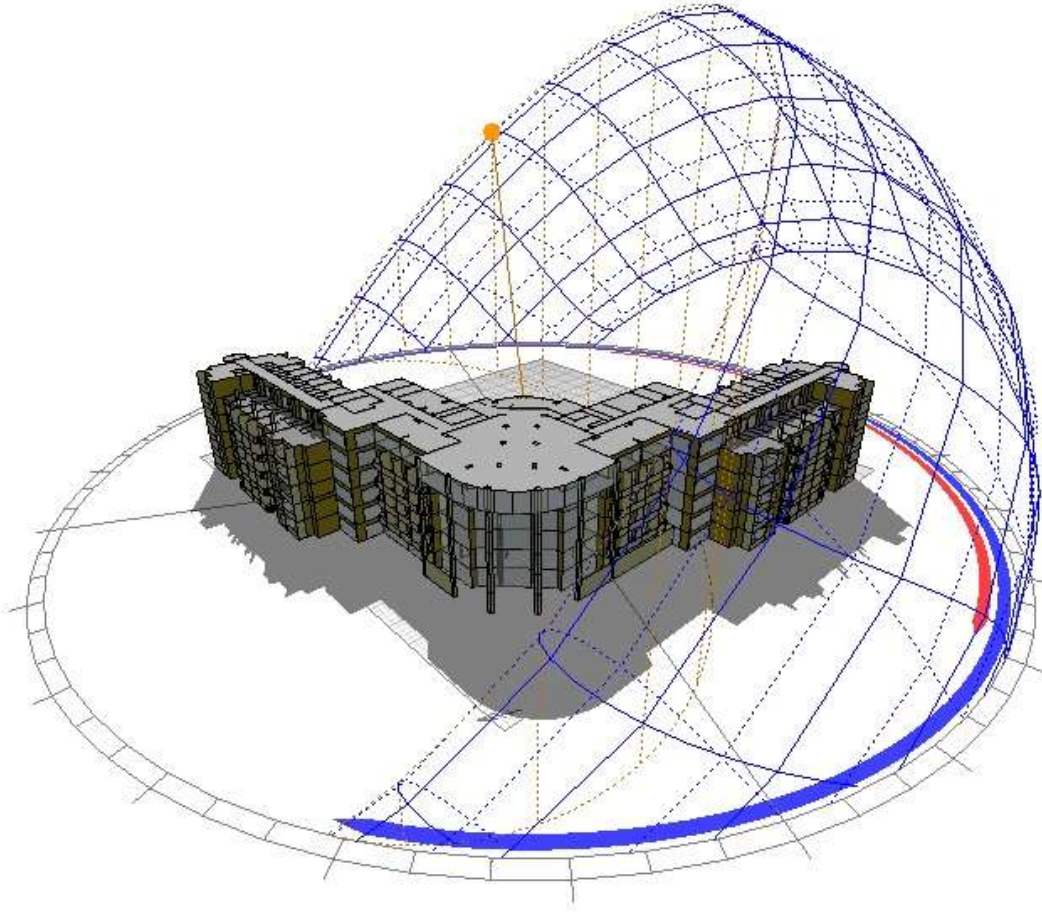
Elektrik (kWh/yıl)	Doğal gaz (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
5.607.489	4.639.972	10.247.461	4.545,57



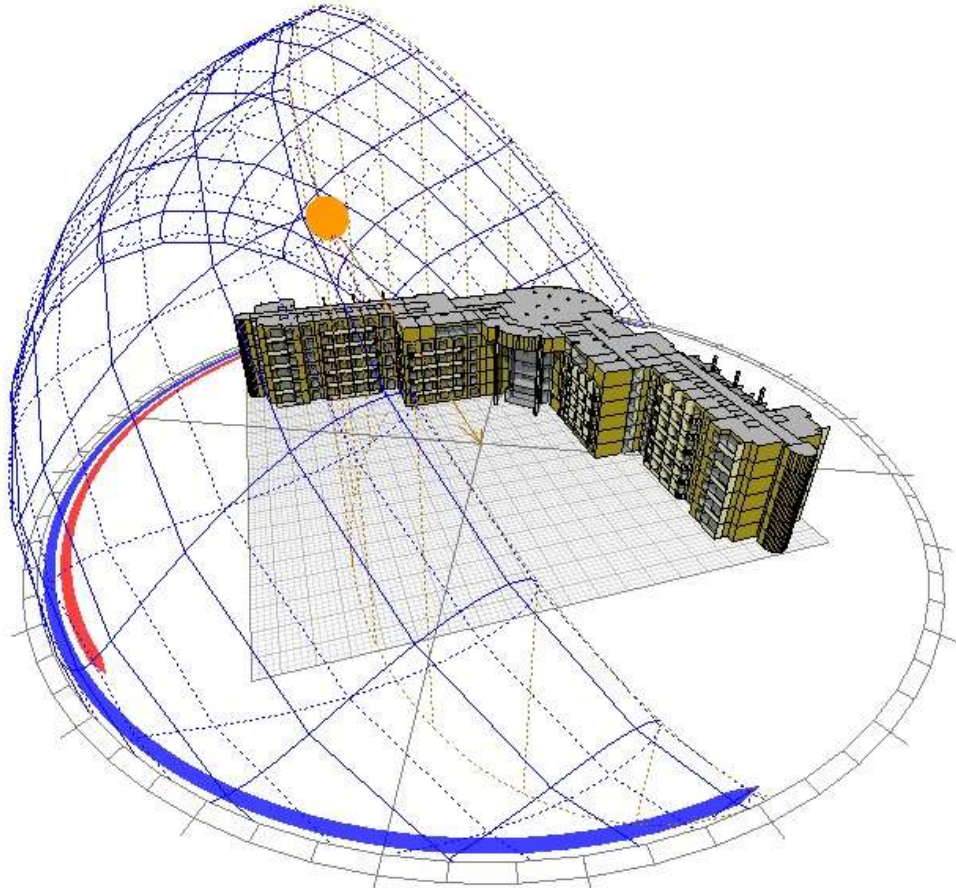
Şekil 3.3 : Mevcut pencere için bina yıllık enerji tüketiminin sistem bazında dağılımı

3.1.2 Örnek mahalın belirlenmesi

Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te yaşlı evinin Ecotect Analysis programında hazırlanmış olan 3-boyutlu modeli görülmektedir.

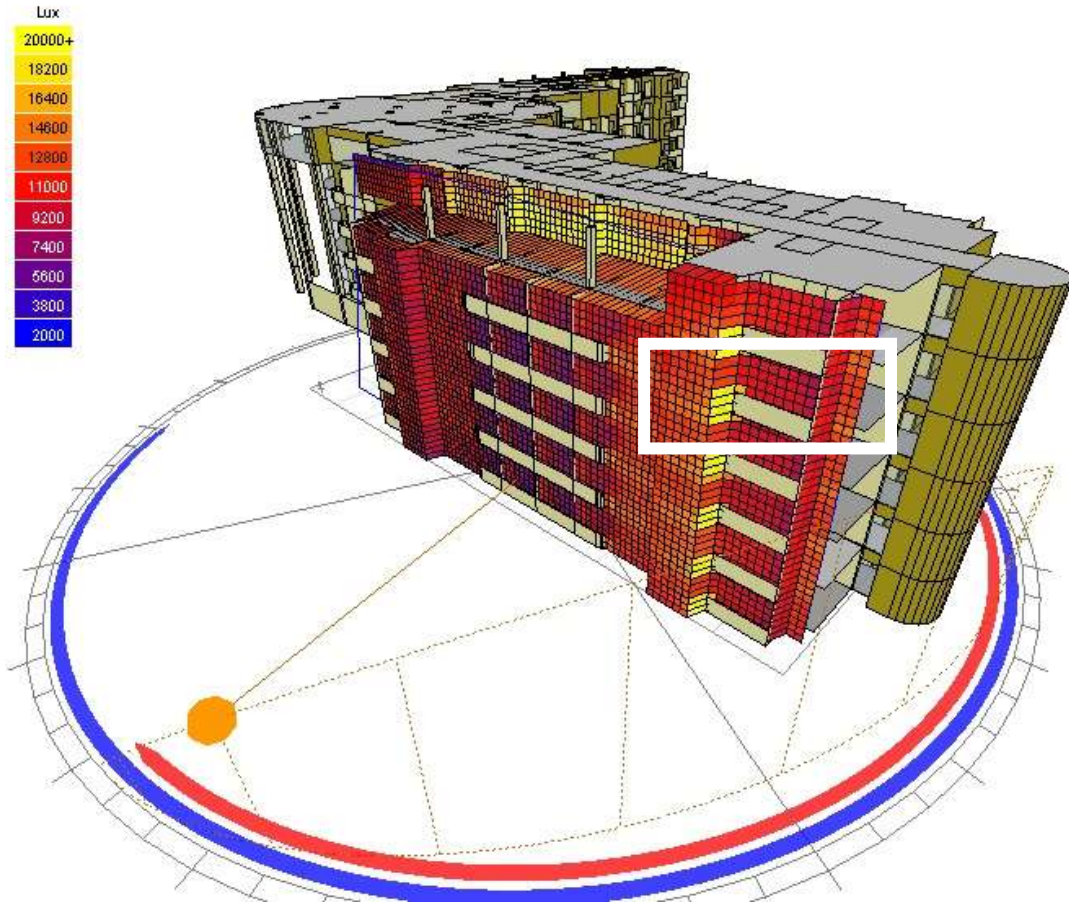


Şekil 3.4 : Yaşlı evinin ön yüzünün Ecotect Analysis yazılımındaki 3-boyutu
(21 Haziran saat 09:00)



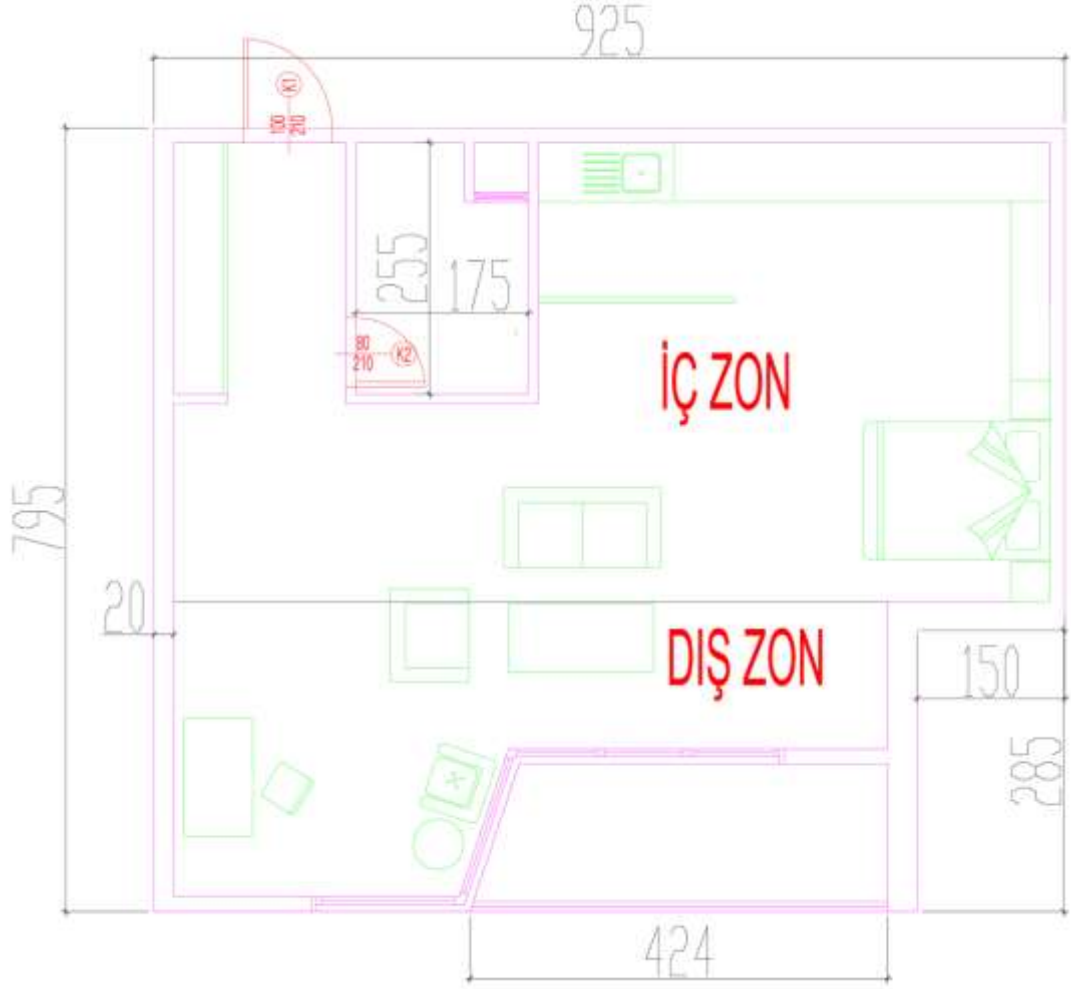
Şekil 3.5 : Yaşlı evinin arka yüzünün Ecotect Analysis yazılımındaki 3-boyutu
(21 Haziran saat 09:00)

Penceredeki iyileştirmenin bina gün ışığı ve enerji modellemesine etkisini bulma işlemindeki çalışmalar en kötü senaryo üzerinden yapılmıştır. Örnekleminin yapılacağı mahalın seçilebilmesi için güneybatı cephesinde en fazla gün ışığı alan yaşlı odasının penceresi seçilmiştir. Şekil 3.6'da yaşlı evinin güneybatı cephesinin gün ışığı analizi görülmektedir. Ayrıca yine Şekil 3.6'te seçilen mahal beyaz dikdörtgen ile belirtilmiştir. Cephenin gün ışığı simülasyonu 21 Aralık saat 15:00 ve saat 09:00 için yapılmıştır. Seçilen mahalın net alanı 51 m^2 'dir.



Şekil 3.6 : Yaşlı evinin güneybatı cephesinin gün ışığı analizi (21 Aralık saat 15:00)

Seçilen mahalın gün ışığı simülasyonu sonuçları en doğru sonucu elde etmek adına dış ve iç kısım olmak üzere iki zona ayrılmıştır. Zonlama dış duvardan 3 m içeride olacak şekilde yapılmıştır. Şekil 3.7’de zonlama gösterilmiştir.



Şekil 3.7 : Seçilen mahalin zonları

3.1.3 Seçilen mahalin enerji performansı

İyileştirilmiş pencere Bölüm 3.1.2'deki çalışmada belirlenen mahale göre seçilmiştir. Bu nedenle pencere seçiminden kaynaklanan enerji tasarrufunun incelenmesinde söz konusu mahalin yıllık enerji sarfiyatının incelenmesi de gerekmektedir. Seçilen mahalin 1 yıllık enerji simülasyonu sonucunda sistemler bazında mevcut penceresi için yıllık enerji sarfiyatı ve sera gazı emisyonu Çizelge 3.5, Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7'de, enerji tüketiminin sistemler bazındaki oranları Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

Sera gazı emisyon hesaplaması yaparken elektrik için 0,617 kg eşdeğer CO₂/kWh ve doğal gaz için 0,234 kg eşdeğer CO₂/kWh değeri kullanılmıştır [59].

Çizelge 3.5 : Mevcut pencere için seçilen mahalın yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu

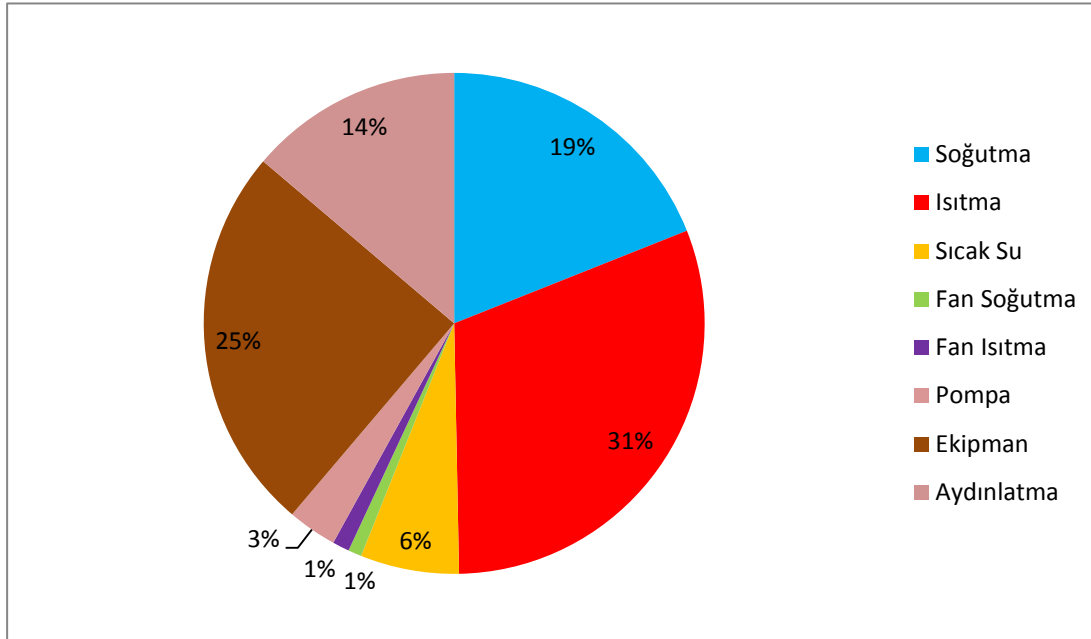
Soğutma (kWh/yıl)	Fan Soğutma (kWh/yıl)	Fan Isıtma (kWh/yıl)	Pompa (kWh/yıl)	Ekipman (kWh/yıl)	Aydınlatma (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
6.257	287	359	1.049	8.246	4.552	20.750	12,80

Çizelge 3.6 : Mevcut pencere için seçilen mahalın yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu

Isıtma (kWh/yıl)	Sıcak Su (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
10.133	2.102	12.235	2,86

Çizelge 3.7 : Mevcut pencere için seçilen mahalın yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu

Elektrik (kWh/yıl)	Doğal gaz (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
20.750	12.235	32.985	15,66



Şekil 3.8 : Mevcut pencere için seçilen mahalın yıllık enerji tüketiminin sistem bazında dağılımı

3.1.4 Seçilen mahal için gün ışığı modellemesi çalışması

Yaşlı evinin seçilen mahalindeki bir yıldaki dört tipik gündeki saat 05:00, 06:00, 07:00, 08:00, 09:00, 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00, 16:00, 17:00, 18:00 ve

19:00 için mahal zemininden 76cm yükseklikte ortalama lüks seviyeleri Ecotect Analysis ve Desktop Radiance yazılımları vasıtasıyla hesaplanmıştır.

Doğal aydınlık düzeyi hesaplamalarında 21 Haziran için CIE Açık Gök, 21 Aralık için CIE Kapalı Gök ve 21 Mart ile 23 Eylül için CIE Ortalama Gök tiplerine göre hesaplama yapılmıştır.

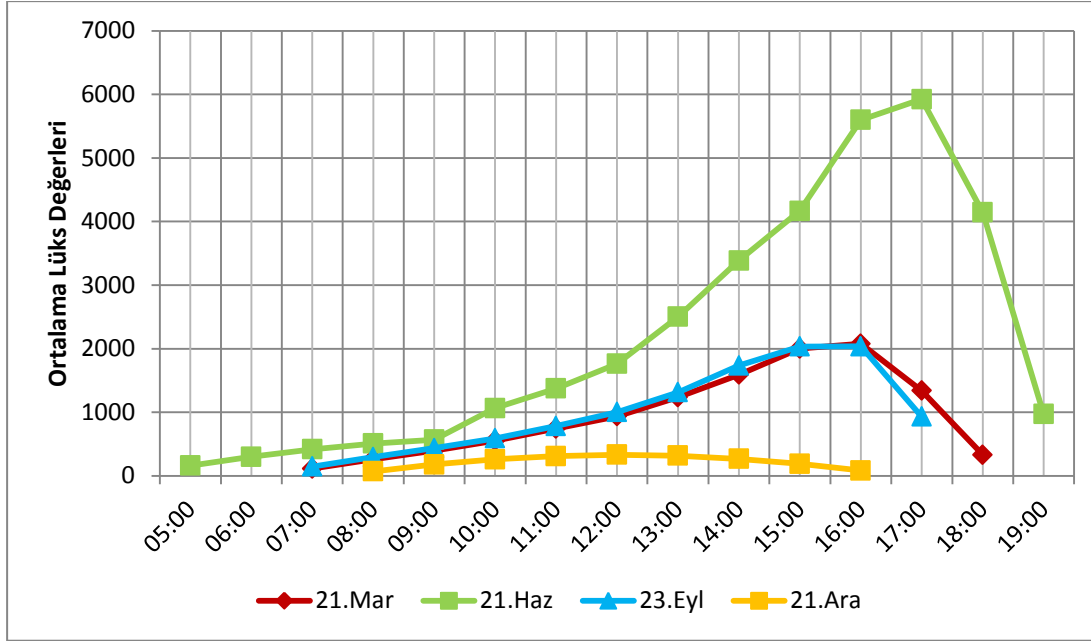
Ek-A'da güneşin dört tipik gün için konumu ve gölge oluşumu gösterilmiştir. Ek B'de mevcut camın her bir durum için gün ışığı seviyesi 2-boyutta, Ek D'de ise 3-boyutta gösterilmiştir.

Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9'da 21 Mart, 23 Eylül, 21 Haziran ve 21 Aralık tarihlerinde 05:00, 06:00, 07:00, 08:00, 09:00, 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00, 16:00, 17:00, 18:00 ve 19:00 saatleri için mevcut cama göre hesaplanmış olan ortalama gün ışığı lüks seviyeleri belirtilmiştir. Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'de Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9'da gösterilen ortalama gün ışığı seviyeleri grafik olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9'da yeşil renk ile belirtilen değerler standartlarca kabul edilen dış zon için 500 lüks ve iç zon için 300 lüks değerlerini sağlayan saatleri göstermektedir. Güneşin olmadığı saatlerde hesaplama yapılmamış ve çizelgelerde “-” işareti ile gösterilmiştir. 5400 lüks kamaşma sınırının üzerindeki değerler kırmızı renk ile belirtilmiştir [60].

Çizelge 3.8 : Dört tipik gün için mevcut camın iç zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri

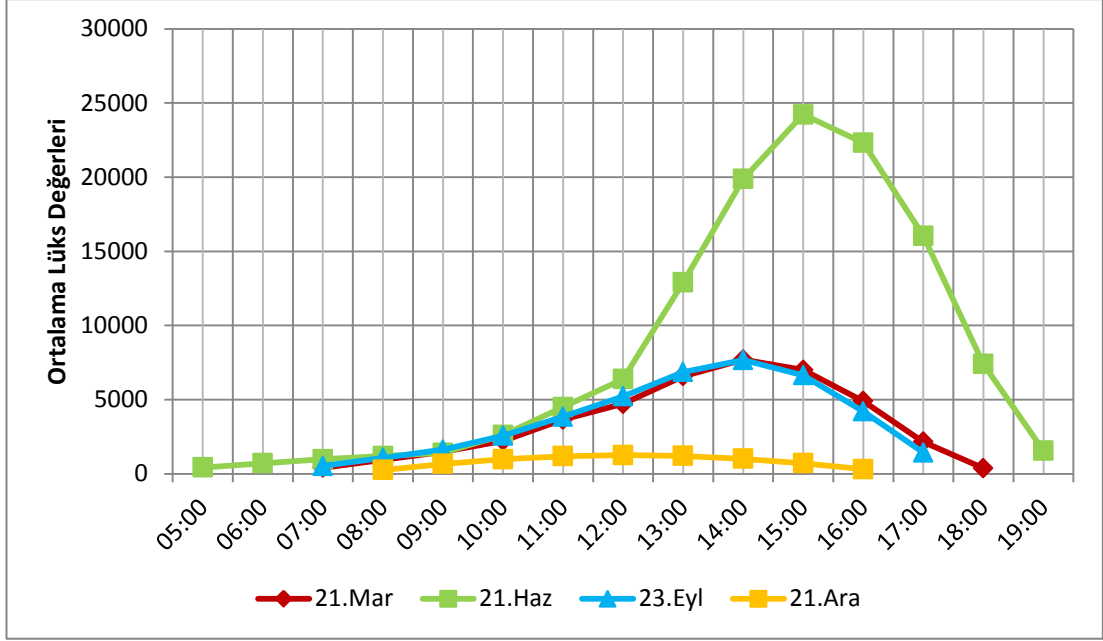
	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
21 Mart	-	-	114	261	400	553	745	937	1.237	1.593	2.003	2.078	1.340	331	-
21 Haz.	162	301	420	509	571	1.067	1.375	1.764	2.503	3.386	4.168	5.600	5.925	4.145	973
23 Eylül	-	-	148	296	436	591	783	1.004	1.314	1.735	2.035	2.038	932	-	-
21 Ara.	-	-	-	71	176	260	312	333	318	267	191	85	-	-	-



Şekil 3.9 : Dört tipik gün için mevcut camın iç zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri

Çizelge 3.9 : Dört tipik gün için mevcut camın dış zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri

	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
21 Mart	-	-	414	949	1.487	2.224	3.663	4.724	6.582	7.699	7.011	4.903	2.165	387	-
21 Haz.	434	720	982	1.206	1.413	2.619	4.503	6.389	12.910	19.884	24.229	22.316	16.050	7.409	1.555
23 Eylül	-	-	539	1.087	1.630	2.578	3.857	5.223	6.862	7.677	6.654	4.215	1.443	-	-
21 Ara.	-	-	-	269	671	987	1.189	1.264	1.213	1.019	722	322	-	-	-



Şekil 3.10 : Dört tipik gün için mevcut camın dış zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri

3.2 Yöntem 2 : Standart koşulların belirlenmesi

Bu bölümde TS 825'e uygun pencere için tüm binanın ve seçilen mahalin enerji performansı verileri gösterilmiştir.

3.2.1 Tüm bina enerji performansı

TS825'te pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı $2,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ olarak belirtilmiştir. Fakat camın performans kriterlerinden gölgeleme katsayısı ve gün ışığı geçirgenliği değerlerinden bahsedilmemektedir. Enerji modellemesini yapabilmek adına camın gölgeleme katsayısı TS 825'te belirtilen U-değerini sağlayan 0,80 ve görünür gün ışığı geçirgenliğini sağlayan 0,75 olarak seçilmiştir. Tüm bina enerji simülasyonunda bu değeri kullanmayacağımızdan herhangi bir kaynaktan standart değer alınmamıştır.

eQUEST enerji modellemesi yazılımında yapılan 1 yıllık (8760 saatlik) enerji simülasyonu sonucunda sistemler bazında yaşlı evi binasının standart değerlere sahip penceresi için yıllık enerji sarfiyatı ve sera gazı emisyonu Çizelge 3.10, Çizelge 3.11 ve Çizelge 3.12'de, enerji tüketiminin sistemler bazındaki oranları Şekil 3.11'te gösterilmiştir.

Sera gazı emisyon hesaplaması yaparken elektrik için $0,617 \text{ kg eşdeğer CO}_2/\text{kWh}$ ve doğal gaz için $0,234 \text{ kg eşdeğer CO}_2/\text{kWh}$ değeri kullanılmıştır [59].

Yaşlı odalarına sensörler yerleştirilerek içeride doğal aydınlatmadan maksimum tasarruf sağlanmıştır.

Çizelge 3.10 : Standart pencere için bina yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu

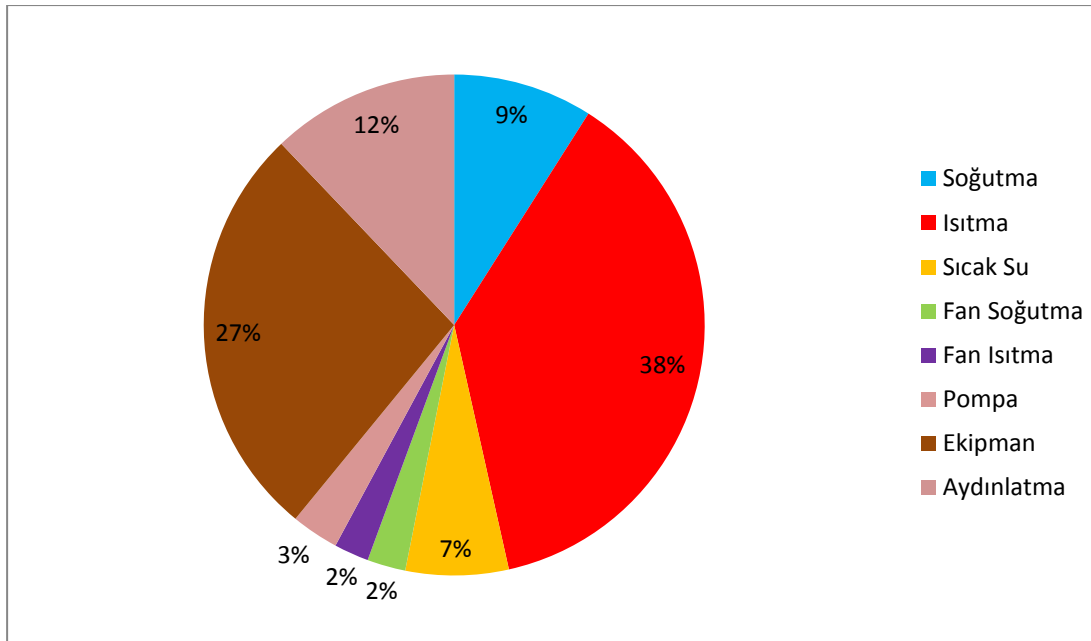
Soğutma (kWh/yıl)	Fan Soğutma (kWh/yıl)	Fan Isıtma (kWh/yıl)	Pompa (kWh/yıl)	Ekipman (kWh/yıl)	Aydınlatma (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
856.244	213.433	235.810	291.385	2.561.860	1.152.724	5.311.456	3.277,17

Çizelge 3.11 : Standart pencere için bina yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu

Isıtma (kWh/yıl)	Sıcak Su (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
3.563.385	631.685	4.195.070	981,65

Çizelge 3.12 : Standart pencere için bina yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu

Elektrik (kWh/yıl)	Doğal gaz (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
5.311.456	4.195.070	9.506.526	4.258.82



Şekil 3.11 : Standart pencere için bina yıllık enerji tüketimin sistem bazında dağılımı

3.2.2 Seçilen mahalın enerji performansı

Seçilen mahalın 1 yıllık enerji simülasyonu sonucunda sistemler bazında standart penceresi için yıllık enerji sarfiyatı ve sera gazı emisyonu Çizelge 3.13, Çizelge 3.14 ve Çizelge 3.15'te, enerji tüketiminin sistemler bazındaki oranları Şekil 3.12'de gösterilmiştir.

Sera gazı emisyon hesaplaması yaparken elektrik için 0,617 kg eşdeğer CO₂/kWh ve doğal gaz için 0,234 kg eşdeğer CO₂/kWh değeri kullanılmıştır [59].

Yaşlı odasına sensör yerleştirilerek içeride doğal aydınlatmadan maksimum tasarruf sağlanmıştır.

Çizelge 3.13 : Standart pencere için seçilen mahalın yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu

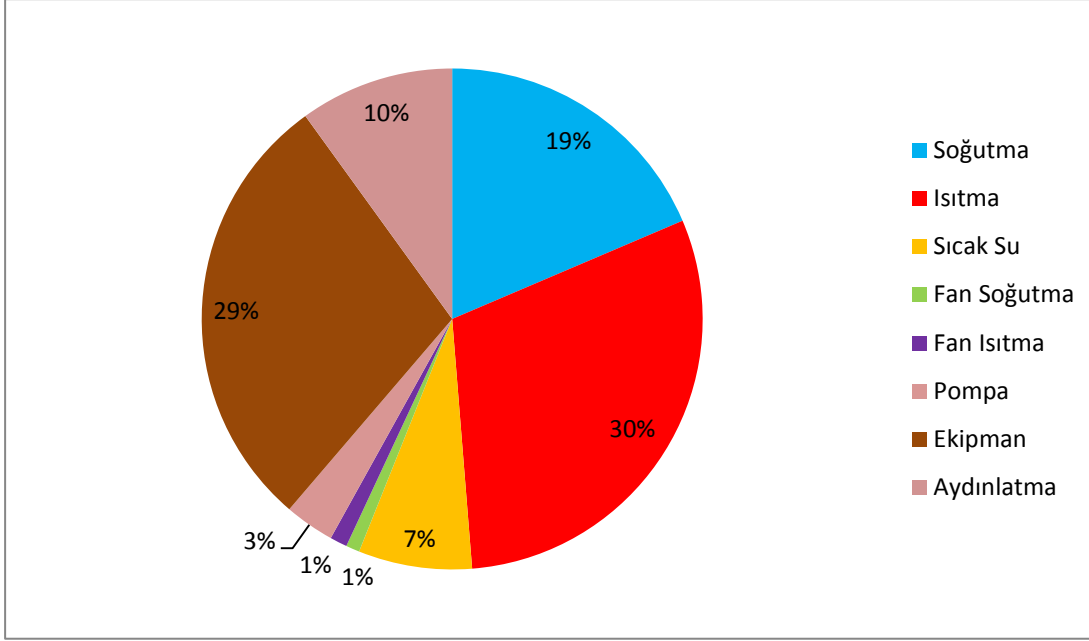
Soğutma (kWh/yıl)	Fan Soğutma (kWh/yıl)	Fan Isıtma (kWh/yıl)	Pompa (kWh/yıl)	Ekipman (kWh/yıl)	Aydınlatma (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
5.328	254	318	921	8.246	2.858	17.925	11,06

Çizelge 3.14 : Standart pencere için seçilen mahalın yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu

Isıtma (kWh/yıl)	Sıcak Su (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
8.642	2.102	10.744	2,51

Çizelge 3.15 : Standart pencere için seçilen mahalın yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu

Elektrik (kWh/yıl)	Doğal gaz (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
17.925	10.744	28.669	13,57



Şekil 3.12 : Standart pencere için seçilen mahalin yıllık enerji tüketiminin sistem bazında dağılımı

3.3 Yöntem 3 : İyileştirilmiş koşulların belirlenmesi

Bu bölümde iyileştirilmiş pencere için tüm binanın ve seçilen mahalin enerji performansı ile gün ışığı modellemesi verileri gösterilmiştir.

3.3.1 Tüm bina enerji performansı

Yaşlı evi için yeni seçilen pencerenin teknik özellikleri aşağıdaki gibidir:

- 1,2 W/m². K cam ve doğrama bileşik ısı geçirgenlik katsayısı
- 0,29 camın gölgeleme katsayısı
- 0,58 camın gün ışığı geçirgenliği

eQUEST enerji modellemesi yazılımında yapılan 1 yıllık (8760 saatlik) enerji simülasyonu sonucunda sistemler bazında yaşlı evi binasının iyileştirilmiş penceresi için yıllık enerji sarfıyatı ve sera gazı emisyonu Çizelge 3.16, Çizelge 3.17 ve Çizelge 3.18’de, enerji tüketiminin sistemler bazındaki oranları Şekil 3.13’te gösterilmiştir.

Sera gazı emisyon hesaplaması yaparken elektrik için 0,617 kg eşdeğer CO₂/kWh ve doğal gaz için 0,234 kg eşdeğer CO₂/kWh değeri kullanılmıştır [59].

Yaşlı odalarına sensörler yerleştirilerek içeride doğal aydınlatmadan maksimum tasarruf sağlanmıştır.

Çizelge 3.16 : İyileştirilmiş pencere için bina yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu

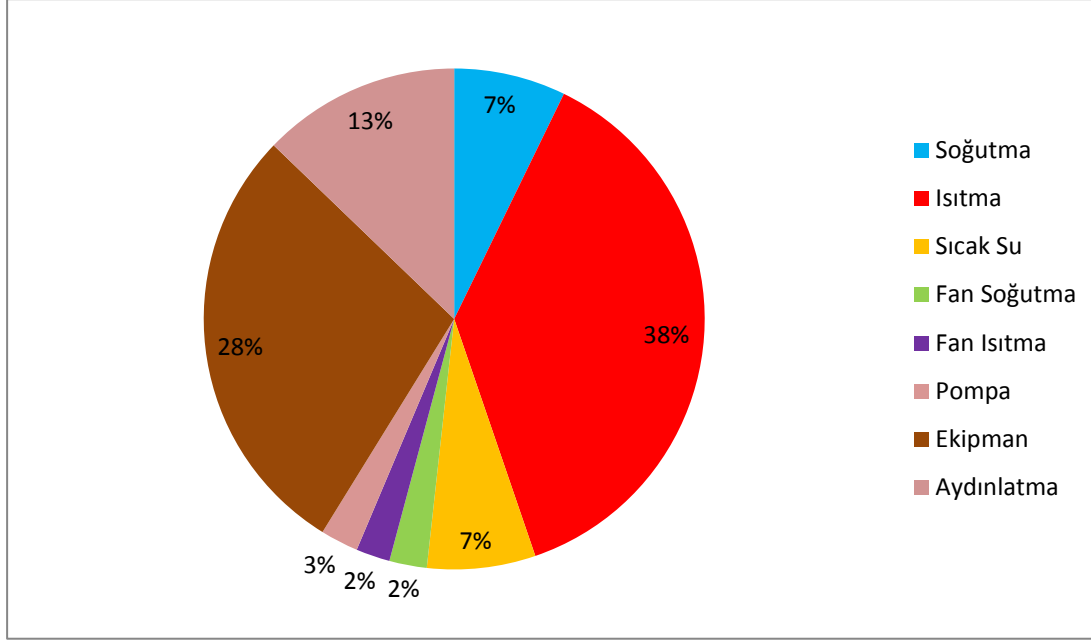
Soğutma (kWh/yıl)	Fan Soğutma (kWh/yıl)	Fan Isıtma (kWh/yıl)	Pompa (kWh/yıl)	Ekipman (kWh/yıl)	Aydınlatma (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
651.616	197.887	218.634	221.257	2.561.860	1.156.240	5.007.494	3.089,62

Çizelge 3.17 : İyileştirilmiş pencere için bina yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu

Isıtma (kWh/yıl)	Sıcak Su (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
3.387.915	631.685	4.019.600	940,59

Çizelge 3.18 : İyileştirilmiş pencere için bina yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu

Elektrik (kWh/yıl)	Doğal gaz (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
5.007.494	4.019.600	9.027.094	4.030,21



Şekil 3.13 : İyileştirilmiş pencere için bina yıllık enerji tüketiminin sistem bazında dağılımı

3.3.2 Seçilen mahalın enerji performansı

Seçilen mahalın 1 yıllık enerji simülasyonu sonucunda sistemler bazında iyileştirilmiş penceresi için yıllık enerji sarfiyatı ve sera gazı emisyonu Çizelge 3.19, Çizelge 3.20 ve Çizelge 3.21’de, enerji tüketiminin sistemler bazındaki oranları Şekil 3.14’te gösterilmiştir.

Sera gazı emisyon hesaplaması yaparken elektrik için 0,617 kg eşdeğer CO₂/kWh ve doğal gaz için 0,234 kg eşdeğer CO₂/kWh değeri kullanılmıştır [59].

Yaşlı odasına sensörler yerleştirilerek içeride doğal aydınlatmadan maksimum tasarruf sağlanmıştır.

Çizelge 3.19 : İyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu

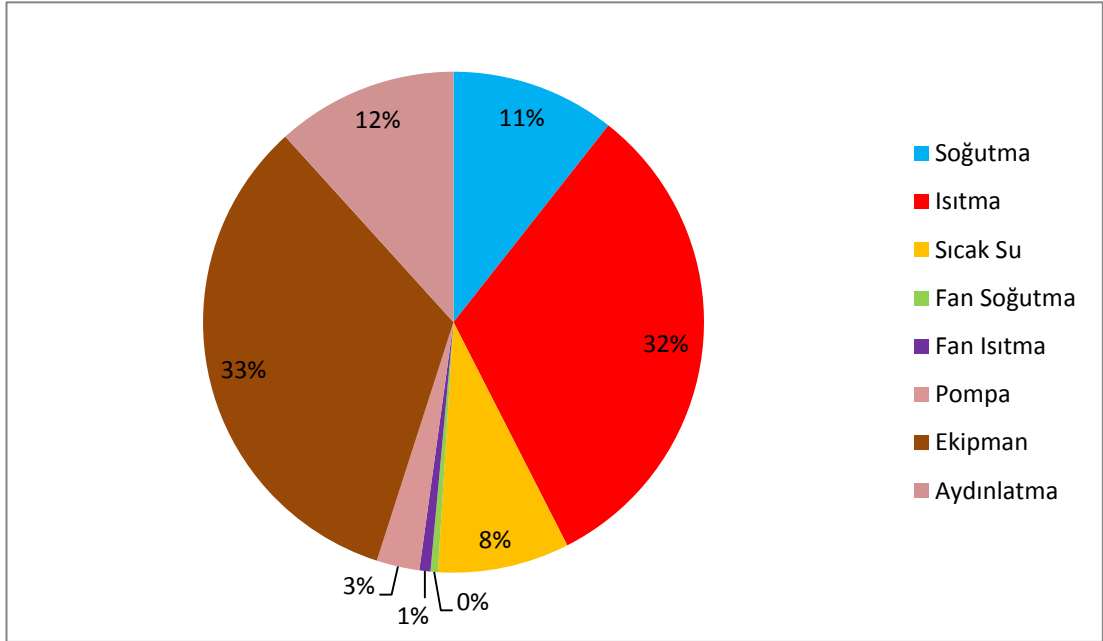
Soğutma (kWh/yıl)	Fan Soğutma (kWh/yıl)	Fan Isıtma (kWh/yıl)	Pompa (kWh/yıl)	Ekipman (kWh/yıl)	Aydınlatma (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
2.625	118	176	686	8.246	2.898	14.749	9,1

Çizelge 3.20 : İyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu

Isıtma (kWh/yıl)	Sıcak Su (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
7.888	2.102	9.990	2,34

Çizelge 3.21 : İyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu

Elektrik (kWh/yıl)	Doğal gaz (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
14.749	9.990	24.739	11,44



Şekil 3.14 : İyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık enerji tüketiminin sistem bazında dağılımı

3.3.3 Seçilen mahal için gün ışığı modellemesi çalışması

Çizelge 3.22 ve Çizelge 3.23'te seçilen iyileştirilmiş cam için örnek mahalın dört tipik gün için ortalama gün ışığı lüks seviyeleri gösterilmiştir. Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'da Çizelge 3.22 ve Çizelge 3.23'te gösterilen ortalama gün ışığı seviyeleri grafik olarak gösterilmiştir.

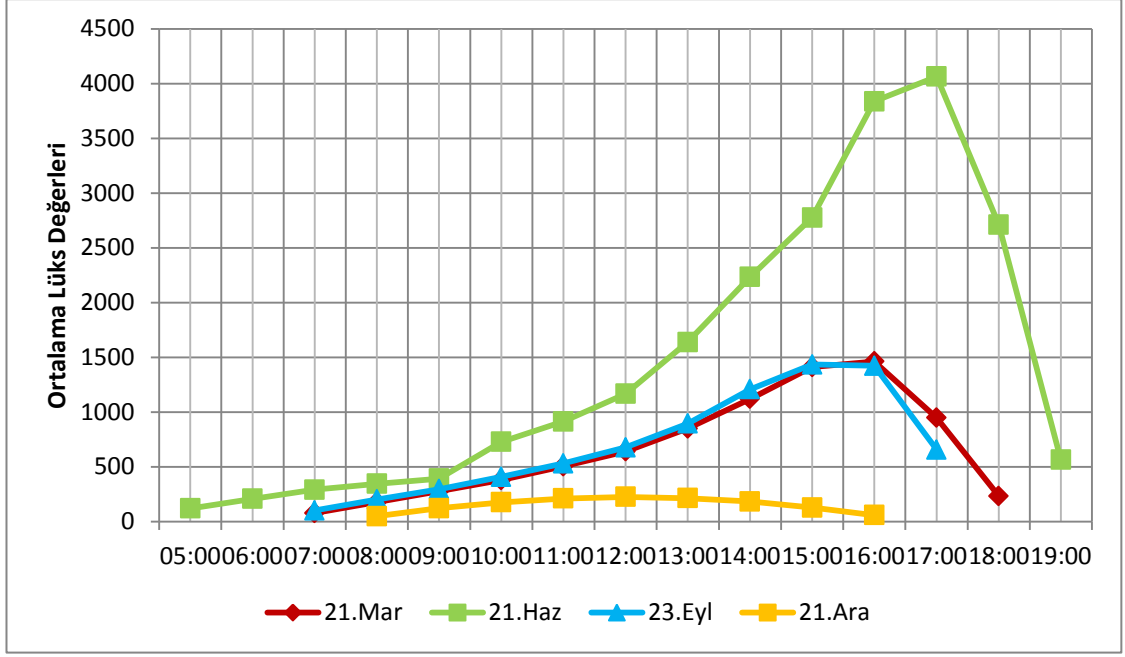
Doğal aydınlık düzeyi hesaplamalarında 21 Haziran için CIE Açık Gök, 21 Aralık için CIE Kapalı Gök ve 21 Mart ile 23 Eylül için CIE Ortalama Gök tiplerine göre hesaplama yapılmıştır.

Çizelge 3.22 ve Çizelge 3.23'te yeşil renk ile belirtilen değerler standartlarca kabul edilen dış zon için 500 lüks ve iç zon için 300 lüks değerlerini sağlayan saatleri göstermektedir. Güneşin olmadığı saatlerde hesaplama yapılmamış ve çizelgelerde “-” işareti ile gösterilmiştir. 5400 lüks kamaşma sınırının üzerindeki değerler kırmızı renk ile belirtilmiştir [60].

Ek C'de mevcut camın her bir durum için gün ışığı seviyesi 2-boyutta, Ek E'de ise 3-boyutta gösterilmiştir.

Çizelge 3.22 : Dört tipik gün için iyileştirilmiş camın iç zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri

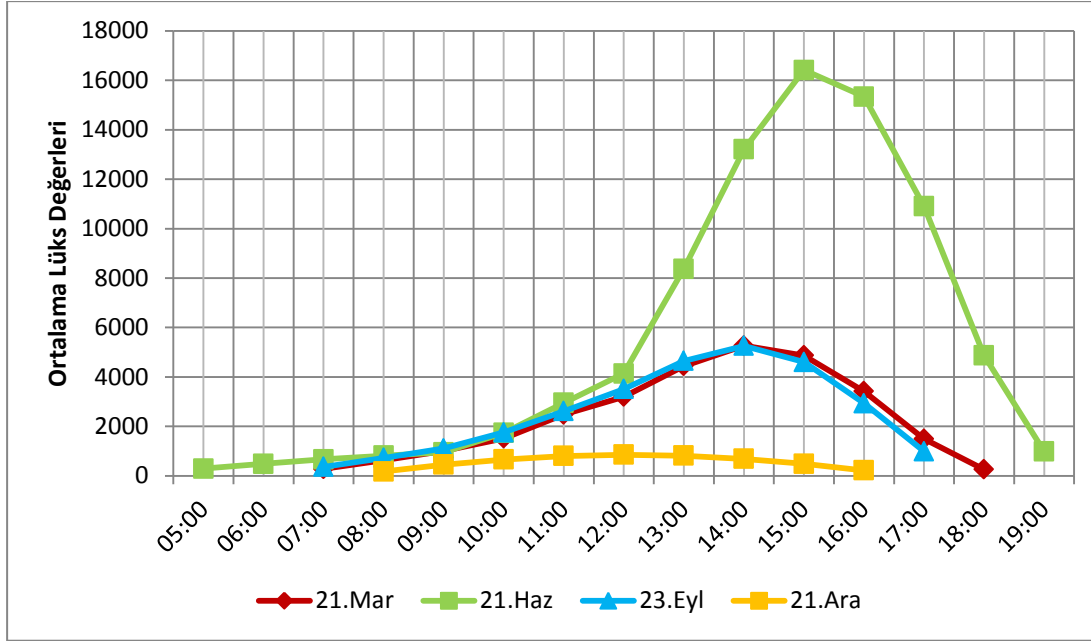
	05: 00	06: 00	07: 00	08: 00	09: 00	10: 00	11: 00	12: 00	13: 00	14: 00	15: 00	16: 00	17: 00	18: 00	19: 00
21 Ara.	-	-	-	48	121	175	211	225	214	183	127	58	-	-	-
23 Eylül	-	-	101	202	295	408	531	677	894	1.207	1.434	1.422	657	-	-
21 Haz.	120	208	291	345	392	728	913	1.167	1.639	2.234	2.776	3.837	4.064	2.711	565
21 Mart	-	-	77	177	277	379	505	641	849	1.120	1.411	1.462	948	233	-



Şekil 3.15 : Dört tipik gün için iyileştirilmiş camın iç zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri

Çizelge 3.23 : Dört tipik gün için iyileştirilmiş camın dış zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri

	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
21 Mart	-	-	282	638	1.013	1.515	2.485	3.198	4.444	5.268	4.869	3.418	1.499	264	-
21 Haz.	297	490	671	817	956	1.740	2.956	4.139	8.370	13.205	16.409	15.334	10.909	4.871	985
23 Eylül	-	-	364	727	1.107	1.757	2.621	3.510	4.653	5.260	4.602	2.937	996	-	-
21 Ara.	-	-	-	181	454	666	805	855	819	688	486	220	-	-	-



Şekil 3.16 : Dört tipik gün için iyileştirilmiş camın dış zonunda çeşitli saatlerdeki ortalama gün ışığı seviyeleri

3.4 Tartışma

Bu bölümde Yöntem 1, 2 ve 3'te yapılmış olan enerji ve gün ışığı modellemesi sonuçları karşılaştırılmıştır.

3.4.1 Tüm bina enerji modellemesi karşılaştırması

Çizelge 3.24 ve Şekil 3.17'de mevcut, standart ve iyileştirilmiş pencerelerin teknik özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.24 : Mevcut, standart ve iyileştirilmiş pencerelerin özellikleri

	U-değeri (W/m ² . K)	Gölgeleme Katsayısı	Görünür Gün Işığı Geçirgenliği
Mevcut Pencere	3,4	0,86	0,80
Standart Pencere	2,4	0,80	0,75
İyileştirilmiş Pencere	1,2	0,29	0,58

Çizelge 3.25'te mevcut ve standart pencere için tüm bina yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması, Çizelge 3.26'da mevcut ve standart pencere için tüm bina yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması, Çizelge

3.27’de ise mevcut ve standart pencere için tüm bina yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması vardır.

Çizelge 3.25 : Mevcut ve standart pencere için bina yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması

	Soğutma (kWh/yıl)	Fan (Soğutma + Isıtma) (kWh/yıl)	Pompa (kWh/yıl)	Ekipman (kWh/yıl)	Aydınlatma (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
Mevcut Pencere	916.680	464.292	329.111	2.561.860	1.335.546	5.607.489	3.459,82
Standart Pencere	856.244	449.243	291.385	2.561.860	1.152.724	5.31.456	3.277,17
Enerji Tasarrufu	%7	%3	%11	%0	%14	%5	

Çizelge 3.26 : Mevcut ve standart pencere için bina yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması

	Isıtma (kWh/yıl)	Sıcak Su (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
Mevcut Pencere	4.008.287	631.685	4.639.972	1.085,75
Standart Pencere	3.563.385	631.685	4.195.070	981,65
Enerji Tasarrufu	%11	%0	%10	

Çizelge 3.27 : Mevcut ve standart pencere için bina yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması

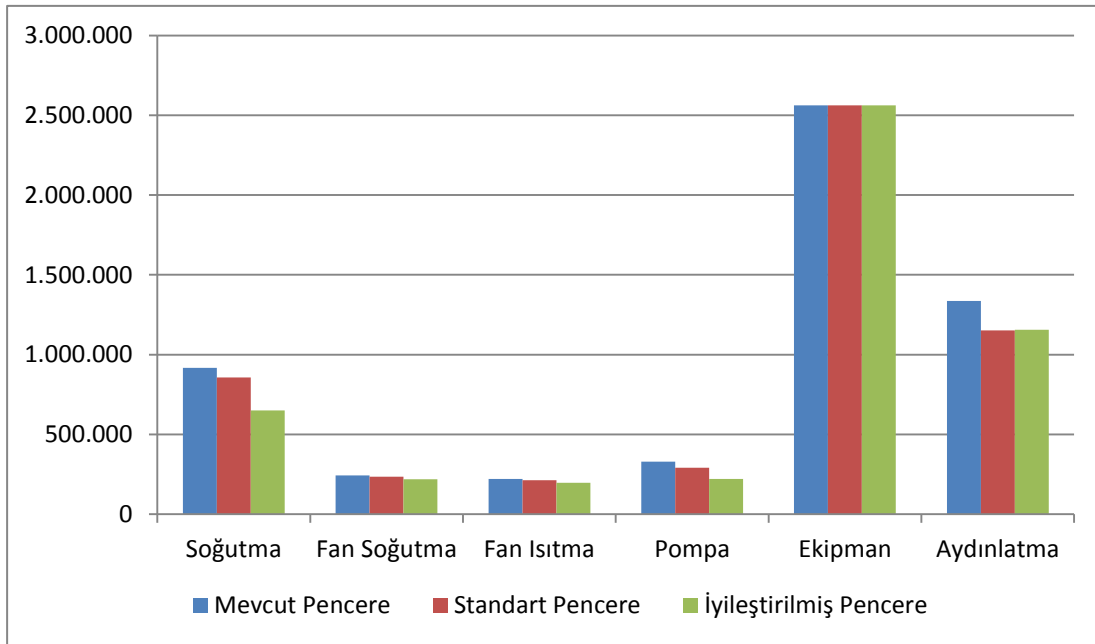
	Elektrik (kWh/yıl)	Doğal Gaz (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
Mevcut Pencere	5.607.489	4.639.972	10.247.461	4.545,57
Standart Pencere	5.311.456	4.195.070	9.506.526	4.258,82
Enerji Tasarrufu	%5	%10	%7	%6

Çizelge 3.28’de mevcut ve iyileştirilmiş pencere için tüm bina yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması, Çizelge 3.29’da mevcut ve iyileştirilmiş pencere

için tüm bina yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması, Çizelge 3.30'da ise mevcut ve iyileştirilmiş pencere için tüm bina yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması vardır. Şekil 3.17'de de her üç pencere için bina yıllık elektrik sarfiyatının, Şekil 3.18'de doğal gaz sarfiyatının ve Şekil 3.19'da ise toplam sarfiyatın karşılaştırılması grafik olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.28 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için bina yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması

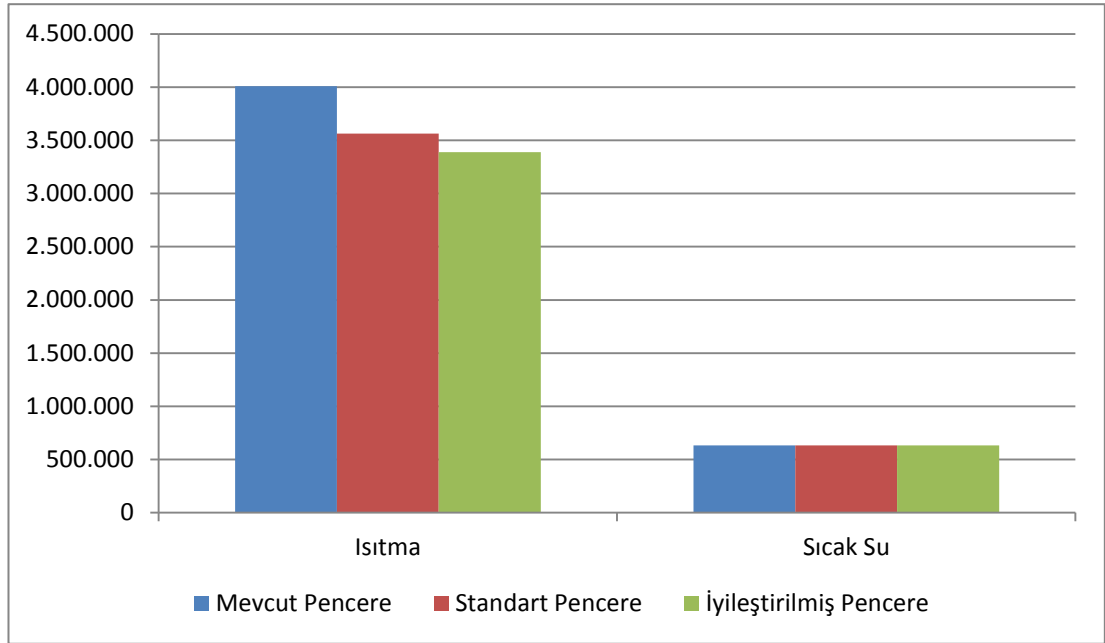
	Soğutma (kWh/yıl)	Fan (Soğutma + Isıtma) (kWh/yıl)	Pompa (kWh/yıl)	Ekipman (kWh/yıl)	Aydınlatma (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
Mevcut Pencere	916.680	464.292	329.111	2.561.860	1.335.546	5.607.489	3.459,82
İyileştirilmiş Pencere	651.616	416.521	221.257	2.561.860	1.156.240	5.007.494	3.089,62
Enerji Tasarrufu	%29	%10	%33	%0	%13	%11	



Şekil 3.17 : Her üç pencere için bina yıllık elektrik sarfiyatı karşılaştırması

Çizelge 3.29 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için bina yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması

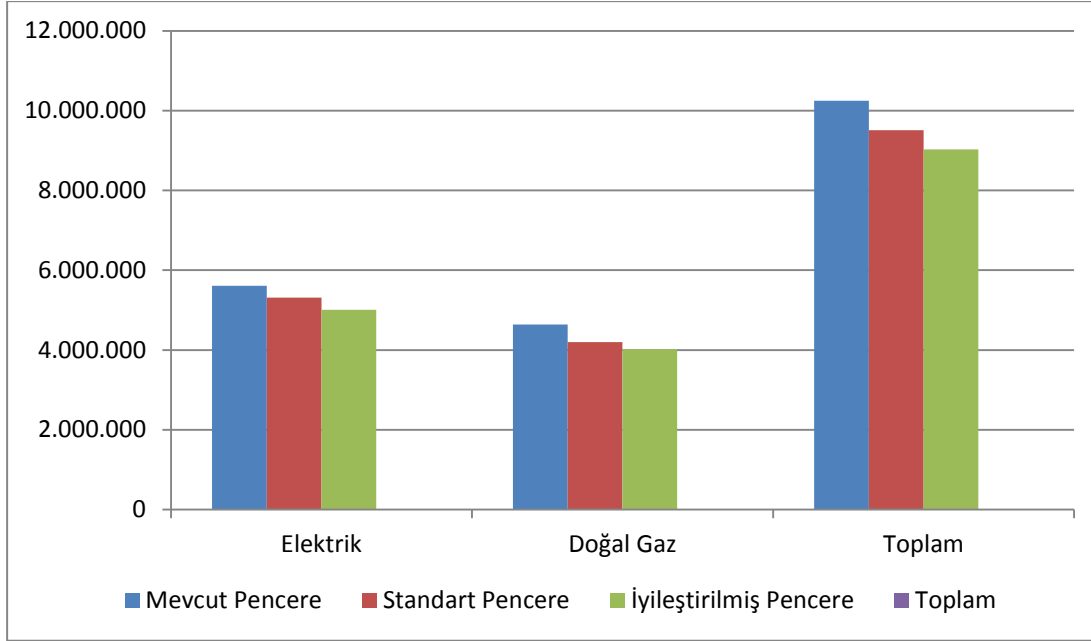
	Isıtma (kWh/yıl)	Sıcak Su (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
Mevcut Pencere	4.008.287	631.685	4.639.972	1.085,75
İyileştirilmiş Pencere	3.387.915	631.685	4.019.600	940,59
Enerji Tasarrufu	% 15	% 0	% 13	



Şekil 3.18 : Her üç pencere için bina yıllık doğal gaz sarfiyatı karşılaştırması

Çizelge 3.30 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için bina yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması

	Elektrik (kWh/yıl)	Doğal gaz (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
Mevcut Pencere	5.607.489	4.639.972	10.247.461	4.545,57
İyileştirilmiş Pencere	5.007.494	4.019.600	9.027.094	4.030,21
Enerji Tasarrufu	% 11	% 13	% 12	% 11



Şekil 3.19 : Her üç pencere için bina yıllık enerji sarfiyatı karşılaştırması

3.4.2 Seçilen mahalin enerji modellemesi karşılaştırması

Çizelge 3.31’de mevcut ve standart pencere için tüm bina yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması, Çizelge 3.32’de mevcut ve standart pencere için tüm bina yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması, Çizelge 3.33’te ise mevcut ve standart pencere için tüm bina yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması vardır.

Çizelge 3.31 : Mevcut ve standart pencere için seçilen mahalin yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması

	Soğutma (kWh/yıl)	Fan (Soğutma + Isıtma) (kWh/yıl)	Pompa (kWh/yıl)	Ekipman (kWh/yıl)	Aydınlatma (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
Mevcut Pencere	6.257	646	1.049	8.246	4.552	20.750	12,80
Standart Pencere	5.328	572	921	8.246	2.858	17.925	11,06
Enerji Tasarrufu	%15	%11	%12	%0	%37	%14	

Çizelge 3.32 : Mevcut ve standart pencere için seçilen mahalin yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması

	Isıtma (kWh/yıl)	Sıcak Su (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
Mevcut Pencere	10.133	2.102	12.235	2,86
Standart Pencere	8.642	2.102	10.744	2,51
Enerji Tasarrufu	%15	%0	%12	

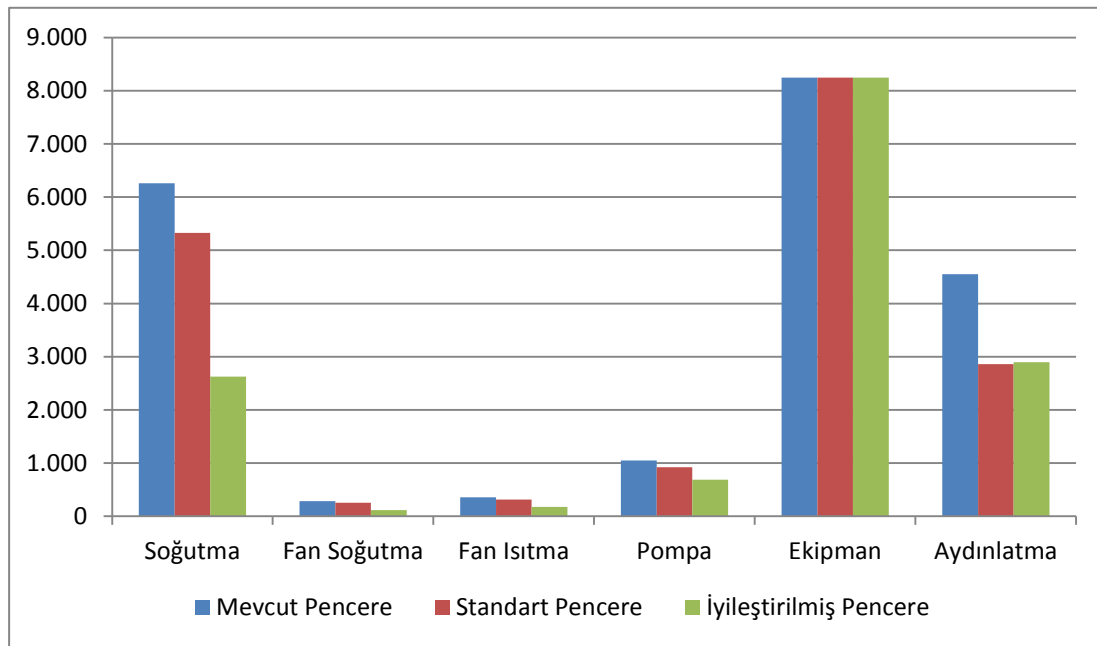
Çizelge 3.33 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için seçilen mahalin yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması

	Elektrik (kWh/yıl)	Doğal gaz (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
Mevcut Pencere	20.750	12.235	32.985	15,66
Standart Pencere	17.925	10.744	28.669	13,57
Enerji Tasarrufu	%14	%12	%13	%13

Çizelge 3.34’te mevcut ve iyileştirilmiş pencere için tüm bina yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması, Çizelge 3.35’te mevcut ve iyileştirilmiş pencere için tüm bina yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması, Çizelge 3.36’da ise mevcut ve iyileştirilmiş pencere için tüm bina yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması vardır. Şekil 3.20’de de her üç pencere için bina yıllık elektrik sarfiyatının, Şekil 3.21’de doğal gaz sarfiyatının ve Şekil 3.22’de ise toplam sarfiyatın karşılaştırılması grafik olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.34 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık elektrik sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması

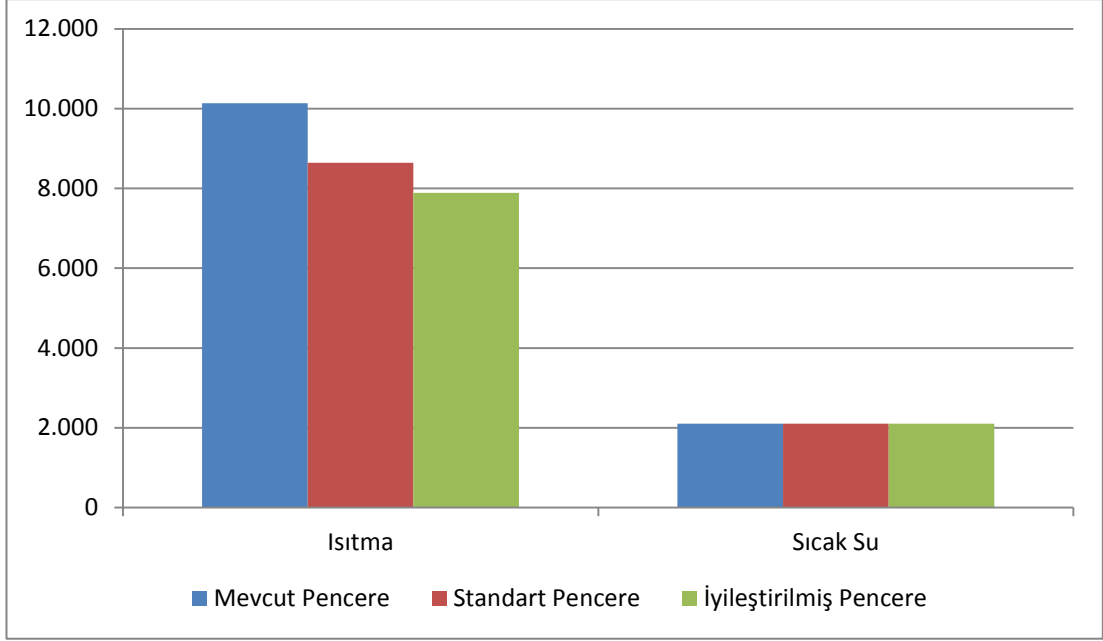
	Soğutma (kWh/yıl)	Fan (Soğutma + Isıtma) (kWh/yıl)	Pompa (kWh/yıl)	Ekipman (kWh/yıl)	Aydınlatma (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
Mevcut Pencere	6.257	646	1.049	8.246	4.552	20.750	12,80
İyileştirilmiş Pencere	2.625	294	686	8.246	2.898	14.749	9,1
Enerji Tasarrufu	%58	%54	%35	%0	%36	%29	



Şekil 3.20 : Her üç pencere için seçilen mahal yıllık elektrik sarfiyatı karşılaştırması

Çizelge 3.35 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık doğal gaz sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması

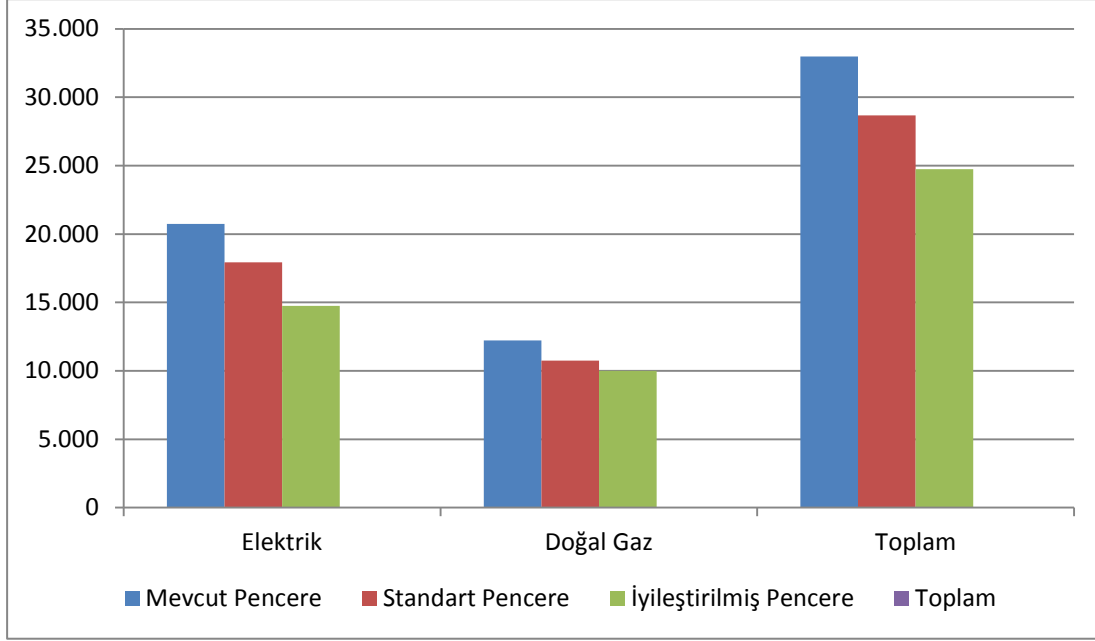
	Isıtma (kWh/yıl)	Sıcak Su (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
Mevcut Pencere	10.133	2.102	12.235	2,86
İyileştirilmiş Pencere	7.888	2.102	9.990	2,34
Enerji Tasarrufu	%22	%0	%18	



Şekil 3.21 : Her üç pencere için seçilen mahal yıllık doğal gaz sarfiyatı karşılaştırması

Çizelge 3.36 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın yıllık enerji sarfiyatı ve karbon emisyonu karşılaştırması

	Elektrik (kWh/yıl)	Doğal gaz (kWh/yıl)	Toplam (kWh/yıl)	Sera Gazı Emisyonu (ton/yıl)
Mevcut Pencere	20.750	12.235	32.985	15,66
İyileştirilmiş Pencere	14.749	9.990	24.739	11,44
Enerji Tasarrufu	%29	%18	%25	%27

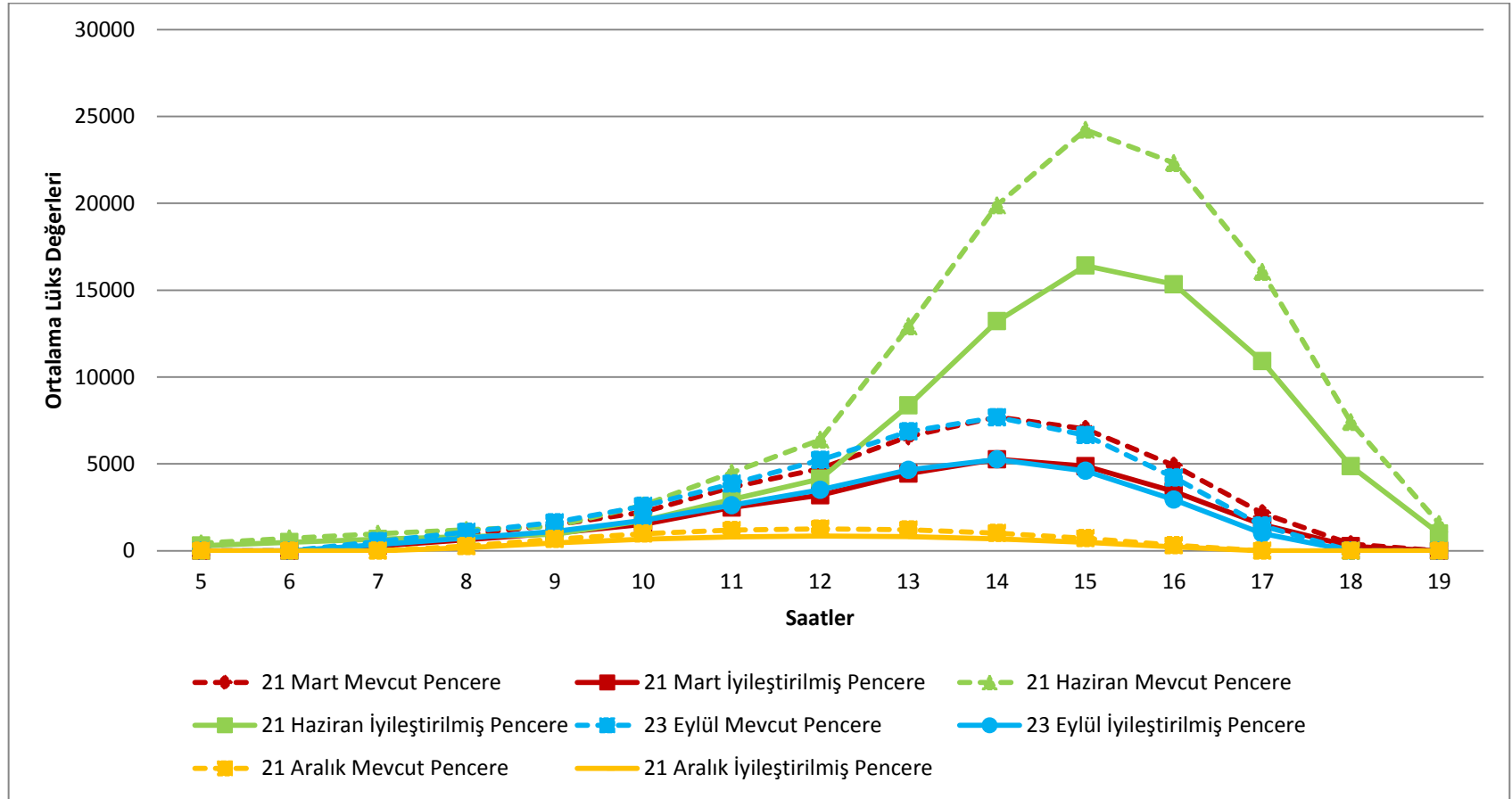


Şekil 3.22 : Her üç pencere için seçilen mahal yıllık enerji sarfıyatı karşılaştırması

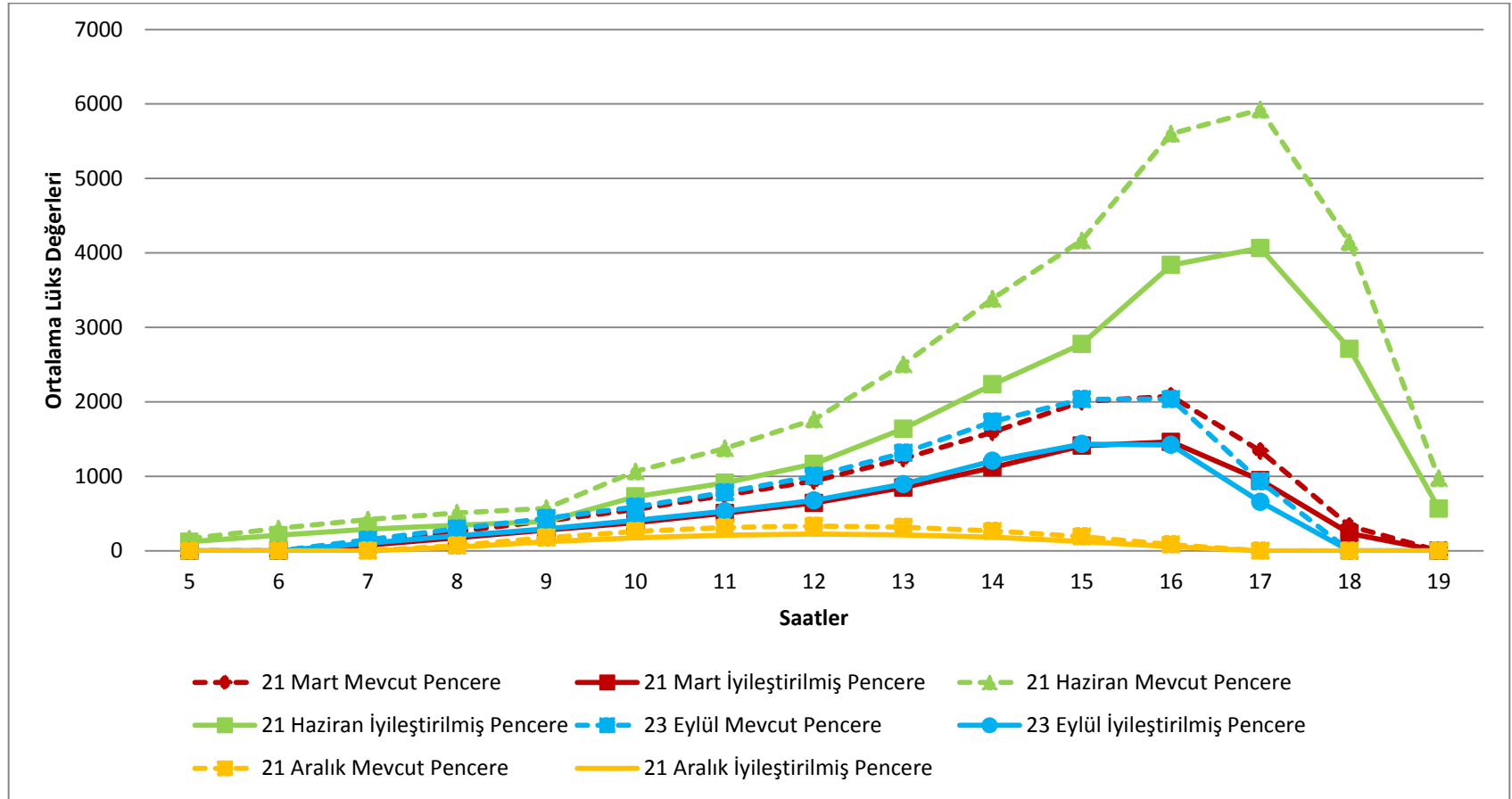
3.4.3 Seçilen mahal için gün ışığı modellemesi karşılaştırması

Şekil 3.19’da mevcut cam ve iyileştirilmiş cam için seçilen mahalın dış zonunun gün ışığı modellemesi sonuçları karşılaştırması ve Şekil 3.20’de mevcut cam ve iyileştirilmiş cam için seçilen mahalın iç zonunun gün ışığı modellemesi sonuçları karşılaştırması grafik olarak gösterilmiştir.

İyileştirilmiş pencere için mekandaki ortalama gün ışığı seviyesi ile mevcut penceredekinden ortalama olarak %30 daha azdır. Böylece kamaşmada azalma olmaktadır.



Şekil 3.23 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın dış zonunun gün ışığı modellemesi karşılaştırması



Şekil 3.24 : Mevcut ve iyileştirilmiş pencere için seçilen mahalın iç zonunun gün ışığı modellemesi karşılaştırması

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde yayınlanan yönetmeliklerde veya standartlarda özel ihtiyaçlar için konfor şartları tanımlanmamıştır. Ancak yurtdışında gerek yaşlı evleri gerekse de özel ihtiyacı bulunan kullanıcı tipleri için konfor şartları detaylı olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle bu tez çalışmasında yaşlı evi incelenirken yurtdışındaki standartlar ve yönetmelikler takip edilmiştir.

Çalışmada belirtilen konfor şartları değerleri ülkemizde bulunan bir yaşlı evi için yapılmıştır ve bu yaşlı evi için konfor şartlarının sağlanıp sağlanmadığı incelenmiştir.

Konfor şartlarını sağlamanın yanında bina enerji sarfiyatını azaltan bir pencere seçimi yapılması önem arz etmektedir. Bu tezin örnek çalışması olan yaşlı evinin mevcut pencere sistemi hem TS 825'te belirtilen pencere sistemi ile hem de yüksek performanslı bir pencere sistemi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde enerji tasarrufunda iyileşmenin olduğu görülmüştür.

Çalışmanın özeti olarak Çizelge 4.1'de mevcut, standart ve yüksek performanslı pencerelere ait U-değeri, gölgeleme katsayısı ve görünür gün ışığı geçirgenliği değeri gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : Mevcut, standart ve iyileştirilmiş pencerelerin özellikleri

	U-değeri (W/m ² .K)	Gölgeleme Katsayısı	Görünür Gün Işığı Geçirgenliği
Mevcut Pencere	3,4	0,86	0,80
Standart Pencere	2,4	0,80	0,75
İyileştirilmiş Pencere	1,2	0,29	0,58

Pencereler incelendiğinde TS 825'te belirtilen pencerenin teknik özellikleri ile mevcut koşullardaki pencerenin teknik özelliklerinin yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te her üç pencere için bina enerji tüketimleri karşılaştırması tablo olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 : Her üç pencere için bina elektrik tasarrufu karşılaştırılması

	Soğutma	Fan	Pompa	Ekipman	Aydınlatma	Toplam	Sera Gazı Emisyonu
Mevcut ve Standart Pencere	%7	%3	%11	%0	%14	%5	%5
Mevcut ve İyileştirilmiş Pencere	%29	%10	%33	%0	%13	%11	%11

Çizelge 4.3 : Her üç pencere için bina doğal gaz tasarrufu karşılaştırılması

	Isıtma	Sıcak Su	Toplam	Sera Gazı Emisyonu
Mevcut ve Standart Pencere	%11	%0	%10	%10
Mevcut ve İyileştirilmiş Pencere	%15	%0	%13	%13

Çizelge 4.4 : Her üç pencere için bina enerji tasarrufu karşılaştırılması

	Elektrik	Doğal gaz	Toplam	Sera Gazı Emisyonu
Mevcut ve Standart Pencere	%5	%10	%7	%6
Mevcut ve İyileştirilmiş Pencere	%11	%13	%12	%11

Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de her üç pencere için seçilen mahalın enerji tüketimleri karşılaştırması tablo olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 : Her üç pencere için seçilen mahalın elektrik tasarrufu karşılaştırılması

	Soğutma	Fan	Pompa	Ekipman	Aydınlatma	Toplam	Sera Gazı Emisyonu
Mevcut ve Standart Pencere	% 15	%11	%12	%0	%37	%14	% 14
Mevcut ve İyileştirilmiş Pencere	%58	%54	%35	%0	%36	%29	%29

Çizelge 4.6 : Her üç pencere için seçilen mahalın doğal gaz tasarrufu karşılaştırılması

	Isıtma	Sıcak Su	Toplam	Sera Gazı Emisyonu
Mevcut ve Standart Pencere	% 15	%0	% 12	% 12
Mevcut ve İyileştirilmiş Pencere	%22	%0	% 18	% 18

Çizelge 4.7 : Her üç pencere için seçilen mahalın enerji tasarrufu karşılaştırılması

	Elektrik	Doğal gaz	Toplam	Sera Gazı Emisyonu
Mevcut ve Standart Pencere	% 14	% 12	% 13	% 13
Mevcut ve İyileştirilmiş Pencere	%29	% 18	%25	%27

Tüm bina enerji tüketimi karşılaştırmasında mevcut pencere, TS 825'teki pencere ile karşılaştırıldığında %7'lik, yüksek performanslı pencere ile karşılaştırıldığında %12'lik enerji tasarrufu hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar güneybatı cephesindeki seçilen bir yaşam alanı için yapıldığında mevcut pencere ile TS 825'teki pencere arasında %13'lik, mevcut pencere ile yüksek performanslı pencere arasında ise %25'lik bir tasarruf söz konusudur. Gün ışığı modellemesinde ise mevcut pencere yerine yüksek performanslı pencere kullanıldığında mahaldeki gün ışığı seviyesi %32 oranında azalmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda yüksek performanslı

pencereler kullanıldığında hem tüm binadaki enerji tüketimi, hem de yaşam alanlarındaki kamaşmaya sebep olan yüksek seviyedeki gün ışığı azalmıştır.

Tezin sonucunda öneri olarak Türkiye’de özel kullanıcı tipleri için yurtdışı örneklerinde olduğu gibi iç mekan konfor şartlarının tanımlanması gerekmektedir. Yurtdışındaki standartlarda ısı konfor şartları için belirtilen kışın 21 °C ve yazın 24 °C sıcaklıkları ülkemizdeki yaşlı evleri için de uygulanabilir. Yaşam alanlarının aydınlık düzeyleri için ise yine yurtdışındaki standartlarda belirtilen 300 lüks ile okuma alanlarında 500 lüks değeri ülkemiz için de aynı şekilde uygulanabilir.

Günümüz koşulları dikkate alındığında TS825’te pencereler için tavsiye niteliğinde olan 1,8 W/m². K değerinin zorunlu değer olarak belirtilmelidir.

Hem konfor şartlarını sağlamak hem de enerji sarfiyatını azaltmak için bu tezde belirtilen yüksek performanslı pencere sistemi İstanbul ve benzeri iklim bölgelerinde uygulanabilir.

Tezde yüksek performanslı pencere seçimi yapılırken yaşlı evi binasının güneybatı cephesinde güneşe en fazla maruz kalan yaşlı odası incelenmiştir. Bu tezin bir sonraki aşamasında her bir cephe için uygun özelliğe sahip pencere seçimi yapılarak binanın enerji performansına etkisi araştırılmalıdır. Bunun sonucunda da optimum pencere seçiminin bina enerji performansına etkisi ortaya konulmuş olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Kavak K.** (2005). Dünyada ve Türkiye’de enerji verimliliği ve Türk sanayiinde enerji verimliliğinin incelenmesi, *T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü*, yayın no: DPT: 2689, Ankara.
- [2] **U.S. Department of Energy’s Energy Information Administration** (2005). Residential energy consumption survey, < <http://eia.gov/consumption/residential/data/2009/index.cfm?view=consumption#end-use>>, alındığı tarih 30.03.2013.
- [3] **Turan O.** (2004). Binalarda enerji verimliliğinin önemi ve çözüm önerileri, 23. *Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi*, EİEİ Genel Müdürlüğü (Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu) yayını, Ankara, 91-97.
- [4] **Keskin T.** (2000). Türkiye’de enerji verimliliği ve tasarruf potansiyeli, *World Energy Council Turkish National Committee Türkiye 8. Enerji Kongresi*, Ankara.
- [5] **TSE** (2008). *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı (TS 825)*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [6] **Sezer F.** (2005). Farklı cam türlerinin performans kriterlerinin incelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **Cilt 10, Sayı 1**, 2005.
- [7] **Narayan ve diğ.** (2006). Simulation strategies for healthcare design to achieve comfort and optimize building energy use, *SimBuild 2006 Proceedings*, Massachusetts.
- [8] **Savaşır ve Begeç** (2004). Giydirme cephelerde kullanılan camların ısı yalıtımı ve maliyet açısından performanslarının karşılaştırılması, *Çatı Cephe Fuarı*, İstanbul, 2-3 Nisan 2004.
- [9] **Tzempelikos ve diğ.** (2010). Indoor thermal environmental conditions near glazed facades with shading devices – Part II: Thermal comfort simulation and impact of glazing and shading properties, *Building and Environment*, **45**, 2517-2525.
- [10] **Omar ve Al-Ragom** (2002). On the effect of glazing and code compliance, *Applied Energy*, **71**, 75-86.
- [11] **Alvarez ve diğ.** (2001). Influence of thermal emittance on the performance of laminated solar control glazing, *Applied Energy*, **21**, 1813-1828.
- [12] **Nielsen ve diğ.** (2000). Energy performance of glazings and windows, *Solar Energy*, **69**, 137-143.
- [13] **Muneer ve Hawas** (1982). Optimum glazing combination for solar space heating, *Energy Conversion and Management*, **22**, 5-12.

- [14] **Robinson ve Littler** (1993). Thermal performance assessment of an advanced glazig system, *Solar Energy*, **50-2**, 129-134.
- [15] **Hutchins and Platzer** (1996). The thermal performance of advanced glazing materials, World Renewable Energy Congress.
- [16] **Cappelletti ve diğ.** (2013). Passive performance of glazed components in heating and cooling of an open-space office under controlled indoor thermal comfort, *Building and Environment*, **72**, 131-144.
- [17] **Ihm ve diğ.** (2011). Impact of window selection on the energy performance of residential buildings in South Korea, *Energy Policy*, **44**, 1-9.
- [18] **Sekhar ve Toon** (1998). On the study of energy performace and life cycle cost of smart window, *Energy and Buildings*, **28-3**, 307-316.
- [19] **Buratti ve diğ.** (2012). Unsteady simulation of energy performance and thermal comfort in non-residential buildings, *Building and Environment*, **59**, 482-491.
- [20] **Stegou-Sagia ve diğ.** (2007). The impact of glazing on energy consumption and comfort, *Energy Conversion and Management*, **48**, 2844-2852.
- [21] **Lim ve diğ.** (2012). Building facade design for daylighting quality in typical government office building, *Building and Environment*, **57**, 194-204.
- [22] **Bojic ve diğ.** (2001) Energy performance of windows in high-rise residential buildings in Hong Kong, *Energy and Buildings*, **34**, 71-82.
- [23] **Chan ve diğ.** (2009). Investigation on energy performance of double skin facade in Hong Kong, *Energy and Buildings*, **41**, 1135-1142.
- [24] **Urbikain ve Sala** (2008). Analysis of different models to estimate energy savings related to windws in residential buildings, *Energy and Buildings*, **41**, 687-695.
- [25] **Clarke ve diğ.** (1998). Assessing the overall performance of advanced glazing systems, *Solar Energy*, **Vol.63, No.4**, 231-241.
- [26] **SHÇEK Genel Müdürlüğü** (2008). *Özel Huzurevleri İle Huzurevi Yaşlı Bakım Merkezleri Yönetmeliği*, T.C. Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı Özürlü ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [27] **ASHRAE Standard 170** (2008). *Ventilation of Health Care Facilities*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Ins., Atlanta.
- [28] **AIA** (2001). *Guidelines for Design and Construction of Hospitals and Healthcare Facilities*, The American Institute of Architects Academy of Architecture for Health, Washington D.C.
- [29] **ASHRAE Handbook** (2013). *ASHRAE Handbook Fundamentals*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Ins., Atlanta.
- [30] **EN-15251** (2007). *Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings Addressing Indoor Air Quality, Thermal Environment, Lighting and Acoustics*, European Committee of Standardization, Brussels.

- [31] **EN-12464-1** (2002). *Light and Lighting – Lighting of Workplaces – Part I: Indoor Work Places*, European Committee of Standardization, Brussels.
- [32] **ANSI/IES RP-28-07** (2007). *Recommended Practices for Lighting and the Visual Environment for Senior Living*, Illuminating Engineering Society.
- [33] **IESNA Lighting Handbook** (2011). *Lighting Handbook Reference & Application*, Illuminating Engineering Society, 10th Edition
- [34] **Care Homes for Older People** (2006). National Minimum Standards for *Care Homes for Older People*, Department of Health, 3rd Edition.
- [35] **Trakya Cam** (2014). <<http://www.trakyacam.com.tr/PerformansHesaplayici/Default.aspx?lang=TR>>, alındığı tarih 20.02.2014.
- [36] **Maile ve diğ.** (2007). Building energy performance simulation tools – A life-cycle and interoperable perspective, *CIFE Working Paper, WP107*, Center for Integrated Facility Engineering Civil and Environmental Dept., Stanford University.
- [37] **Birdsall ve diğ.** (1990). Overview of the DOE-2 building energy analysis program, Version 2.1D, *Lawrence Berkeley Laboratory LBL-19735-Rev.1*, Berkeley, CA, 53.
- [38] **DOE Engineering Manual** (1982). *DOE-2 Engineers Manual*, Energy and Environment Division Building Energy Simulation Group Lawrence Berkeley Laboratory and Group Q-11, Solar Energy Group, Energy Division Los Alamos National Laboratory.
- [39] **DOE Reference Manual** (1980). *DOE-2.1 Reference Manual*, Los Alamos Scientific Laboratory Report LA-7689-M {Report LBL-8706, Rev.1, Lawrence Berkeley Laboratory}.
- [40] **Stephenson ve Mitalas** (1967). Cooling load calculations by thermal response factor method, *ASHRAE Transactions, 73, Part I*.
- [41] **Mitalas ve Stephenson** (1967). Room thermal response factors, *ASHRAE Transactions, Part I*.
- [42] **eQUEST Introductory Tutorial** (2010). *eQUEST Introductory Tutorial, Version 3.64*, James J Hirsch & Associates, Camarillo.
- [43] **Ecotect Analysis Broşür** (2013). Autodesk Ecotect Analysis Broşür, <<http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/>>, alındığı tarih 11.12.2013.
- [44] **Ecotect** (2013). Ecotect Nedir?, < http://www.sayisalgrafik.com.tr/Urunler/yapitasarimi/autodesk-ecotect-analysis/autodesk-ecotect-analysis-nedir-ozellikler/2010-ozellikleri_896.aspx>, alındığı tarih 12.11.2013.
- [45] **Mistrick G.** (2000). *Desktop Radiance Overview*, The Pennsylvania State University, Pasific Gas & Electric, USA, <<http://radsite.lbl.gov/deskrad/download.htm>>.
- [46] **Gregory W.** (1994). The Radiance Lighting Simulation and Rendering System, 1994 *SIGGRAPH Conference*, 459-72.

- [47] **Chadwell R.** (1997). The Radiance Lighting Simulation and Rendering System, <<http://radsite.lbl.gov/radiance/refer/long.html#TableofContents>>, alındığı tarih 02.12.2013.
- [48] **Gregory ve diğ.** (1988). A ray tracing solution for diffuse interreflection, *Computer Graphics*, **Vol. 22, No. 4**.
- [49] **Işın İzleme** (2013). <http://tr.wikipedia.org/wiki/I%C5%9F%C4%B1n_izleme>, alındığı tarih 05.12.2013.
- [50] **Çelebi Z.** (2007). *Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Bilgisayar Programları Üzerine Bir İnceleme*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [51] **Eşsiz Ö.** (2004). Teknolojinin cam cephe panellerine getirdiği yenilikler, *Çatı Cephe Fuarı*, İstanbul, 23 Nisan 2004.
- [52] **Marko ve Braun** (1994). *Thermal Use of Solar Energy in Buildings*, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, 113-178.
- [53] **Eşsiz Ö.** (1997). *İleri Teknoloji Yapıların ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi*, Mimar Sinan Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [54] **Kazanasmaz ve Diler** (2011). Gelişmiş cam teknolojileri ile enerji etkinliğinin değerlendirilmesi, 2. *Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi*, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası.
- [55] **Akyürek Y.** (1993). Mimari cam konusundaki yenilikler, *Dizayn Konstrüksiyon Dergisi*, **92**, 29-33.
- [56] **NFRC Technical Document 300** (2010). *Test Method for Determining the Solar Optical Properties of Glazing Materials and Systems*, National Fenestration Rating Council, Inc, MD.
- [57] **Finlayson ve Arasteh** (1993). WINDOW 4.0: Documentation of calculation procedures, *Publication LBL-33943/UC-350*, Lawrence Berkeley Laboratory, Energy & Environment Division, Berkeley, CA.
- [58] **Wright L.** (1995). *VISION4 glazing system thermal analysis: Reference manual advanced glazing system laboratory*, University of Waterloo.
- [59] **BEP** (2008). *Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği*, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- [60] **LEED** (2009). *LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction*, U.S. Green Building Council, Washington D.C.

EKLER

EK A: Güneşin bir yıldaki dört tipik gün için konumu ve gölgesi

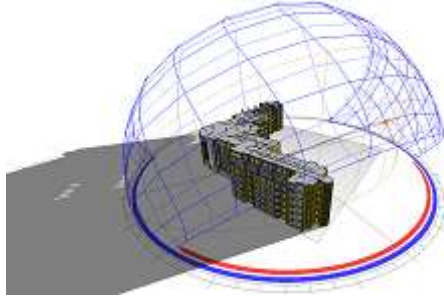
EK B: Mevcut camın her bir durum için 2-boyutta gün ışığı dağılımı

EK C: Yeni camın her bir durum için 2-boyutta gün ışığı dağılımı

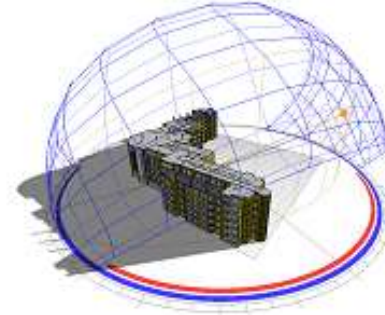
EK D: Mevcut camın her bir durum için 3-boyutta gün ışığı dağılımı

EK E: Yeni camın her bir durum için 3-boyutta gün ışığı dağılımı

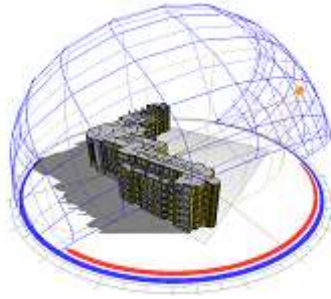
EK A



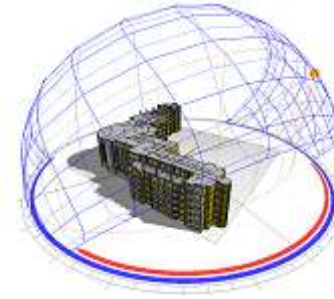
Şekil 4.1 : 21 Mart saat 07:00



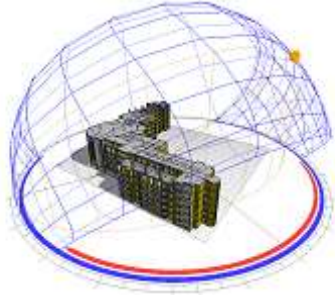
Şekil 4.2 : 21 Mart saat 08:00



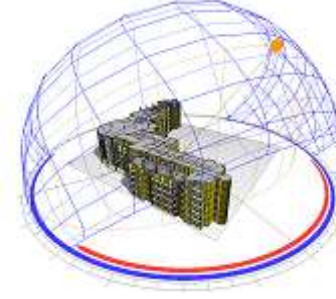
Şekil 4.3 : 21 Mart saat 09:00



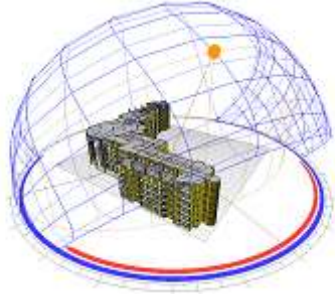
Şekil 4.4 : 21 Mart saat 10:00



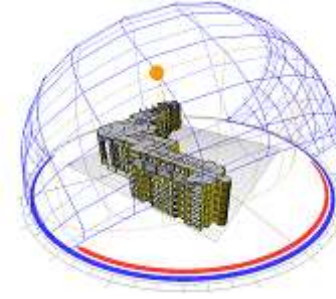
Şekil A.5 : 21 Mart saat 11:00



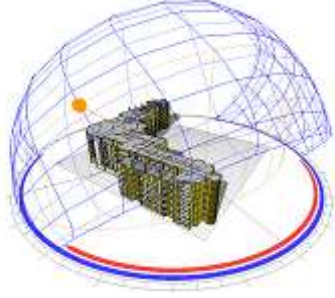
Şekil A.6 : 21 Mart saat 12:00



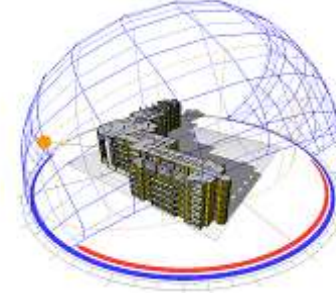
Şekil A.7 : 21 Mart saat 13:00



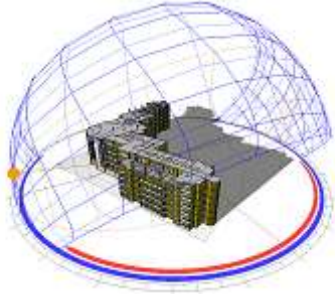
Şekil A.8 : 21 Mart saat 14:00



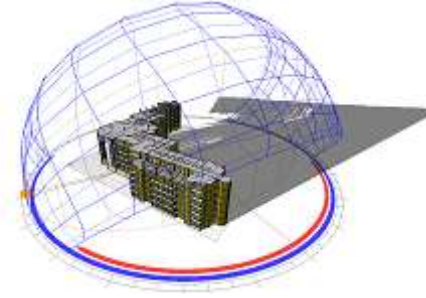
Şekil A.9 : 21 Mart saat 15:00



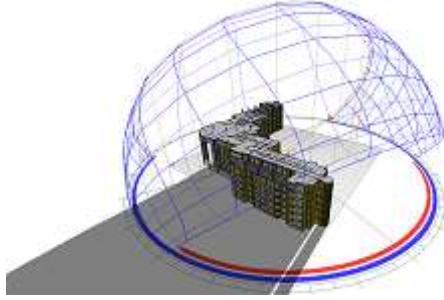
Şekil A.10 : 21 Mart saat 16:00



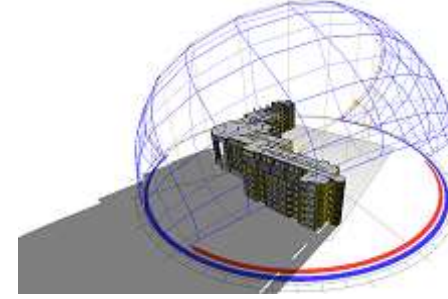
Şekil A.11 : 21 Mart saat 17:00



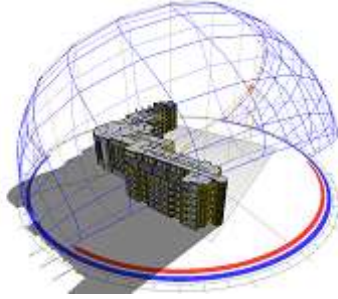
Şekil A.12 : 21 Mart saat 18:00



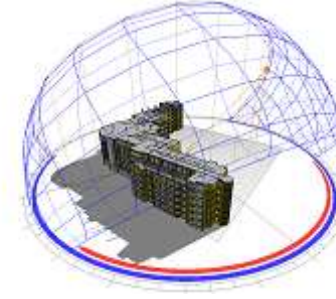
Şekil A.13 : 21 Haziran saat 05:00



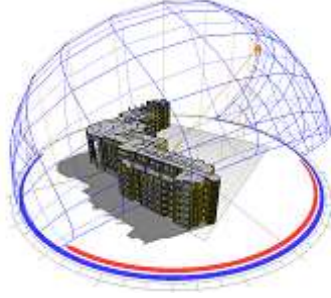
Şekil A.14 : 21 Haziran saat 06:00



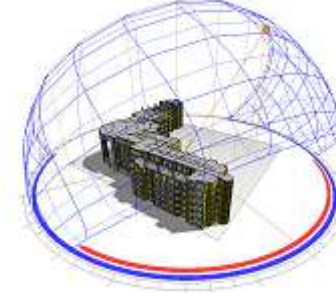
Şekil A.15 : 21 Haziran saat 07:00



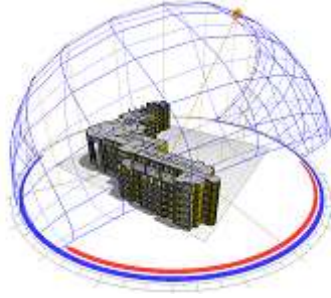
Şekil A.16 : 21 Haziran saat 08:00



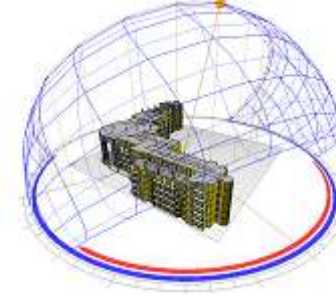
Şekil A.17 : 21 Haziran saat 09:00



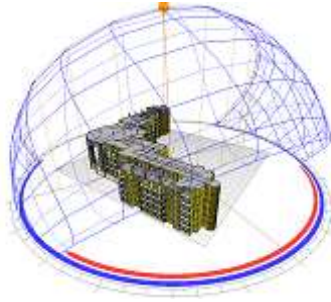
Şekil A.18 : 21 Haziran saat 10:00



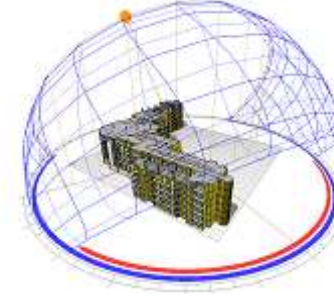
Şekil A.19 : 21 Haziran saat 11:00



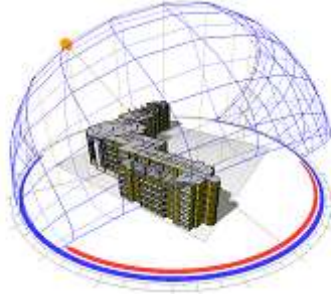
Şekil A.20 : 21 Haziran saat 12:00



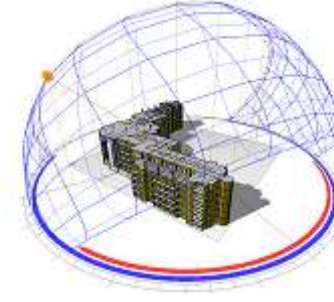
Şekil A.21 : 21 Haziran saat 13:00



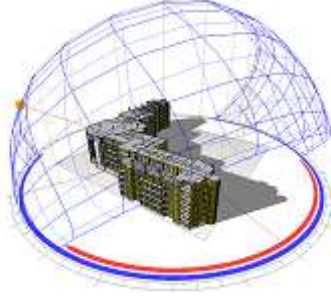
Şekil A.22 : 21 Haziran saat 14:00



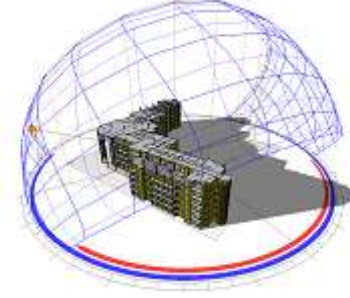
Şekil A.23 : 21 Haziran saat 15:00



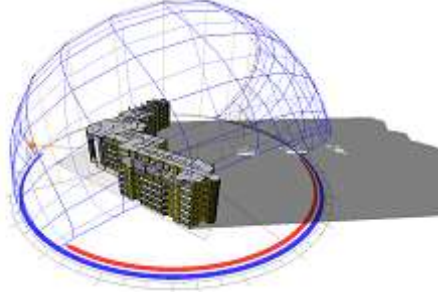
Şekil A.24 : 21 Haziran saat 16:00



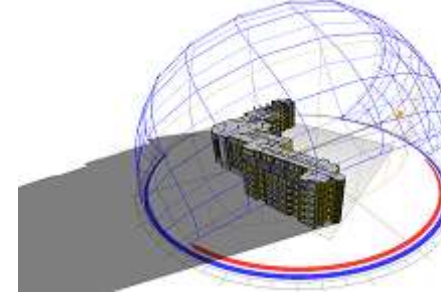
Şekil A.25 : 21 Haziran saat 17:00



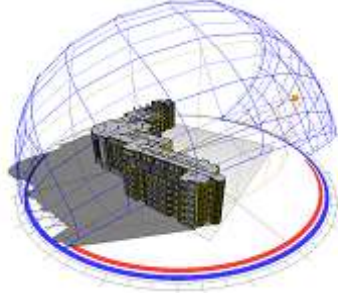
Şekil A.26 : 21 Haziran saat 18:00



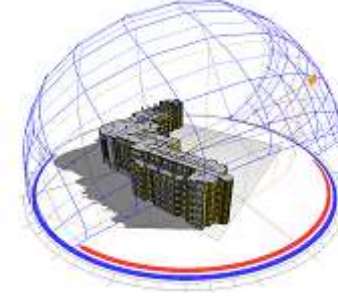
Şekil A.27 : 21 Haziran saat 19:00



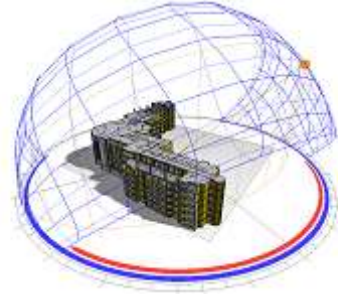
Şekil A.28 : 23 Eylül saat 07:00



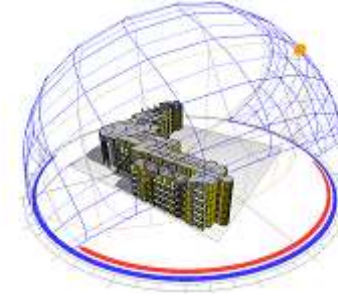
Şekil A.29 : 23 Eylül saat 08:00



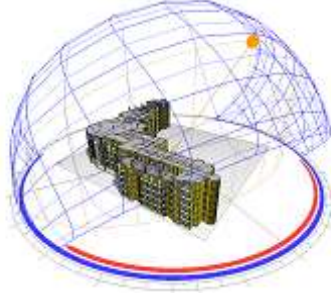
Şekil A.30 : 23 Eylül saat 09:00



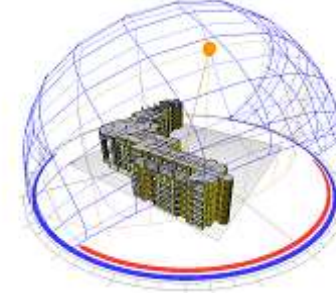
Şekil A.31 : 23 Eylül saat 10:00



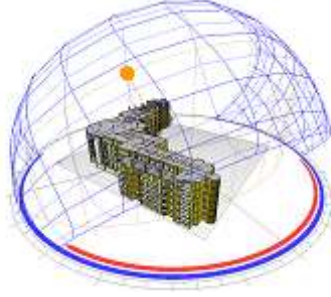
Şekil A.32 : 23 Eylül saat 11:00



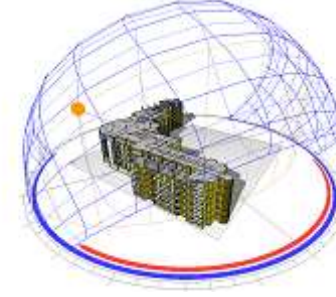
Şekil A.33 : 23 Eylül saat 12:00



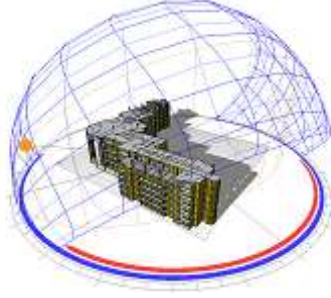
Şekil A.34 : 23 Eylül saat 13:00



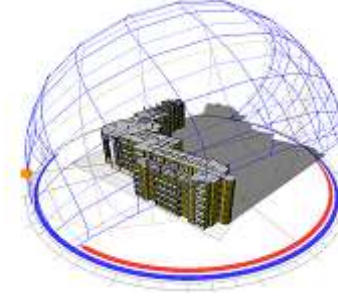
Şekil A.35 : 23 Eylül saat 14:00



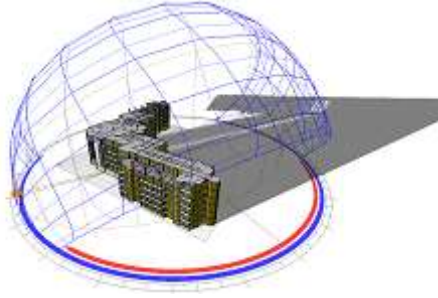
Şekil A.36 : 23 Eylül saat 15:00



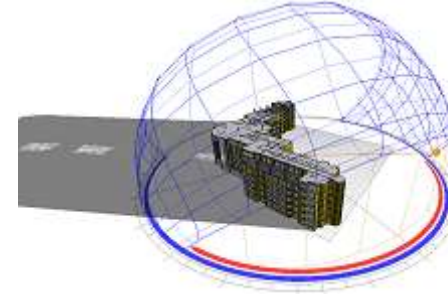
Şekil A.37 : 23 Eylül saat 16:00



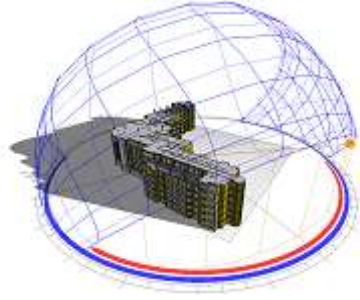
Şekil A.38 : 23 Eylül saat 17:00



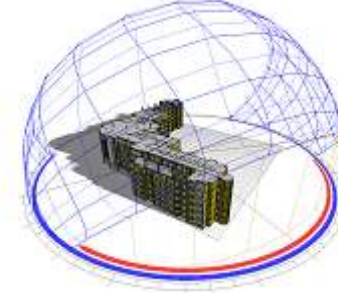
Şekil A.39 : 23 Eylül saat 18:00



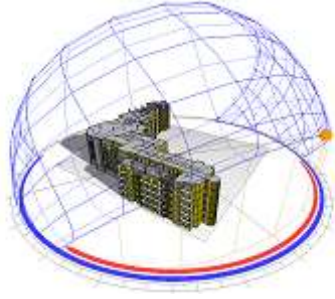
Şekil A.40 : 21 Aralık saat 08:00



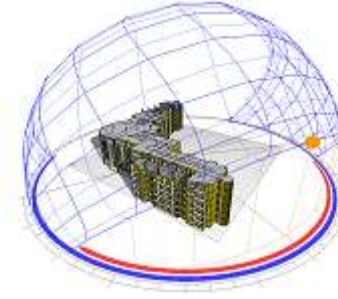
Şekil A.41 : 21 Aralık saat 09:00



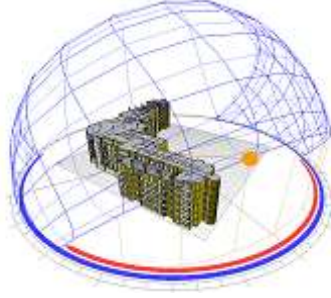
Şekil A.42 : 21 Aralık saat 10:00



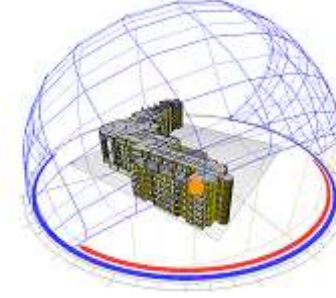
Şekil A.43 : 21 Aralık saat 11:00



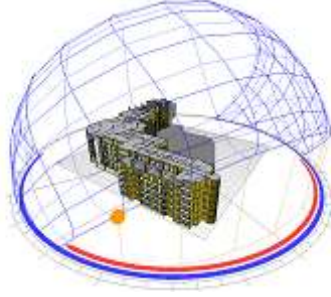
Şekil A.44 : 21 Aralık saat 12:00



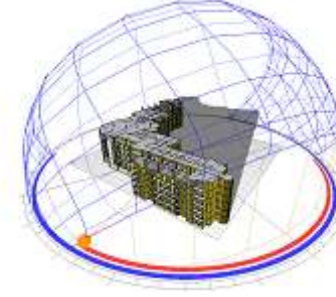
Şekil A.45 : 21 Aralık saat 13:00



Şekil A.46 : 21 Aralık saat 14:00



Şekil A.47 : 21 Aralık saat 15:00

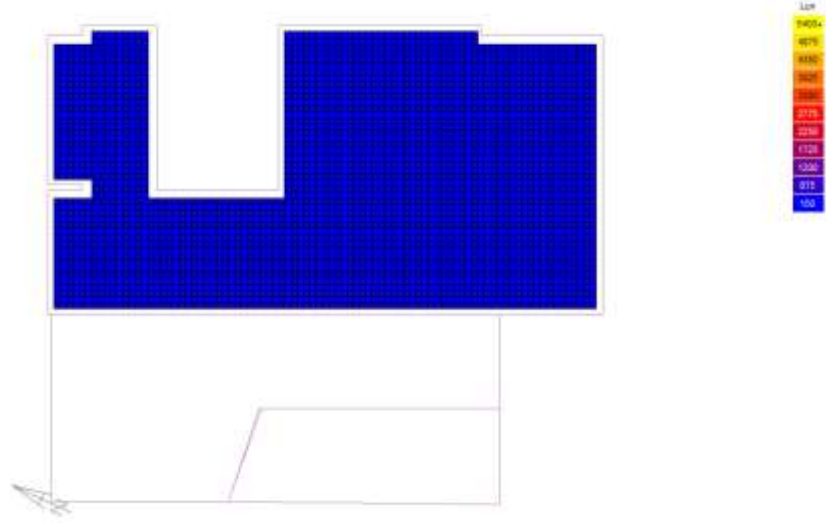


Şekil A.48 : 21 Aralık saat 16:00

EK B

Analysis Grid

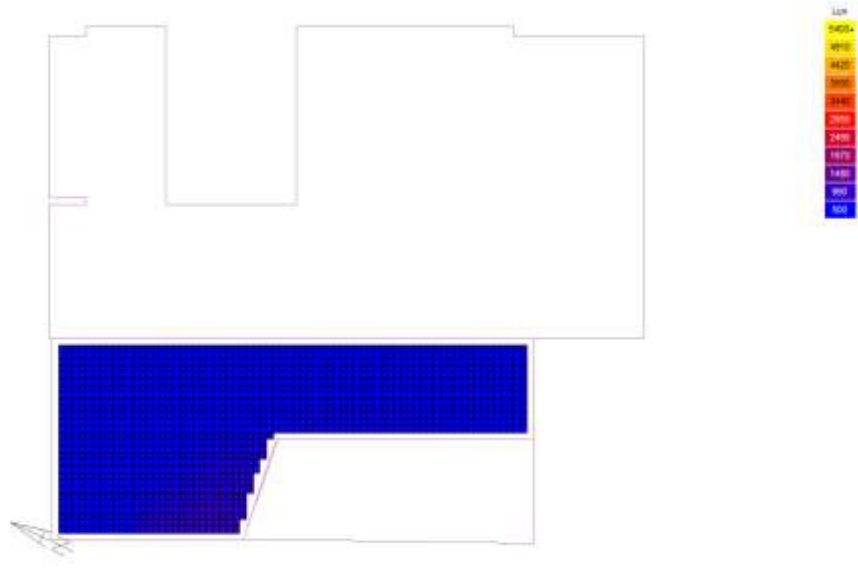
RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@80076716



Şekil B.1 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 07:00

Analysis Grid

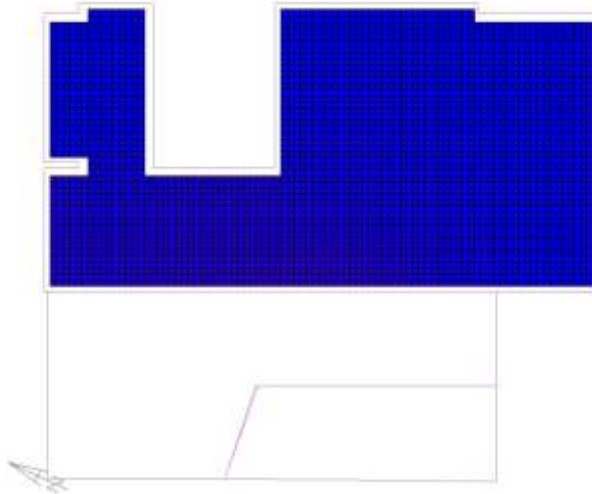
RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@80076716



Şekil B.2 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 07:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 156 - 5406 Lux
©2007ECDF

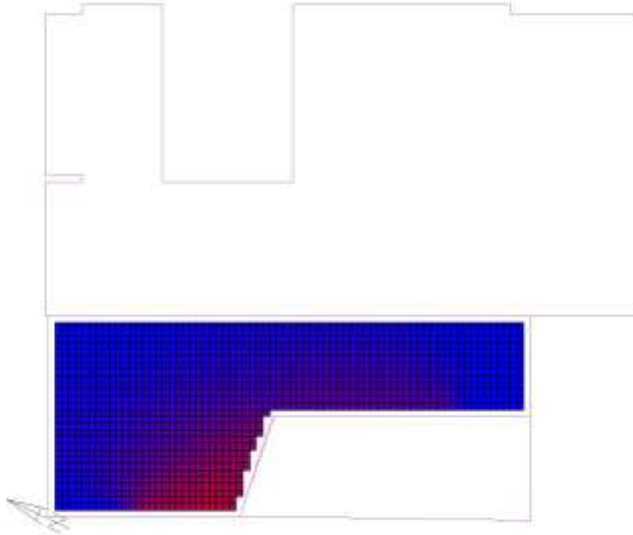


Average Value: 261.33 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil B.3 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 08:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 506 - 5406 Lux
©2007ECDF

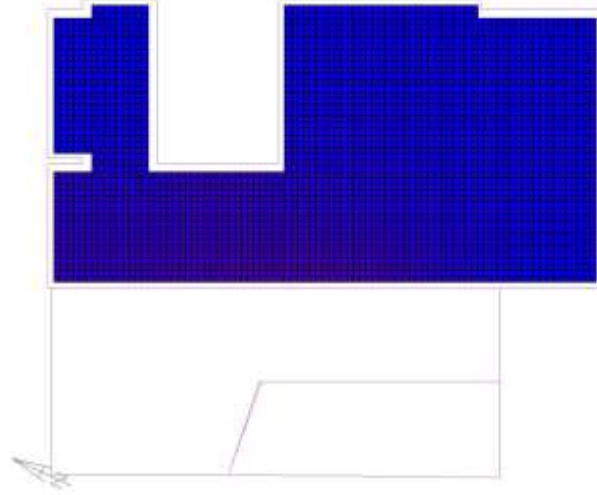


Average Value: 940.01 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.4 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 08:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@60078714

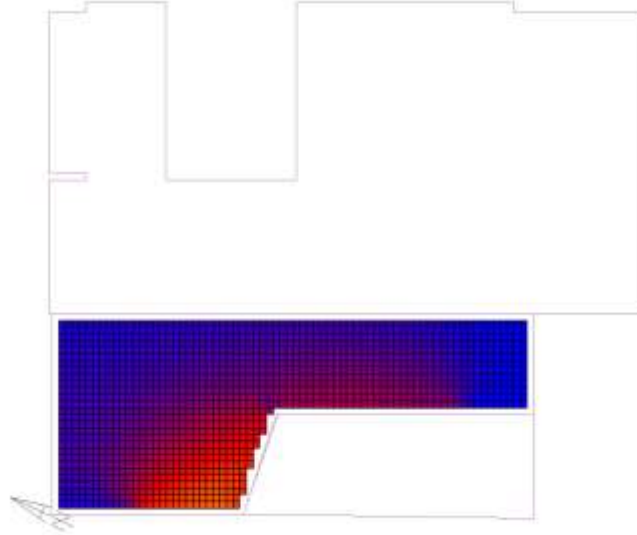


Average Value: 400.43 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil B.5 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 09:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@60078714

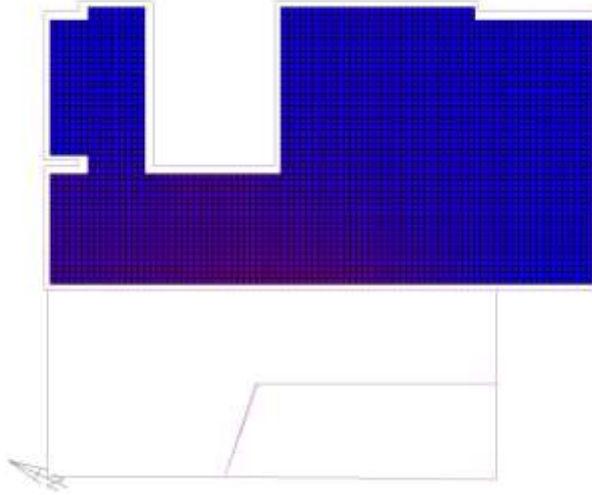


Average Value: 1407.14 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.6 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 09:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 156 - 5406 Lux
©2007ECDF

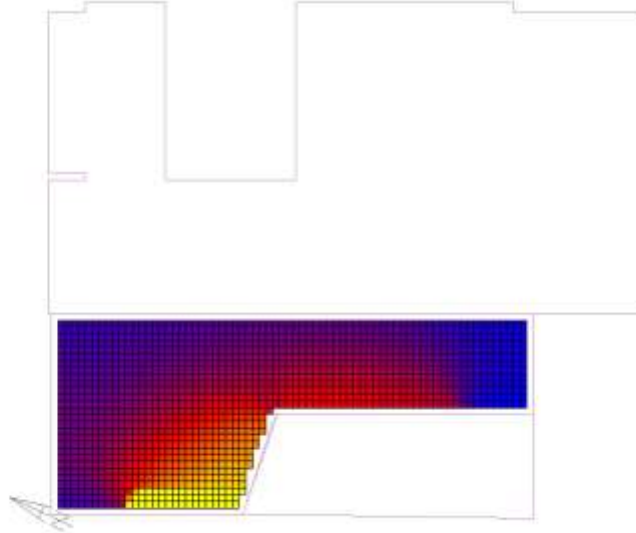


Average Value: 552.65 Lux
Visible Nodes: 2418

Şekil B.7 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 10:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 506 - 5406 Lux
©2007ECDF

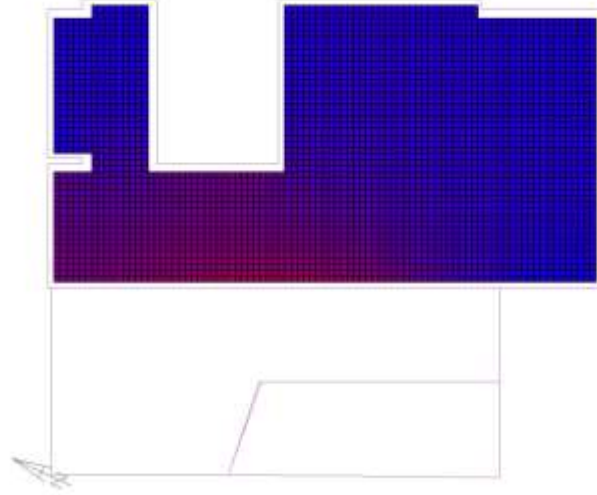


Average Value: 2224.22 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.8 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 10:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
@E0070C7#

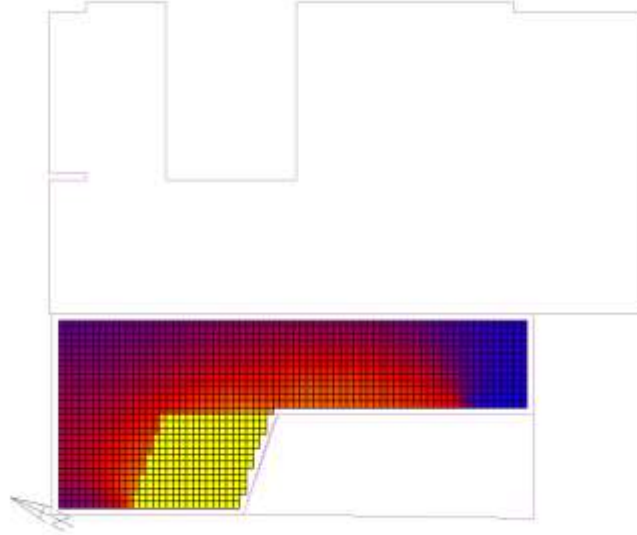


Average Value: 744.54 Lux
Visible Nodes: 2413

Şekil B.9 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 11:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@E0070C7#

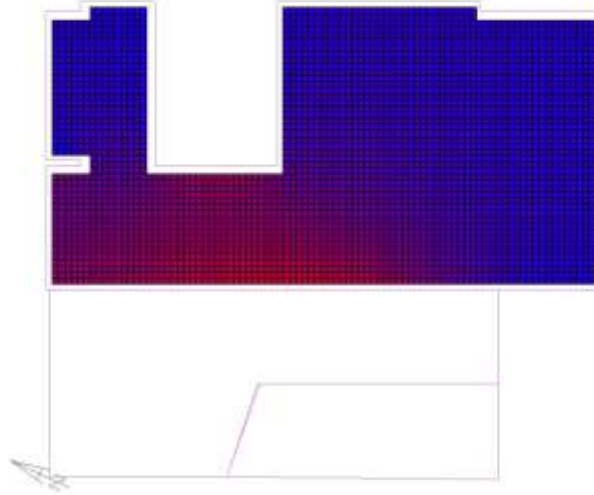


Average Value: 3662.77 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.10 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 11:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©ECOTECT®

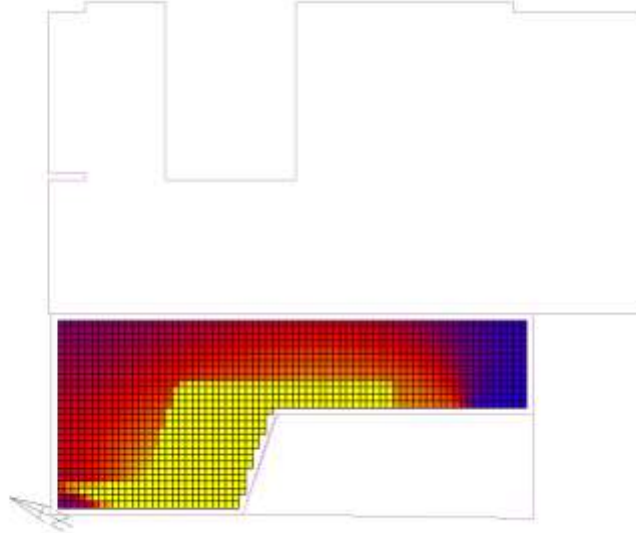


Average Value: 937.41 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil B.11 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 12:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©ECOTECT®

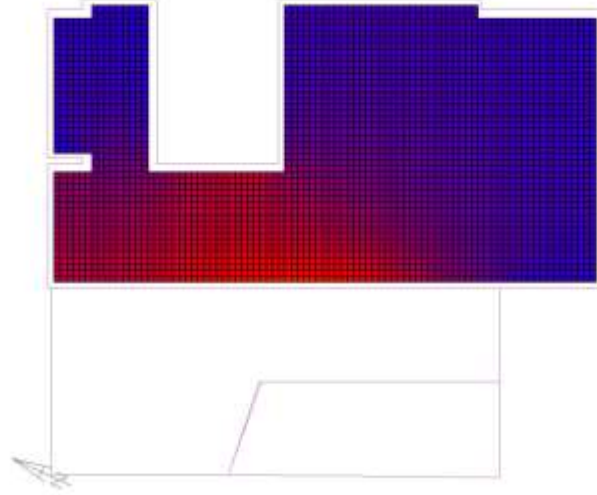


Average Value: 4724.35 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.12 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 12:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@600750716

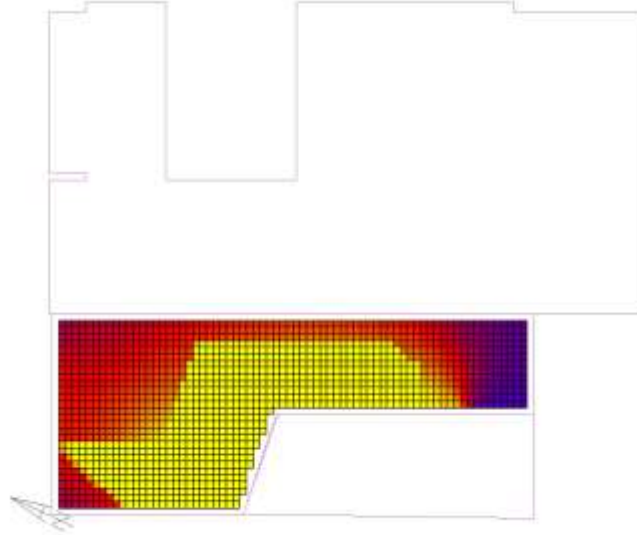


Average Value: 1230.96 Lux
Visible Nodes: 3415

Şekil B.13 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 13:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@600750716

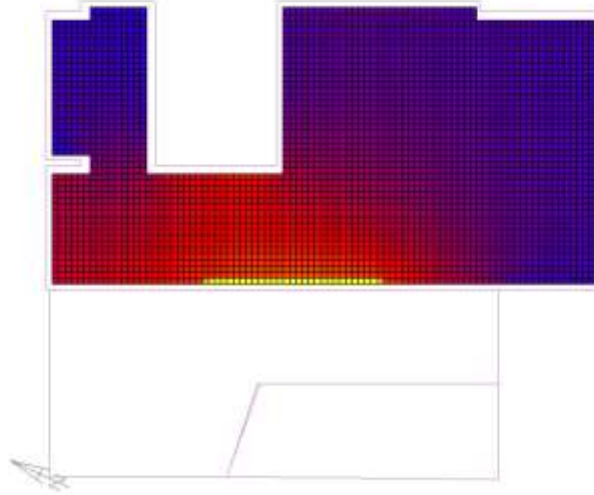


Average Value: 8501.04 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.14 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 13:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECTA

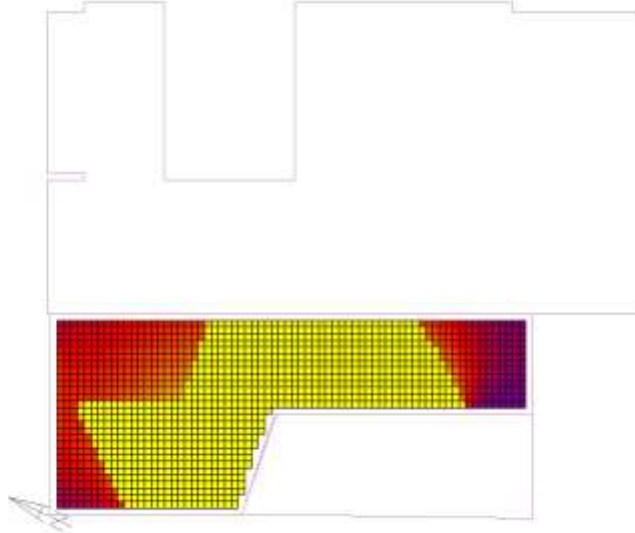


Average Value: 1592.55 Lux
Visible Nodes: 2413

Şekil B.15 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 14:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECTA

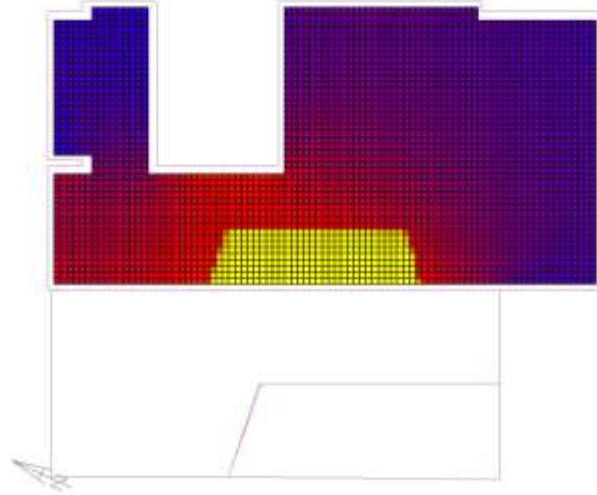


Average Value: 7029.29 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.16 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 14:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@ 60078071#

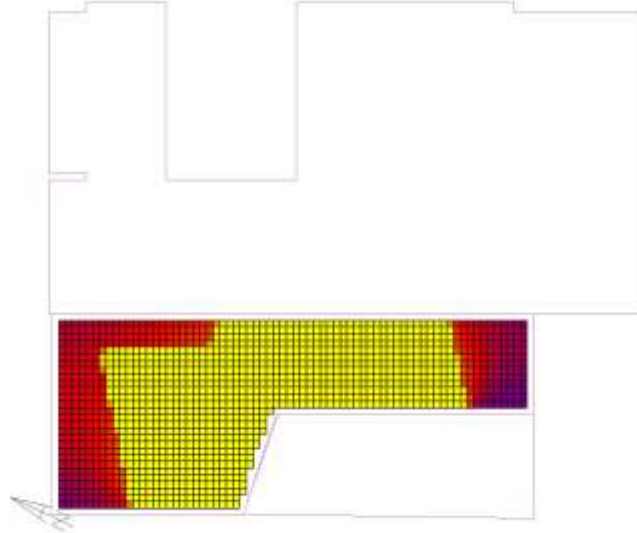


Average Value: 2002.66 Lux
Visible Nodes: 2415

Şekil B.17 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 15:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@ 60078071#

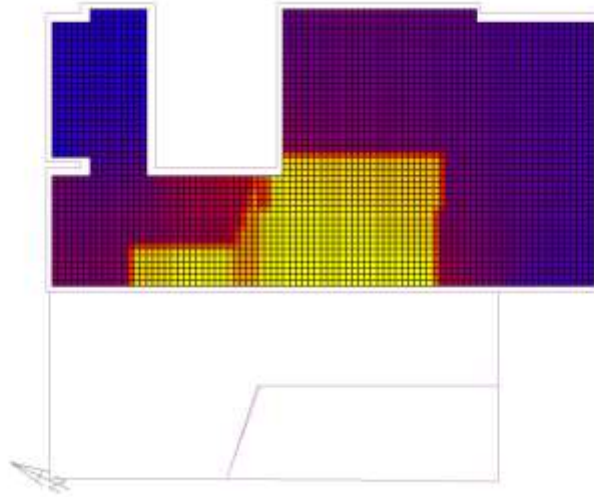


Average Value: 7011.16 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.18 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 15:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECTiF

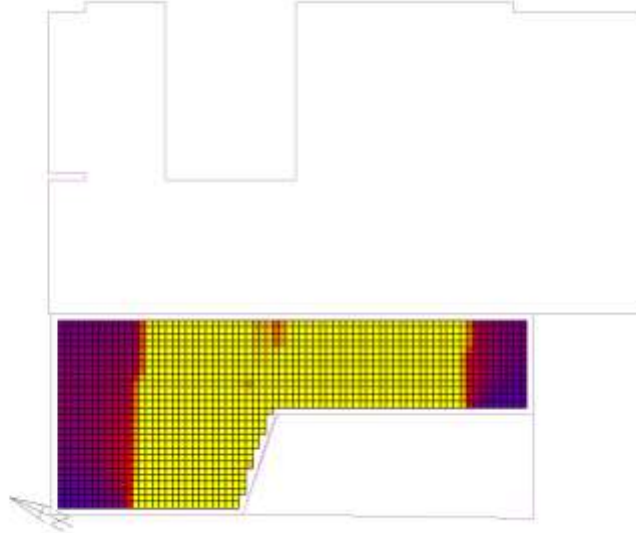


Average Value: 2076.97 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil B.19 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 16:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECTiF

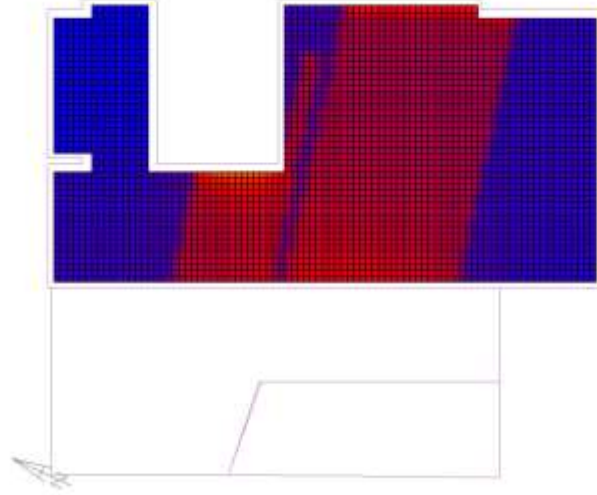


Average Value: 4903.18 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.20 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 16:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@6007871#

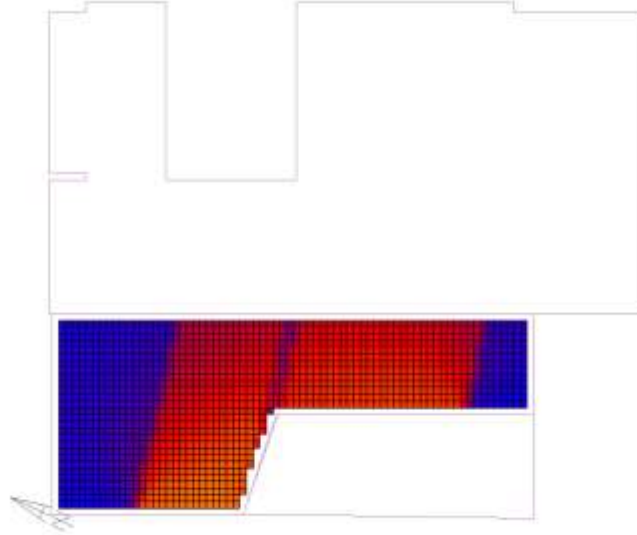


Average Value: 1340.46 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil B.21 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 17:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@6007871#

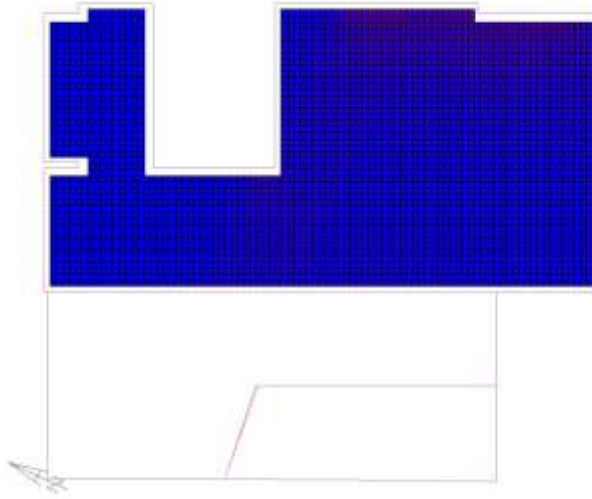


Average Value: 2105.48 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.22 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 17:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 158 - 5406 Lux
©2007ECDF

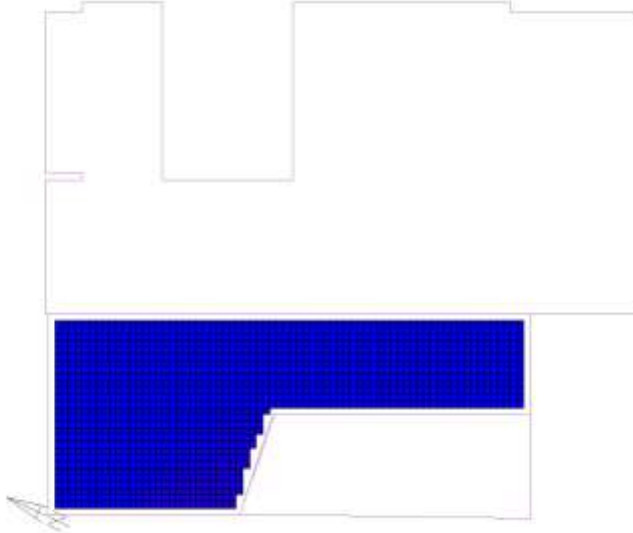


Average Value: 331.25 Lux
Visible Nodes: 2413

Şekil B.23 : Mevcut cam için iç zon 21 Mart saat 18:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 506 - 5406 Lux
©2007ECDF

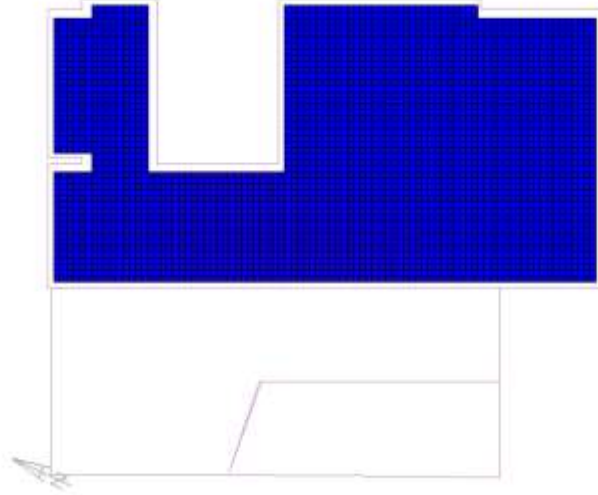


Average Value: 307.72 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.24 : Mevcut cam için dış zon 21 Mart saat 18:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@60075071#

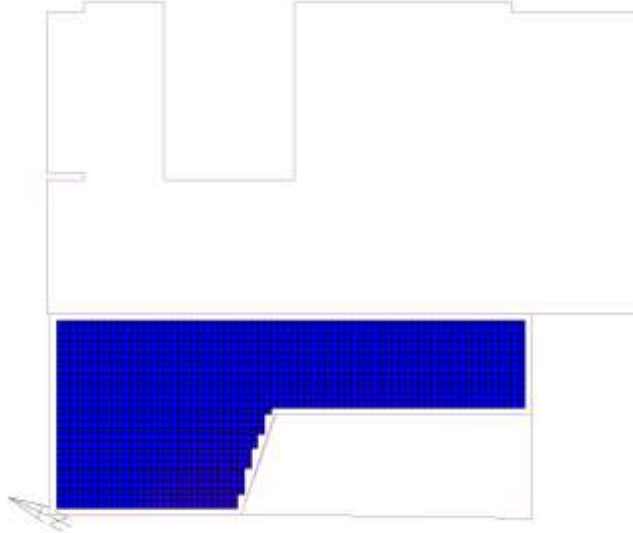


Average Value: 101.53 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil B.25 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 05:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@60075071#

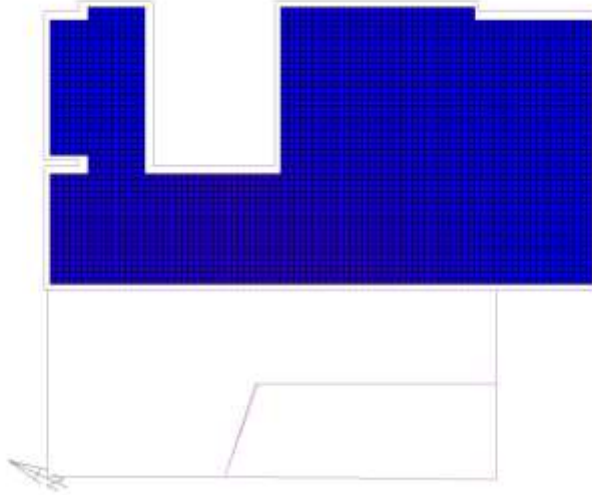


Average Value: 434.31 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.26 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 05:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 156 - 5406 Lux
©ECOTECT®

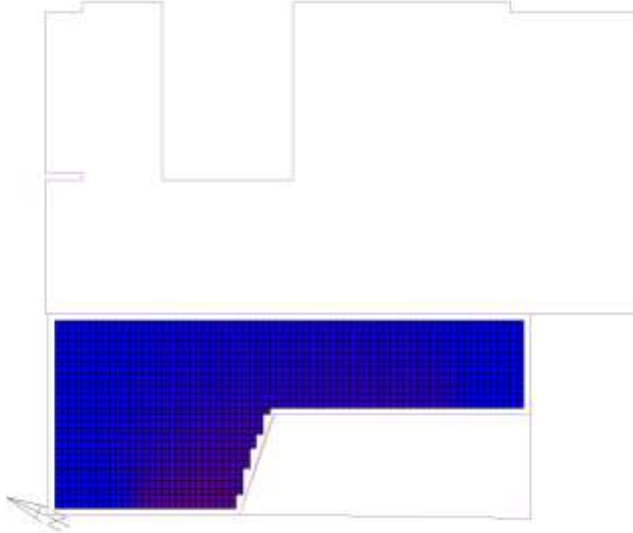


Average Value: 300.73 Lux
Visible Nodes: 2412

Şekil B.27 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 06:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 506 - 5406 Lux
©ECOTECT®

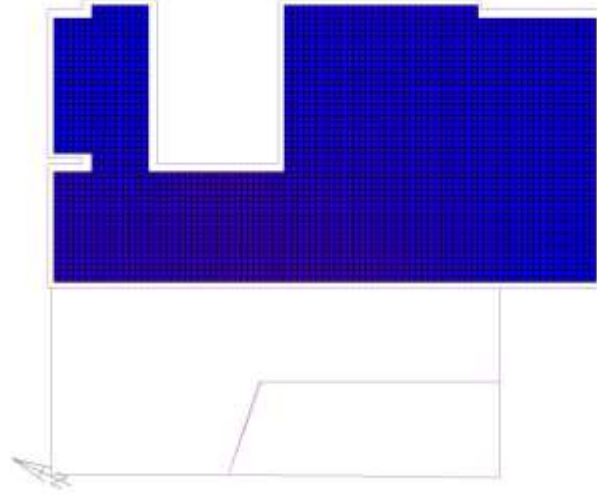


Average Value: 720.49 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.28 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 06:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@6007871#

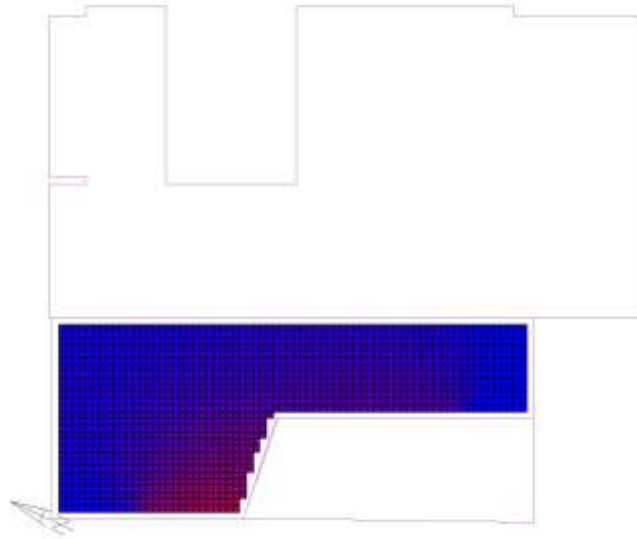


Average Value: 420.12 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil B.29 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 07:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@6007871#

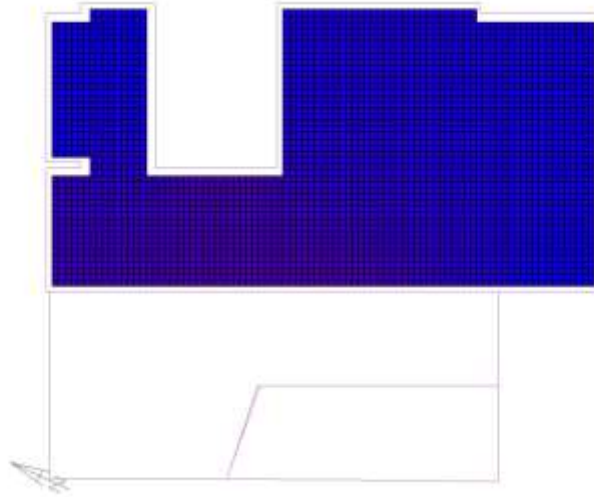


Average Value: 901.93 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.30 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 07:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECTiF

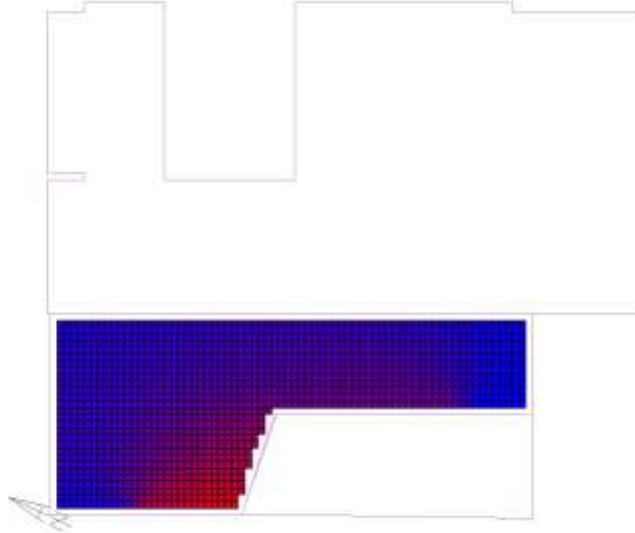


Average Value: 503.85 Lux
Visible Nodes: 2413

Şekil B.31 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 08:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECTiF

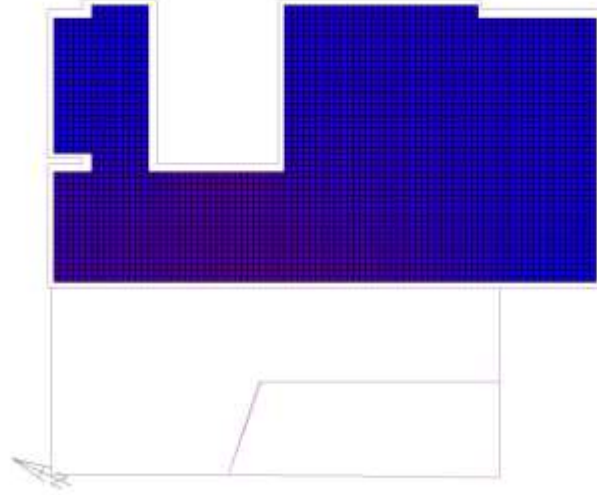


Average Value: 1205.92 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.32 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 08:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@6007821#

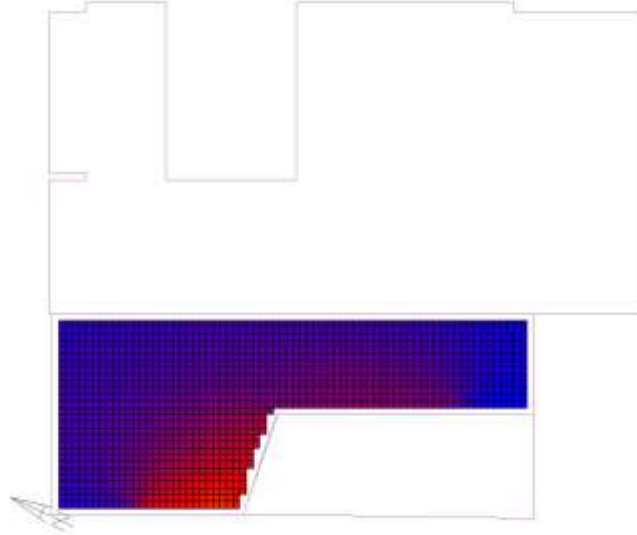


Average Value: 571.48 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil B.33 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 09:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@6007821#

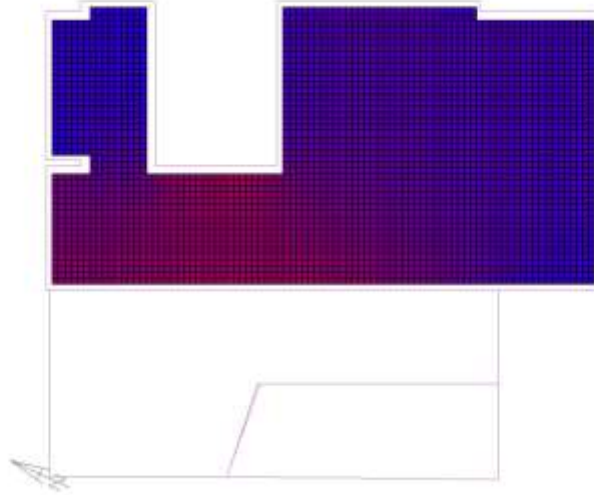


Average Value: 1413.16 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.34 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 09:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECTH

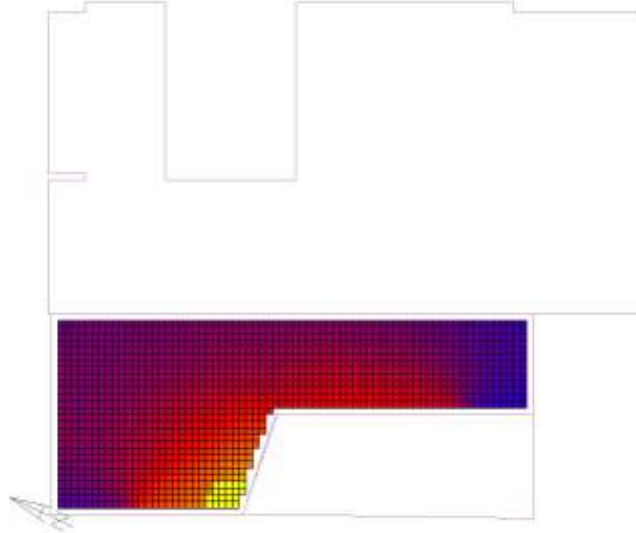


Average Value: 1000.55 Lux
Visible Nodes: 2413

Şekil B.35 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 10:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECTH

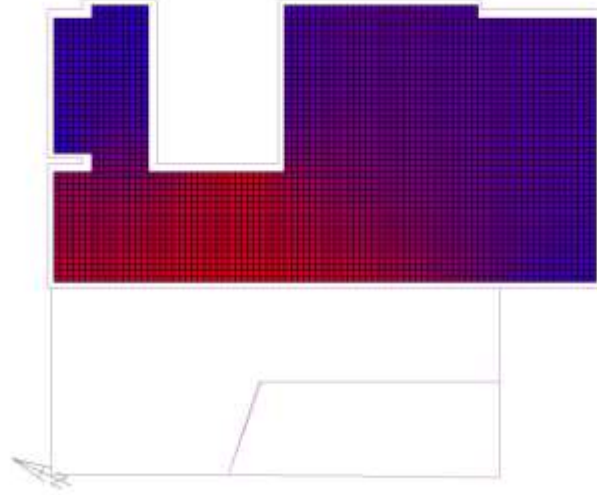


Average Value: 2615.99 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.36 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 10:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@6007871#

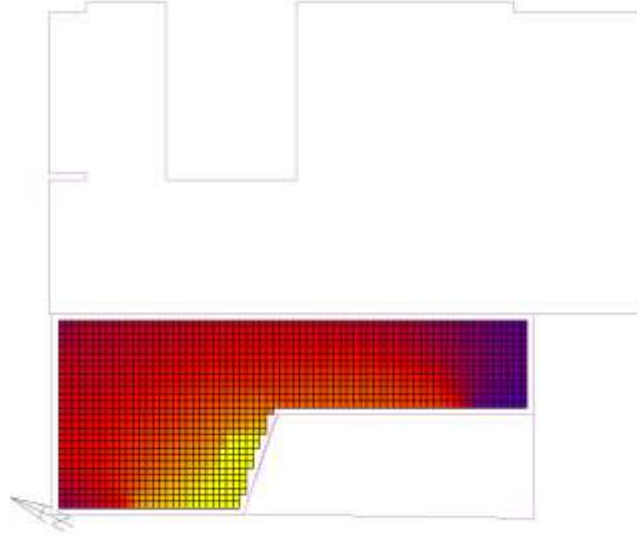


Average Value: 1375.17 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil B.37 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 11:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@6007871#

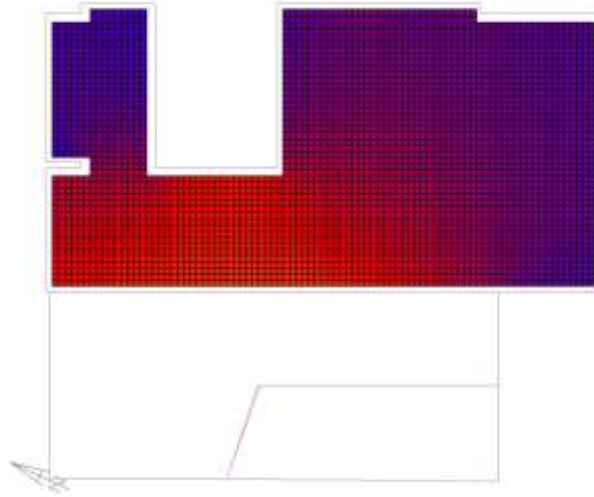


Average Value: 4503.18 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.38 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 11:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECTiF

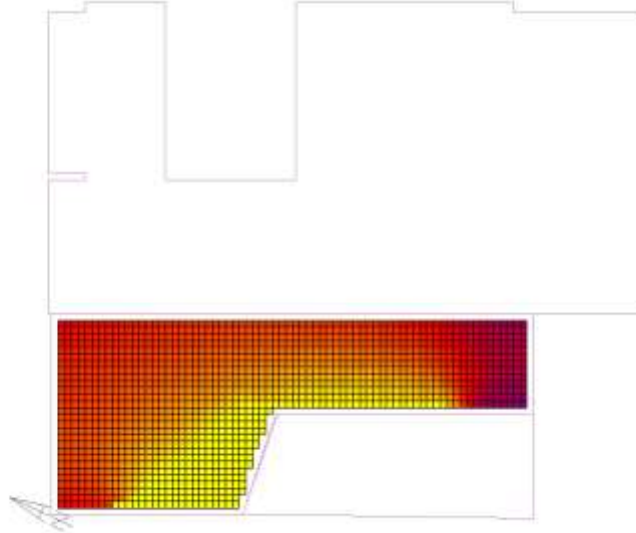


Average Value: 1704.51 Lux
Visible Nodes: 2413

Şekil B.39 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 12:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECTiF

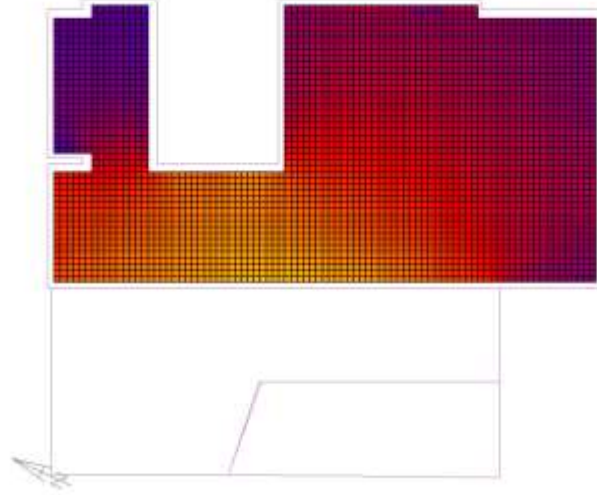


Average Value: 6305.55 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.40 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 12:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@60076716

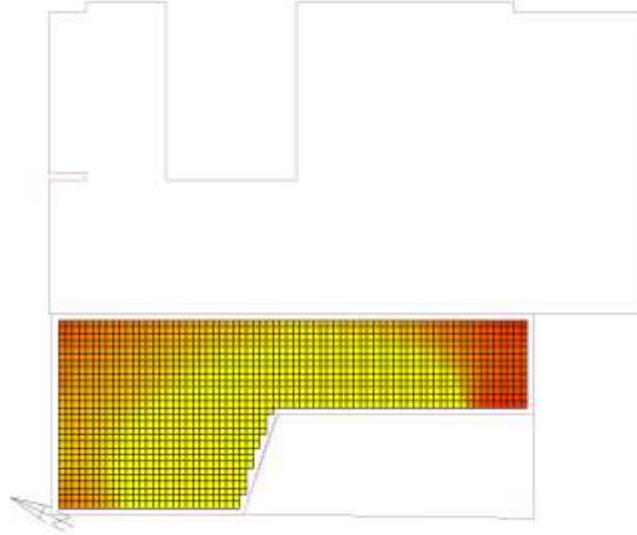


Average Value: 2503.44 Lux
Visible Nodes: 2415

Şekil B.41 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 13:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@60076716

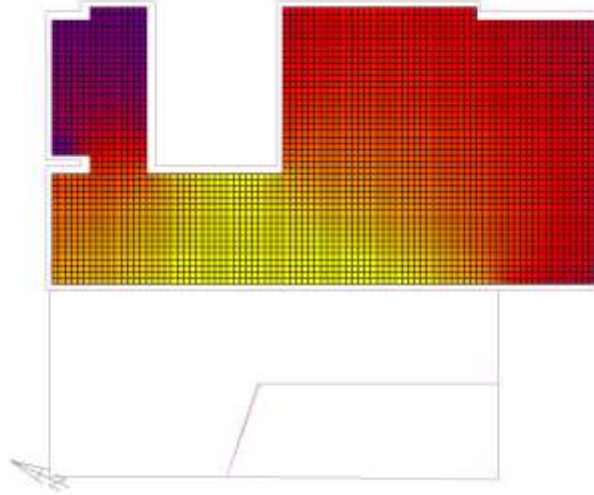


Average Value: 12900.57 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.42 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 13:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 158 - 5406 Lux
©2007ECTiA

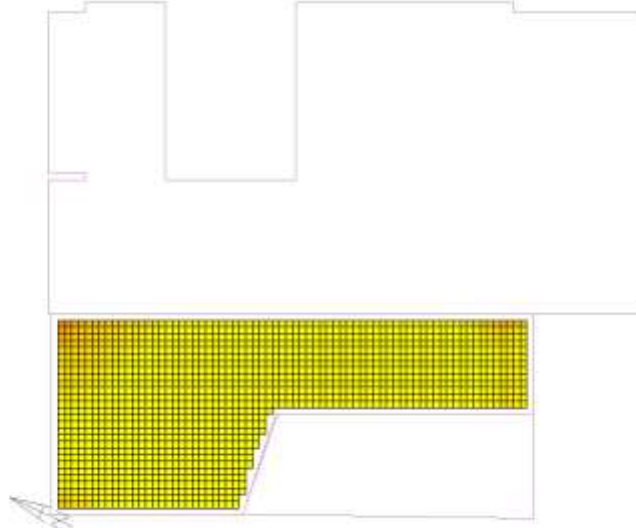


Average Value: 3306.45 Lux
Visible Nodes: 2418

Şekil B.43 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 14:00

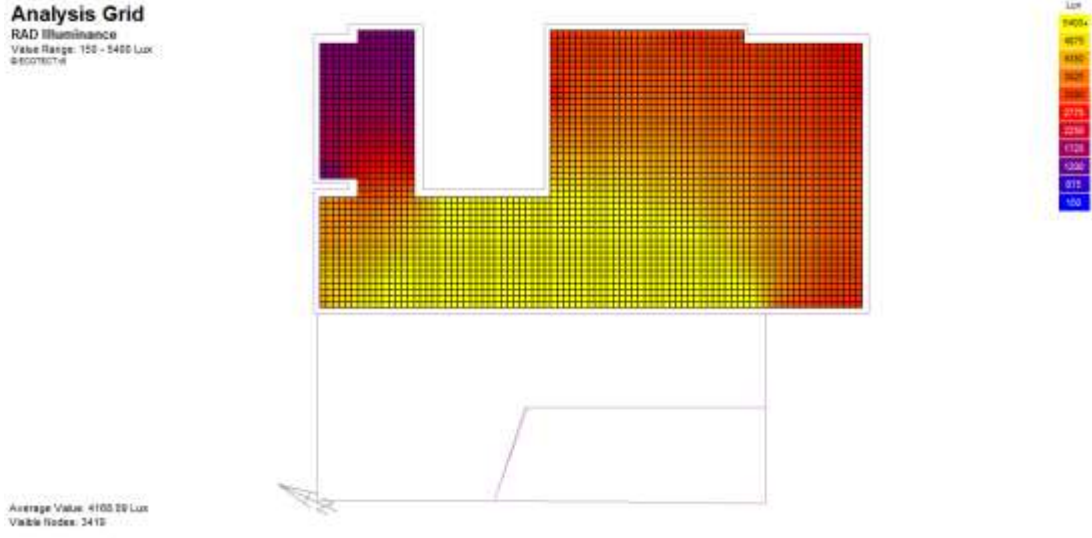
Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 506 - 5658 Lux
©2007ECTiA

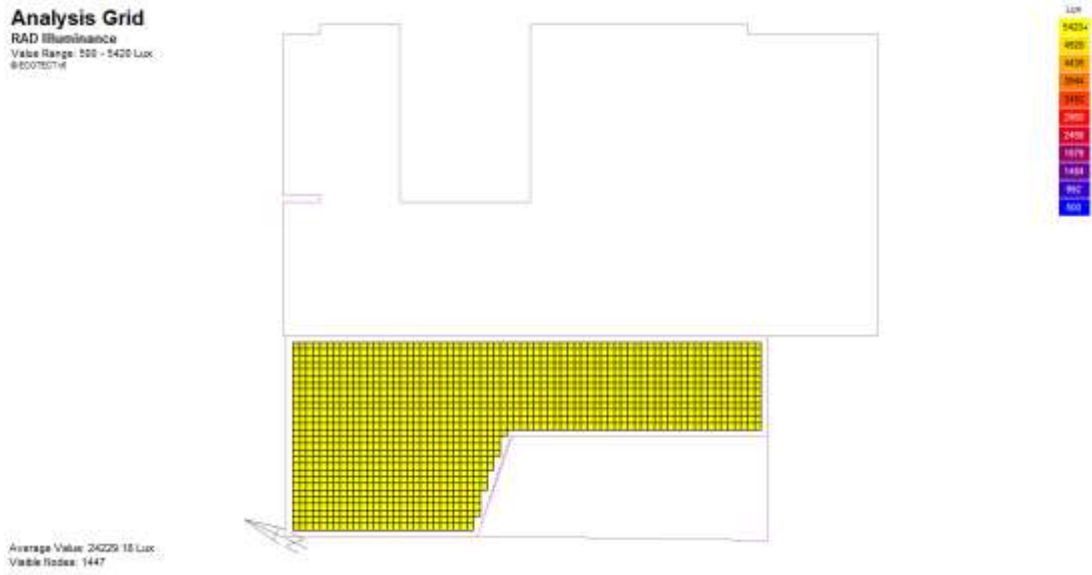


Average Value: 19054.29 Lux
Visible Nodes: 1447

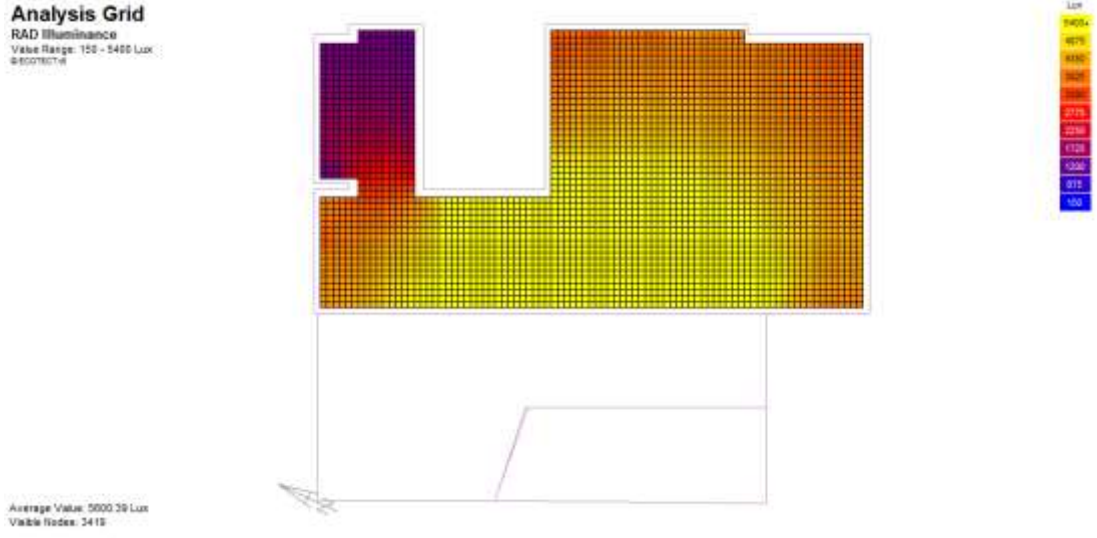
Şekil B.44 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 14:00



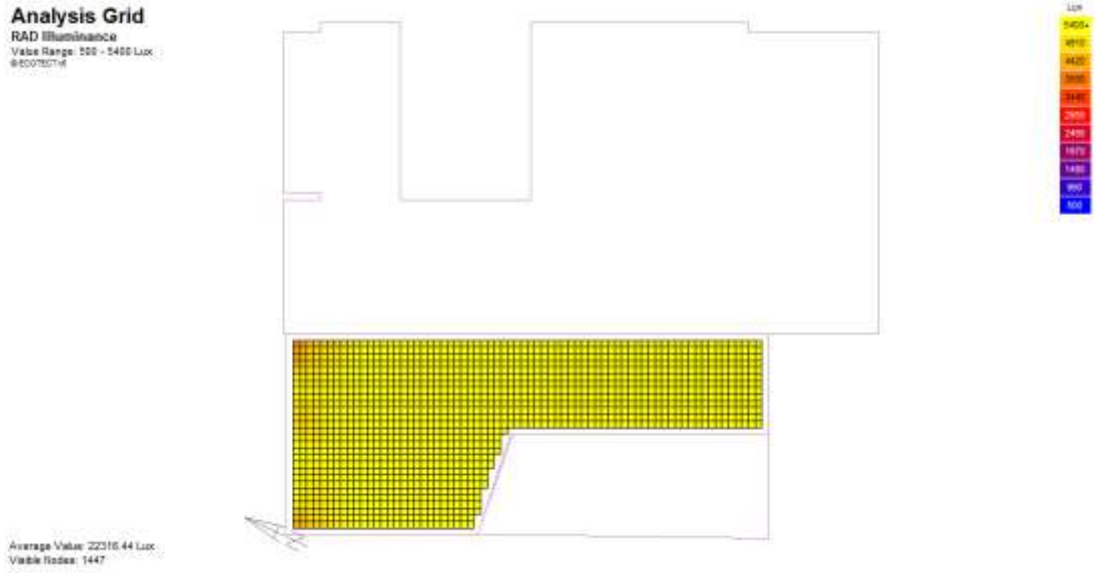
Şekil B.45 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 15:00



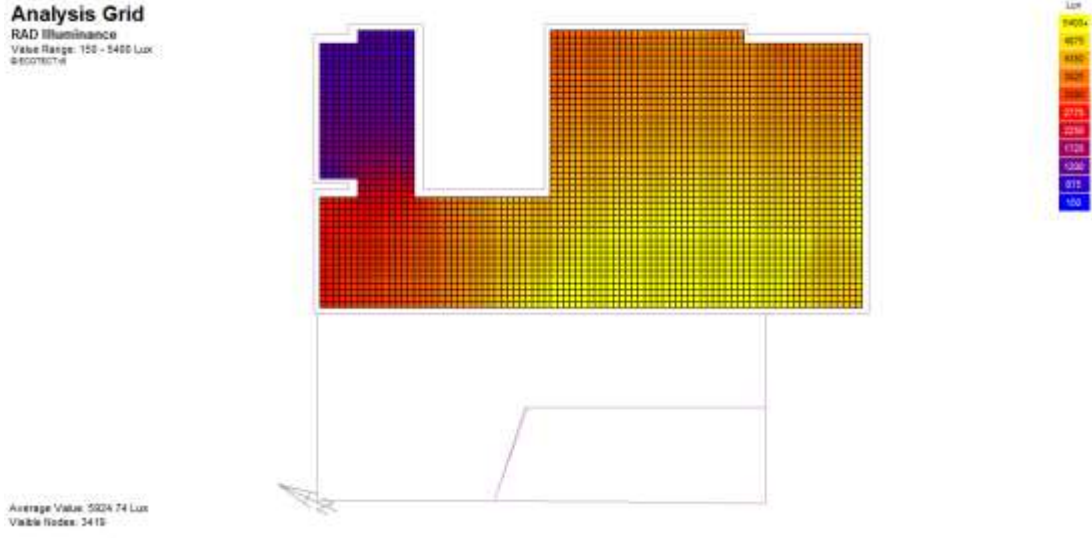
Şekil B.46 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 15:00



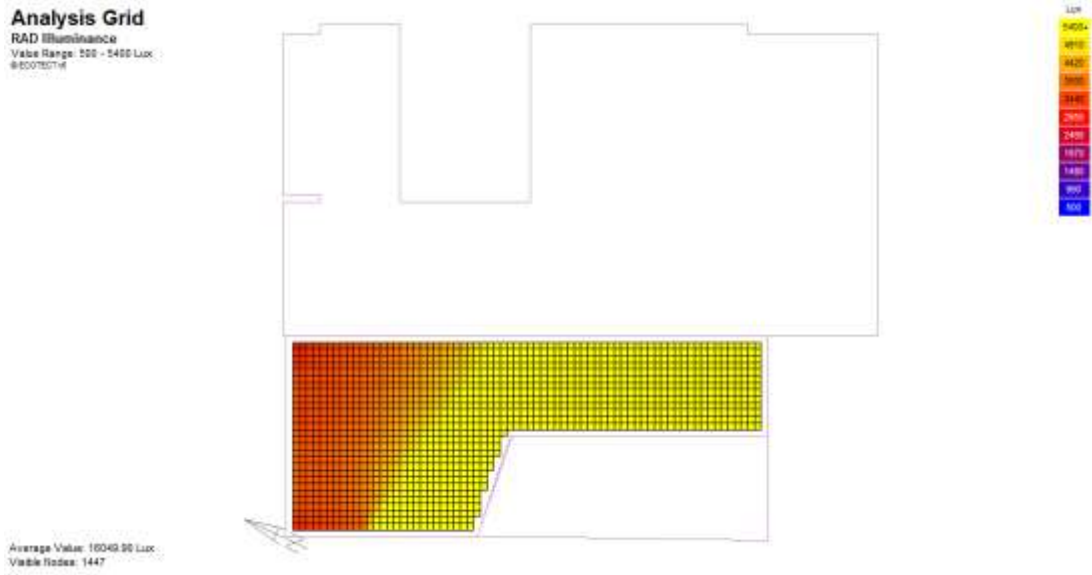
Şekil B.47 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 16:00



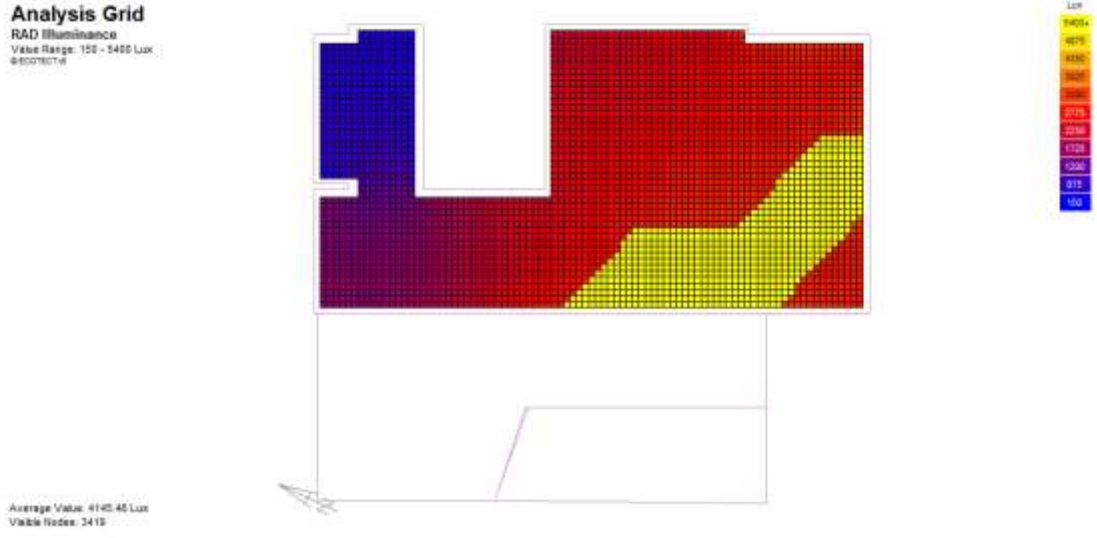
Şekil B.48 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 16:00



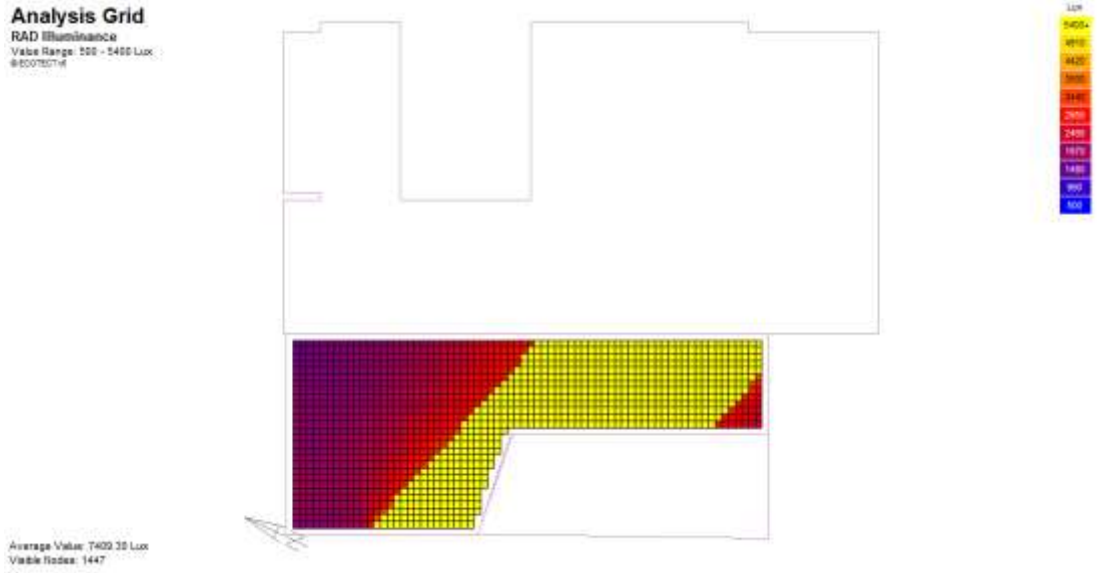
Şekil B.49 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 17:00



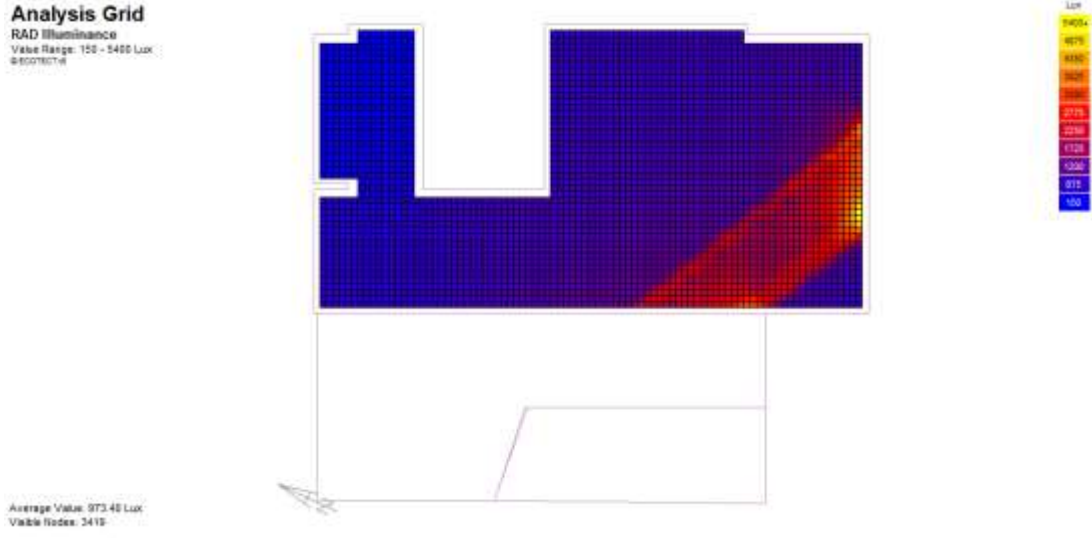
Şekil B.50 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 17:00



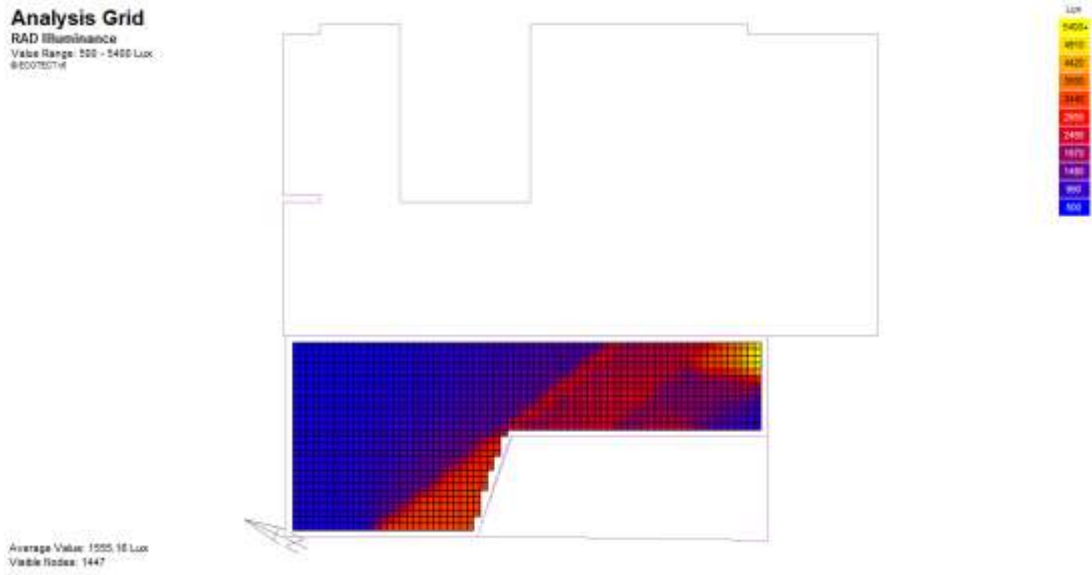
Şekil B.51 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 18:00



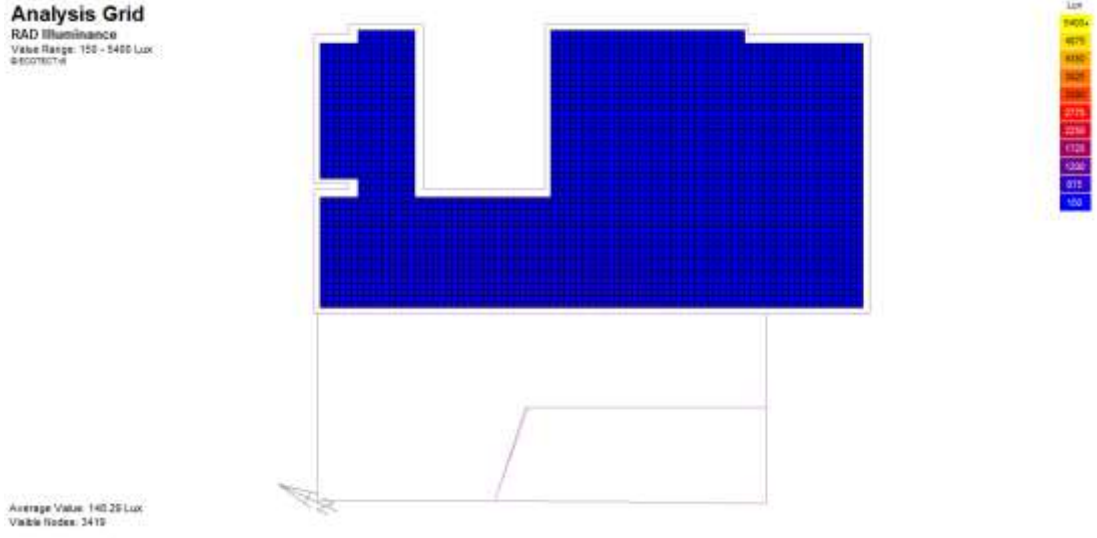
Şekil B.52 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 18:00



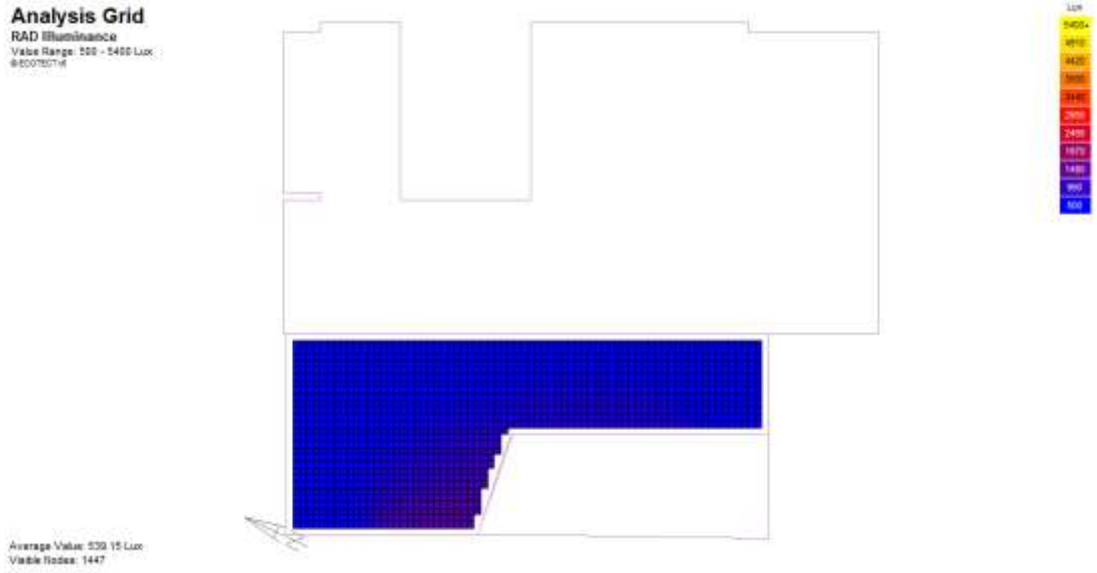
Şekil B.53 : Mevcut cam için iç zon 21 Haziran saat 19:00



Şekil B.54 : Mevcut cam için dış zon 21 Haziran saat 19:00

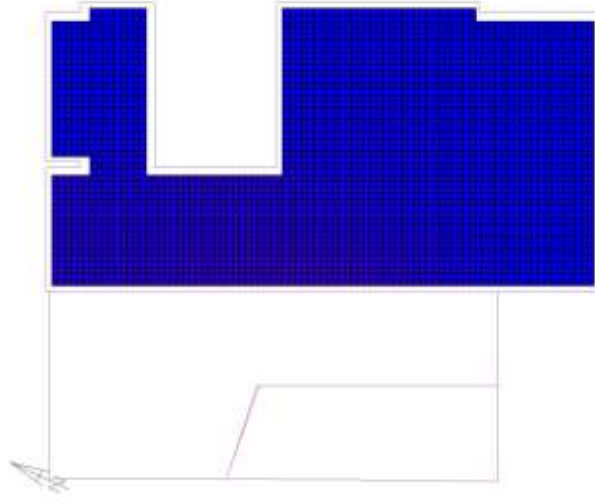


Şekil B.55 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 07:00



Şekil B.56 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 07:00

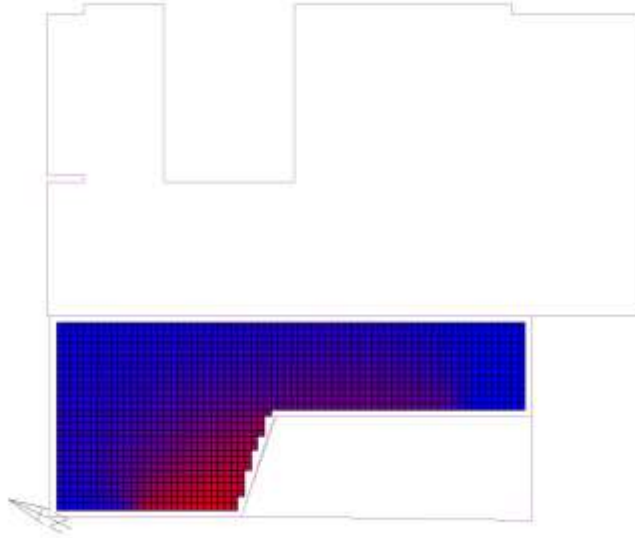
Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
@800783716



Average Value: 295.85 Lux
Visible Nodes: 2413

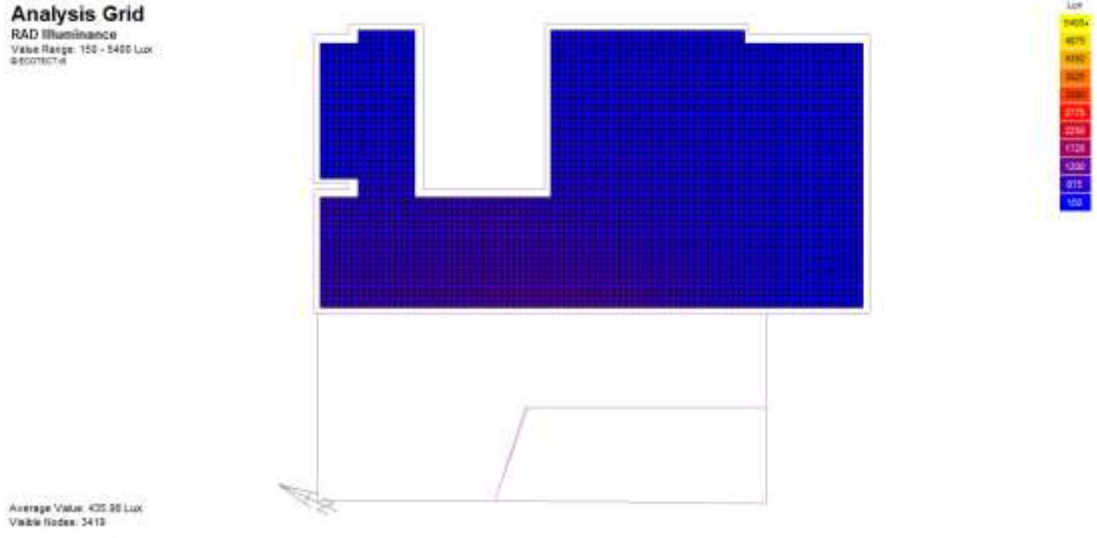
Şekil B.57 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 08:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
@800783716

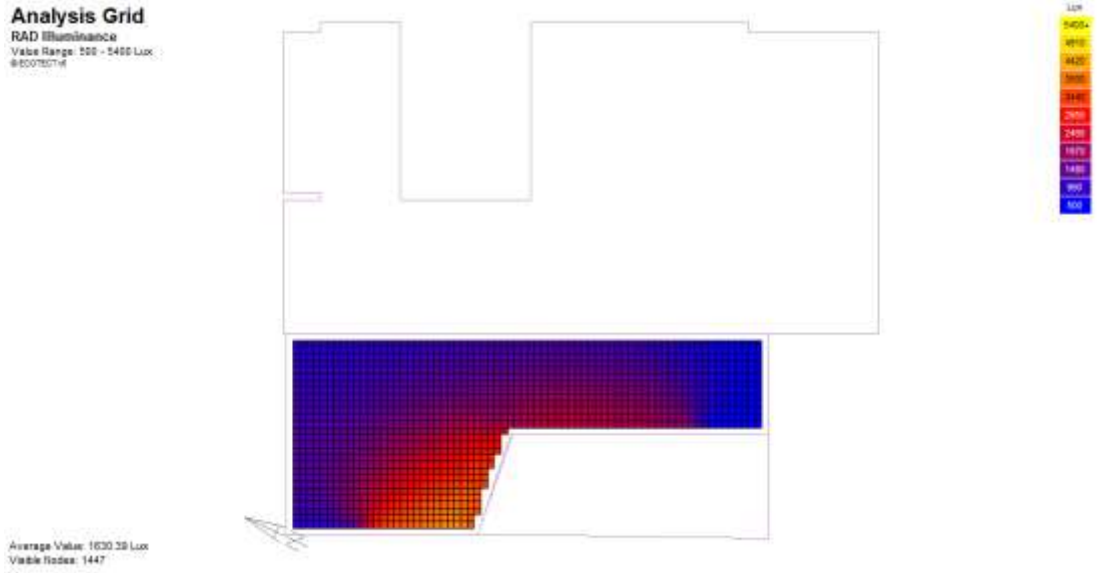


Average Value: 1006.92 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.58 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 08:00

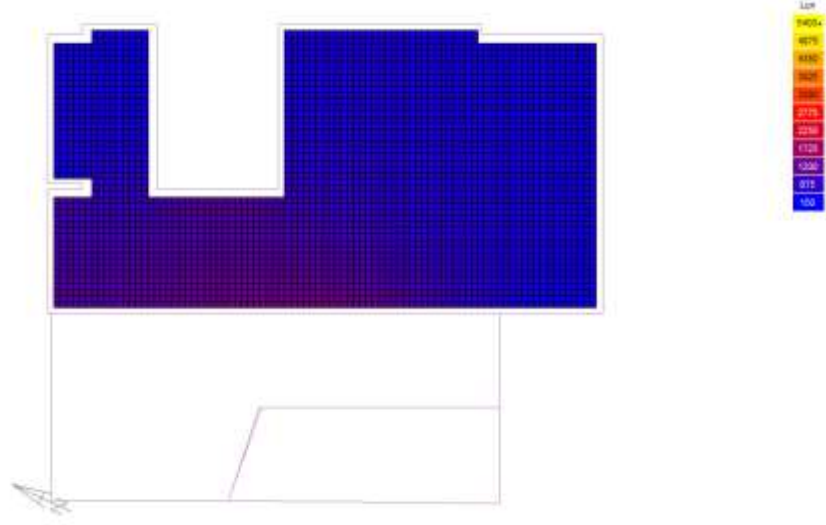


Şekil B.59 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 09:00



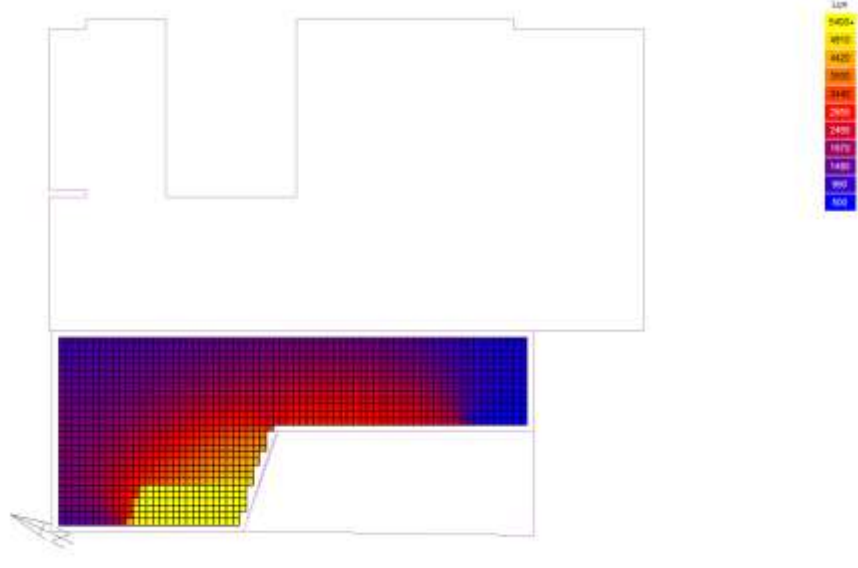
Şekil B.60 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 09:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
@800783716

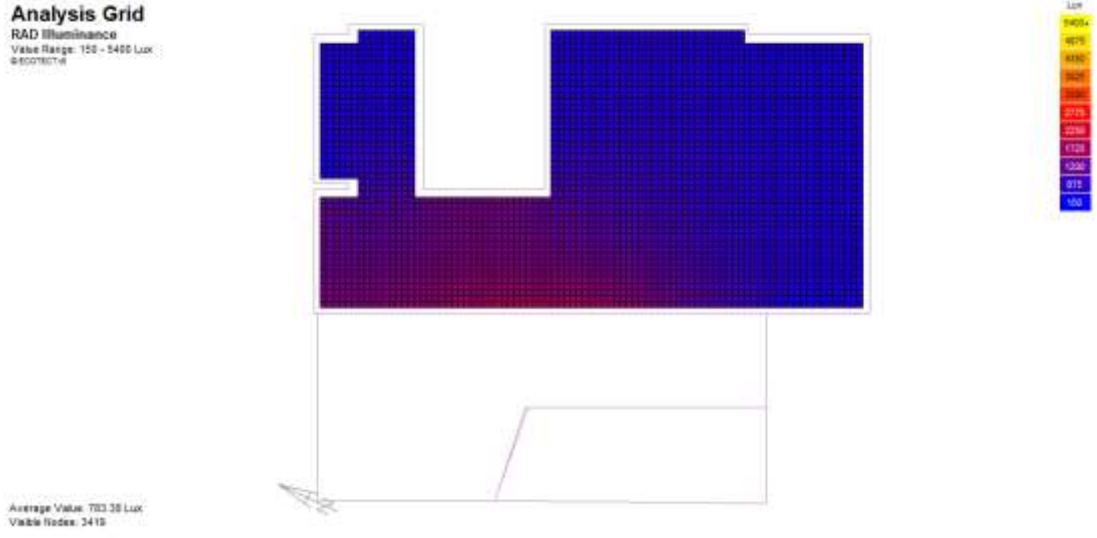


Şekil B.61 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 10:00

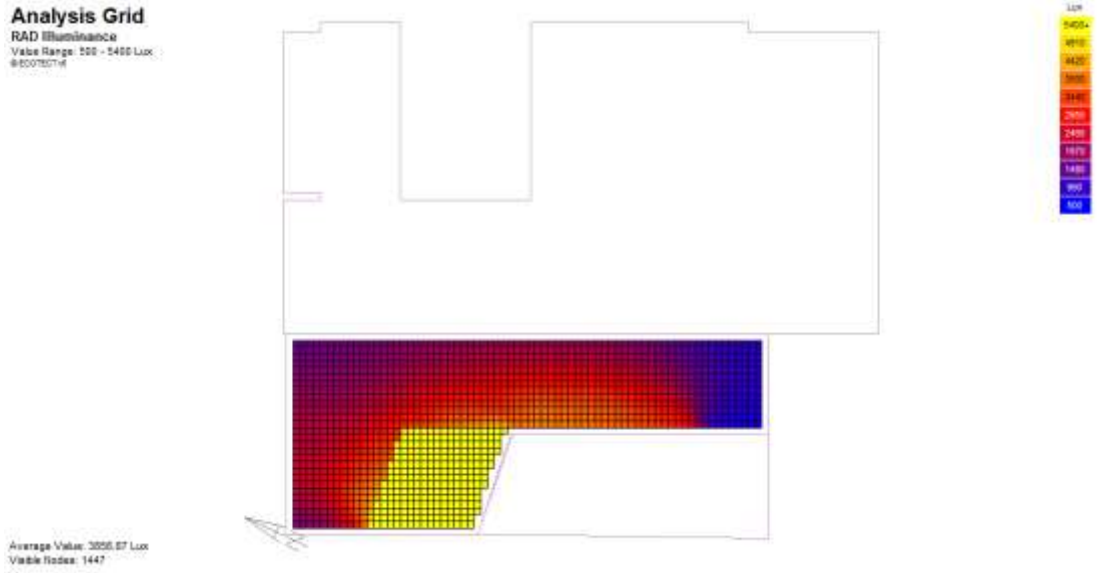
Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
@800783716



Şekil B.62 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 10:00

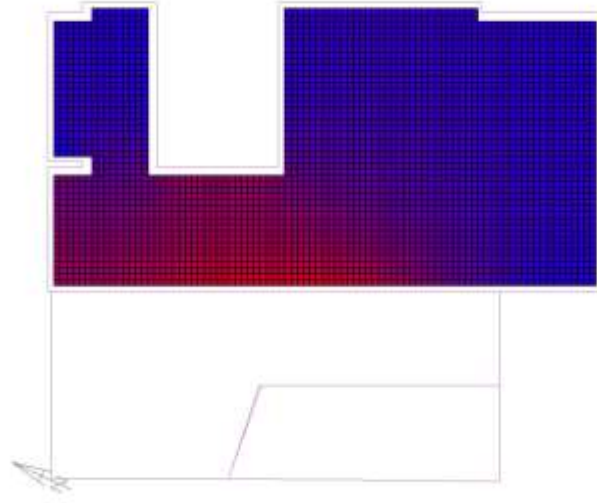


Şekil B.63 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 11:00



Şekil B.64 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 11:00

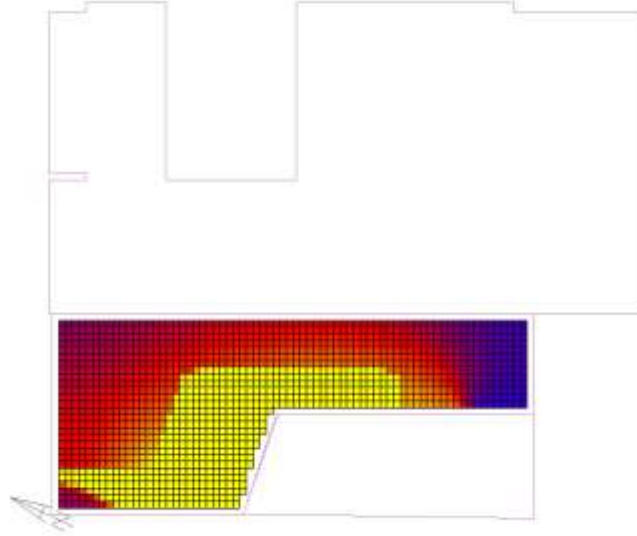
Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
@800783716



Average Value: 1003.97 Lux
Visible Nodes: 3413

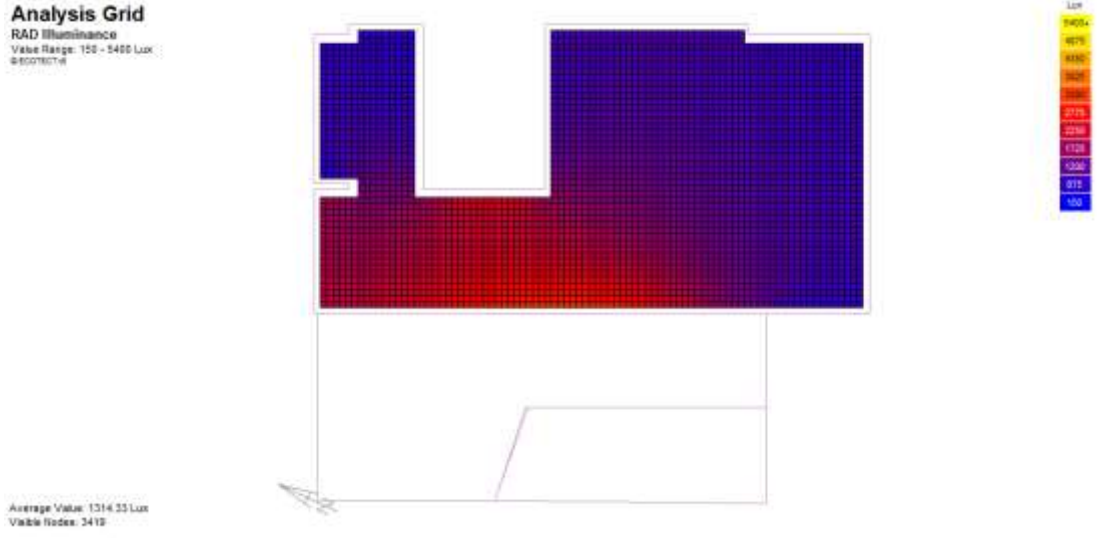
Şekil B.65 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 12:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
@800783716

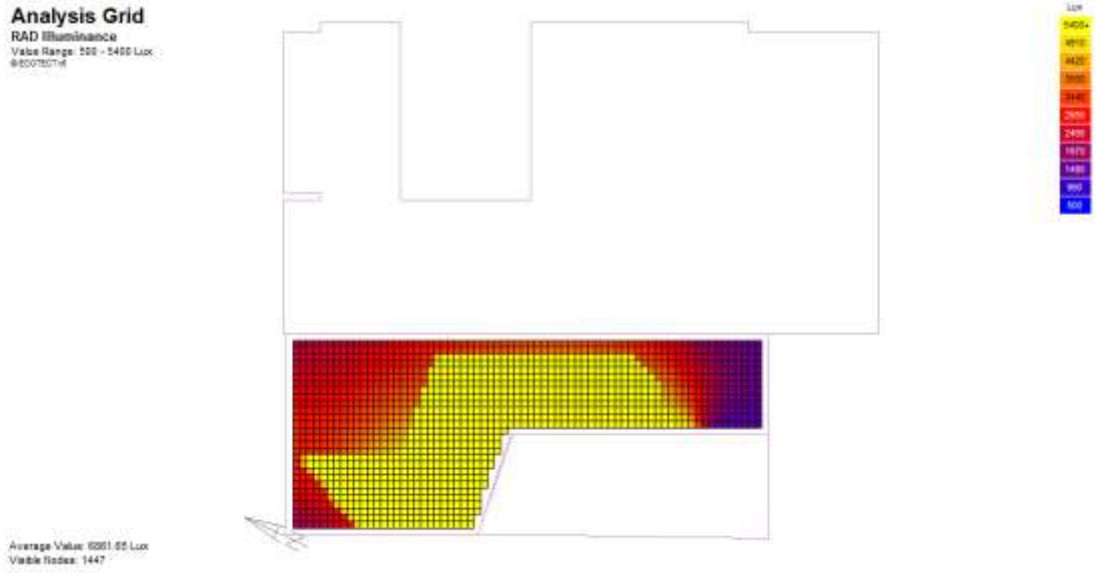


Average Value: 5223.48 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.66 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 12:00

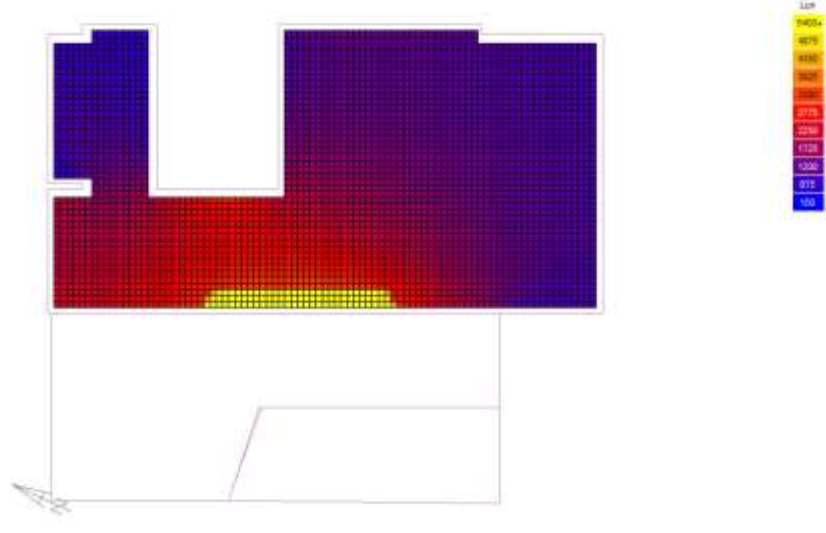


Şekil B.67 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 13:00



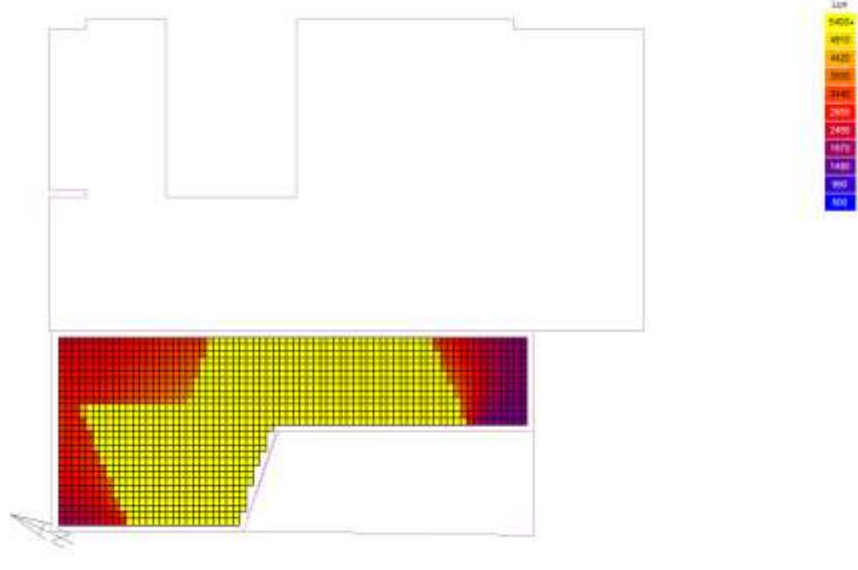
Şekil B.68 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 13:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
©2007BC74

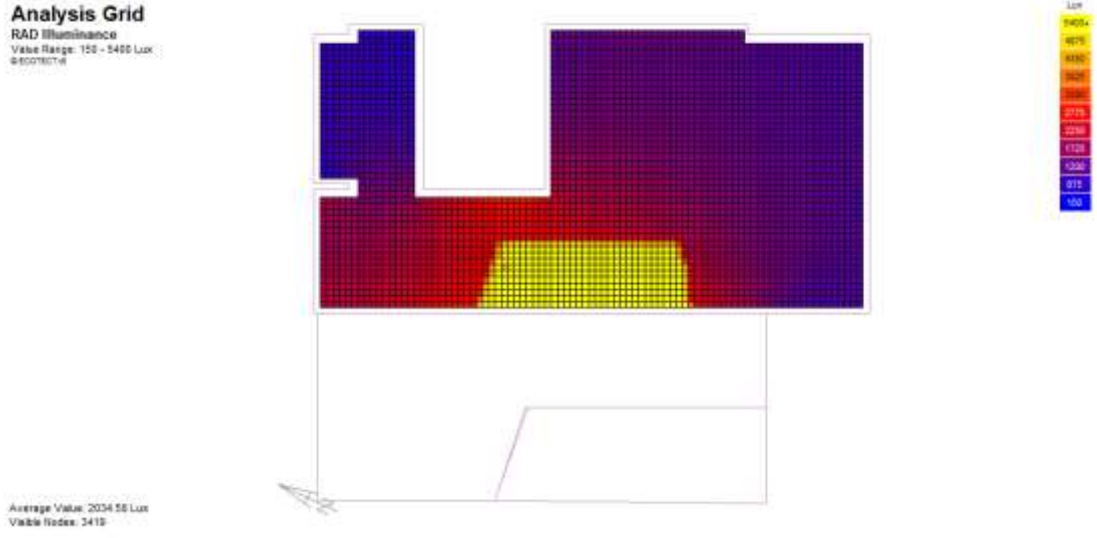


Şekil B.69 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 14:00

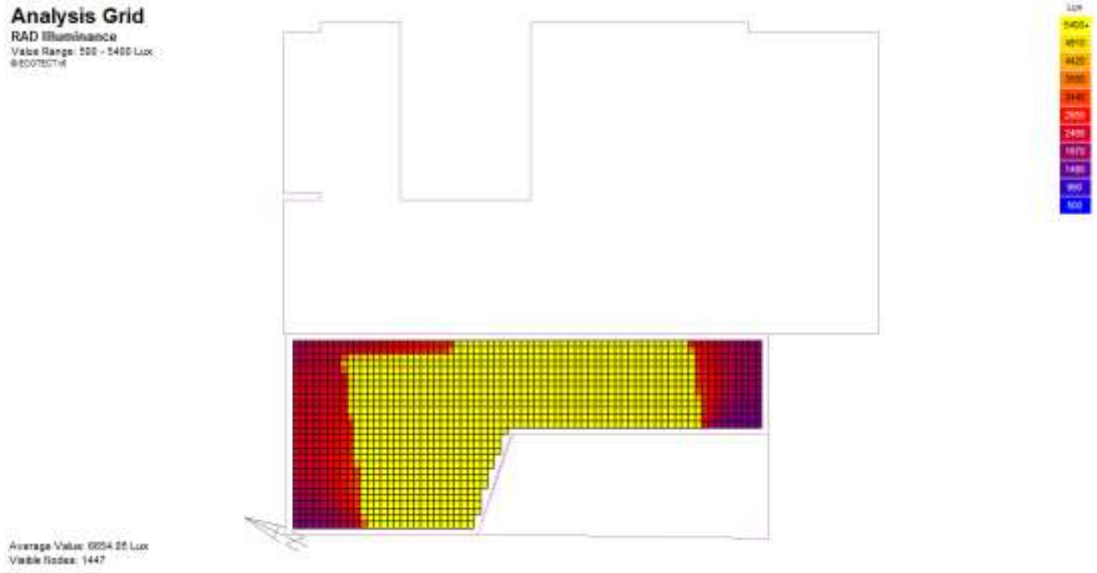
Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
©2007BC74



Şekil B.70 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 14:00

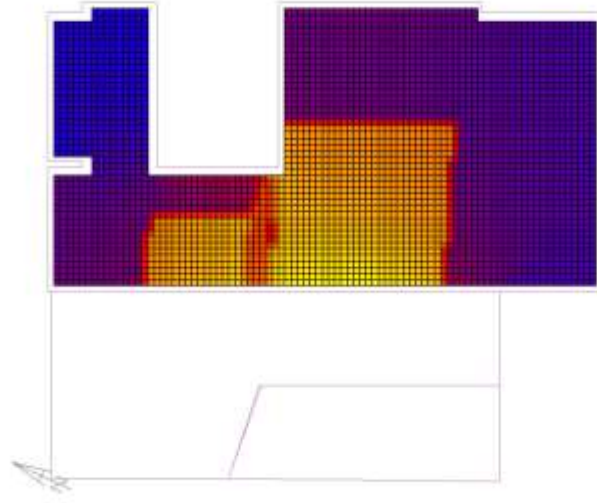


Şekil B.71 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 15:00



Şekil B.72 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 15:00

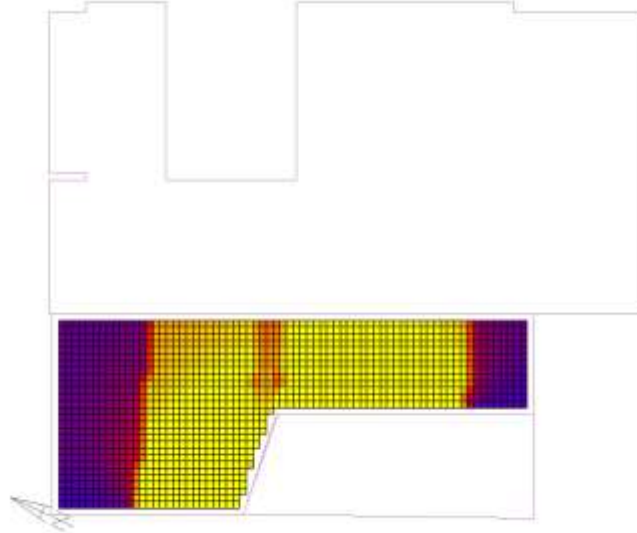
Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
©2007BC716



Average Value: 2030.12 Lux
Visible Nodes: 2412

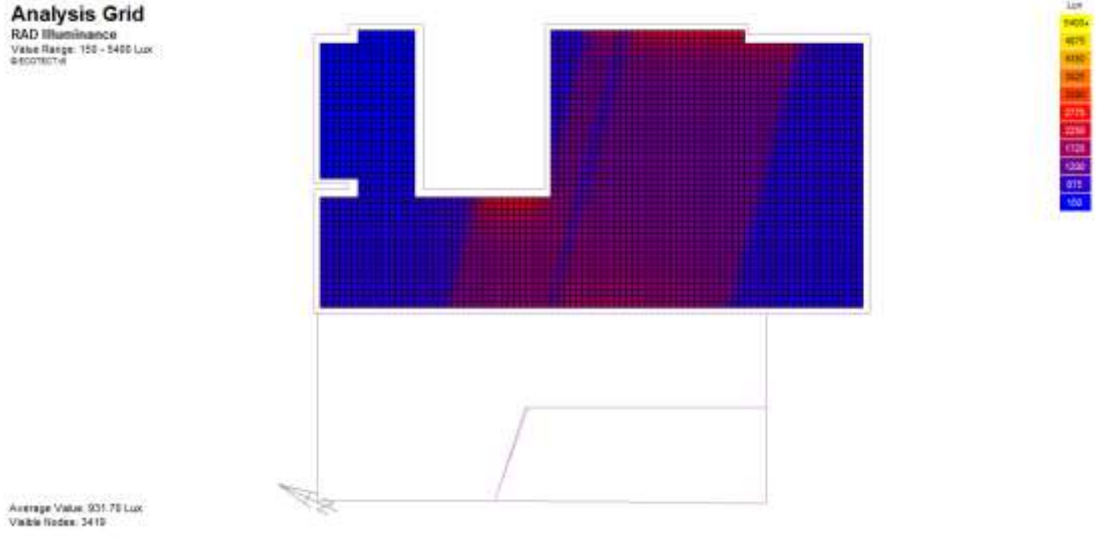
Şekil B.73 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 16:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
©2007BC716

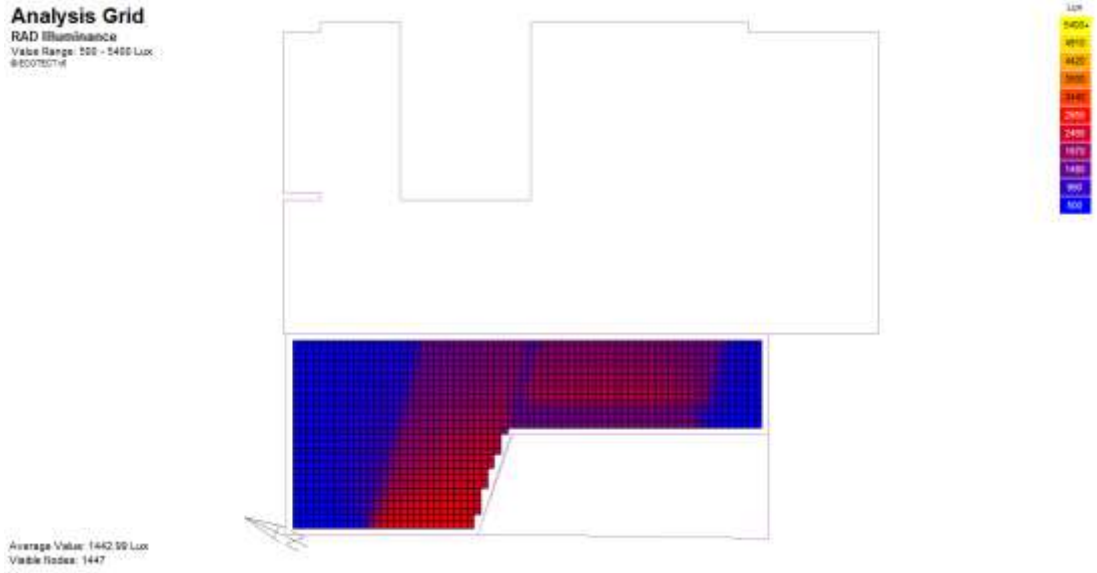


Average Value: 4214.82 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil B.74 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 16:00

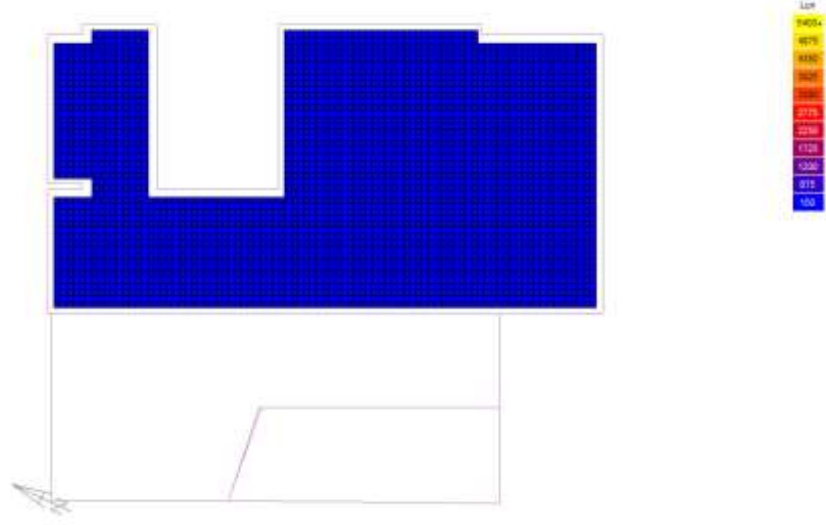


Şekil B.75 : Mevcut cam için iç zon 23 Eylül saat 17:00



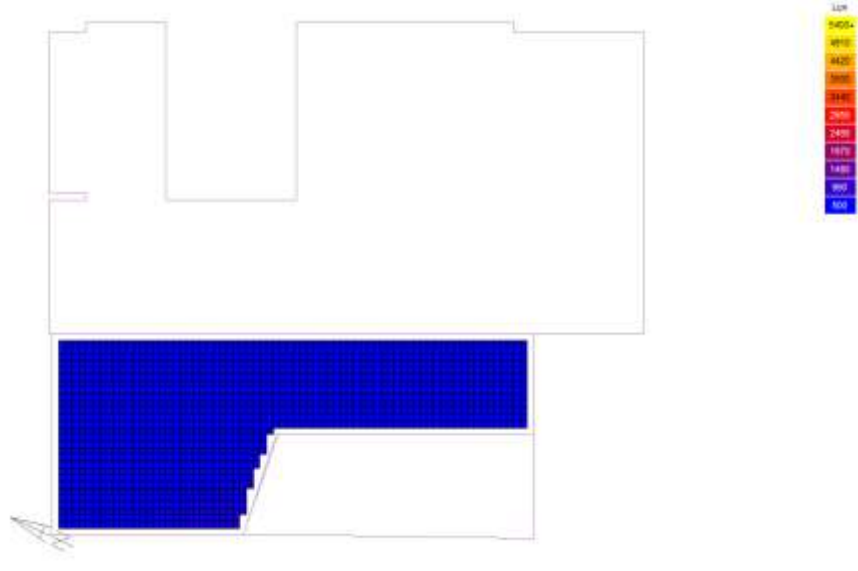
Şekil B.76 : Mevcut cam için dış zon 23 Eylül saat 17:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
@800783716

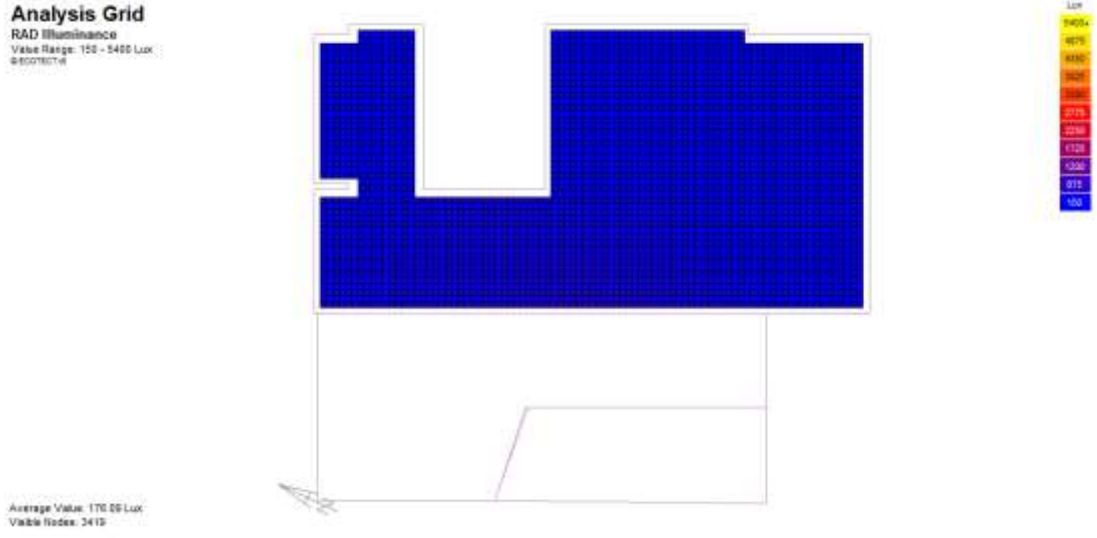


Şekil B.77 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 08:00

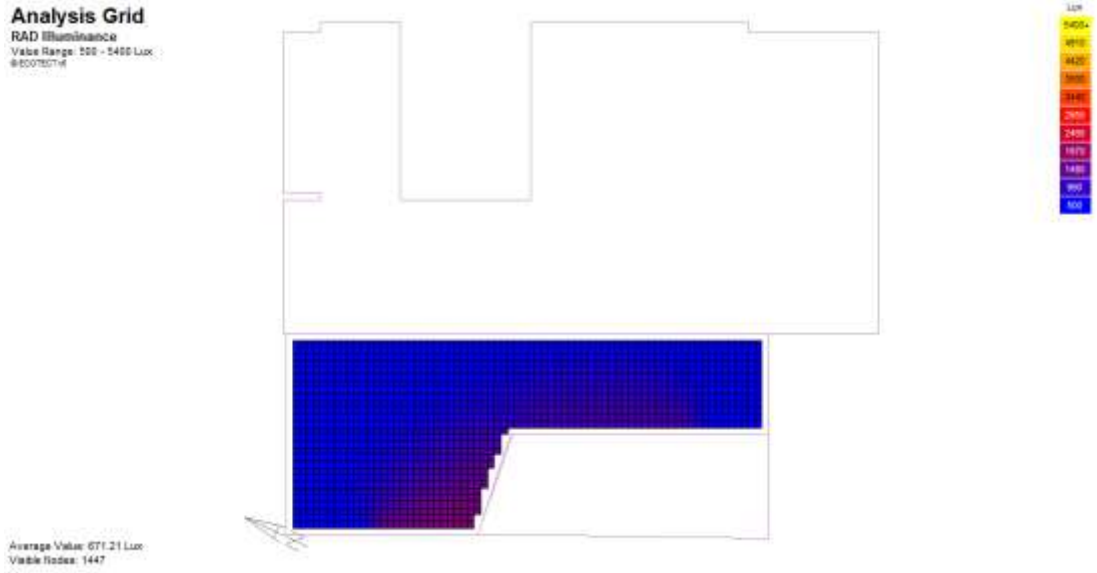
Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
@800783716



Şekil B.78 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 08:00

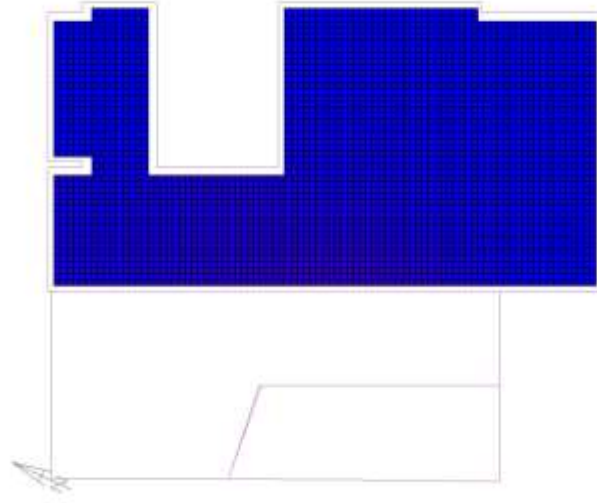


Şekil B.79 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 09:00



Şekil B.80 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 09:00

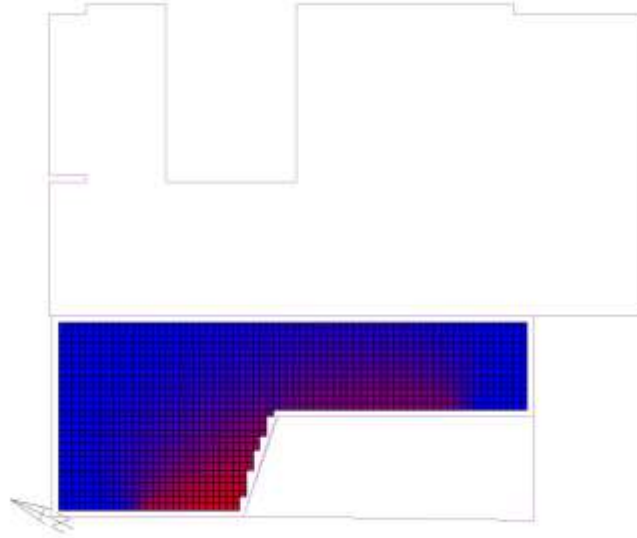
Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
@800783716



Average Value: 260.18 Lux
Visible Nodes: 2419

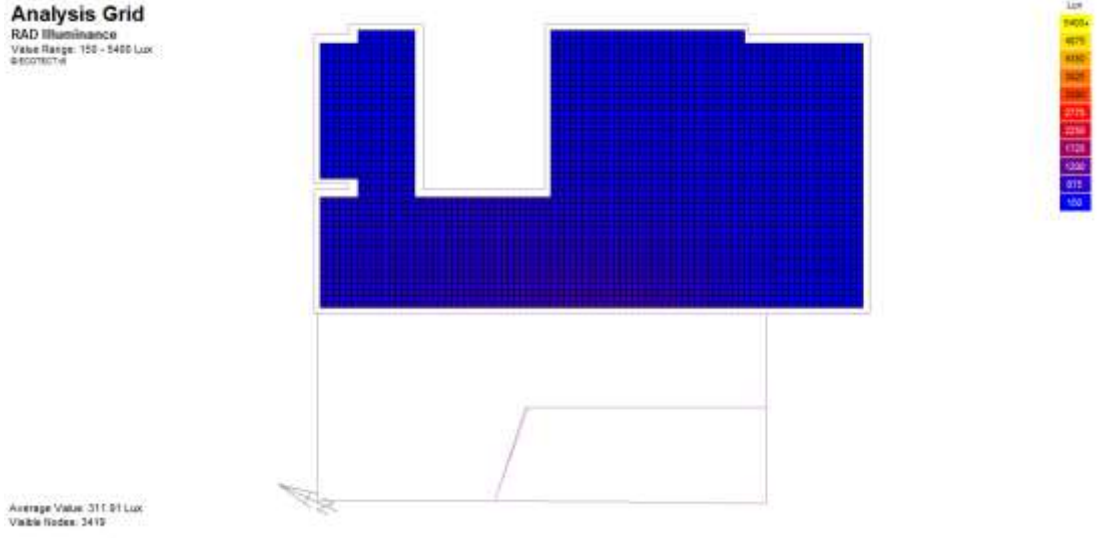
Şekil B.81 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 10:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
@800783716

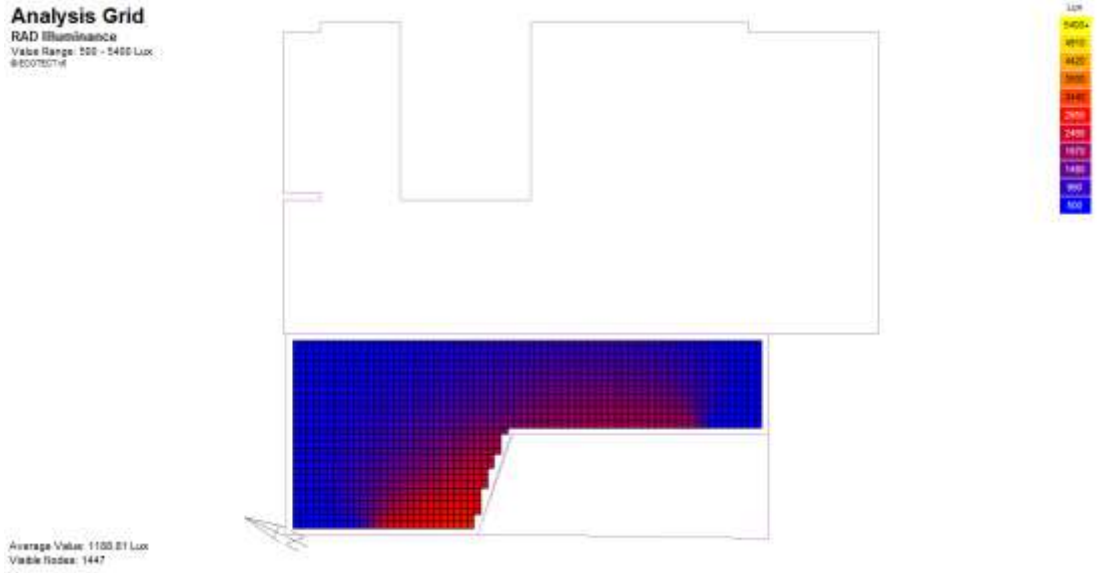


Average Value: 927.15 Lux
Visible Nodes: 1447

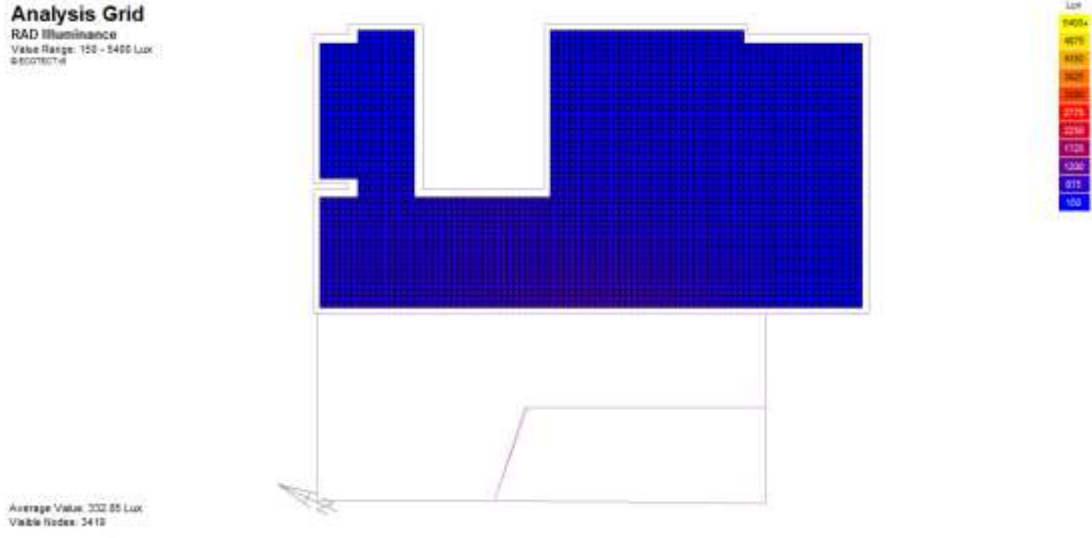
Şekil B.82 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 10:00



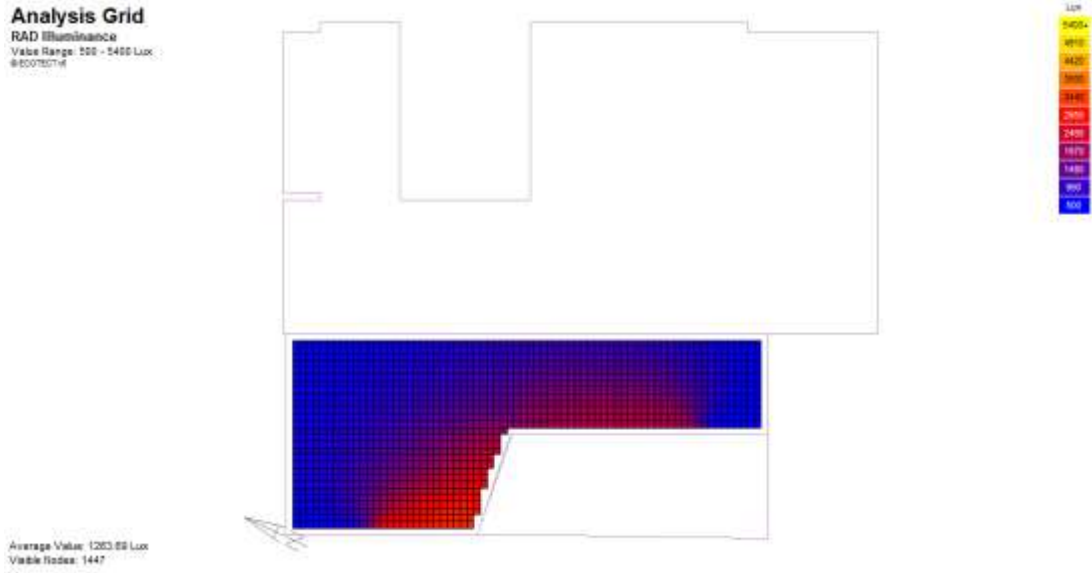
Şekil B.83 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 11:00



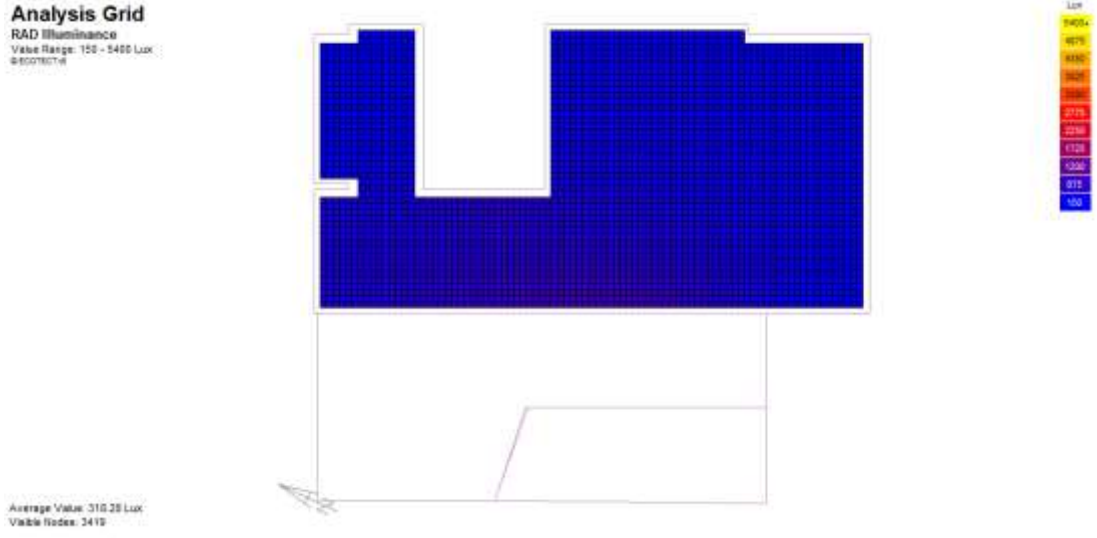
Şekil B.84 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 11:00



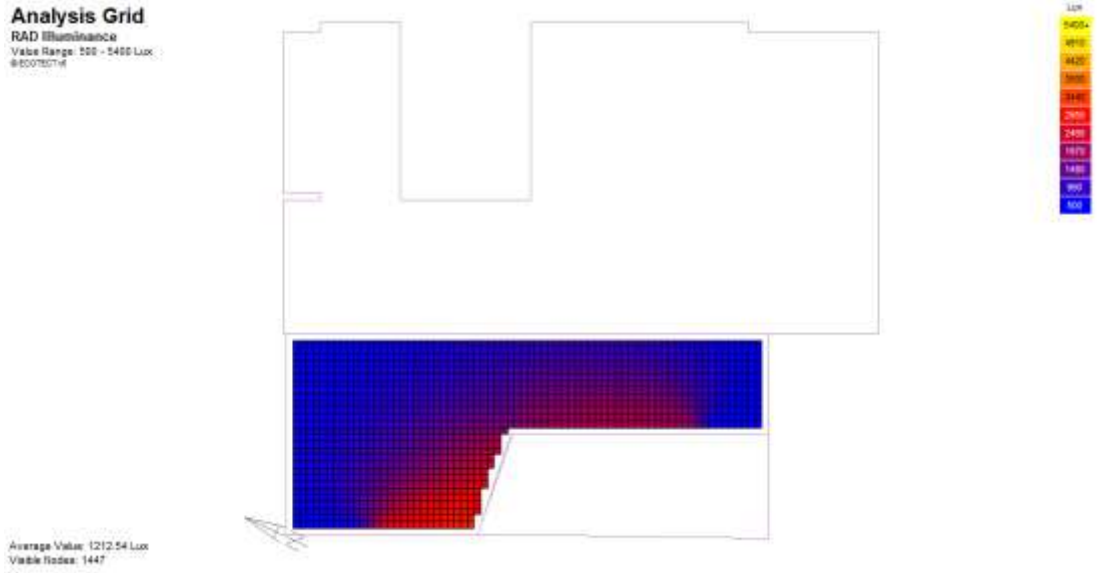
Şekil B.85 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 12:00



Şekil B.86 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 12:00

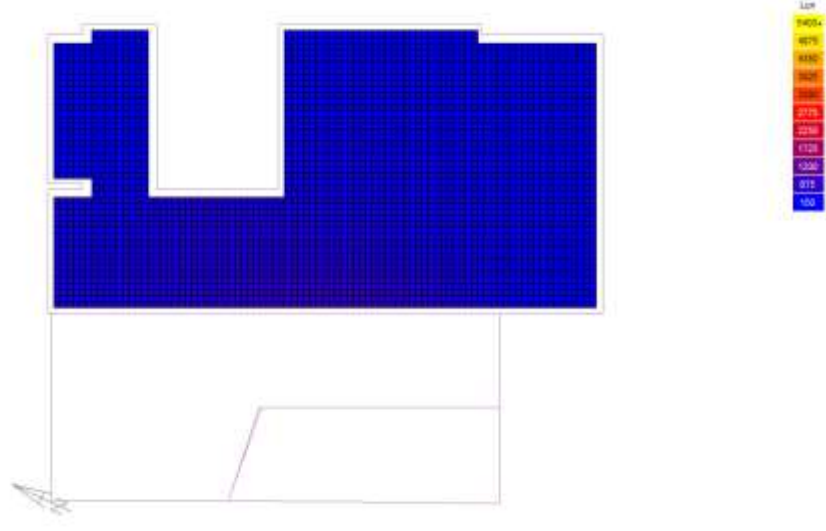


Şekil B.87 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 13:00



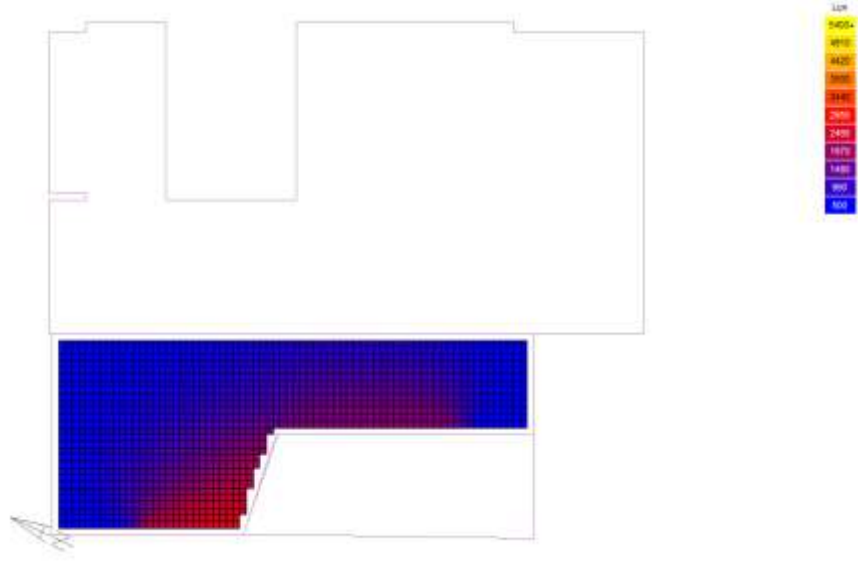
Şekil B.88 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 13:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
@80078716

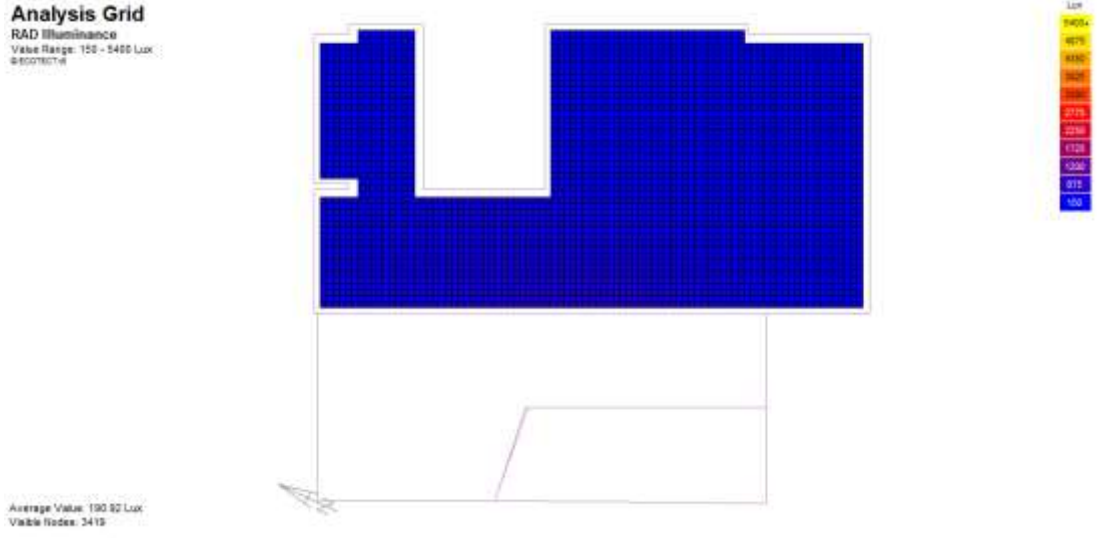


Şekil B.89 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 14:00

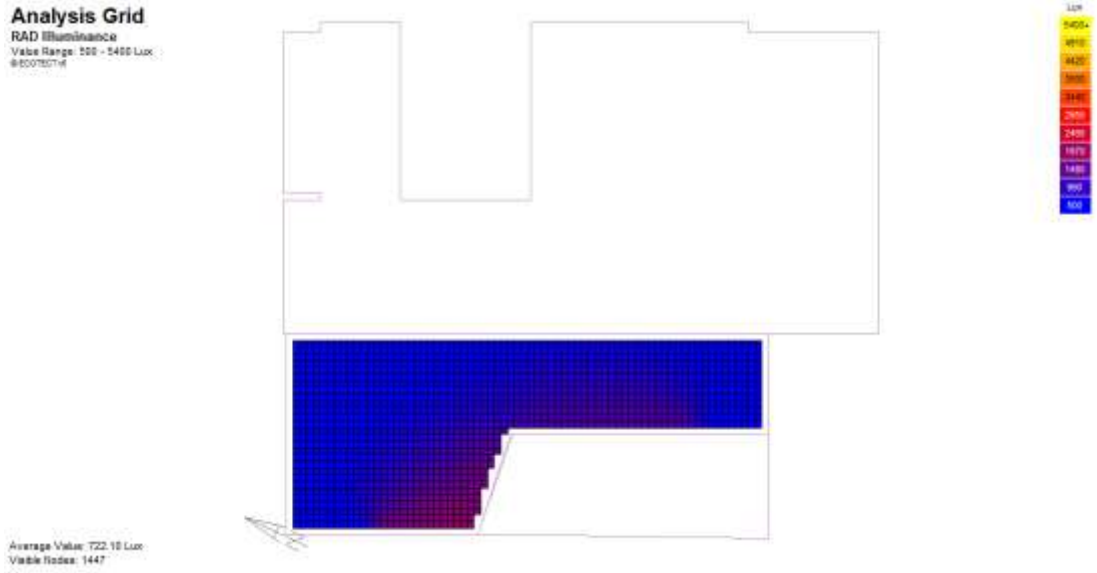
Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 100 - 5400 Lux
@80078716



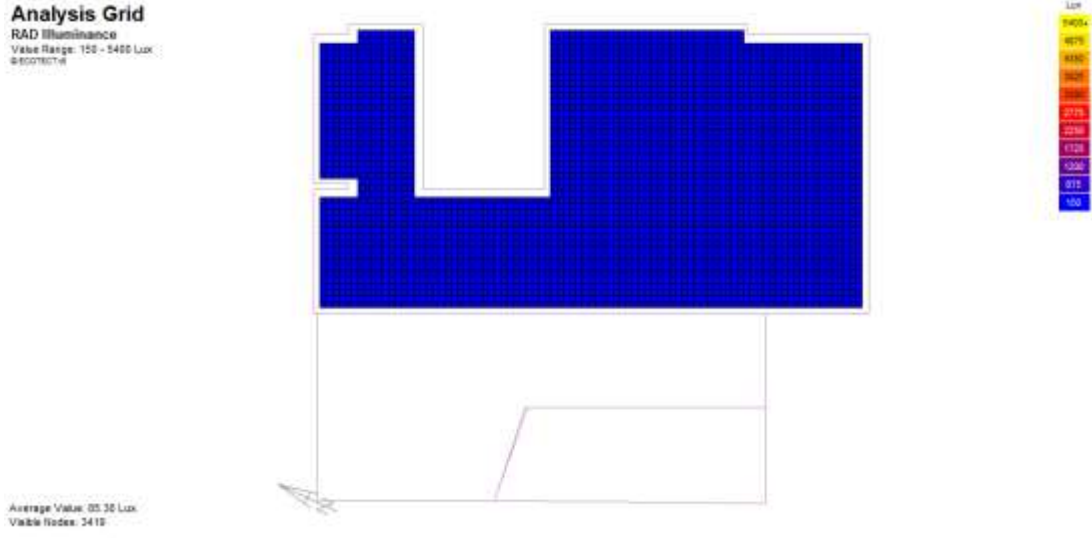
Şekil B.90 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 14:00



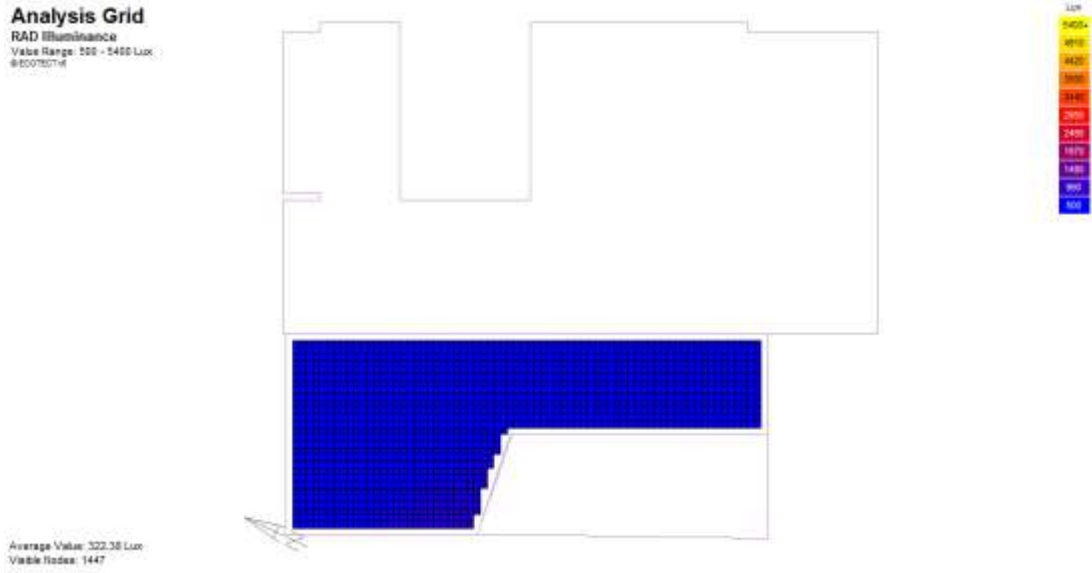
Şekil B.91 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 15:00



Şekil B.92 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 15:00



Şekil B.93 : Mevcut cam için iç zon 21 Aralık saat 16:00

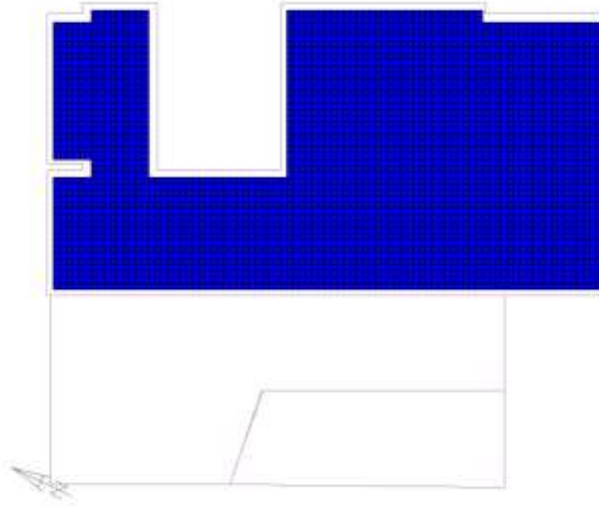


Şekil B.94 : Mevcut cam için dış zon 21 Aralık saat 16:00

EK C

Analysis Grid

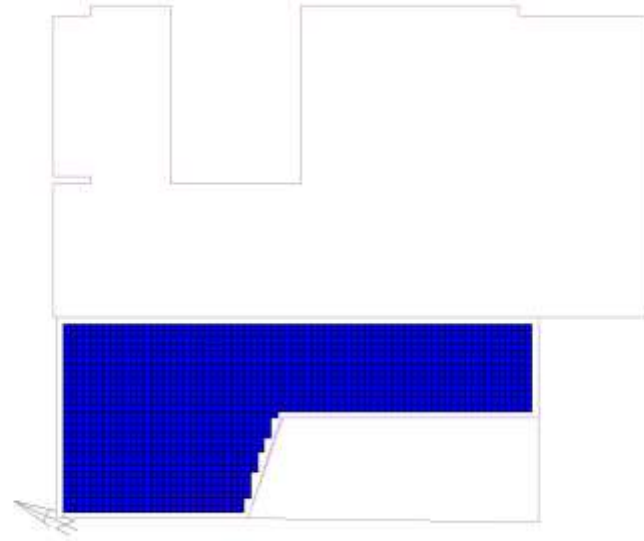
RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@ECO7ECTE®



Şekil C.1 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 07:00

Analysis Grid

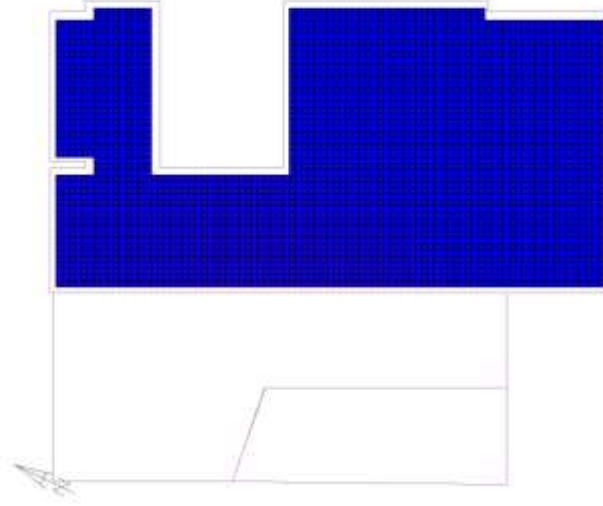
RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@ECO7ECTE®



Şekil C.2 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 07:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@60075074

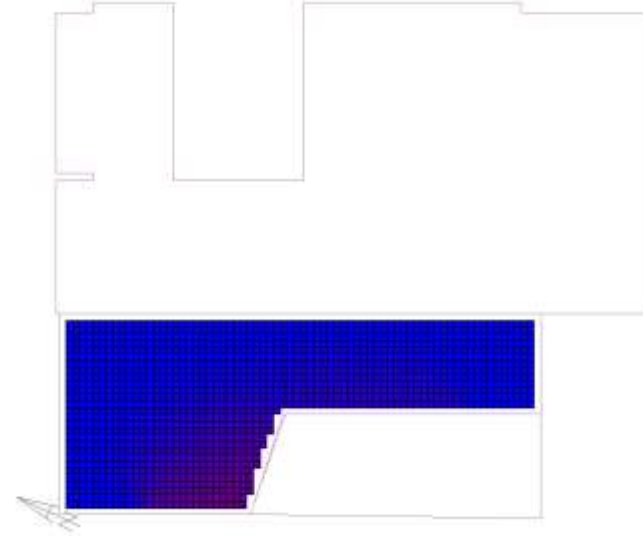


Average Value: 170.91 Lux
Visible Nodes: 3412

Şekil C.3 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 08:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@60075074

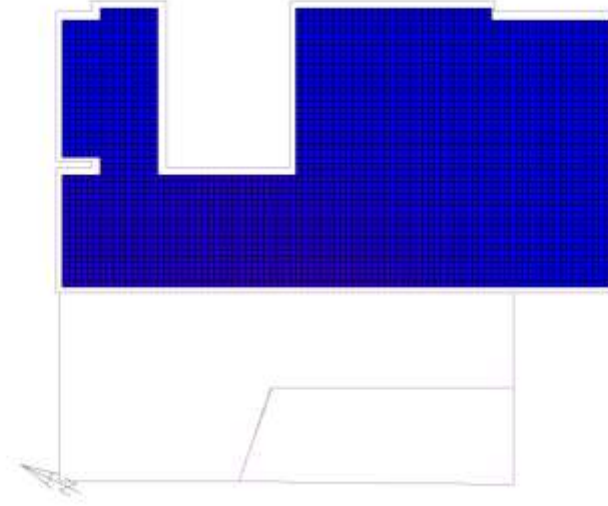


Average Value: 630.47 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.4 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 08:00

Analysis Grid

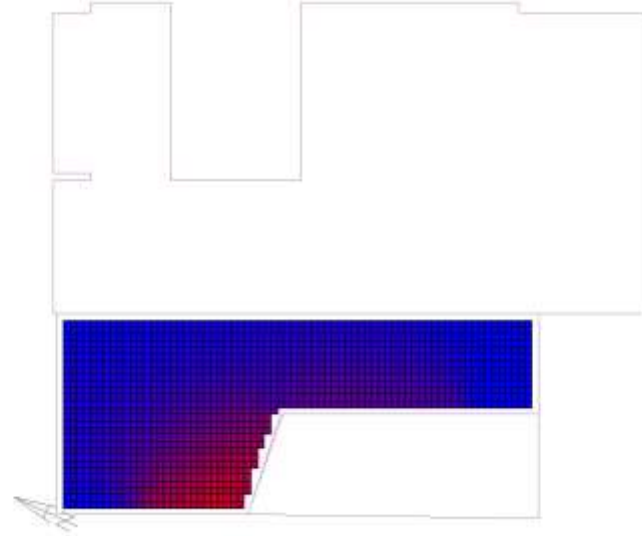
RAD Illuminance
Value Range: 156 - 5406 Lux
©2007ECDF



Şekil C.5 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 09:00

Analysis Grid

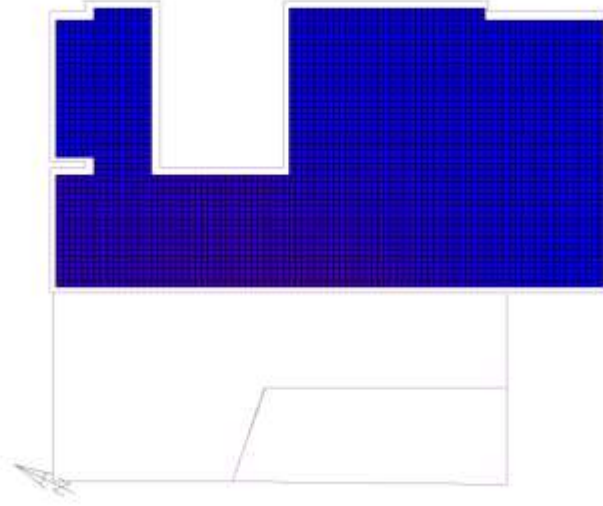
RAD Illuminance
Value Range: 506 - 5406 Lux
©2007ECDF



Şekil C.6 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 09:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@600750716

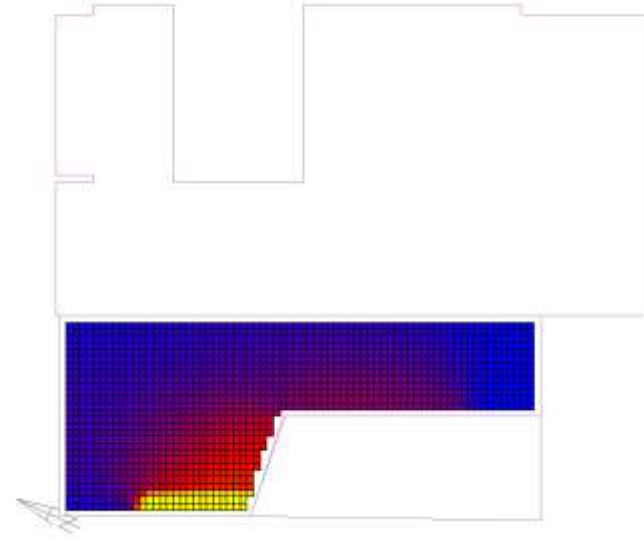


Average Value: 370.88 Lux
Visible Nodes: 3412

Şekil C.7 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 10:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@600750716

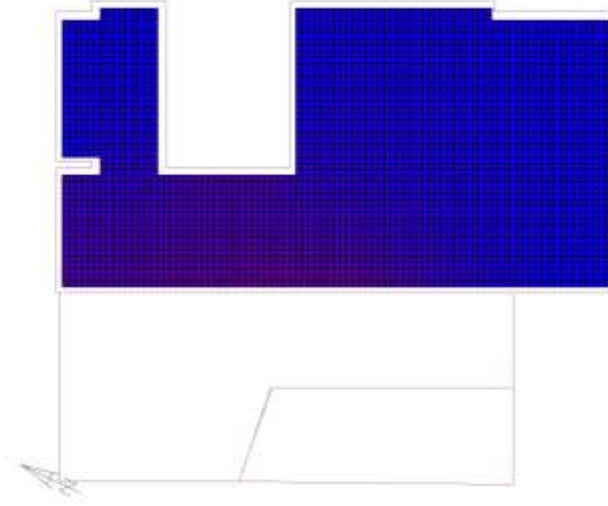


Average Value: 1515.20 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.8 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 10:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECDF

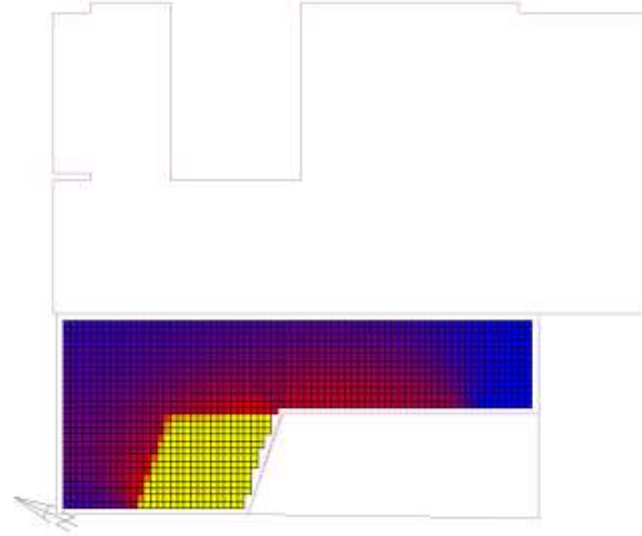


Average Value: 505.55 Lux
Visible Nodes: 2413

Şekil C.9 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 11:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECDF

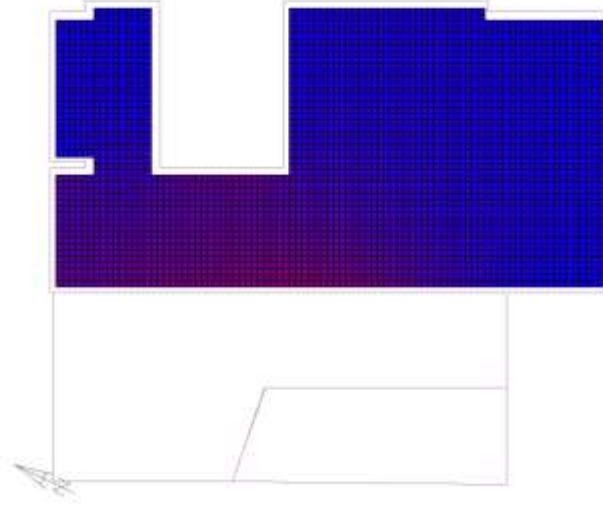


Average Value: 2404.51 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.10 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 11:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@600750716

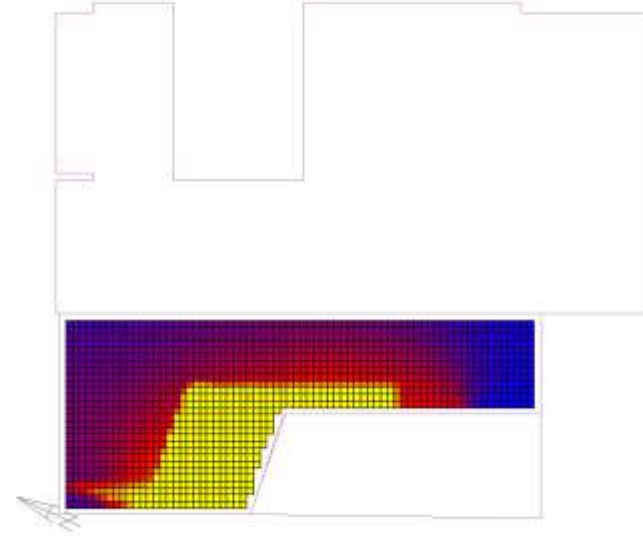


Average Value: 041.14 Lux
Visible Nodes: 2410

Şekil C.11 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 12:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@600750716

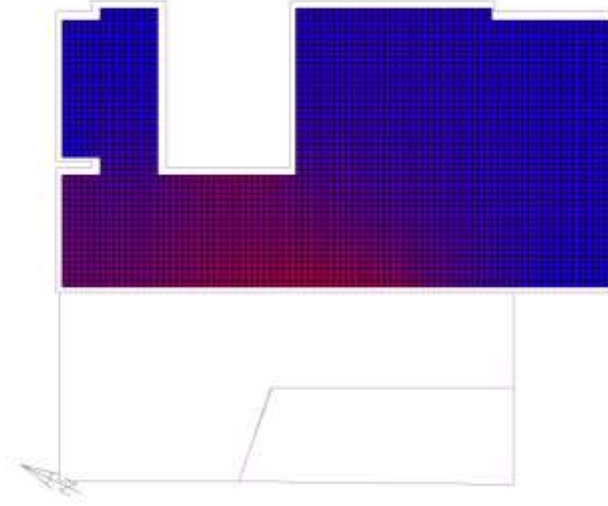


Average Value: 3190.02 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.12 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 12:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECDF

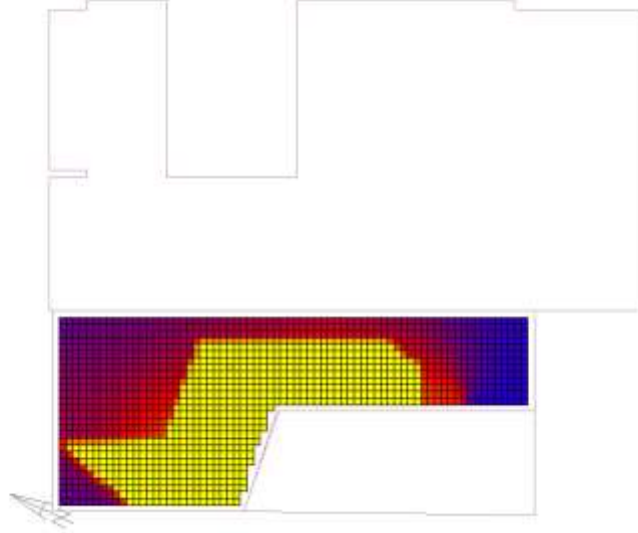


Average Value: 045.55 Lux
Visible Nodes: 2413

Şekil C.13 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 13:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECDF

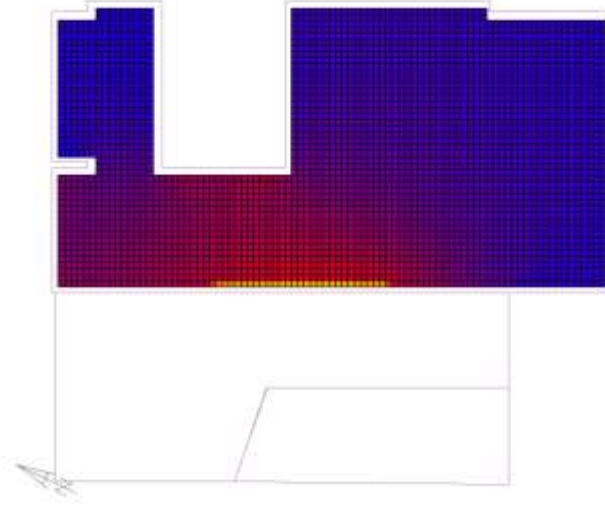


Average Value: 4444.15 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.14 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 13:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
©2007©14

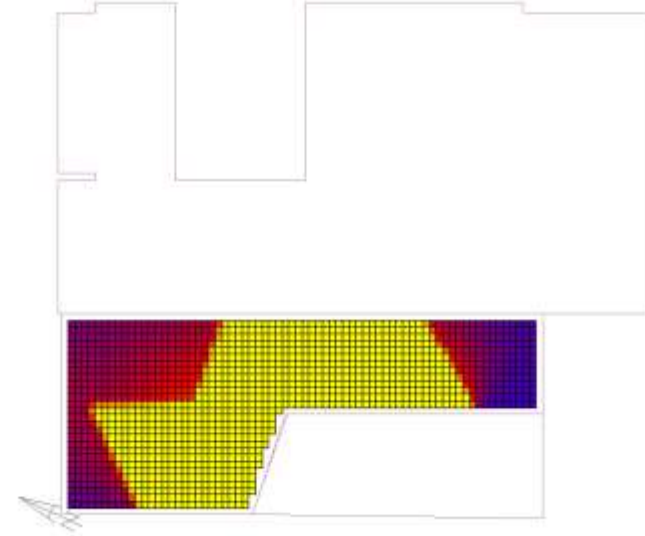


Average Value: 1119.89 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil C.15 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 14:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
©2007©14

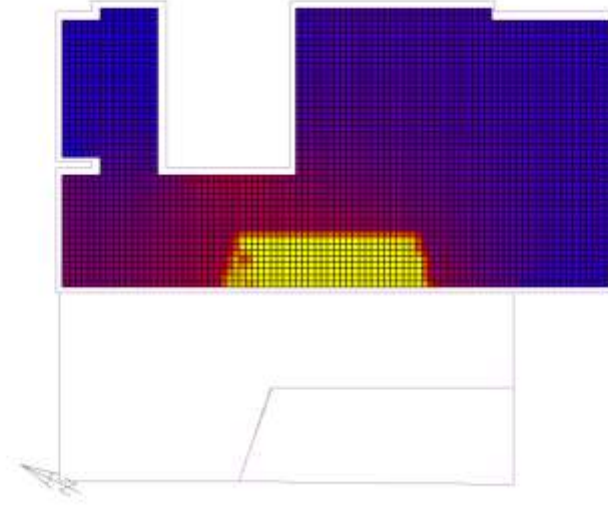


Average Value: 5267.56 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.16 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 14:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECTi®

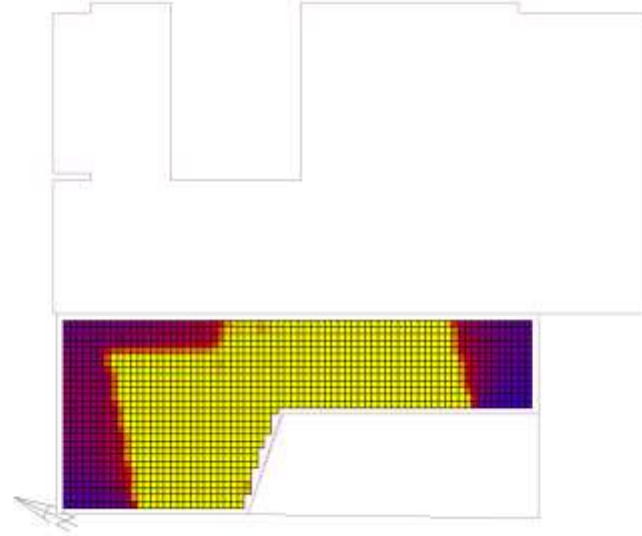


Average Value: 1411.21 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil C.17 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 15:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECTi®

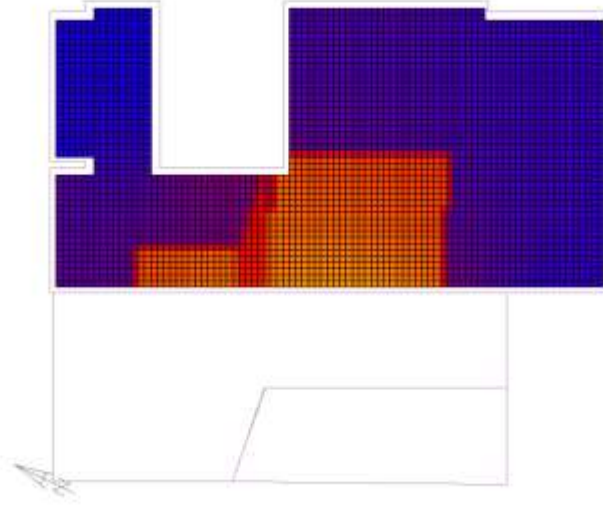


Average Value: 4955.99 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.18 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 15:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@60075071#

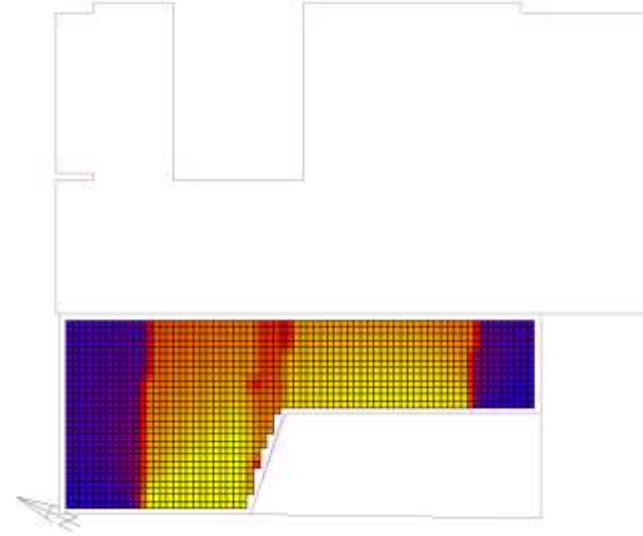


Average Value: 1402.45 Lux
Visible Nodes: 3413

Şekil C.19 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 16:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@60075071#

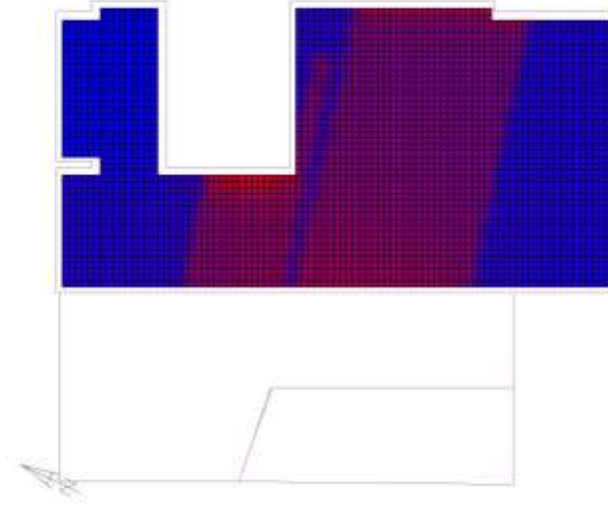


Average Value: 3417.76 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.20 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 16:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECTi®



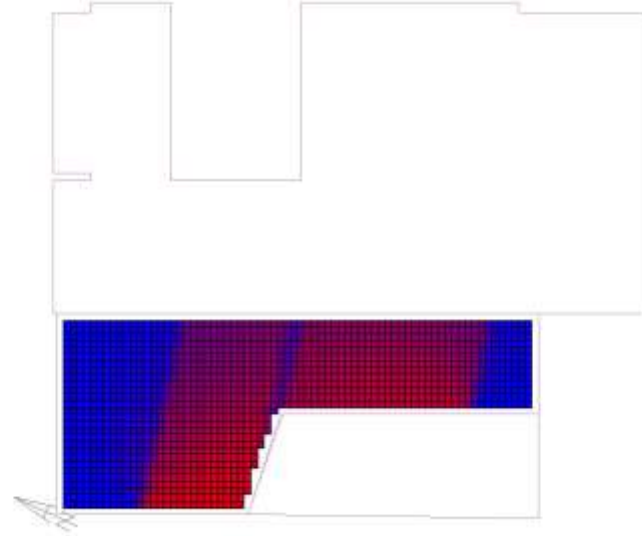
Average Value: 947.83 Lux
Visible Nodes: 2419



Şekil C.21 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 17:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECTi®



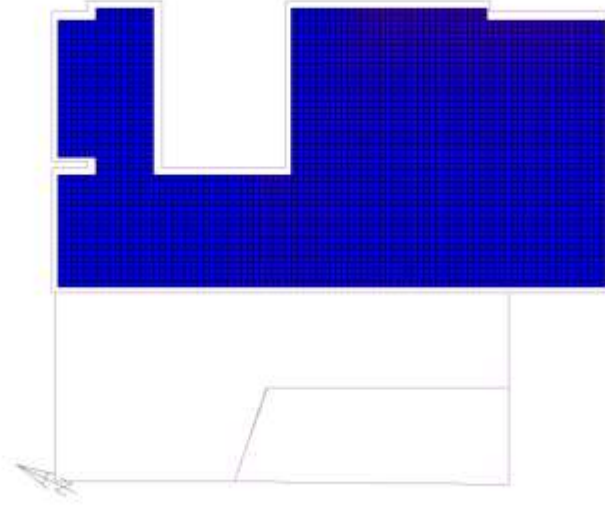
Average Value: 1499.28 Lux
Visible Nodes: 1447



Şekil C.22 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 17:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
© 2007 Autodesk

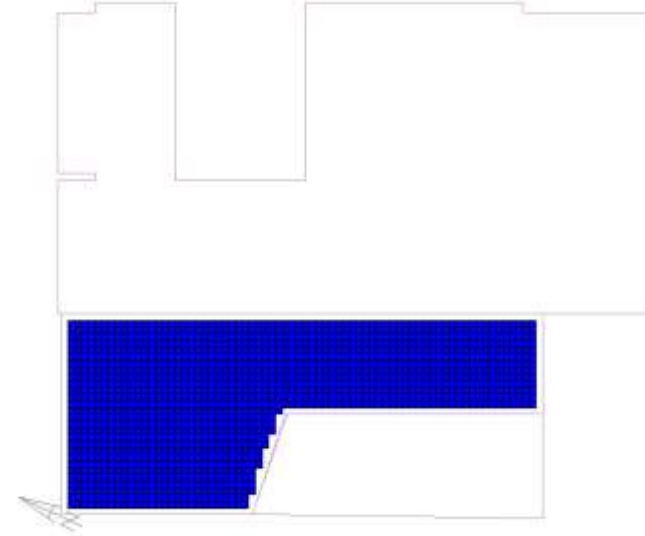


Average Value: 233.38 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil C.23 : Yeni cam için iç zon 21 Mart saat 18:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
© 2007 Autodesk

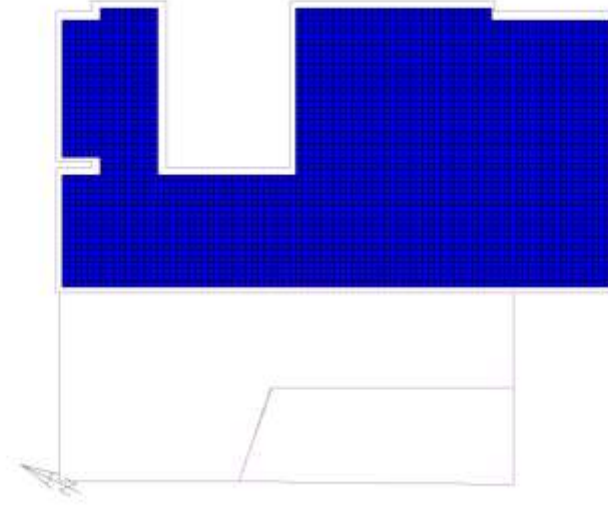


Average Value: 264.25 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.24 : Yeni cam için dış zon 21 Mart saat 18:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
©2007ECDF

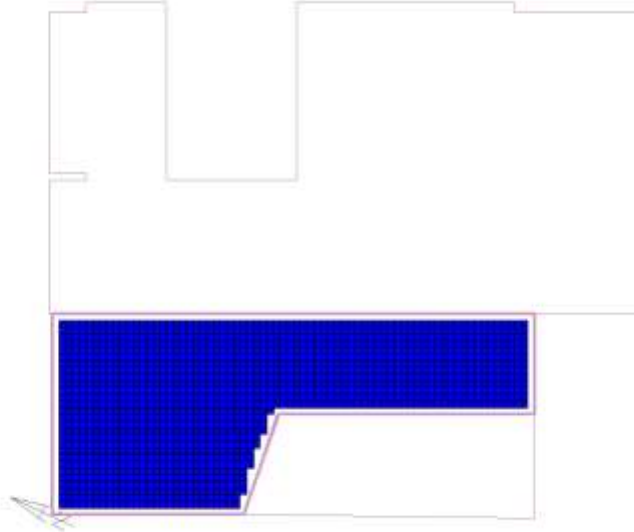


Average Value: 120.50 Lux
Visible Nodes: 3413

Şekil C.25 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 05:00

Analysis Grid

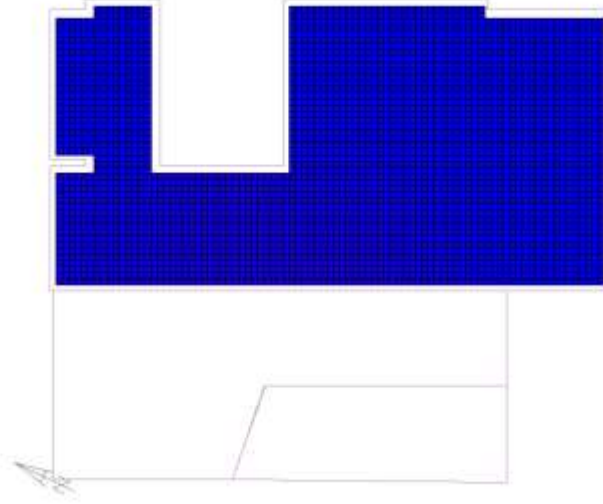
RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
©2007ECDF



Average Value: 297.00 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.26 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 05:00

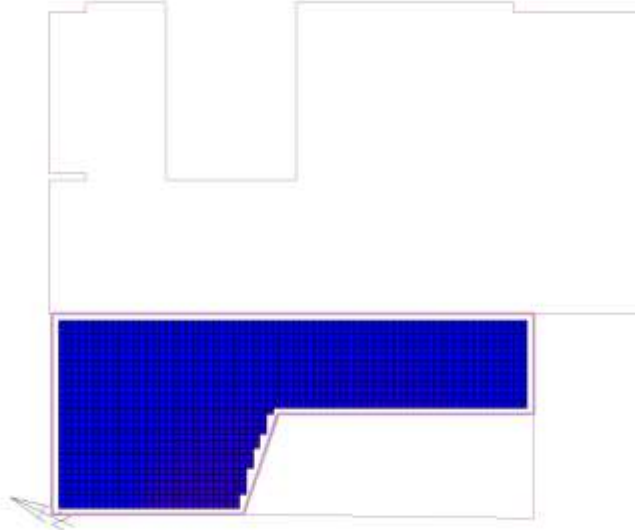
Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@6007671#



Average Value: 207.74 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil C.27 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 06:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@6007671#

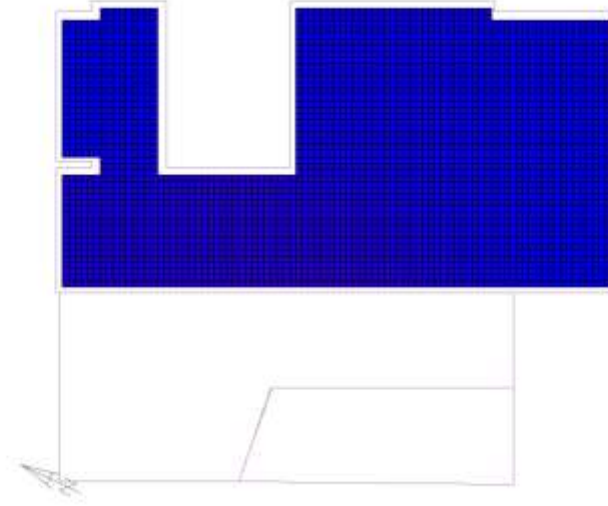


Average Value: 400.36 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.28 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 06:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 156 - 5406 Lux
©2007ECDF

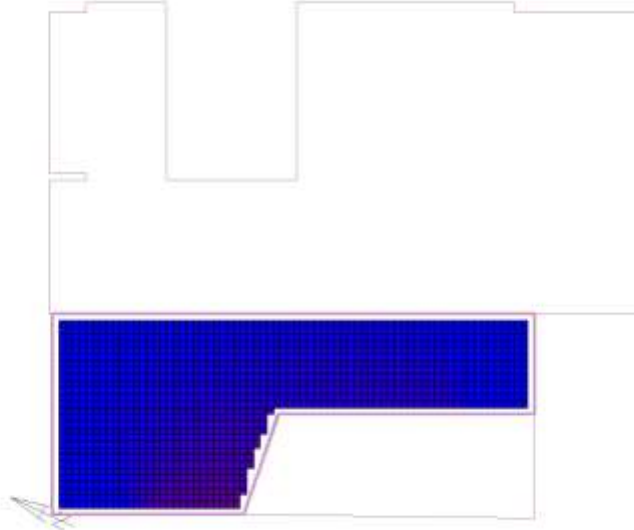
Average Value: 290.86 Lux
Visible Nodes: 2419



Şekil C.29 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 07:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 506 - 5406 Lux
©2007ECDF

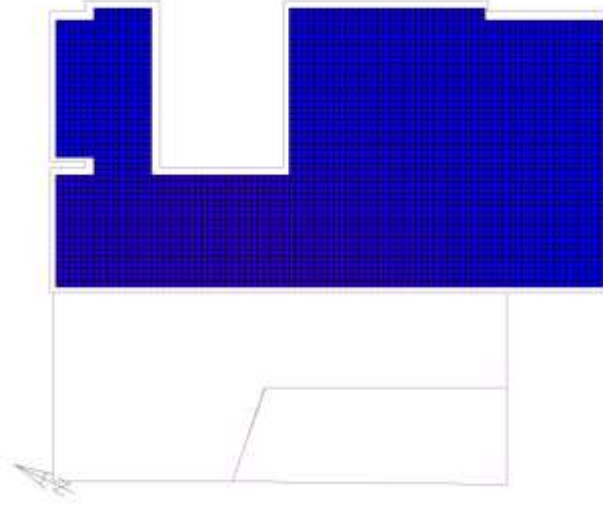
Average Value: 671.46 Lux
Visible Nodes: 1447



Şekil C.30 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 07:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@600750716

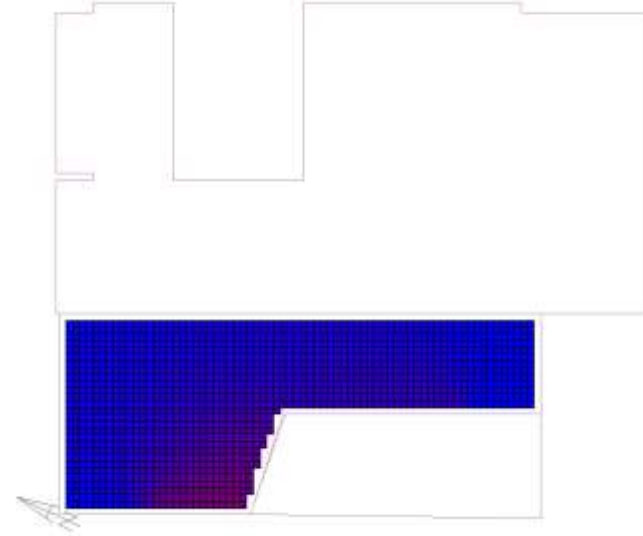


Average Value: 344.50 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil C.31 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 08:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@600750716

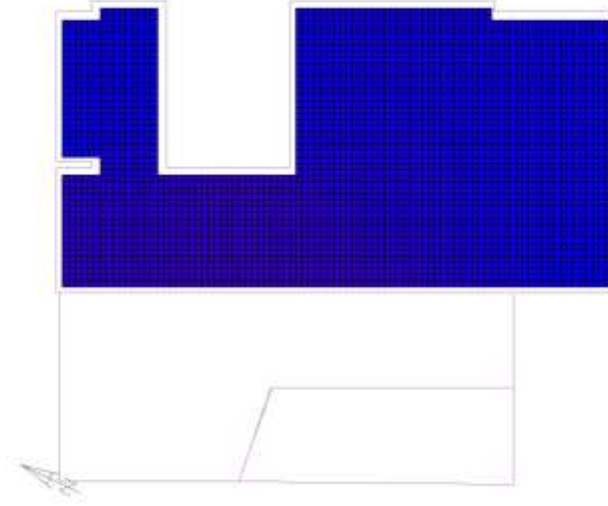


Average Value: 616.50 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.32 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 08:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 156 - 5406 Lux
©2007ECDF

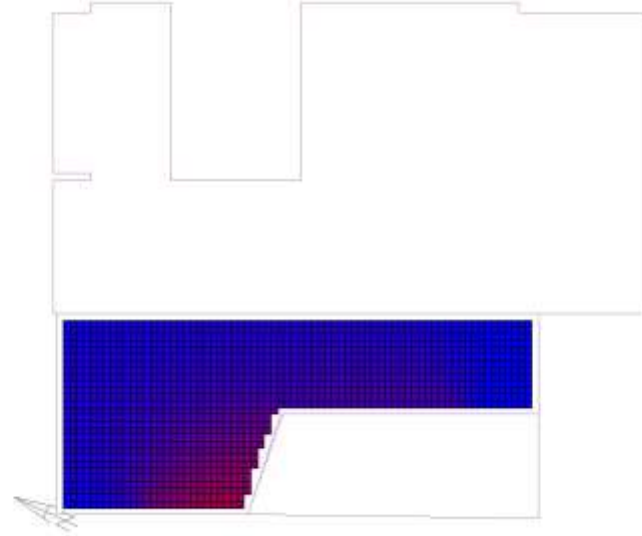
Average Value: 392.26 Lux
Visible Nodes: 2412



Şekil C.33 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 09:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 506 - 5406 Lux
©2007ECDF

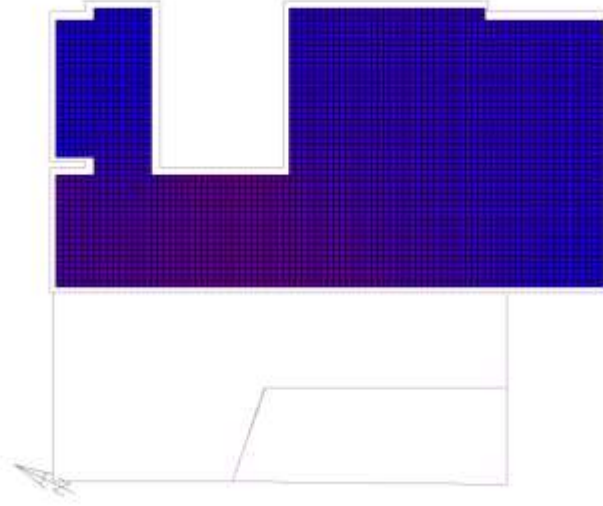
Average Value: 955.94 Lux
Visible Nodes: 1447



Şekil C.34 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 09:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@60076716

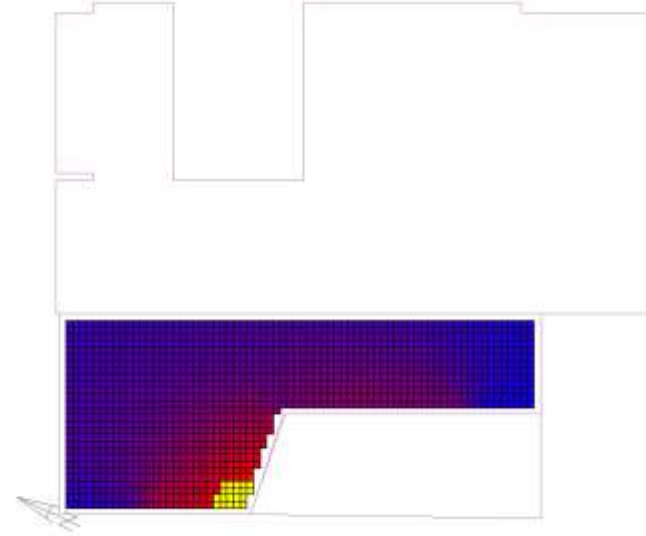


Average Value: 727.50 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil C.35 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 10:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@60076716

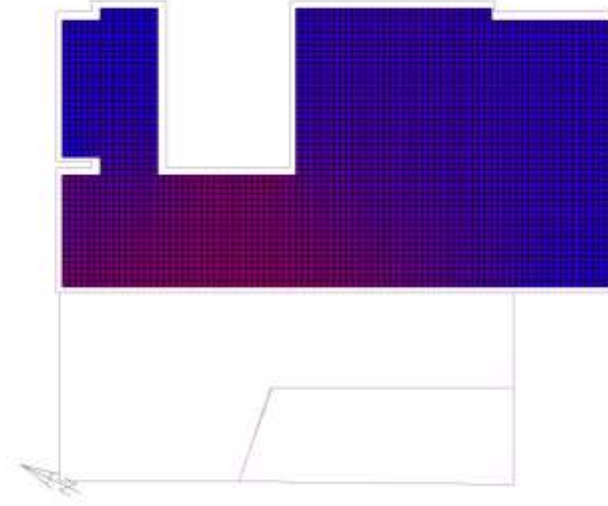


Average Value: 1720.01 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.36 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 10:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 156 - 5406 Lux
©2007ECDF

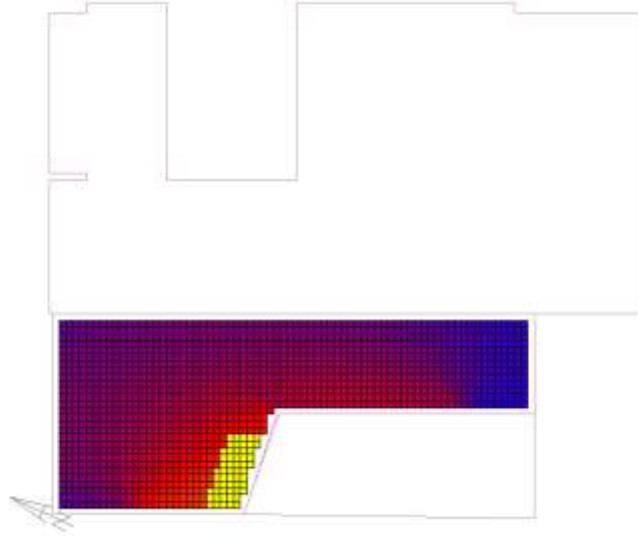
Average Value: 913.55 Lux
Visible Nodes: 2419



Şekil C.37 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 11:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 506 - 5406 Lux
©2007ECDF

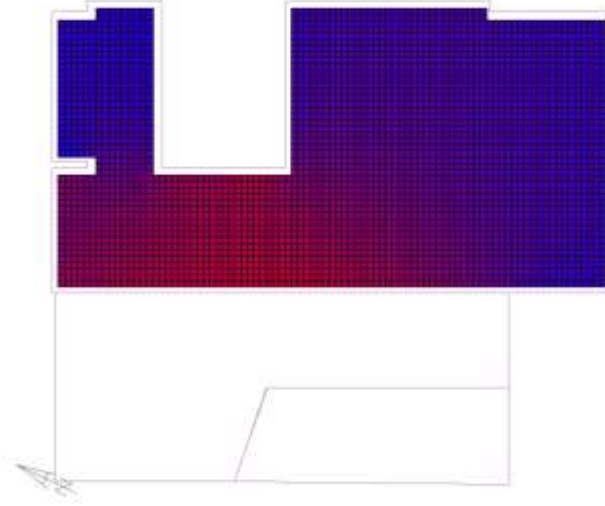
Average Value: 2956.32 Lux
Visible Nodes: 1447



Şekil C.38 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 11:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
©2007ECO™

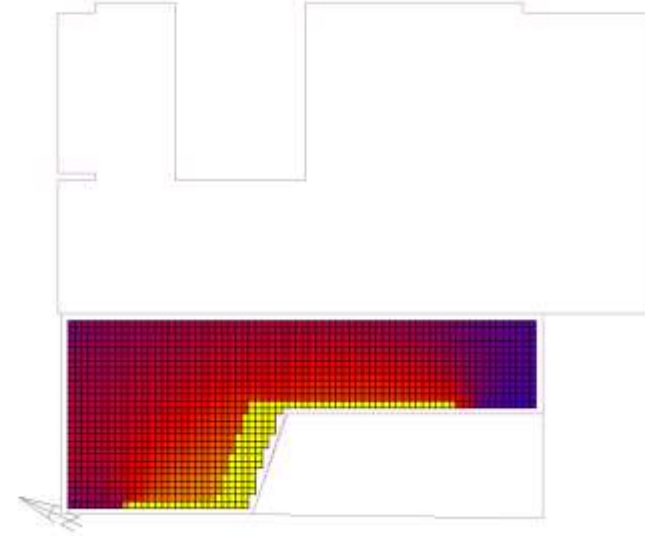


Average Value: 1100.76 Lux
Visible Nodes: 2415

Şekil C.39 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 12:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
©2007ECO™

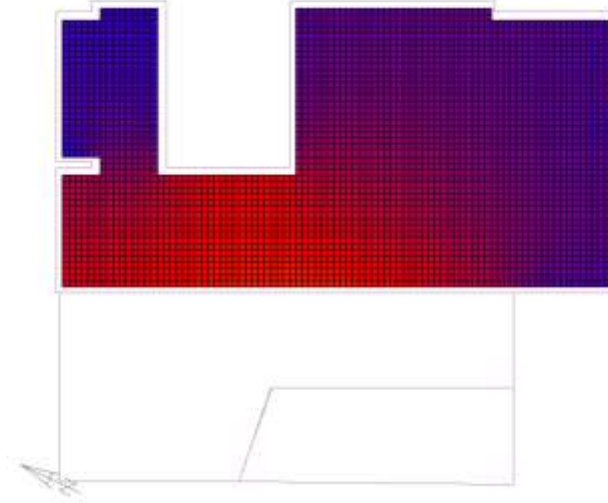


Average Value: 4130.18 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.40 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 12:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECDF

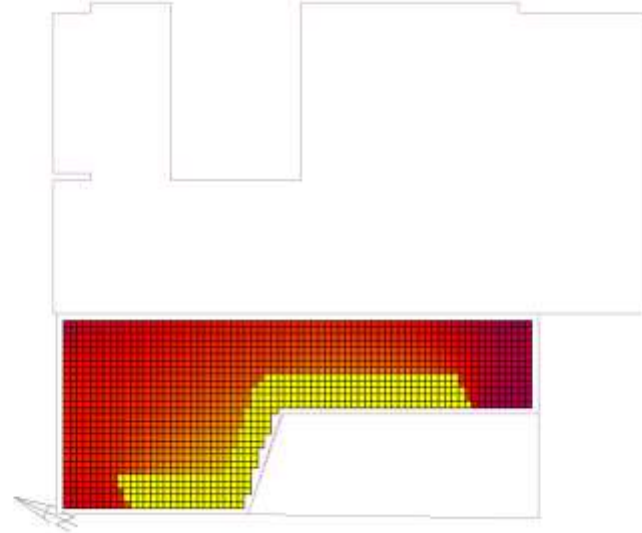


Average Value: 1633.76 Lux
Visible Nodes: 2413

Şekil C.41 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 13:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECDF

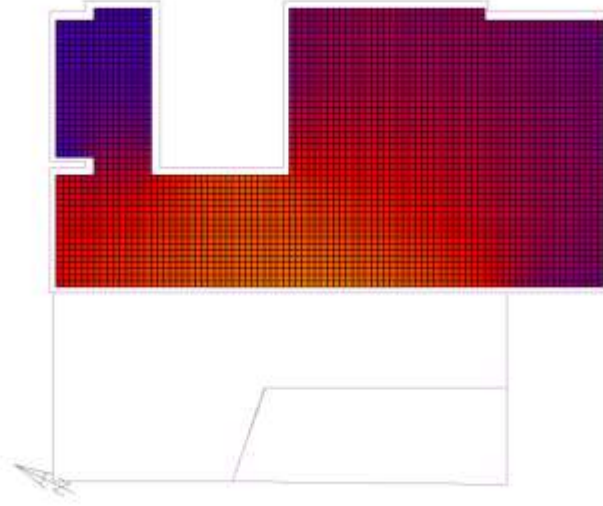


Average Value: 3202.54 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.42 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 13:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@60076716

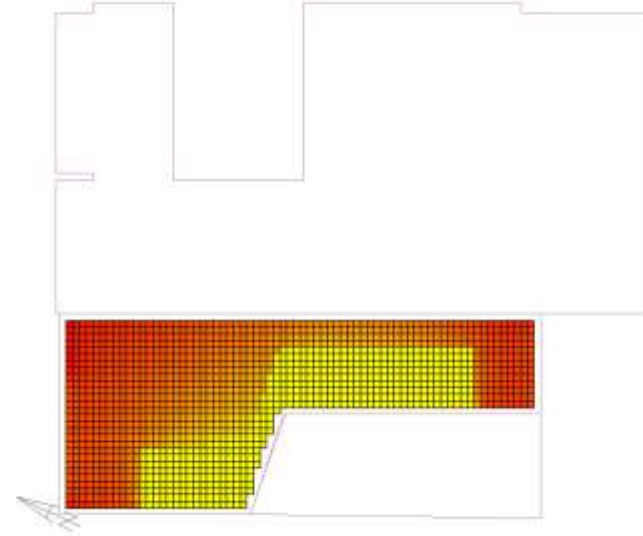


Average Value: 2234.45 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil C.43 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 14:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@60076716

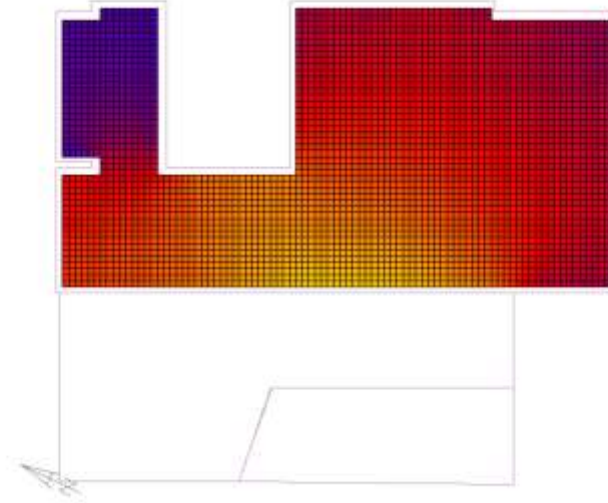


Average Value: 13205.26 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.44 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 14:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECTi®

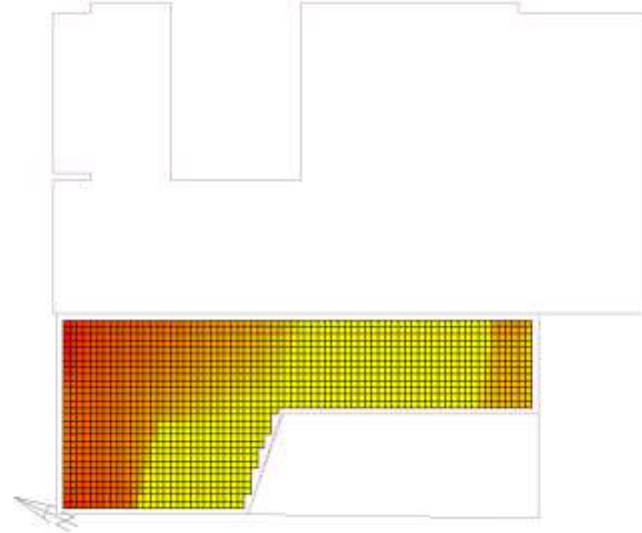


Average Value: 2770.53 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil C.45 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 15:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECTi®

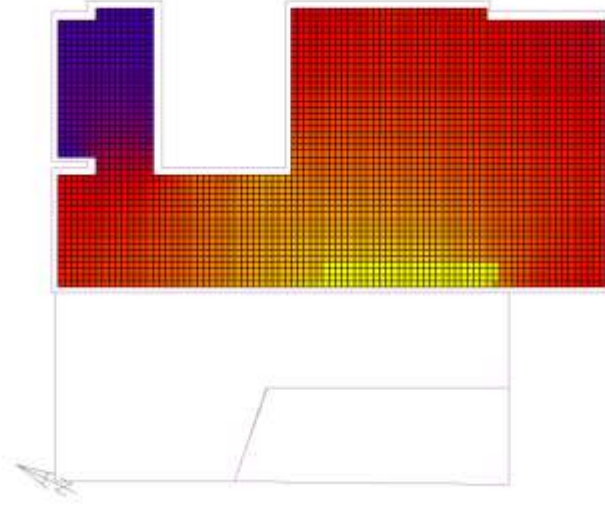


Average Value: 16400.44 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.46 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 15:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@60076716

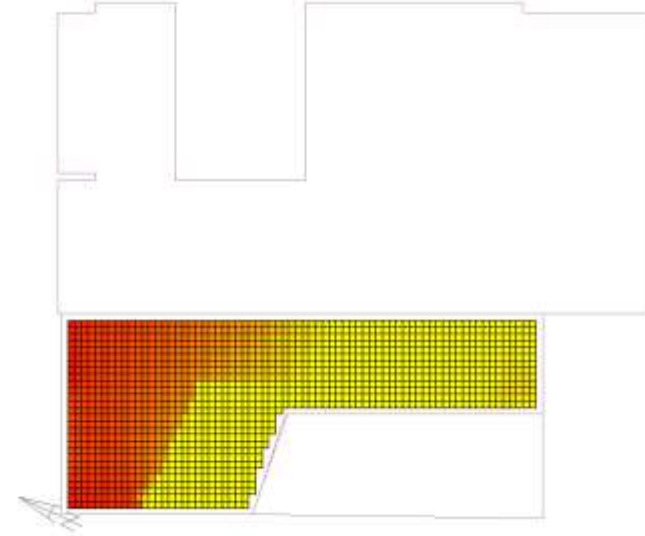


Average Value: 3037.29 Lux
Visible Nodes: 3415

Şekil C.47 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 16:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@60076716

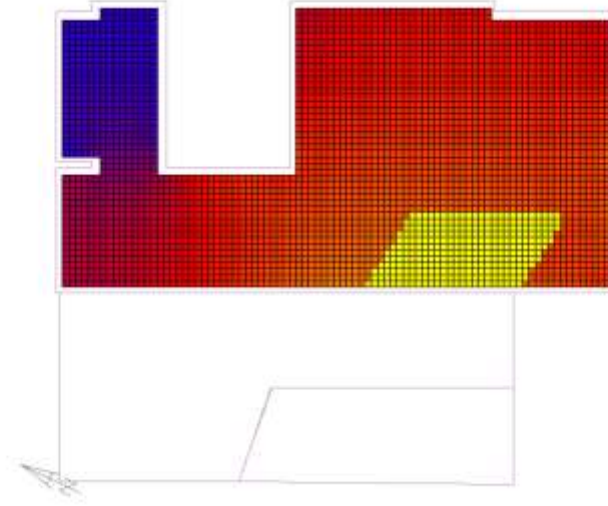


Average Value: 15334.37 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.48 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 16:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECTi.e

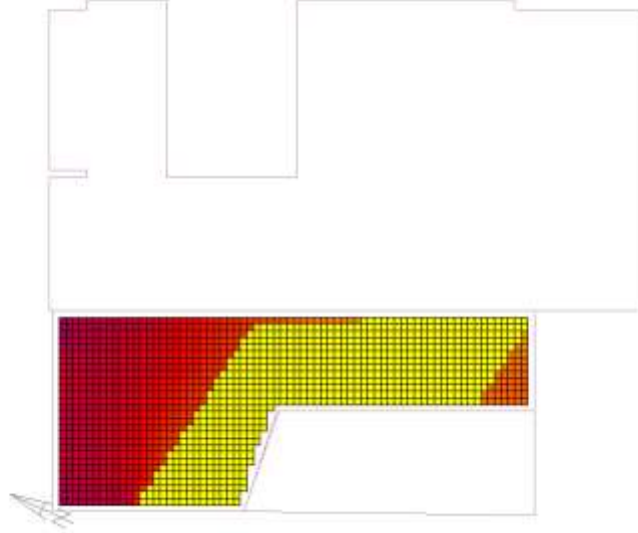


Average Value: 4054.31 Lux
Visible Nodes: 2413

Şekil C.49 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 17:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECTi.e

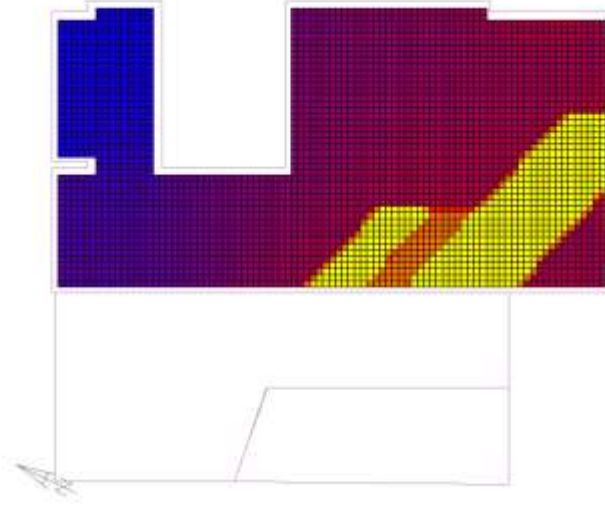


Average Value: 10903.85 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.50 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 17:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@600750716

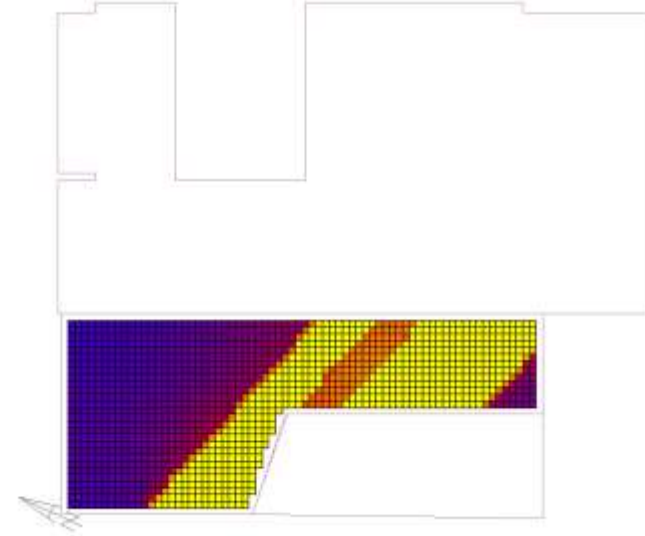


Average Value: 2711.14 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil C.51 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 18:00

Analysis Grid

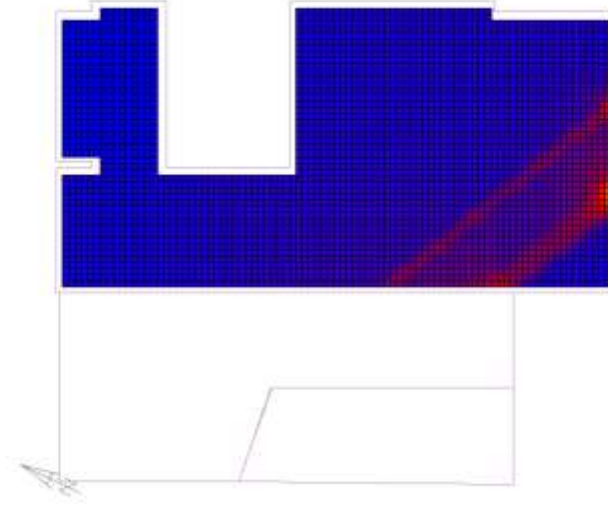
RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@600750716



Average Value: 4571.23 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.52 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 18:00

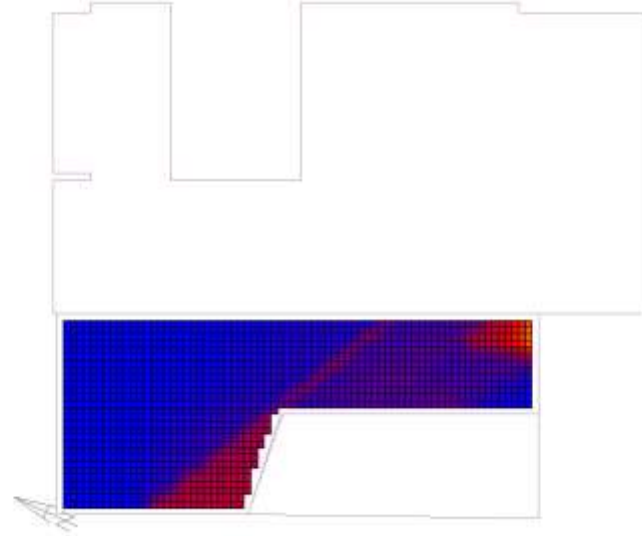
Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 156 - 5406 Lux
©2007ECDF



Average Value: 505.41 Lux
Visible Nodes: 2412

Şekil C.53 : Yeni cam için iç zon 21 Haziran saat 19:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 506 - 5406 Lux
©2007ECDF

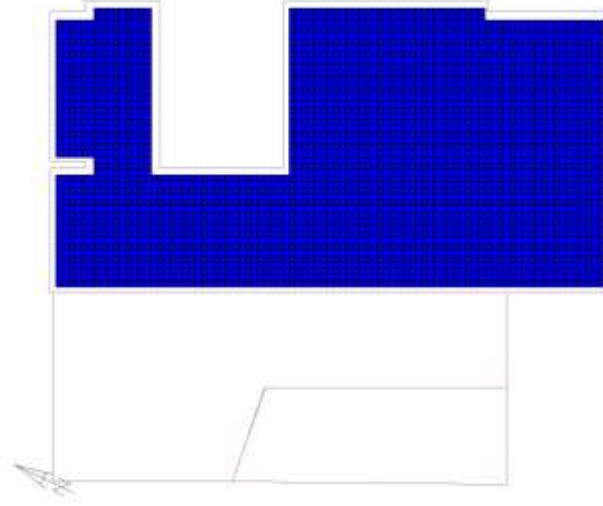


Average Value: 924.94 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.54 : Yeni cam için dış zon 21 Haziran saat 19:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
© 2007 Autodesk

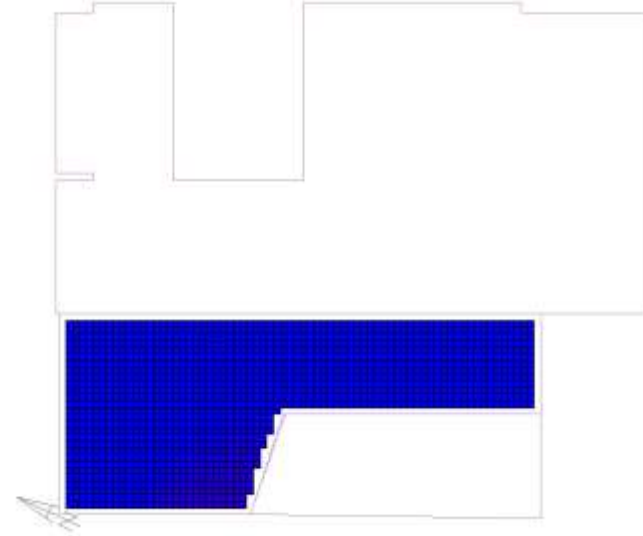


Average Value: 101.13 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil C.55 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 07:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
© 2007 Autodesk

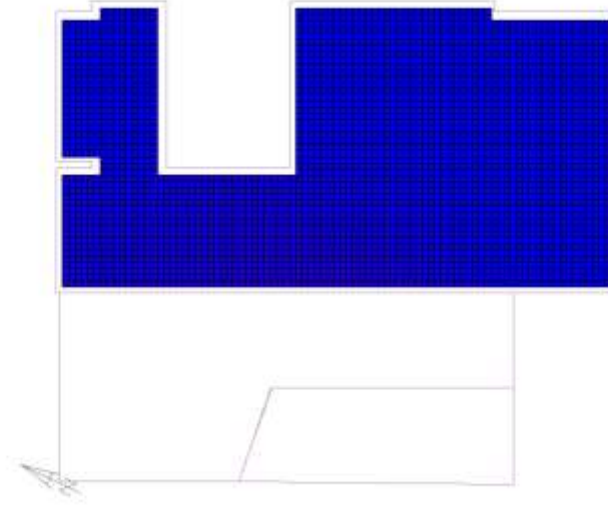


Average Value: 354.28 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.56 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 07:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 158 - 5406 Lux
©2007ECDF

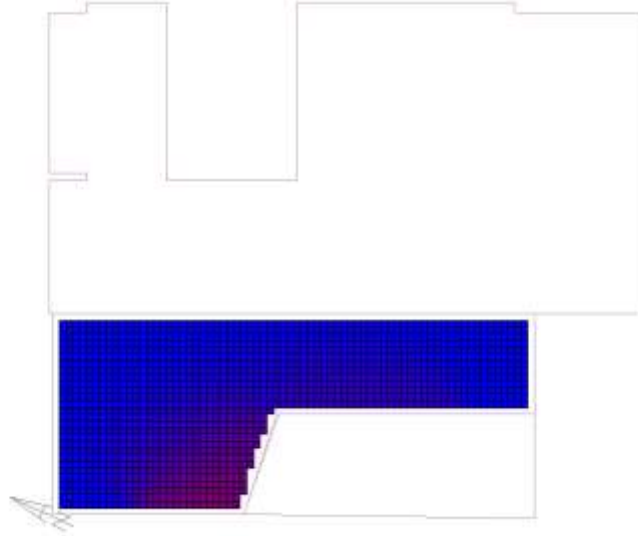
Average Value: 201.73 Lux
Visible Nodes: 2419



Şekil C.57 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 08:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 506 - 5406 Lux
©2007ECDF

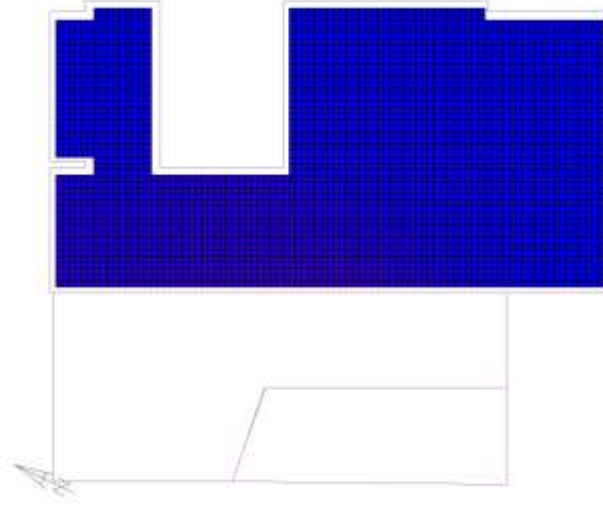
Average Value: 727.16 Lux
Visible Nodes: 1447



Şekil C.58 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 08:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
© 2007 Autodesk

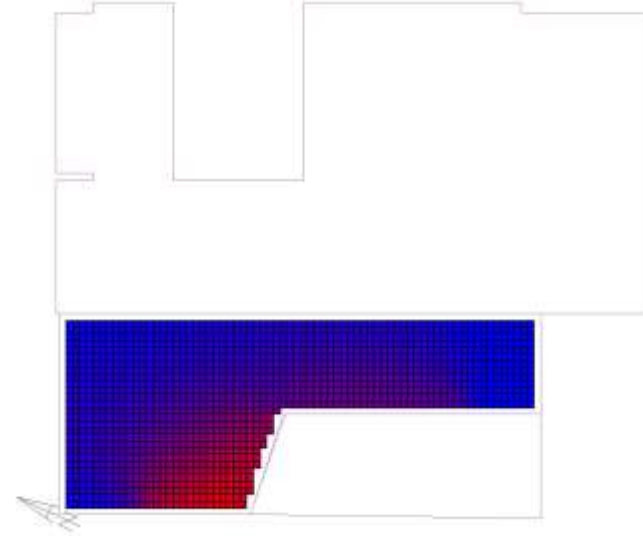


Average Value: 294.85 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil C.59 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 09:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
© 2007 Autodesk

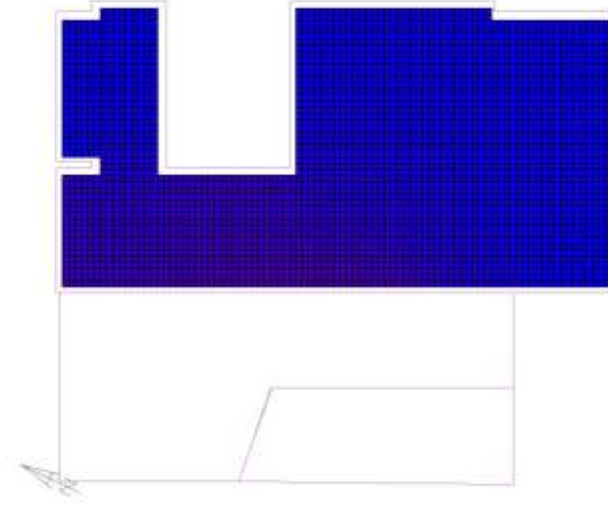


Average Value: 1107.23 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.60 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 09:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECDF

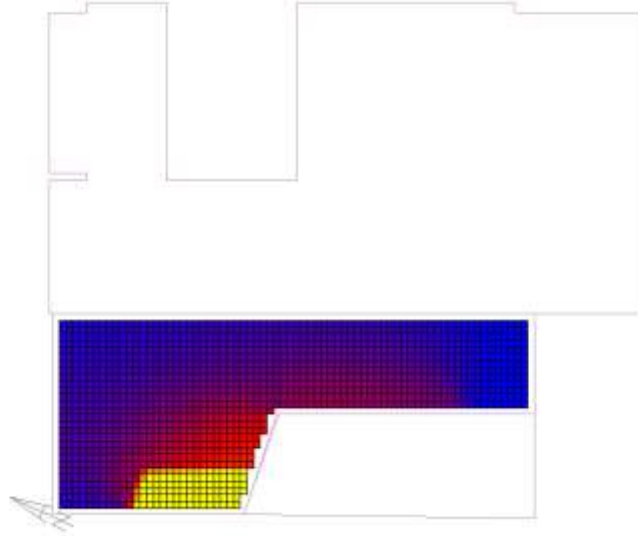


Average Value: 407.55 Lux
Visible Nodes: 2412

Şekil C.61 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 10:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECDF

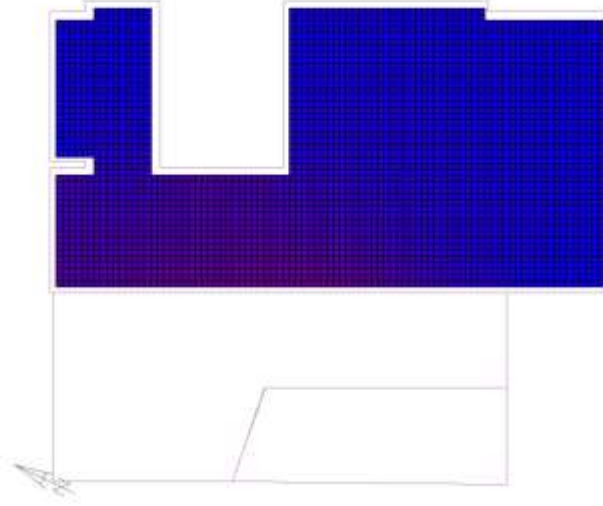


Average Value: 1756.85 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.62 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 10:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@600750716

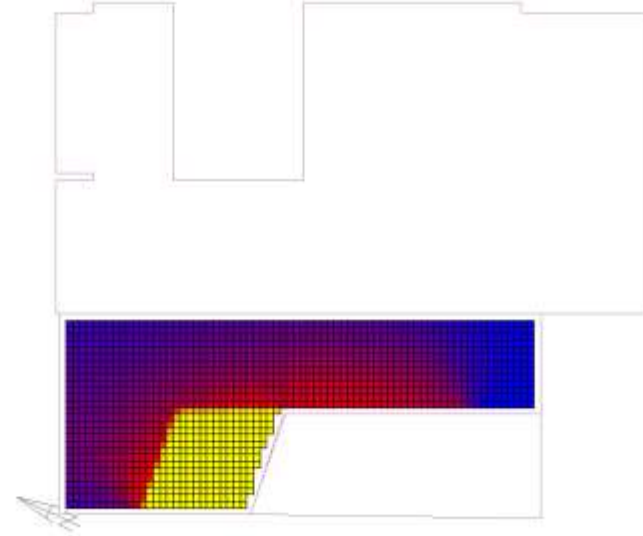


Average Value: 530.81 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil C.63 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 11:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@600750716

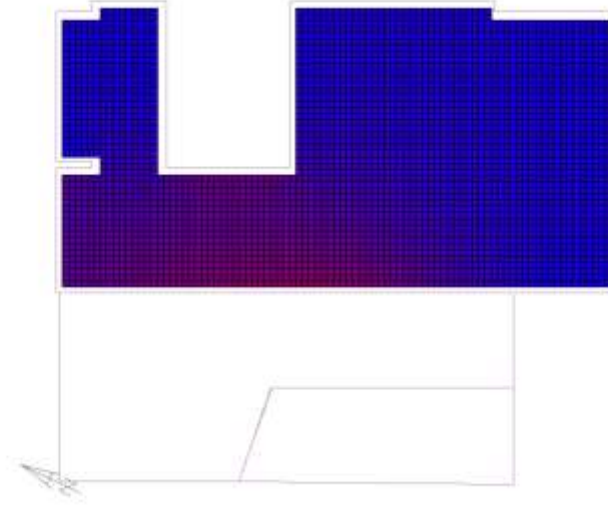


Average Value: 2621.29 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.64 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 11:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECDF

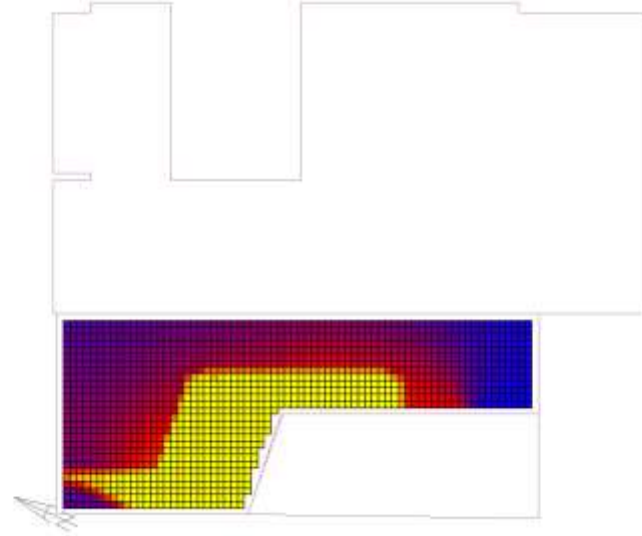


Average Value: 677.47 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil C.65 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 12:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECDF

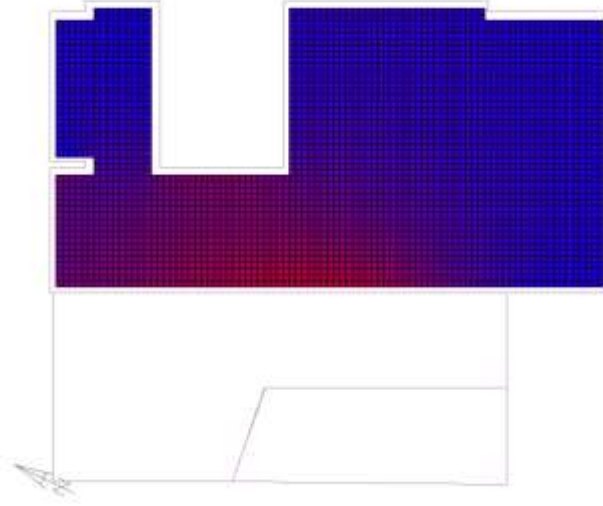


Average Value: 3510.17 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.66 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 12:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@60075074

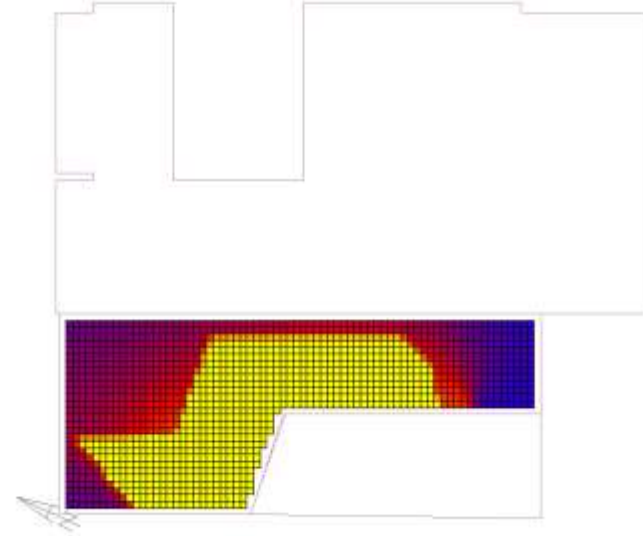


Average Value: 303.73 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil C.67 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 13:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@60075074

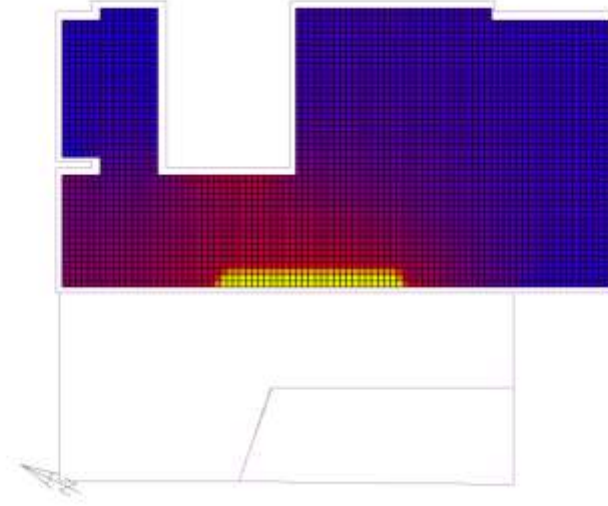


Average Value: 4652.77 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.68 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 13:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECDF

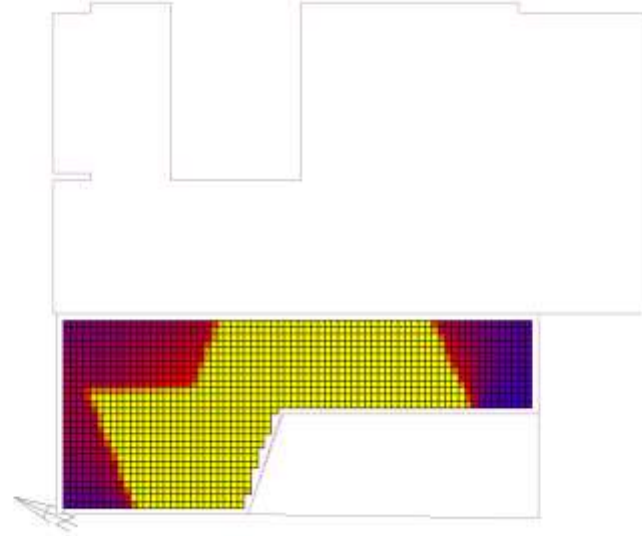


Average Value: 1207.35 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil C.69 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 14:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECDF

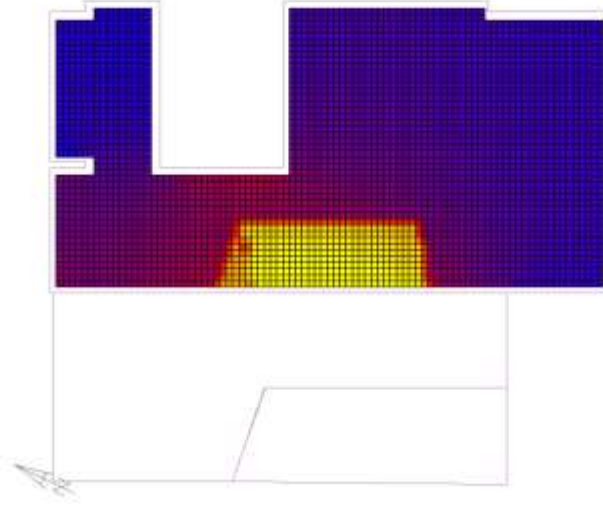


Average Value: 5260.34 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.70 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 14:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
© 2007 Autodesk

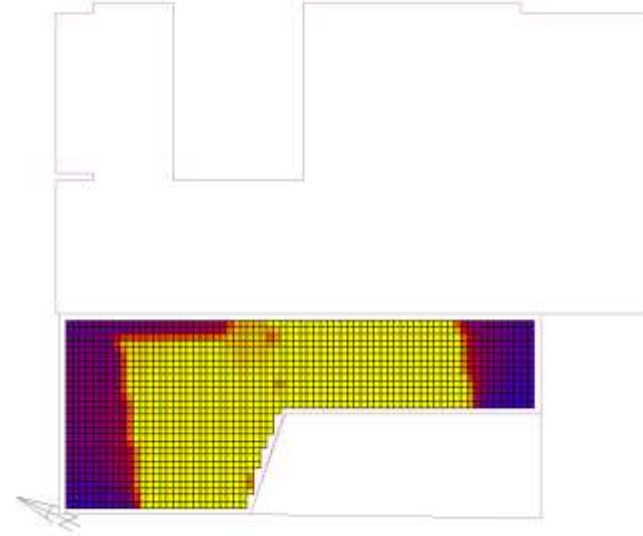


Average Value: 1434.47 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil C.71 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 15:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
© 2007 Autodesk

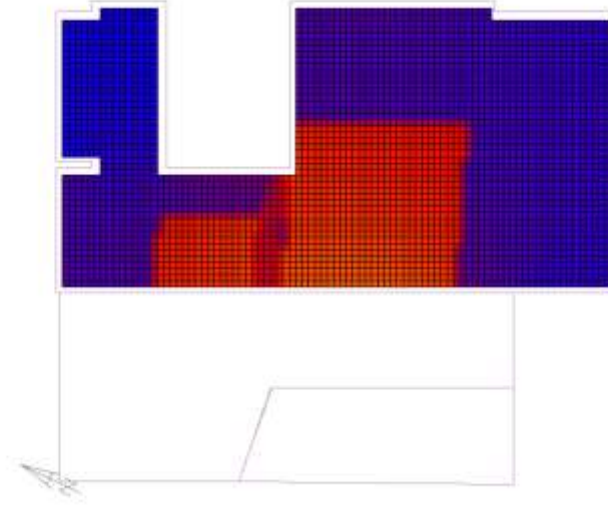


Average Value: 4602.51 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.72 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 15:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECTi®

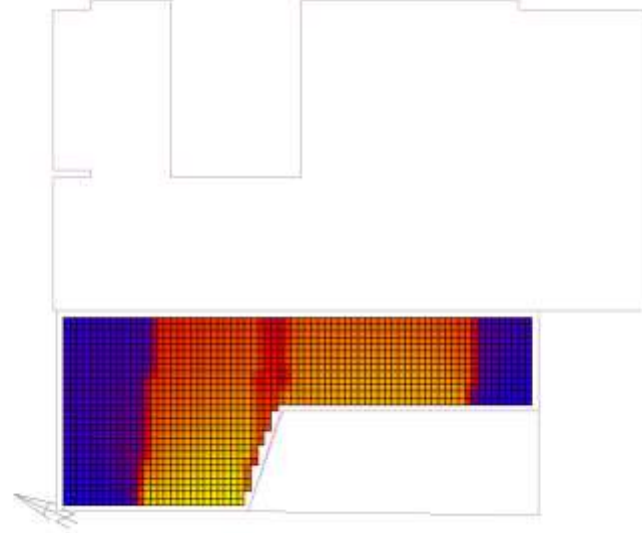


Average Value: 1421.82 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil C.73 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 16:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECTi®

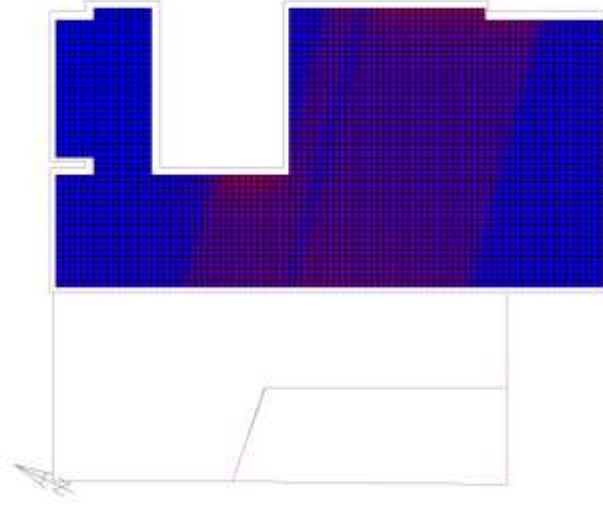


Average Value: 2936.87 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.74 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 16:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
©2007ECO™

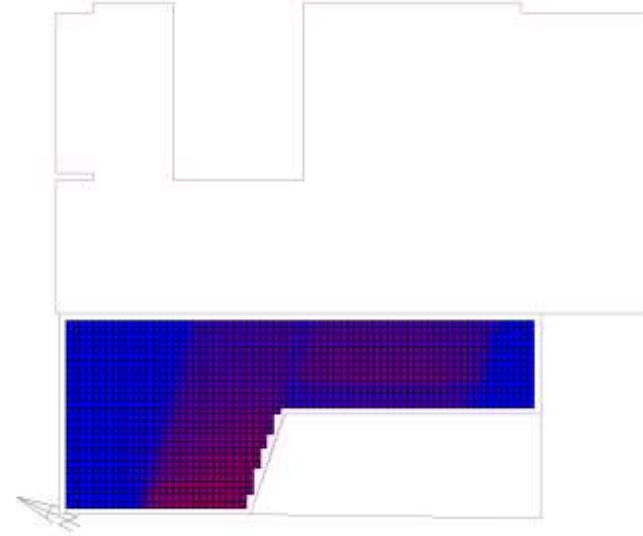


Average Value: 657.24 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil C.75 : Yeni cam için iç zon 23 Eylül saat 17:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
©2007ECO™

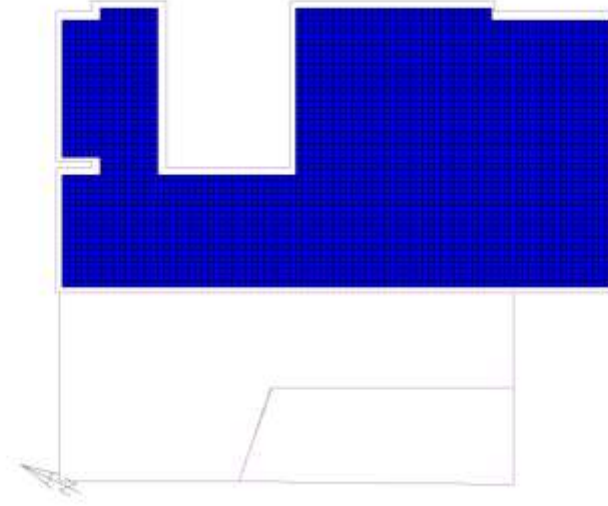


Average Value: 996.10 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.76 : Yeni cam için dış zon 23 Eylül saat 17:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
©2007ECDF

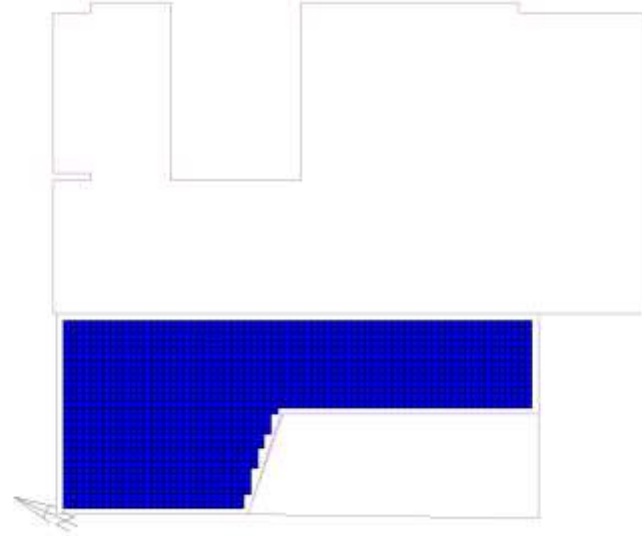


Average Value: 40.24 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil C.77 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 08:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
©2007ECDF

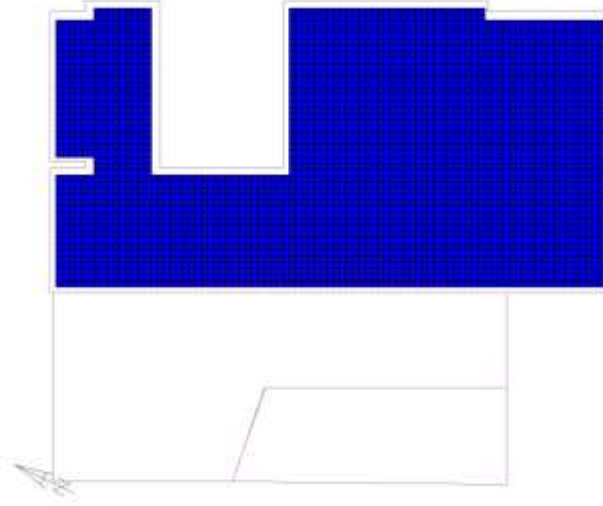


Average Value: 101.49 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.78 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 08:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
© 2007 Autodesk

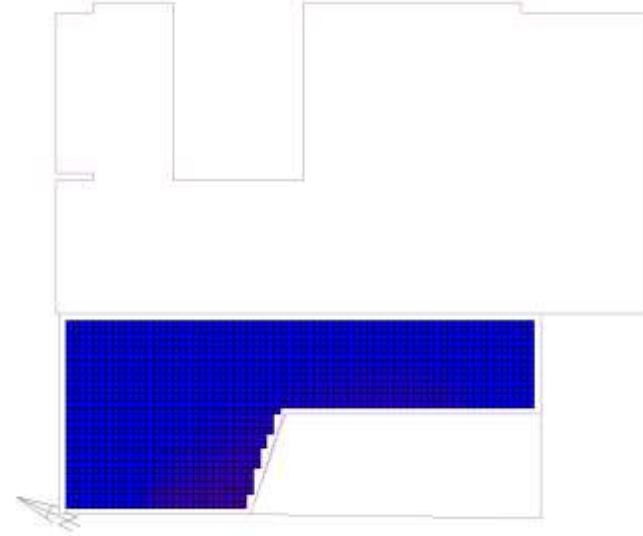


Average Value: 120.73 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil C.79 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 09:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
© 2007 Autodesk

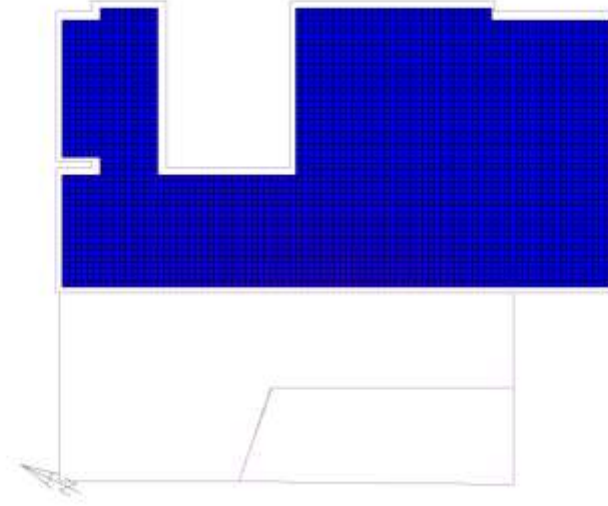


Average Value: 454.15 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.80 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 09:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECDF

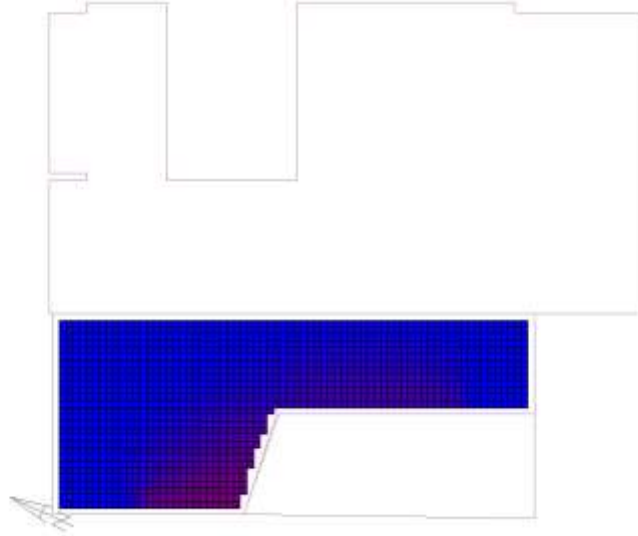


Average Value: 174.87 Lux
Visible Nodes: 2413

Şekil C.81 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 10:00

Analysis Grid

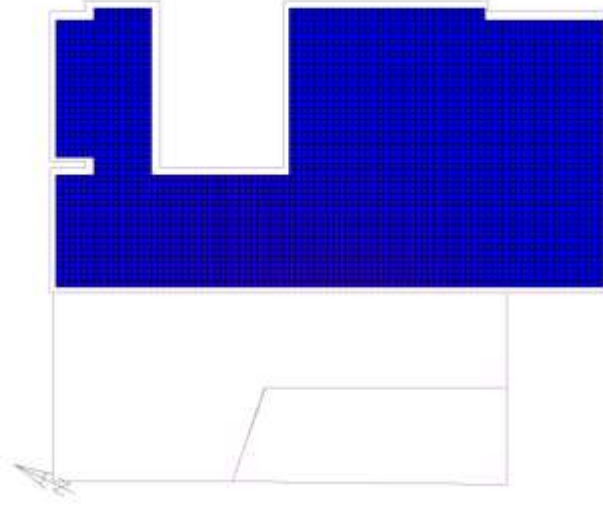
RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECDF



Average Value: 695.00 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.82 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 10:00

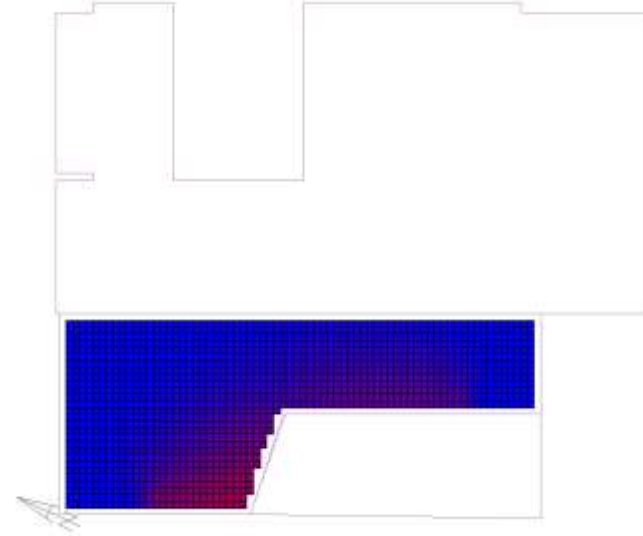
Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@6007501#



Average Value: 211.27 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil C.83 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 11:00

Analysis Grid
RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@6007501#

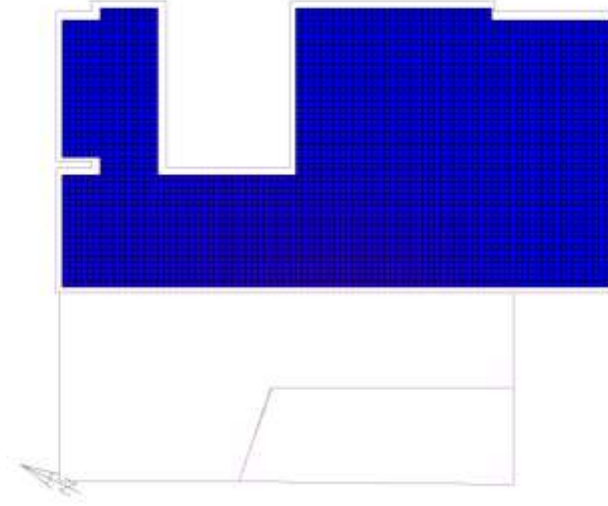


Average Value: 805.43 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.84 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 11:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 156 - 5406 Lux
©2007ECDF

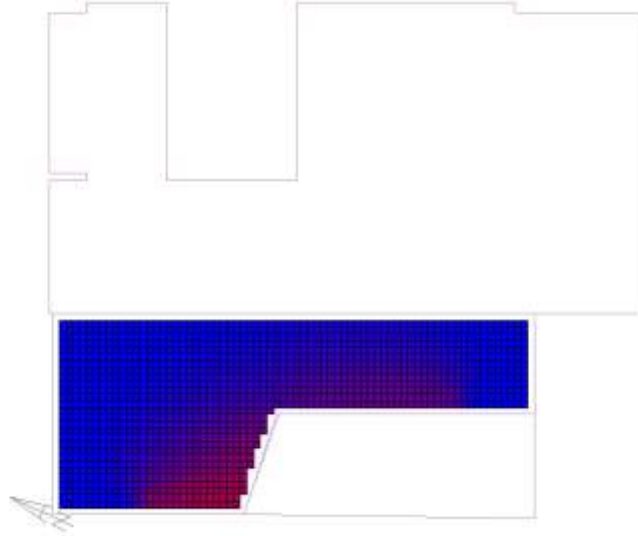


Average Value: 224.86 Lux
Visible Nodes: 3413

Şekil C.85 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 12:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 506 - 5406 Lux
©2007ECDF

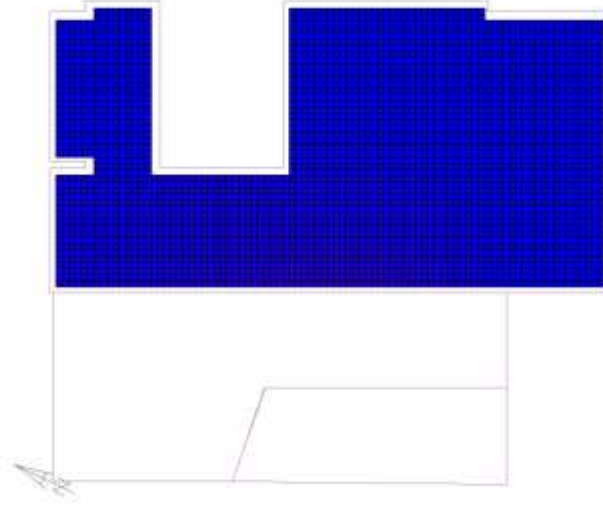


Average Value: 854.72 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.86 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 12:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@60075074

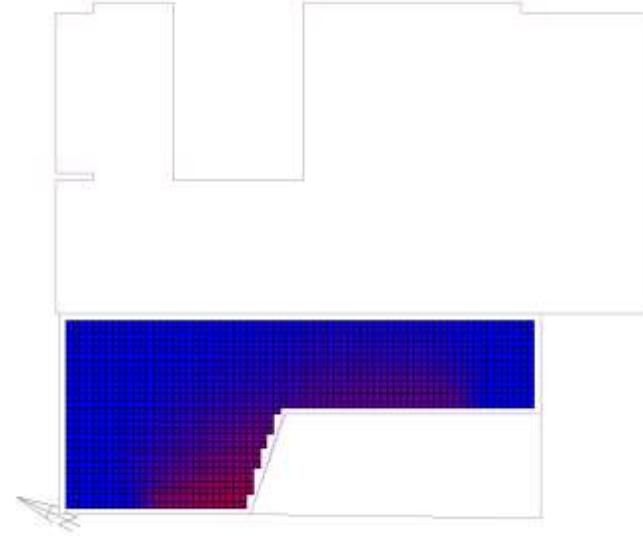


Average Value: 213.88 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil C.87 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 13:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@60075074

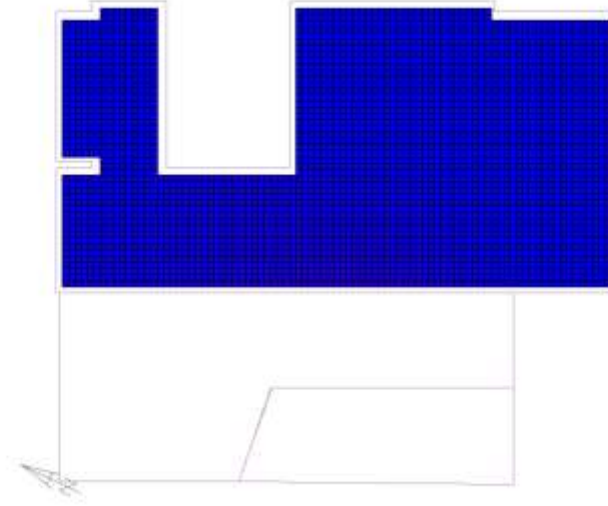


Average Value: 610.95 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.88 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 13:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 155 - 5405 Lux
©2007ECDF

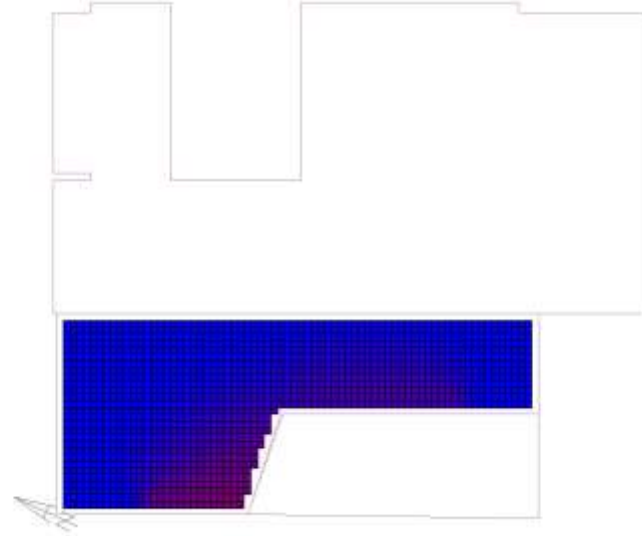


Average Value: 102.81 Lux
Visible Nodes: 2419

Şekil C.89 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 14:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 505 - 5405 Lux
©2007ECDF

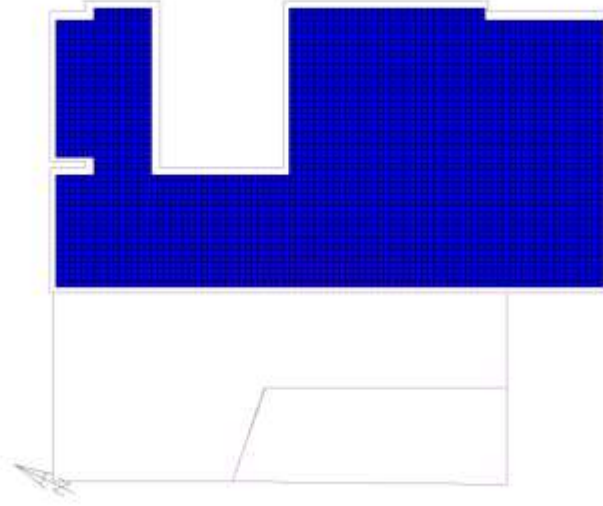


Average Value: 627.75 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.90 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 14:004

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 150 - 5400 Lux
@600750716

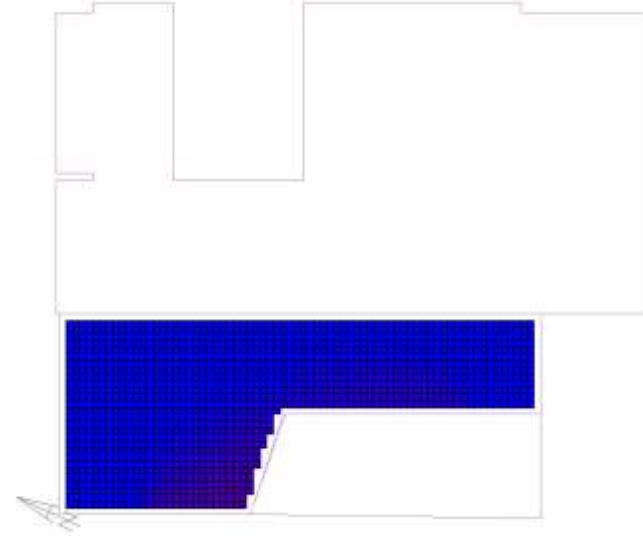


Average Value: 127.25 Lux
Visible Nodes: 3419

Şekil C.91 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 15:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 500 - 5400 Lux
@600750716

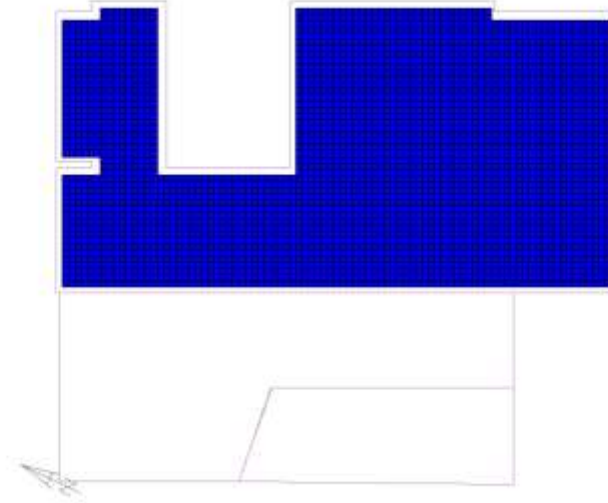


Average Value: 450.03 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.92 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 15:00

Analysis Grid

RAD Illuminance
Value Range: 156 - 5406 Lux
©2007ECDF

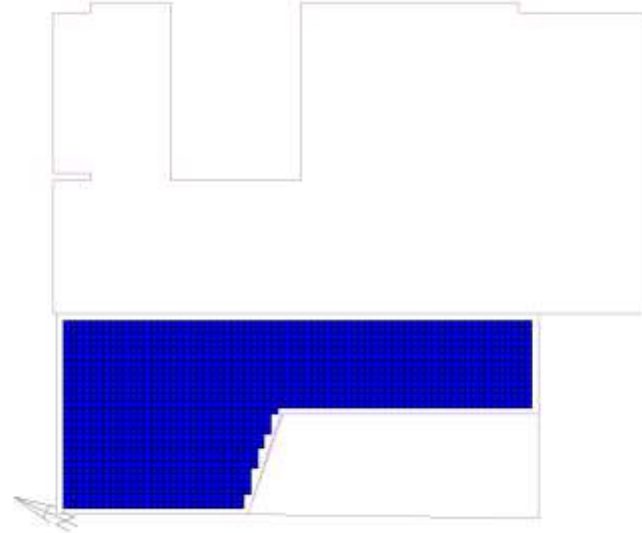


Average Value: 57.88 Lux
Visible Nodes: 2413

Şekil C.93 : Yeni cam için iç zon 21 Aralık saat 16:00

Analysis Grid

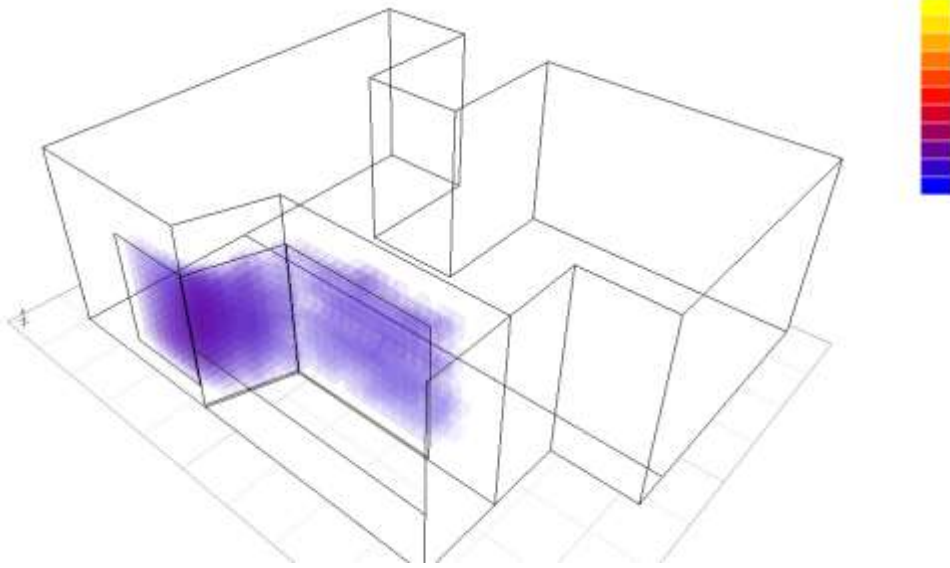
RAD Illuminance
Value Range: 506 - 5406 Lux
©2007ECDF



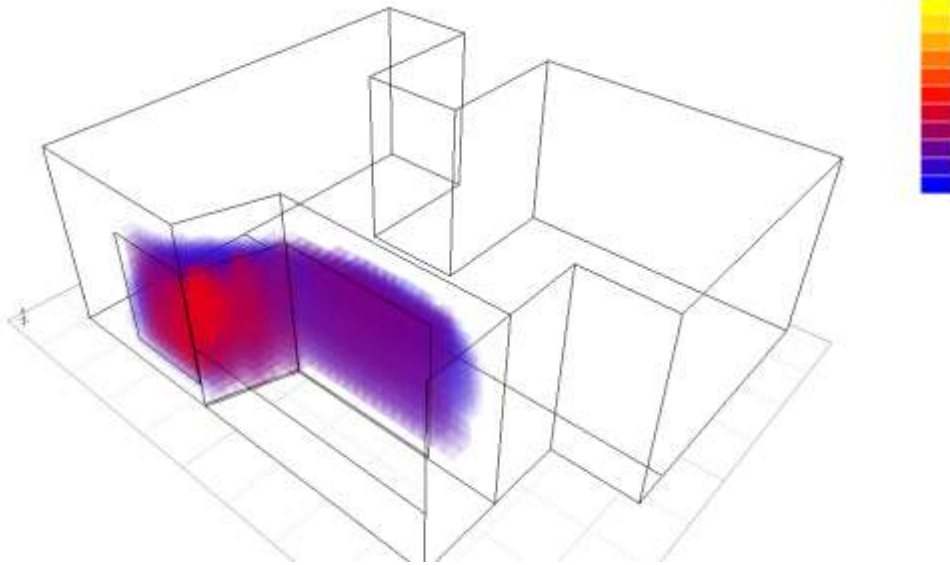
Average Value: 219.81 Lux
Visible Nodes: 1447

Şekil C.94 : Yeni cam için dış zon 21 Aralık saat 16:00

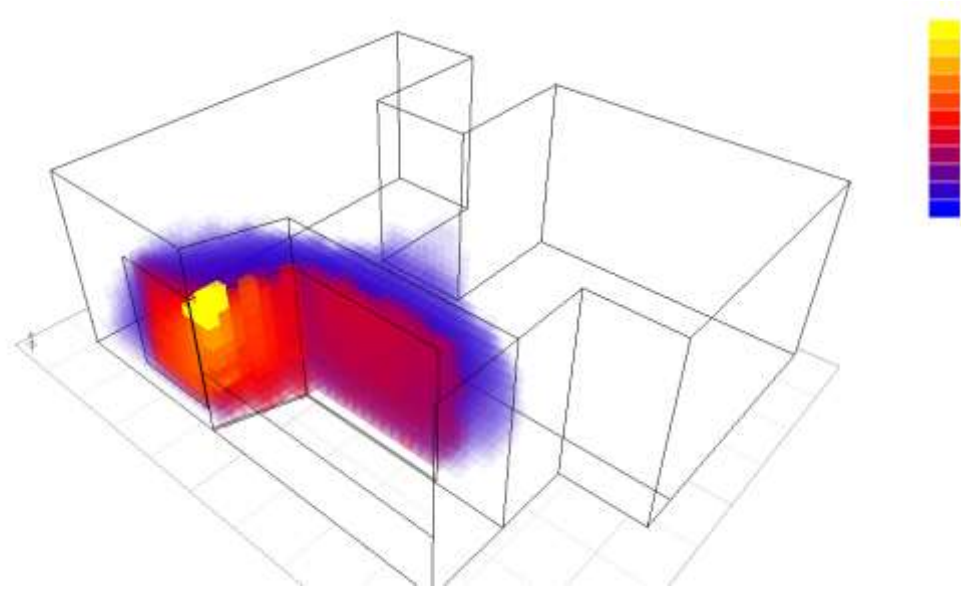
EK D



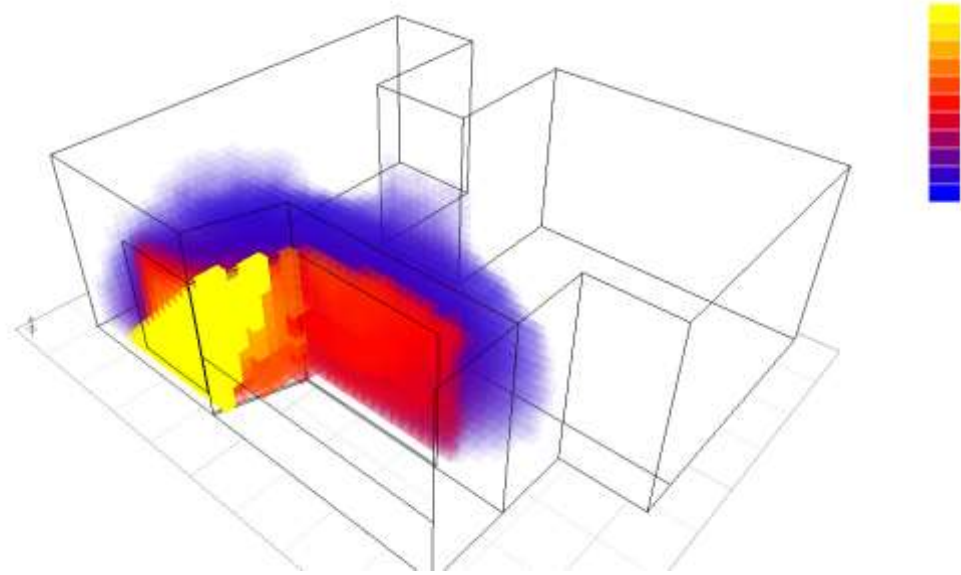
Şekil D.1 : Mevcut cam için 21 Mart saat 07:00 (3-boyutlu)



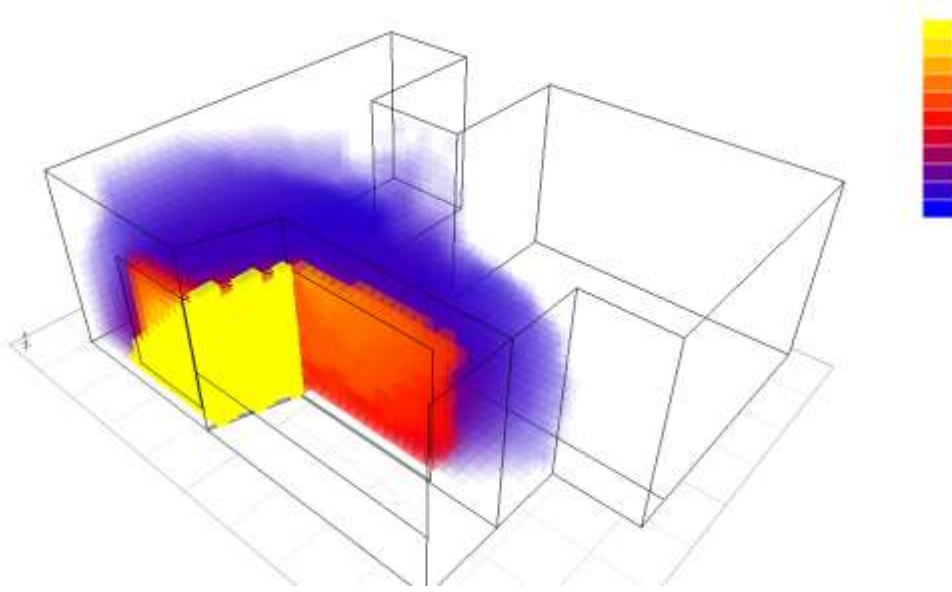
Şekil D.2 : Mevcut cam için 21 Mart saat 08:00 (3-boyutlu)



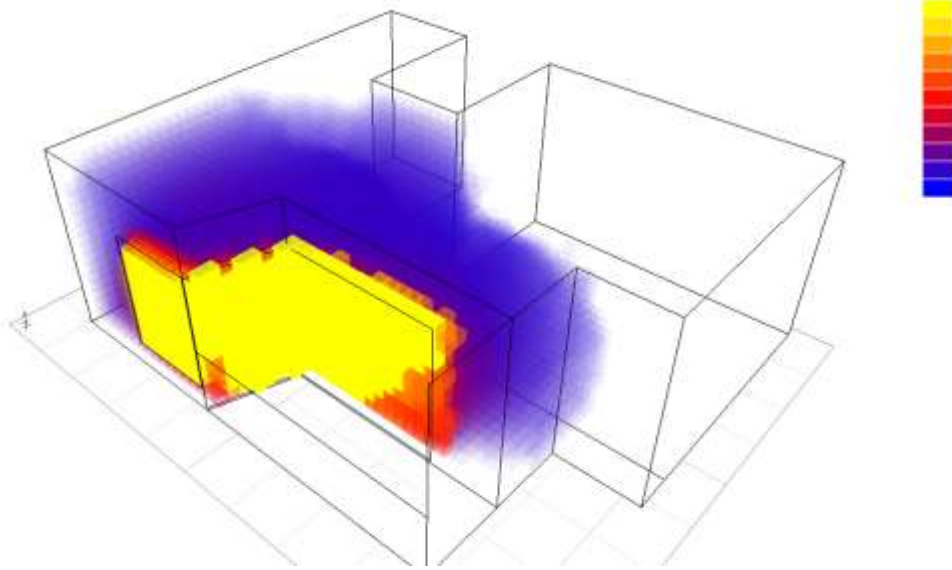
Şekil D.3 : Mevcut cam için 21 Mart saat 09:00 (3-boyutlu)



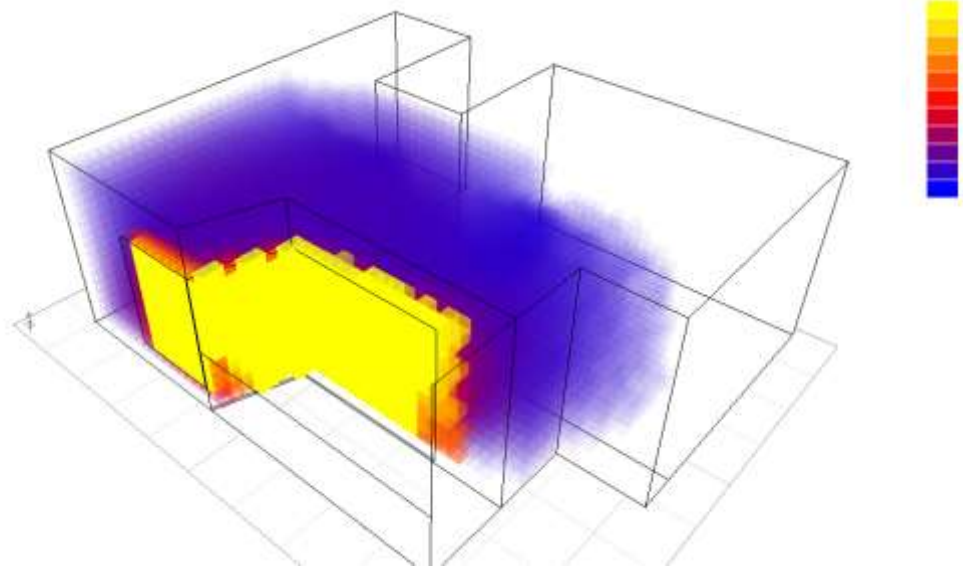
Şekil D.4 : Mevcut cam için 21 Mart saat 10:00 (3-boyutlu)



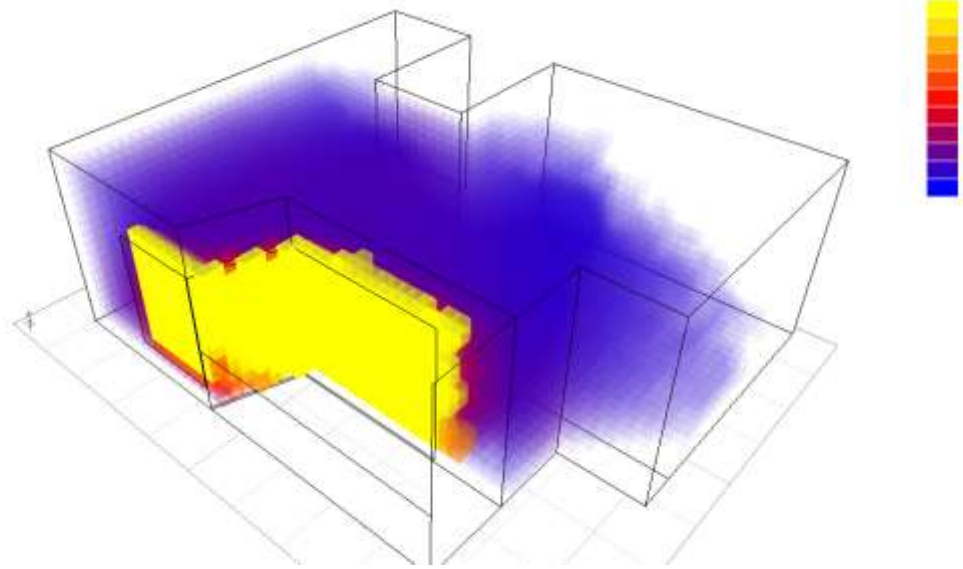
Şekil D.5 : Mevcut cam için 21 Mart saat 11:00 (3-boyutlu)



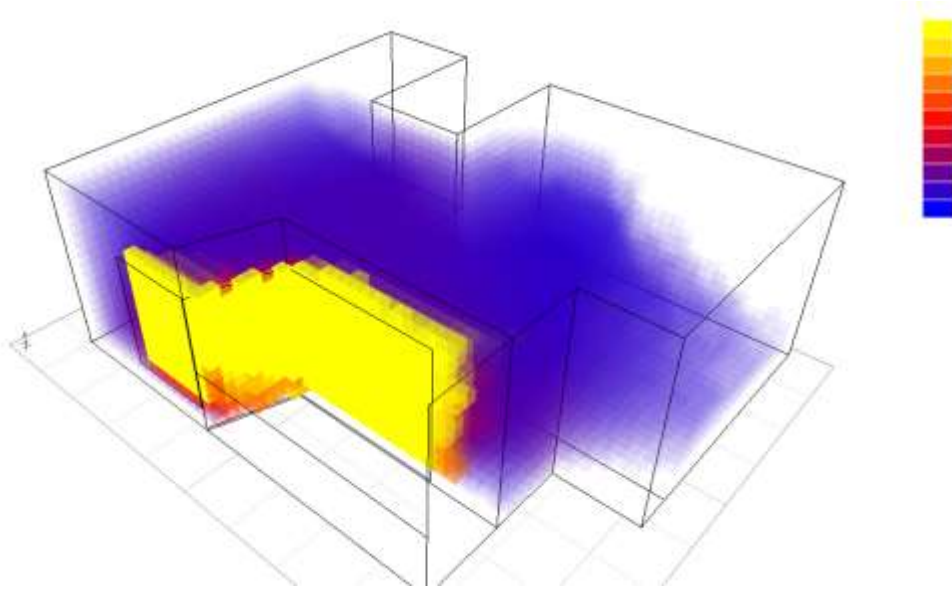
Şekil D.6 : Mevcut cam için 21 Mart saat 12:00 (3-boyutlu)



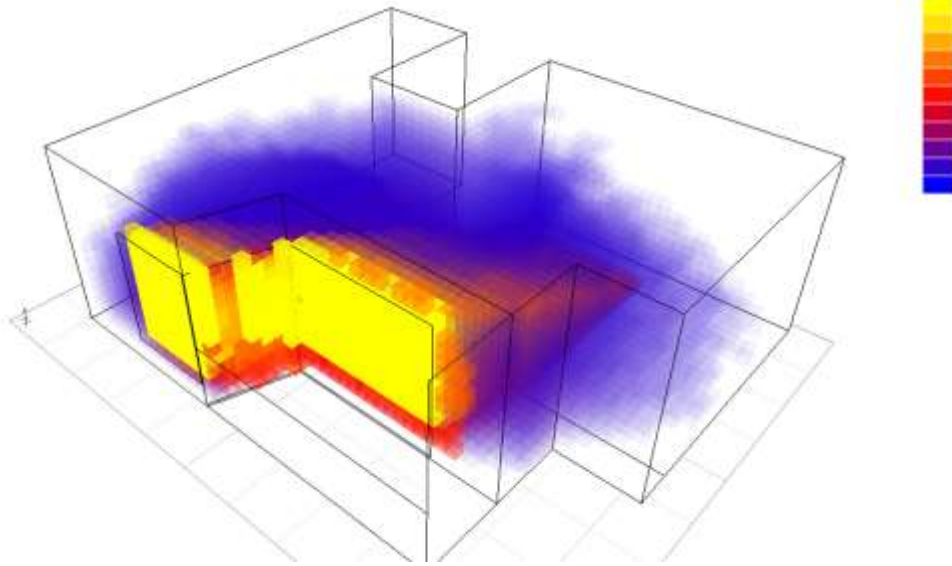
Şekil D.7 : Mevcut cam için 21 Mart saat 13:00 (3-boyutlu)



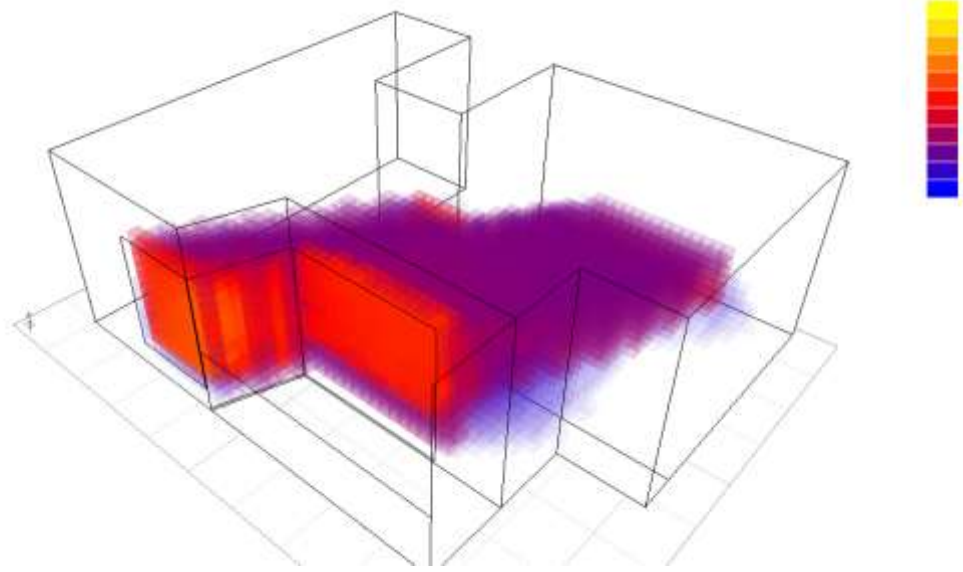
Şekil D.8 : Mevcut cam için 21 Mart saat 14:00 (3-boyutlu)



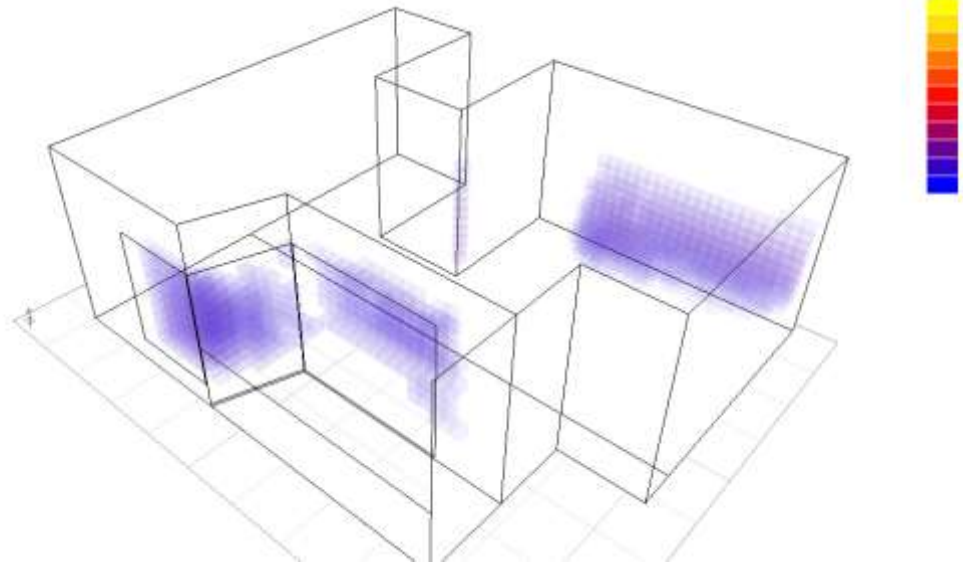
Şekil D.9 : Mevcut cam için 21 Mart saat 15:00 (3-boyutlu)



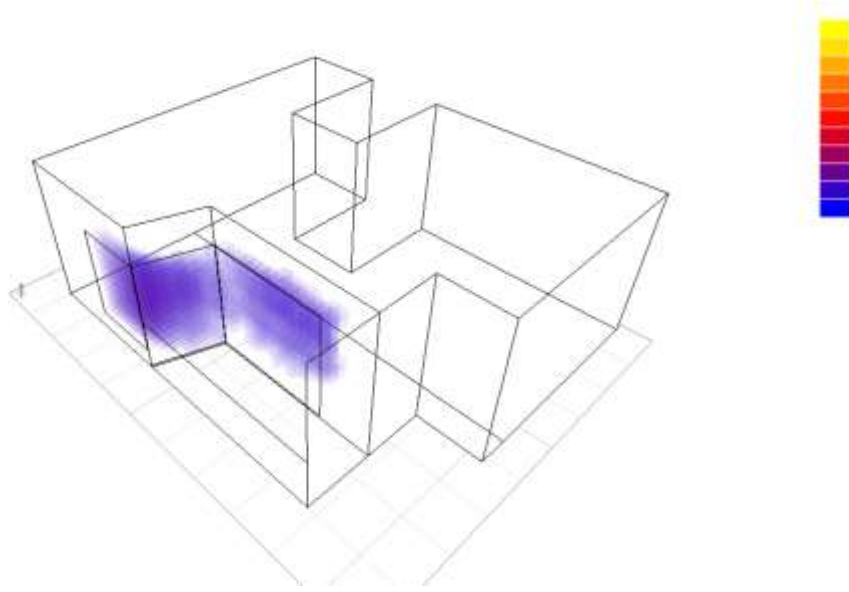
Şekil D.10 : Mevcut cam için 21 Mart saat 16:00 (3-boyutlu)



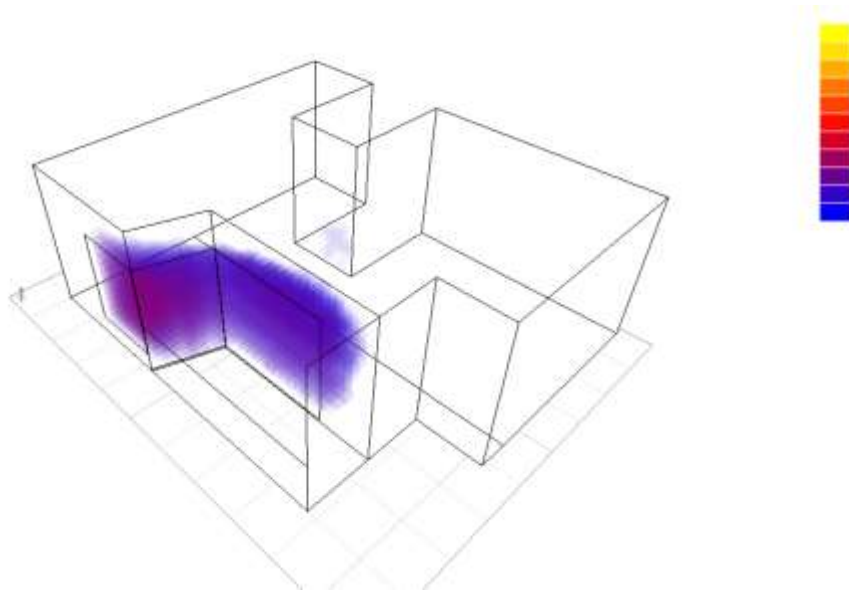
Şekil D.11 : Mevcut cam için 21 Mart saat 17:00 (3-boyutlu)



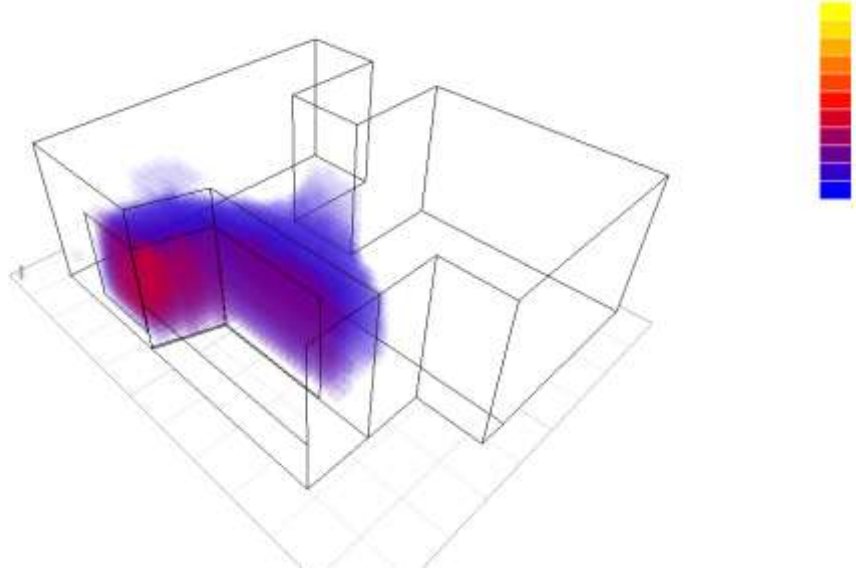
Şekil D.12 : Mevcut cam için 21 Mart saat 18:00 (3-boyutlu)



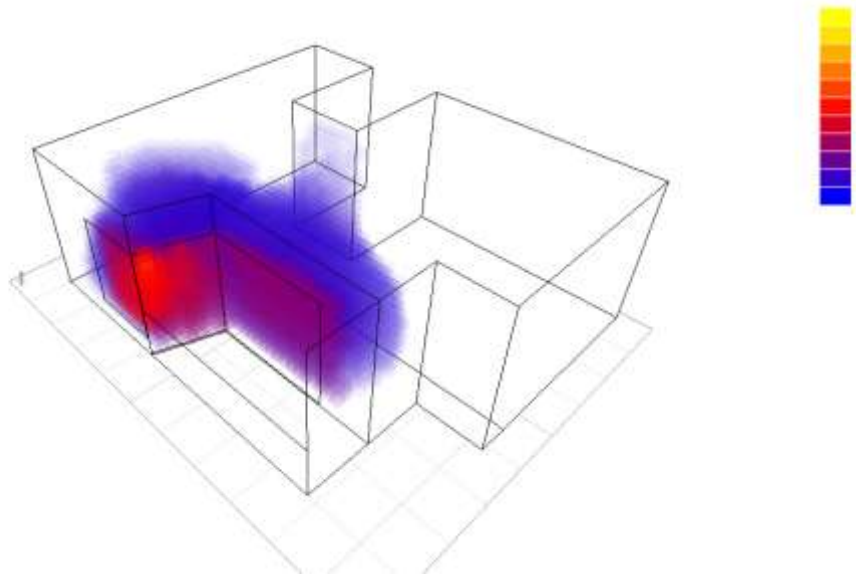
Şekil D.13 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 05:00 (3-boyutlu)



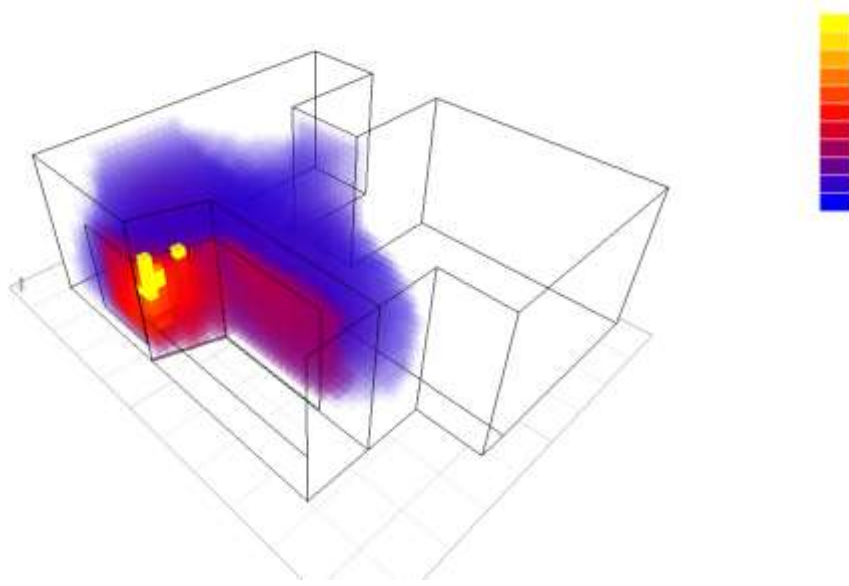
Şekil D.14 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 06:00 (3-boyutlu)



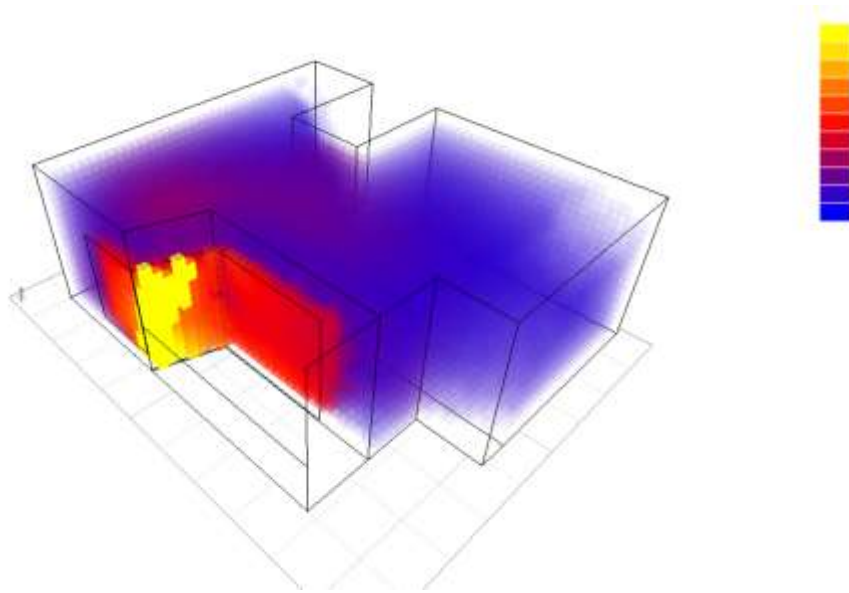
Şekil D.15 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 07:00 (3-boyutlu)



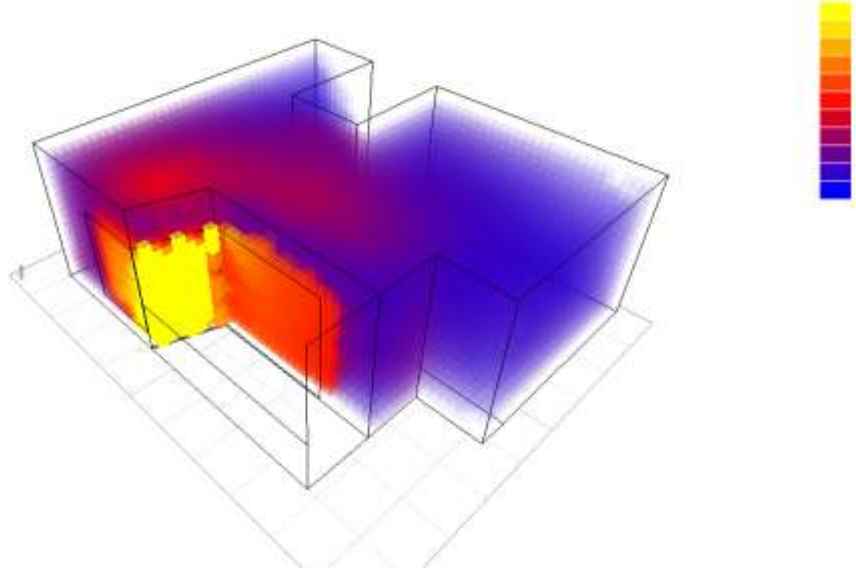
Şekil D.16 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 08:00 (3-boyutlu)



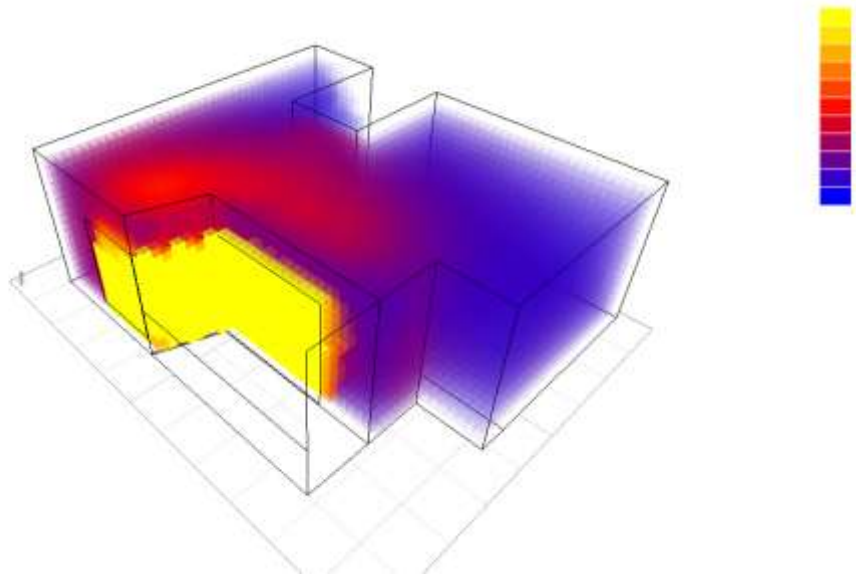
Şekil D.17 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 09:00 (3-boyutlu)



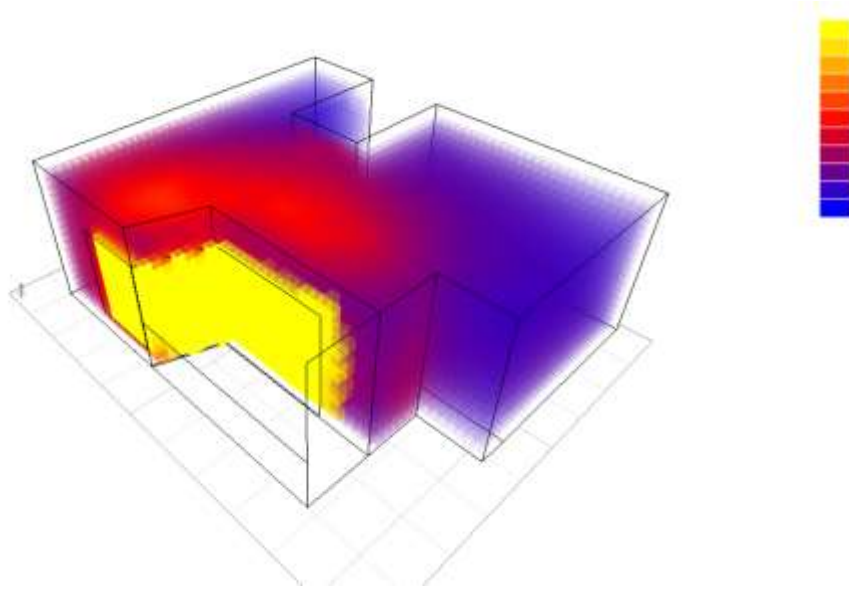
Şekil D.18 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 10:00 (3-boyutlu)



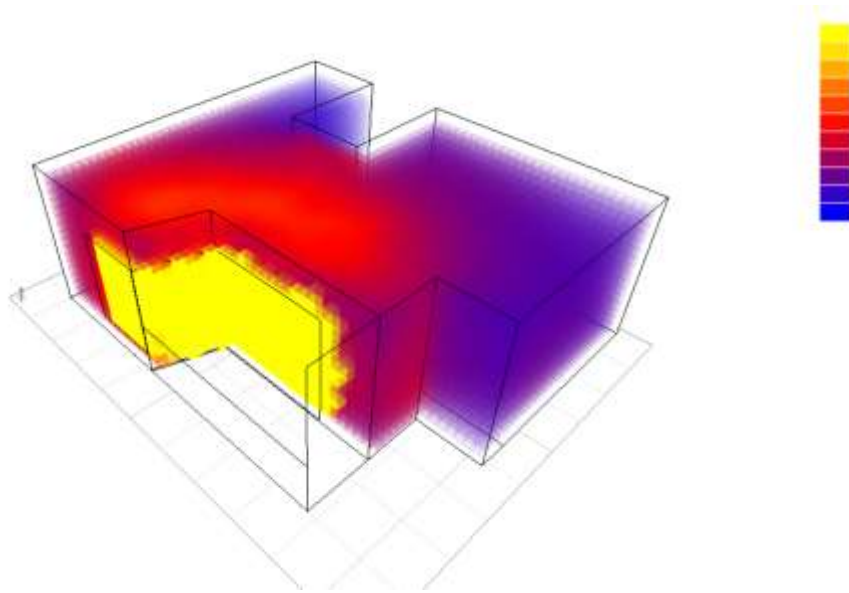
Şekil D.19 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 11:00 (3-boyutlu)



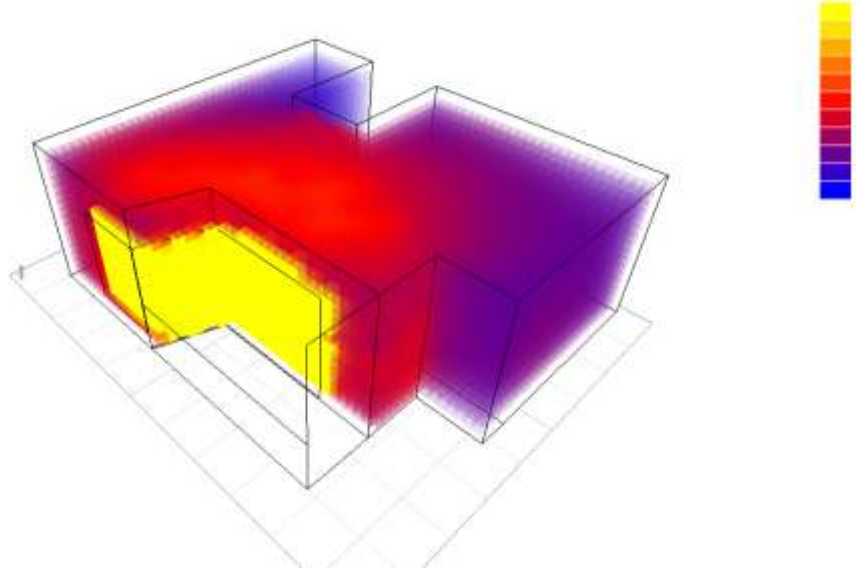
Şekil D.20 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 12:00 (3-boyutlu)



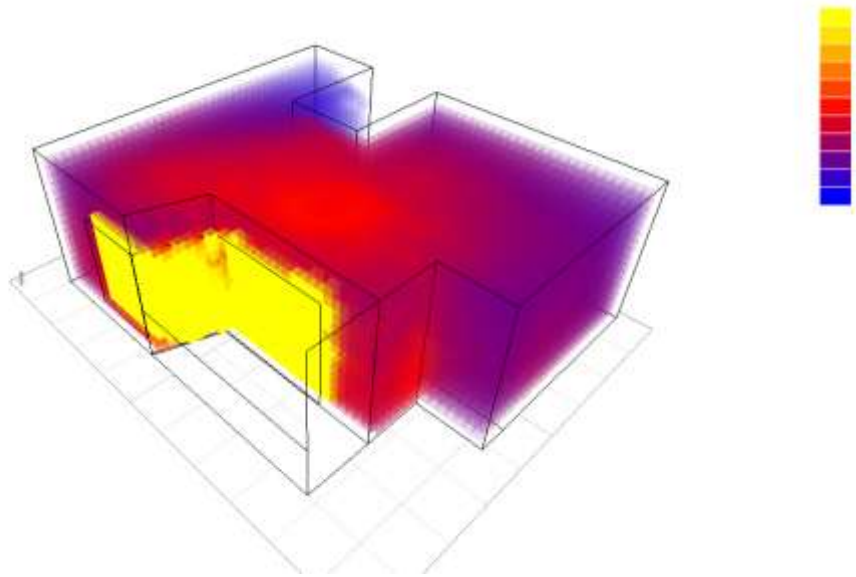
Şekil D.21 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 13:00 (3-boyutlu)



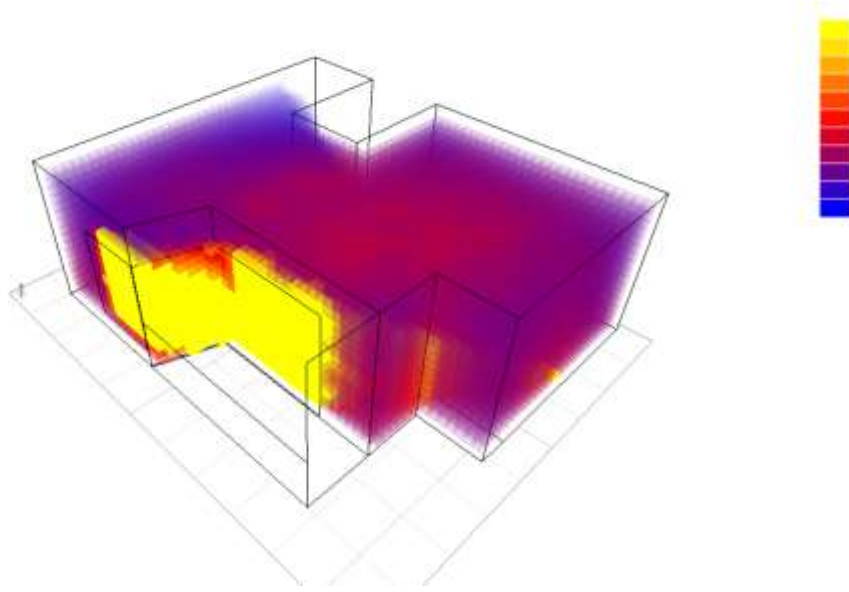
Şekil D.22 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 14:00 (3-boyutlu)



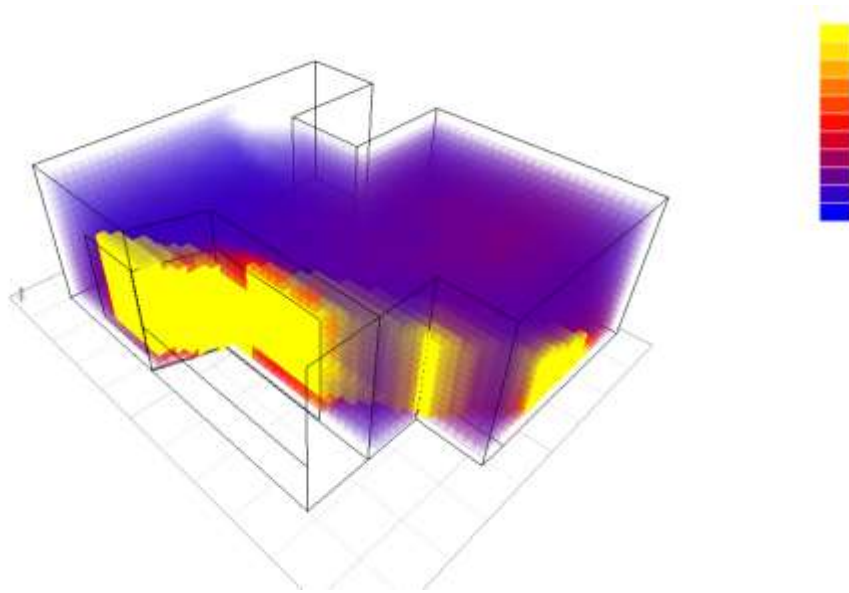
Şekil D.23 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 15:00 (3-boyutlu)



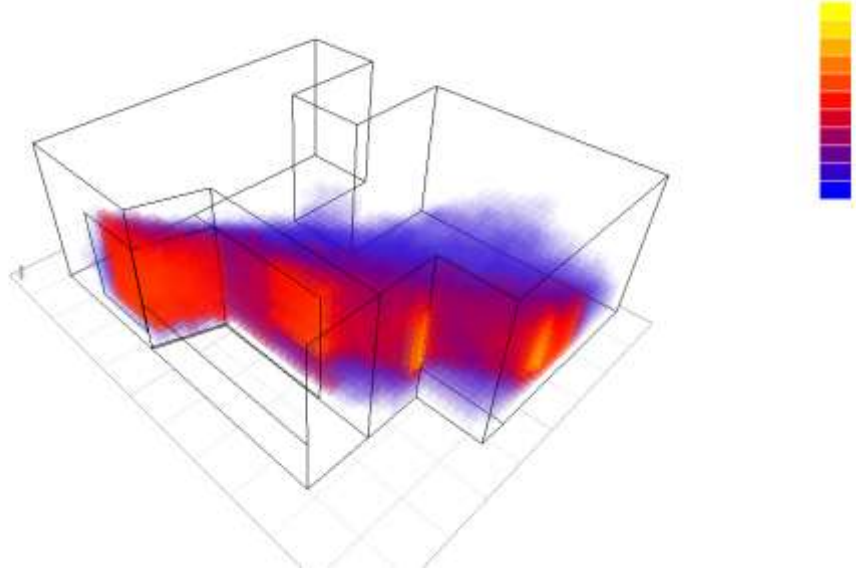
Şekil D.24 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 16:00 (3-boyutlu)



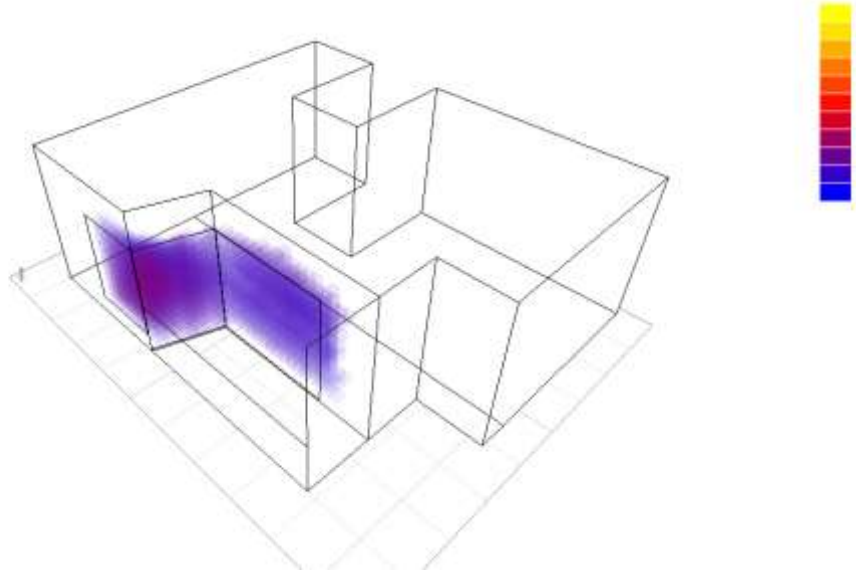
Şekil D.25 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 17:00 (3-boyutlu)



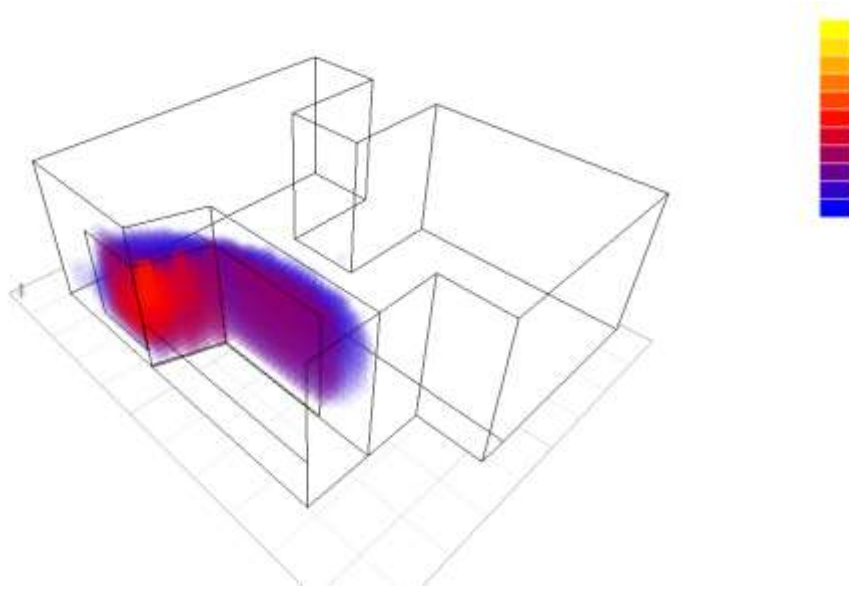
Şekil D.26 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 18:00 (3-boyutlu)



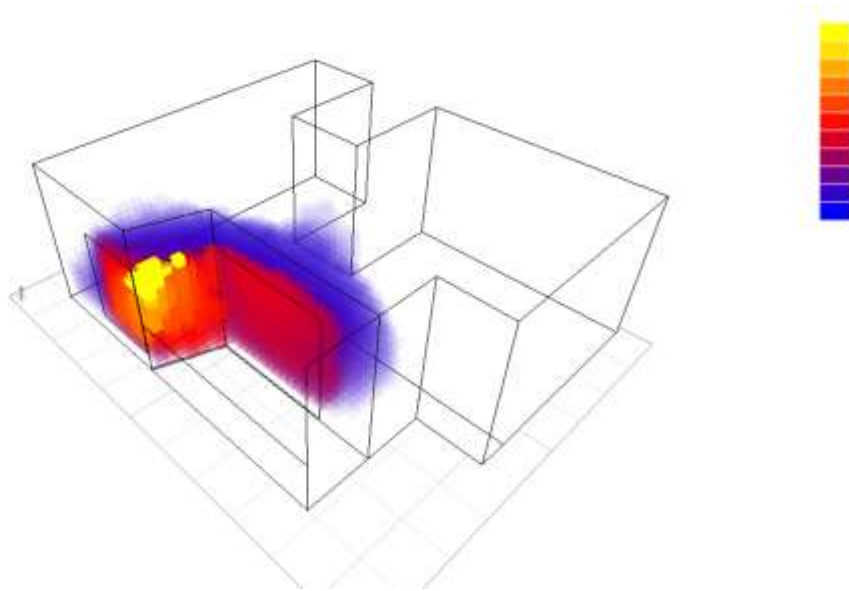
Şekil D.27 : Mevcut cam için 21 Haziran saat 19:00 (3-boyutlu)



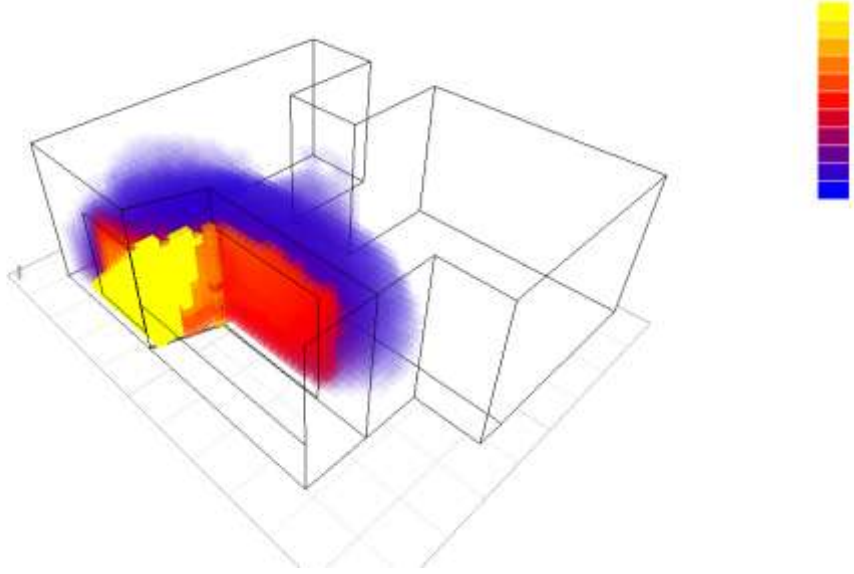
Şekil D.28 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 07:00 (3-boyutlu)



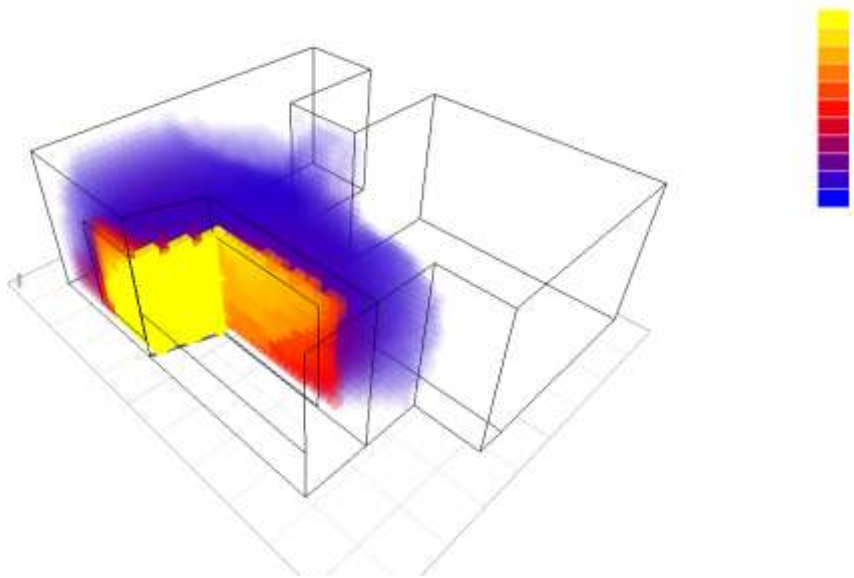
Şekil D.29 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 08:00 (3-boyutlu)



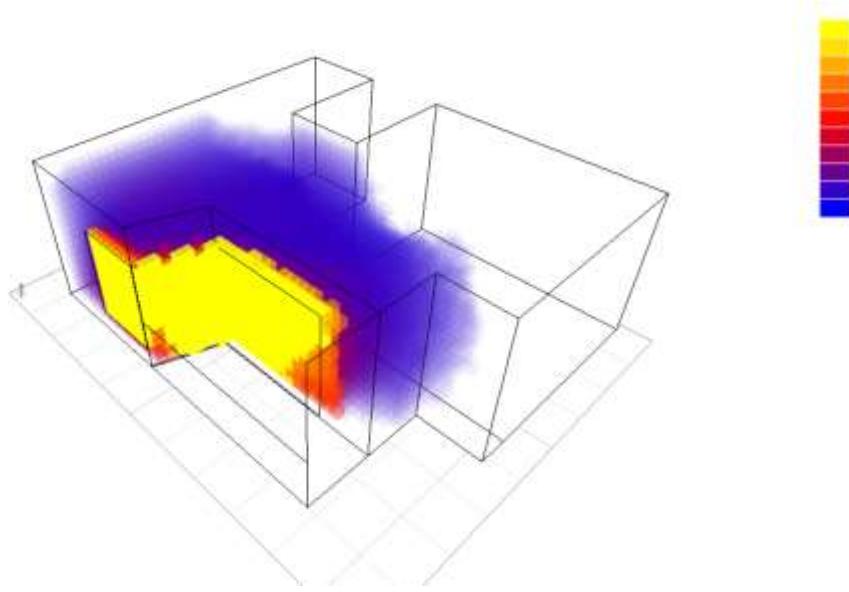
Şekil D.30 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 09:00 (3-boyutlu)



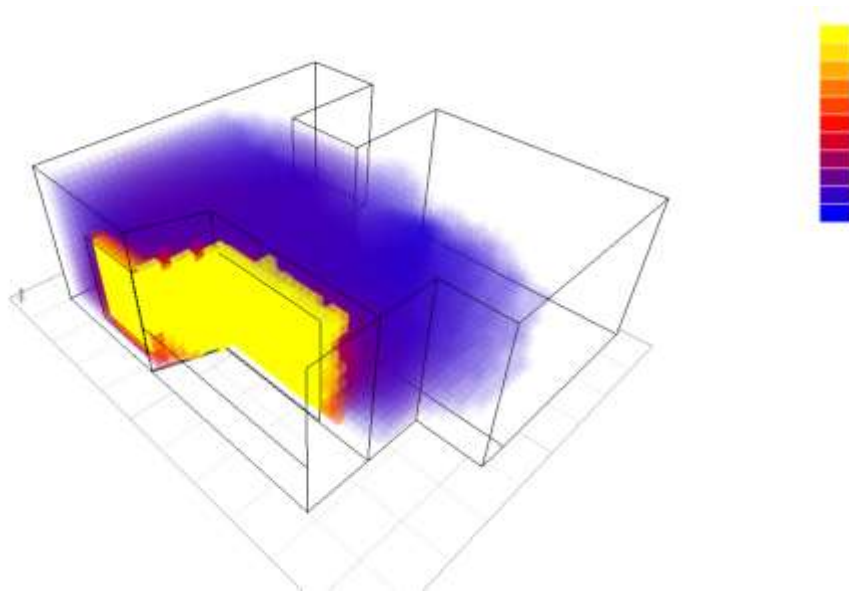
Şekil D.31 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 10:00 (3-boyutlu)



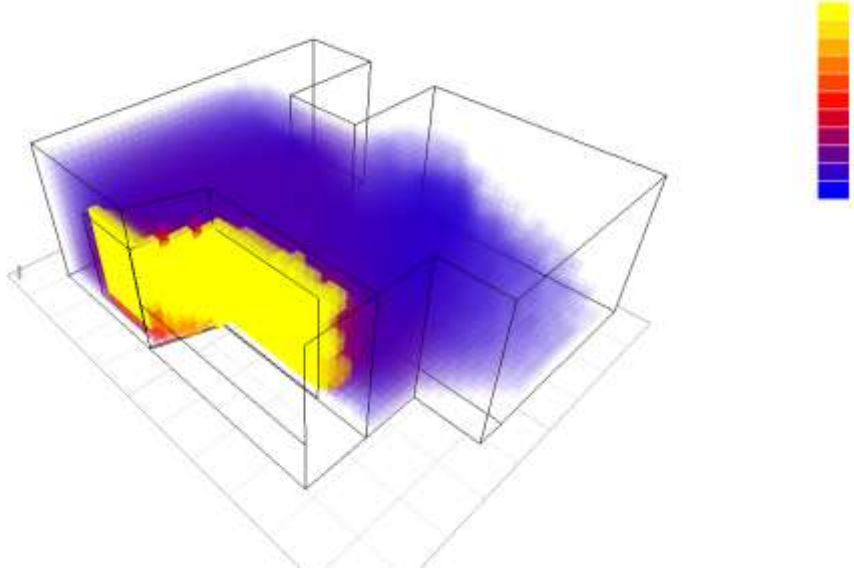
Şekil D.32 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 11:00 (3-boyutlu)



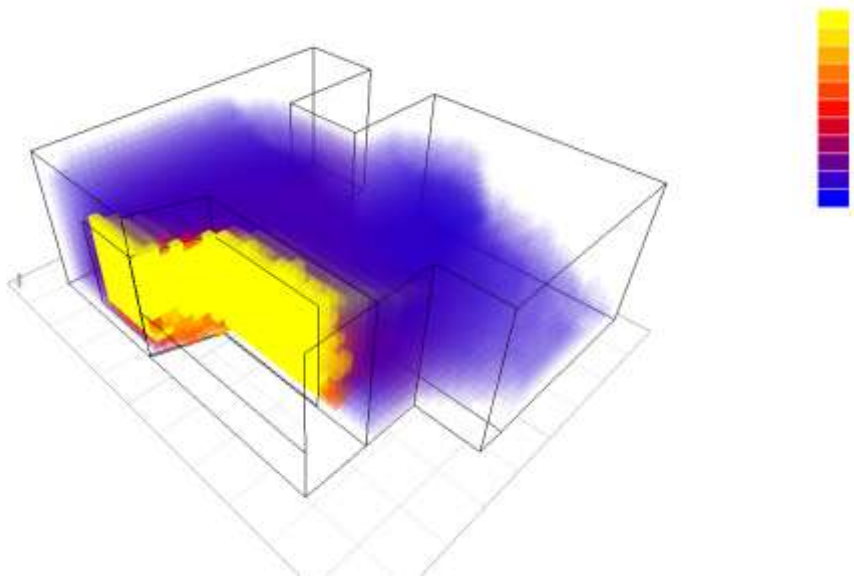
Şekil D.33 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 12:00 (3-boyutlu)



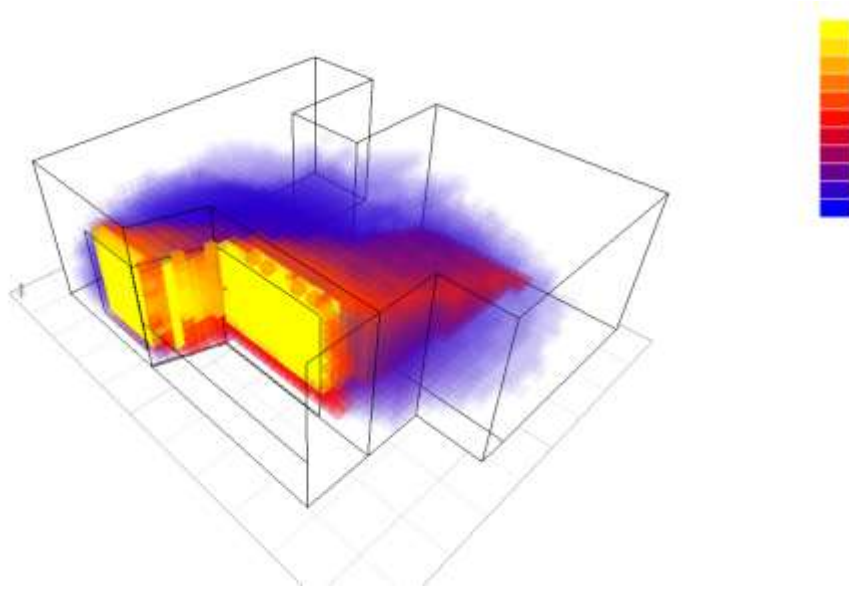
Şekil D.34 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 13:00 (3-boyutlu)



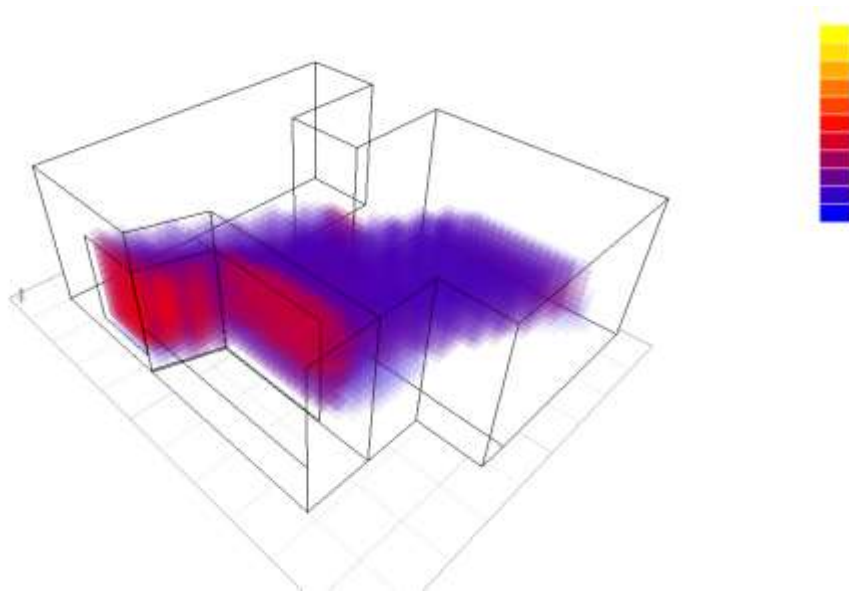
Şekil D.35 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 14:00 (3-boyutlu)



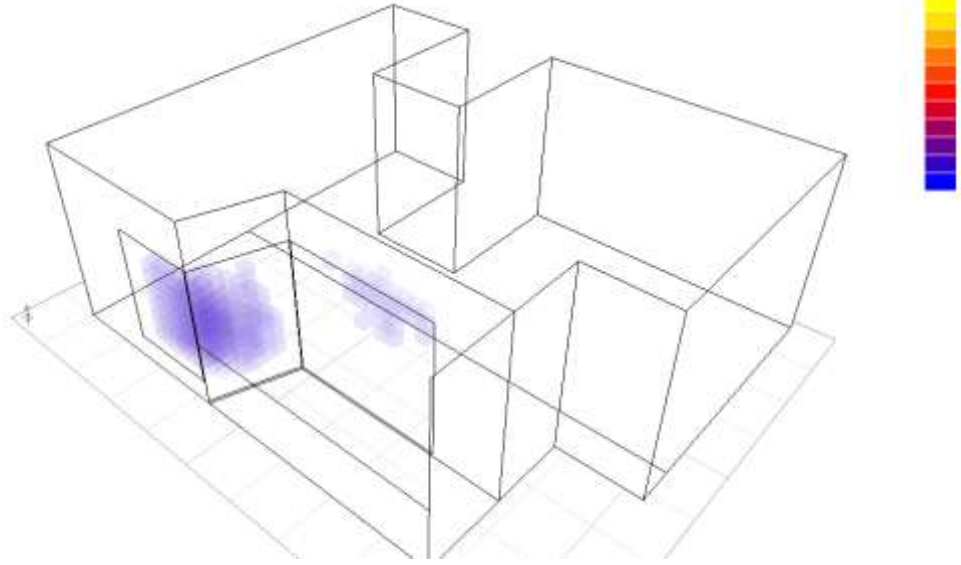
Şekil D.36 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 15:00 (3-boyutlu)



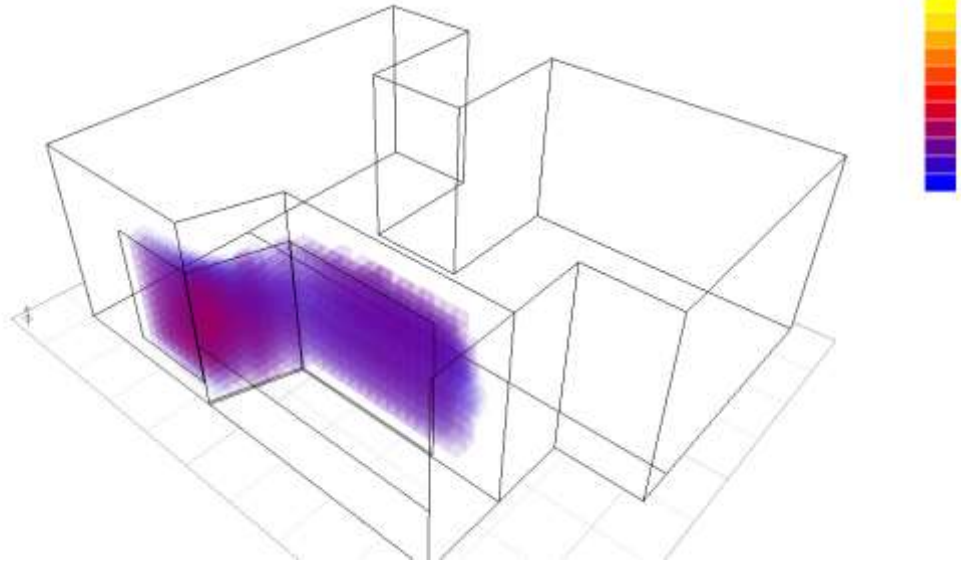
Şekil D.37 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 16:00 (3-boyutlu)



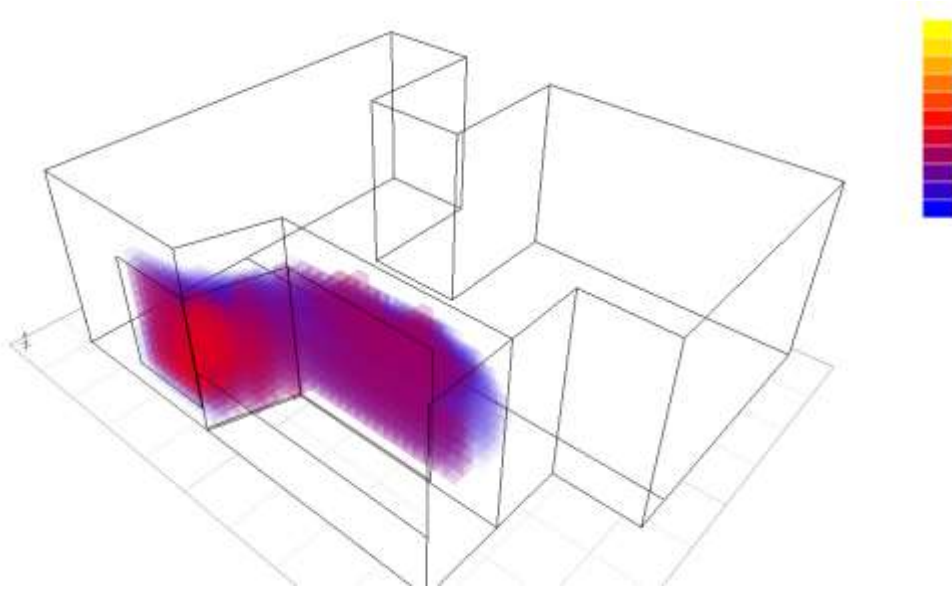
Şekil D.38 : Mevcut cam için 23 Eylül saat 17:00 (3-boyutlu)



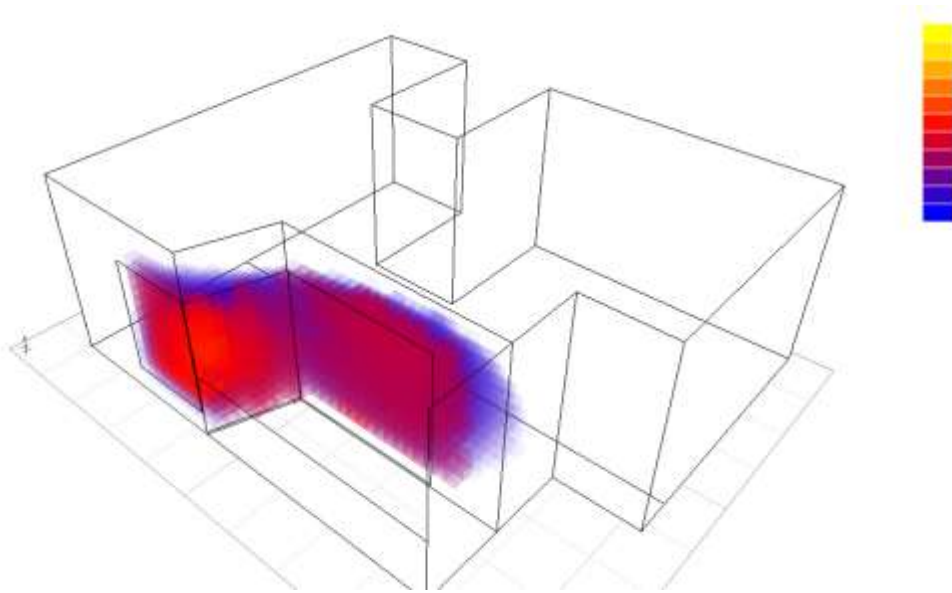
Şekil D.39 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 08:00 (3-boyutlu)



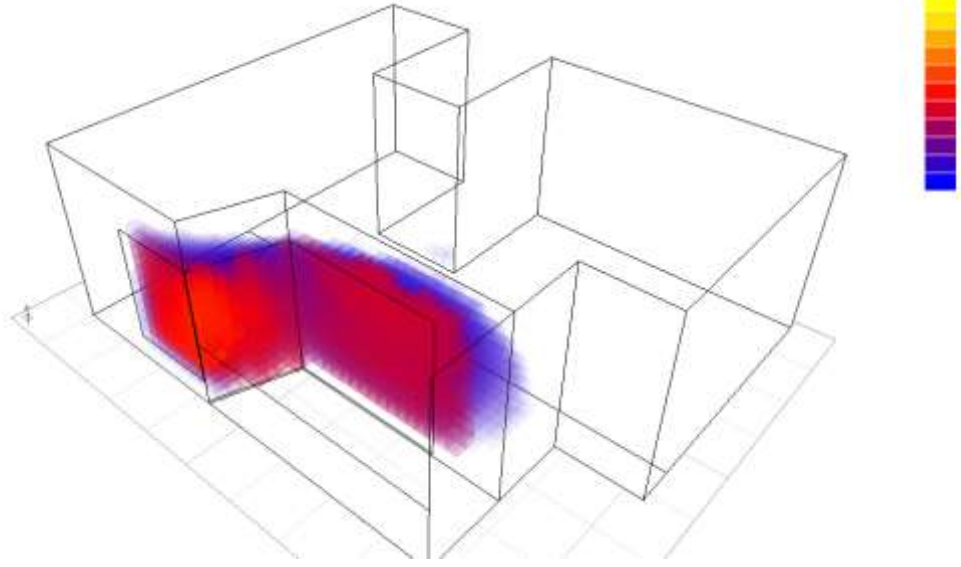
Şekil D.40 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 09:00 (3-boyutlu)



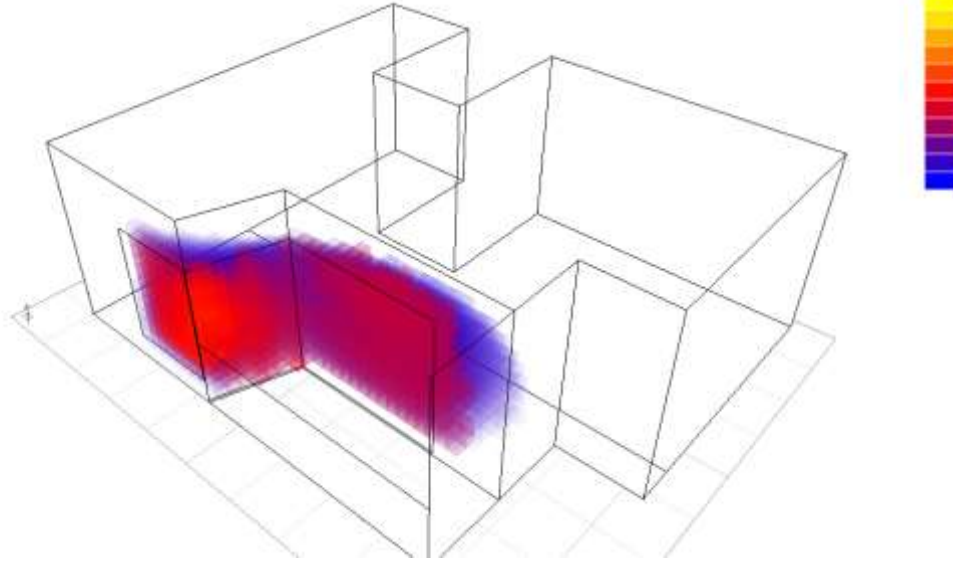
Şekil D.41 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 10:00 (3-boyutlu)



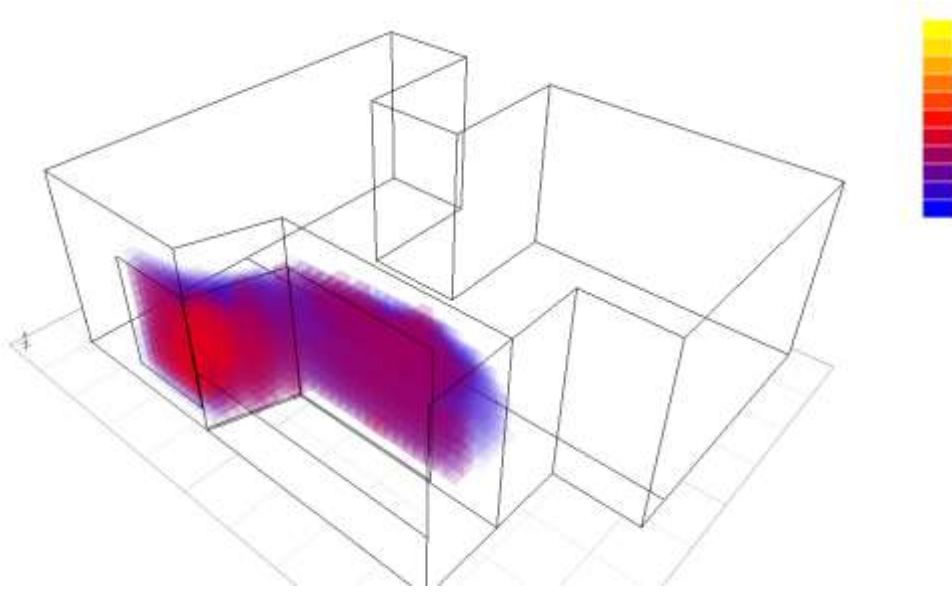
Şekil D.42 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 11:00 (3-boyutlu)



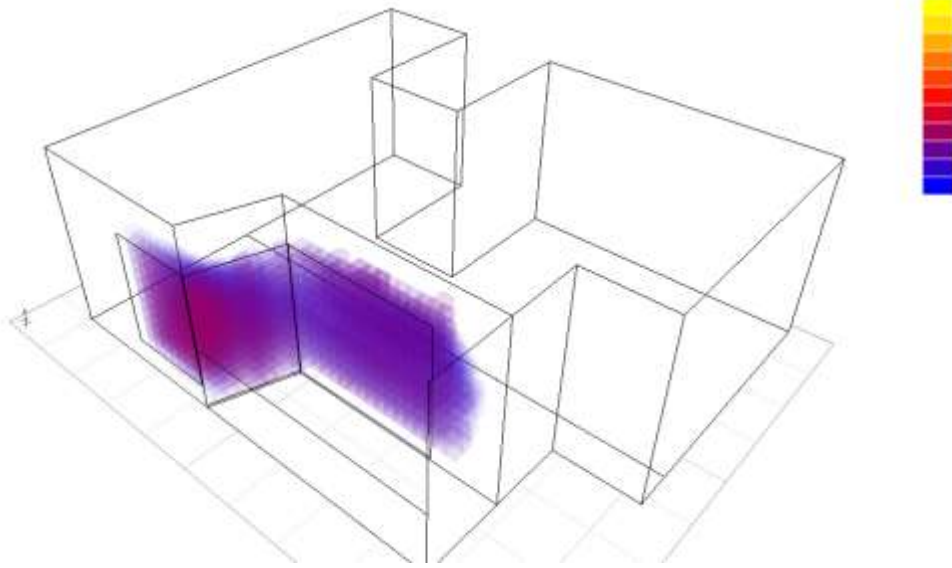
Şekil D.43 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 12:00 (3-boyutlu)



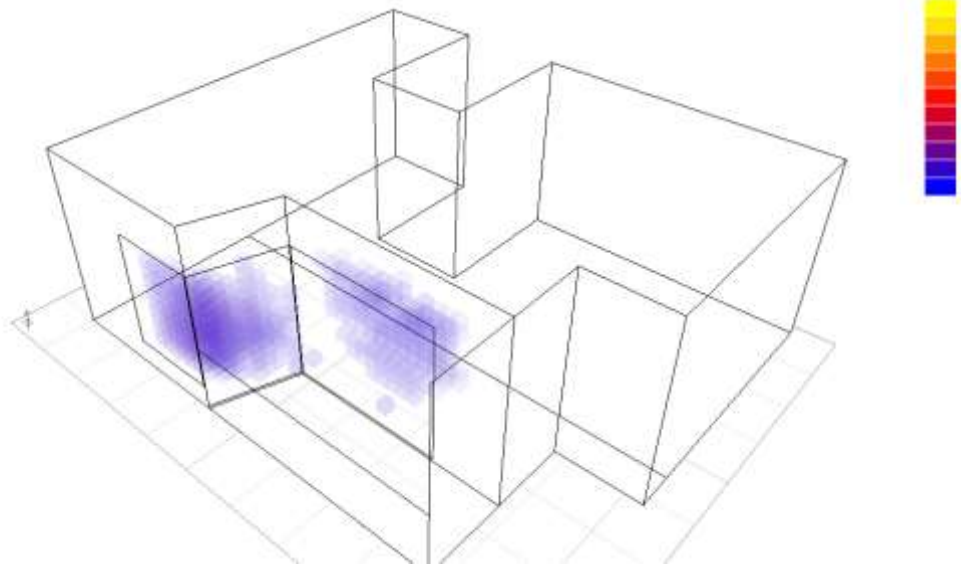
Şekil D.44 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 13:00 (3-boyutlu)



Şekil D.45 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 14:00 (3-boyutlu)

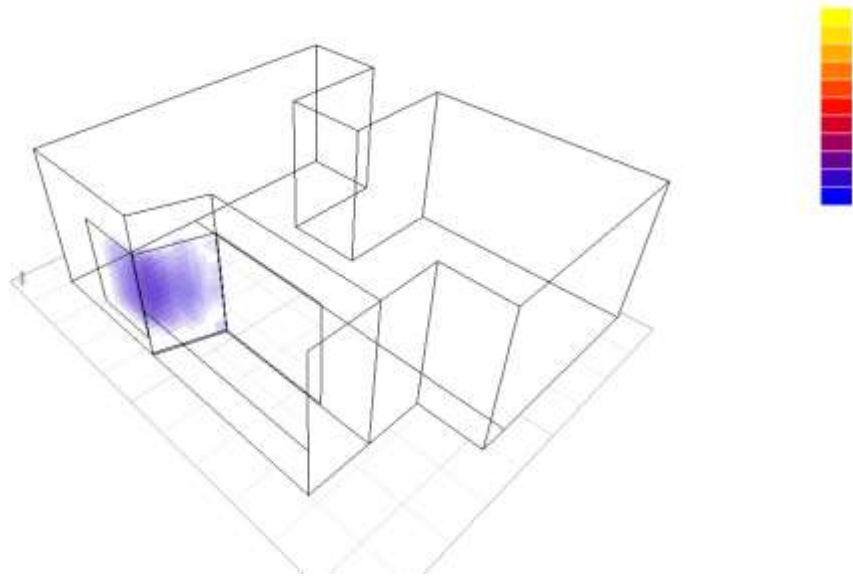


Şekil D.46 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 15:00 (3-boyutlu)

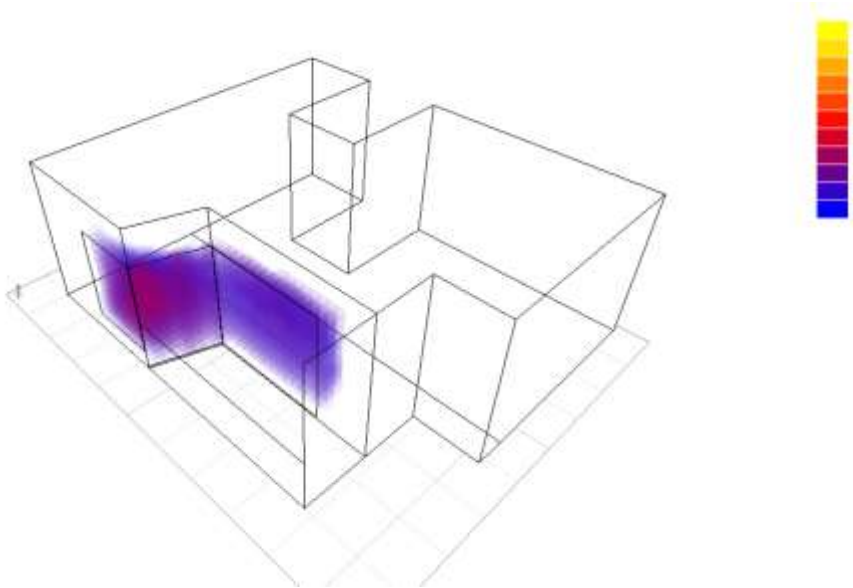


Şekil D.47 : Mevcut cam için 21 Aralık saat 16:00 (3-boyutlu)

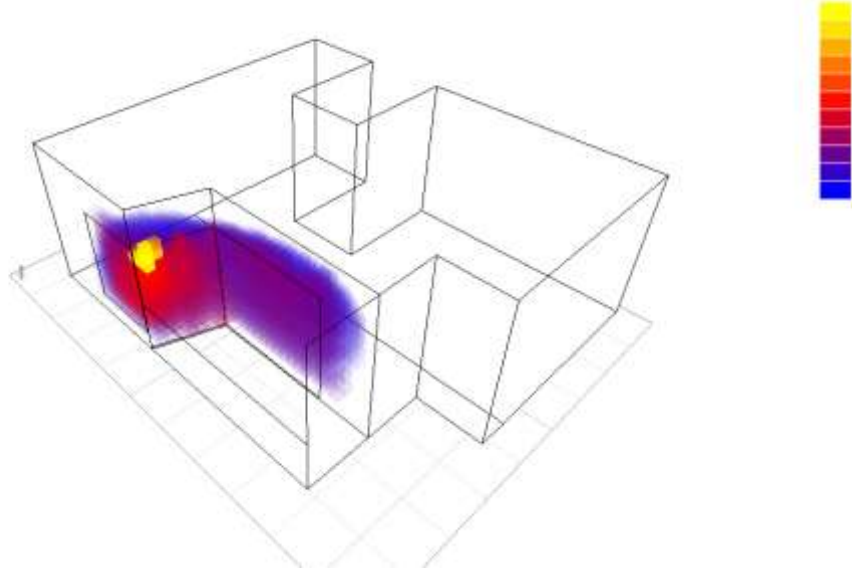
EKE



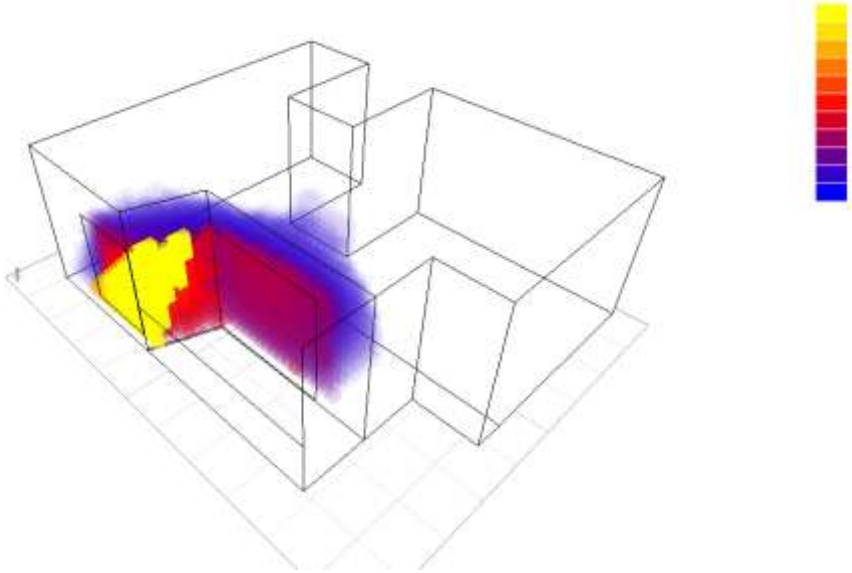
Şekil E.1 : Yeni cam için 21 Mart saat 07:00 (3-boyutlu)



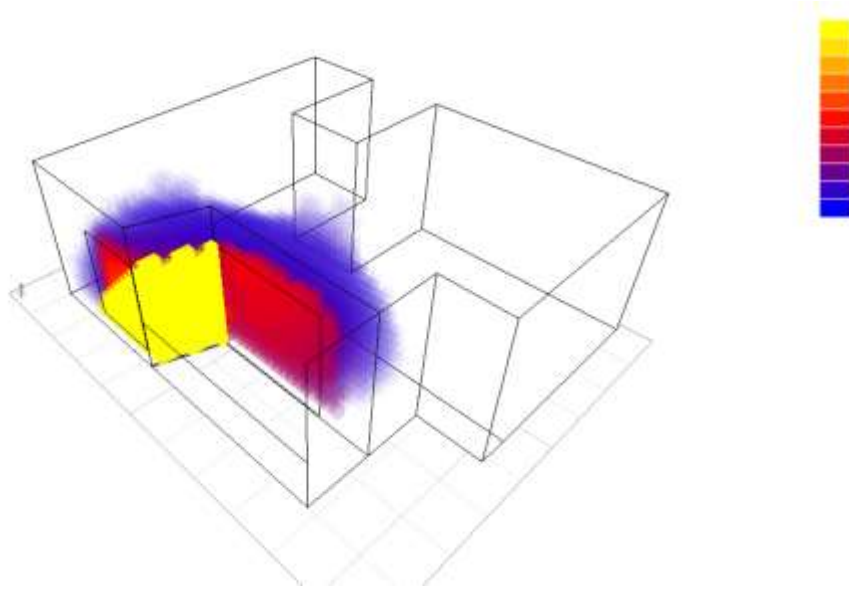
Şekil E.2 : Yeni cam için 21 Mart saat 08:00 (3-boyutlu)



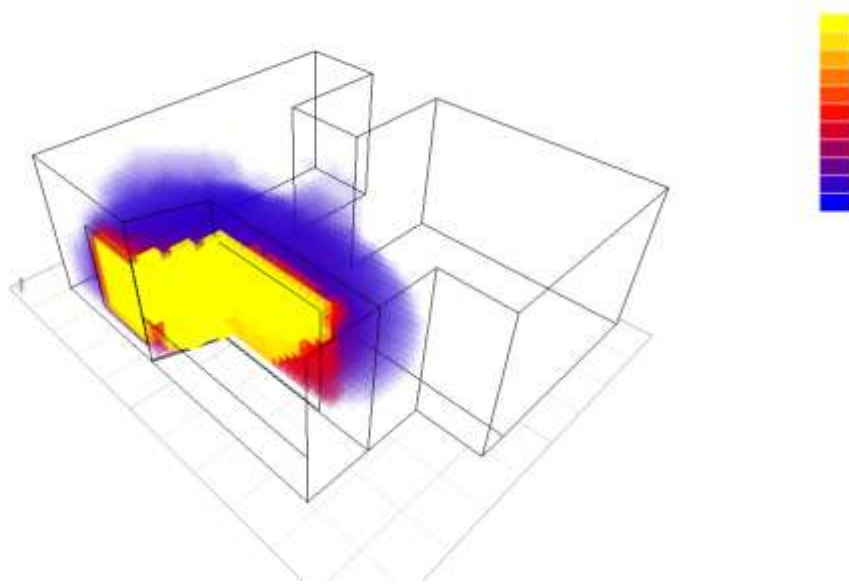
Şekil E.3 : Yeni cam için 21 Mart saat 09:00 (3-boyutlu)



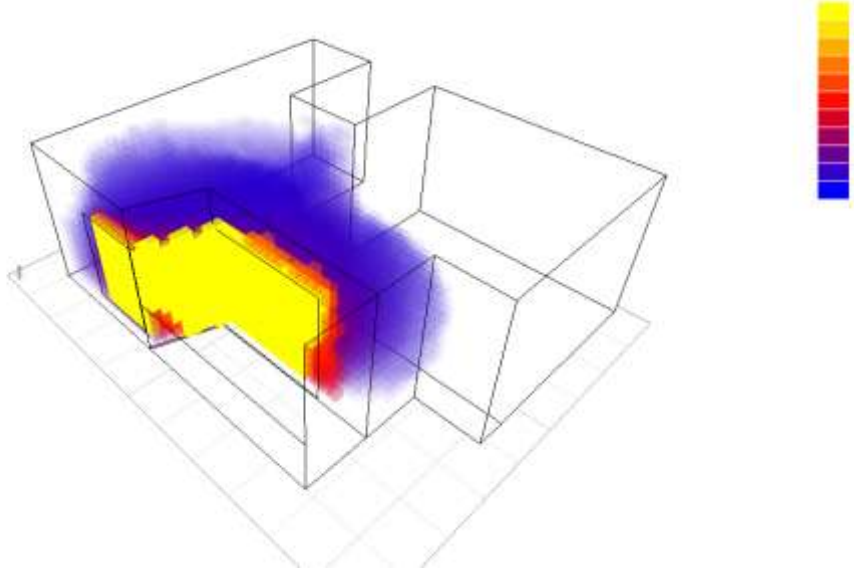
Şekil E.4 : Yeni cam için 21 Mart saat 10:00 (3-boyutlu)



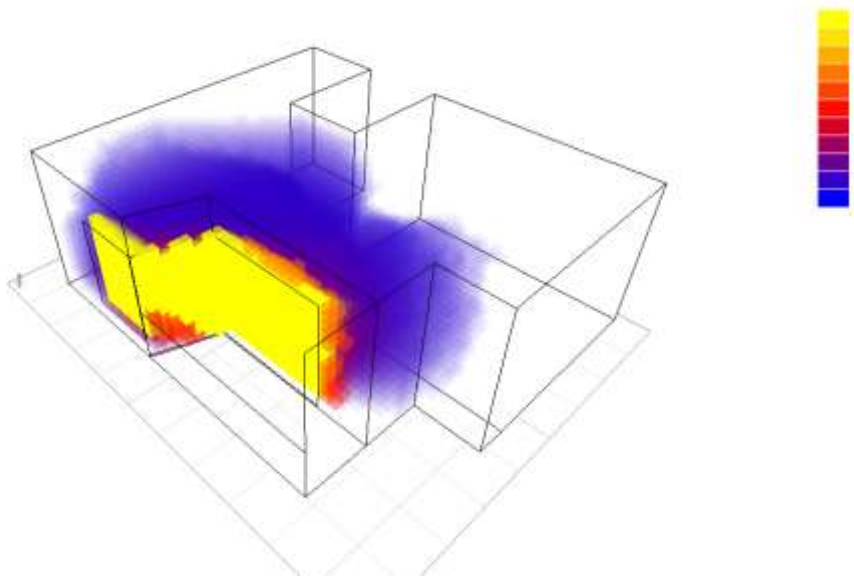
Şekil E.5 : Yeni cam için 21 Mart saat 11:00 (3-boyutlu)



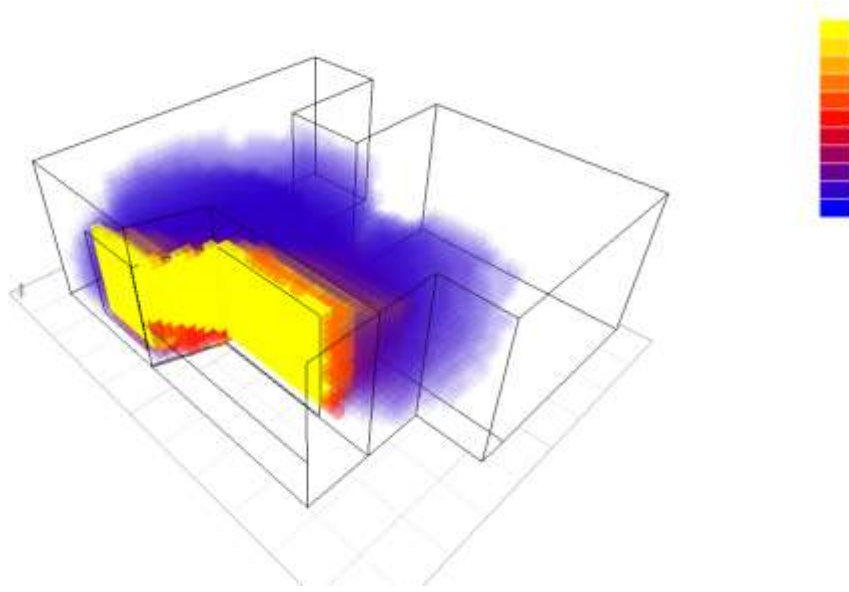
Şekil E.6 : Yeni cam için 21 Mart saat 12:00 (3-boyutlu)



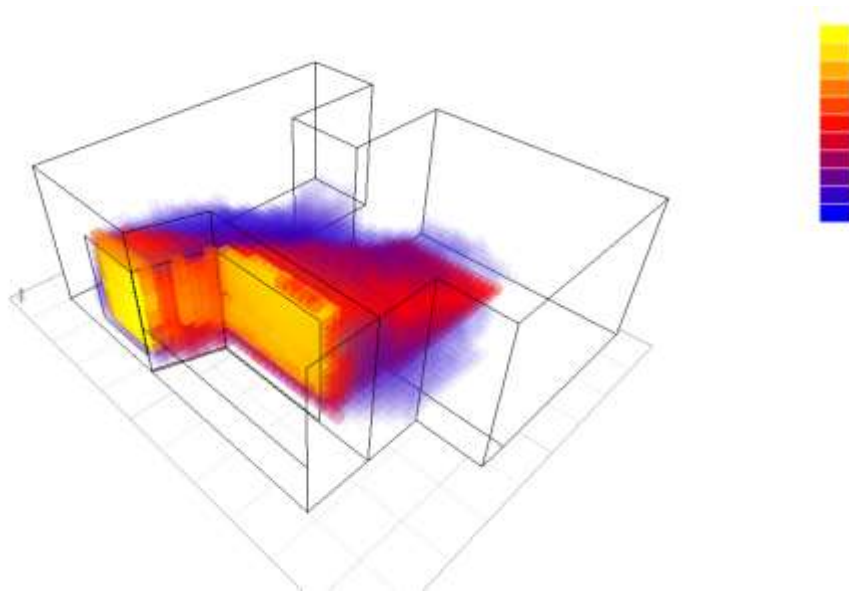
Şekil E.7 : Yeni t cam için 21 Mart saat 13:00 (3-boyutlu)



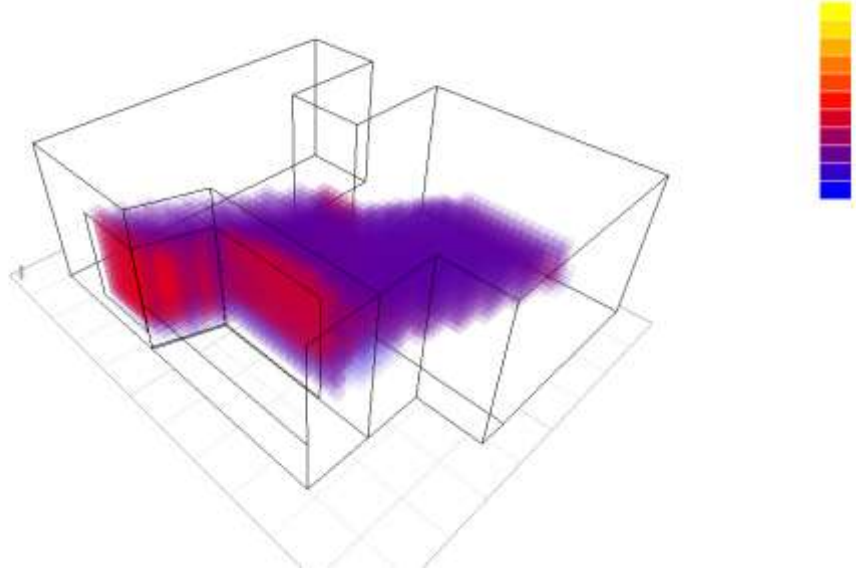
Şekil E.8 : Yeni cam için 21 Mart saat 14:00 (3-boyutlu)



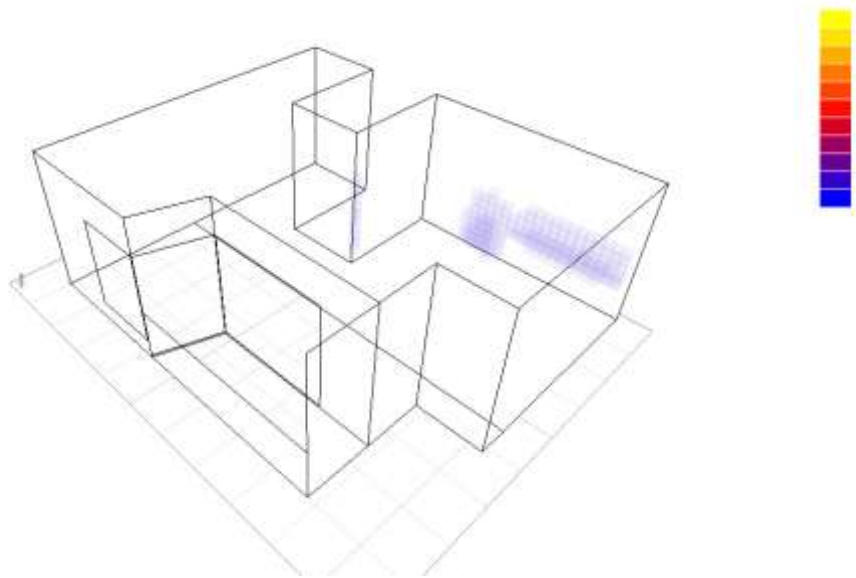
Şekil E.9 : Yeni cam için 21 Mart saat 15:00 (3-boyutlu)



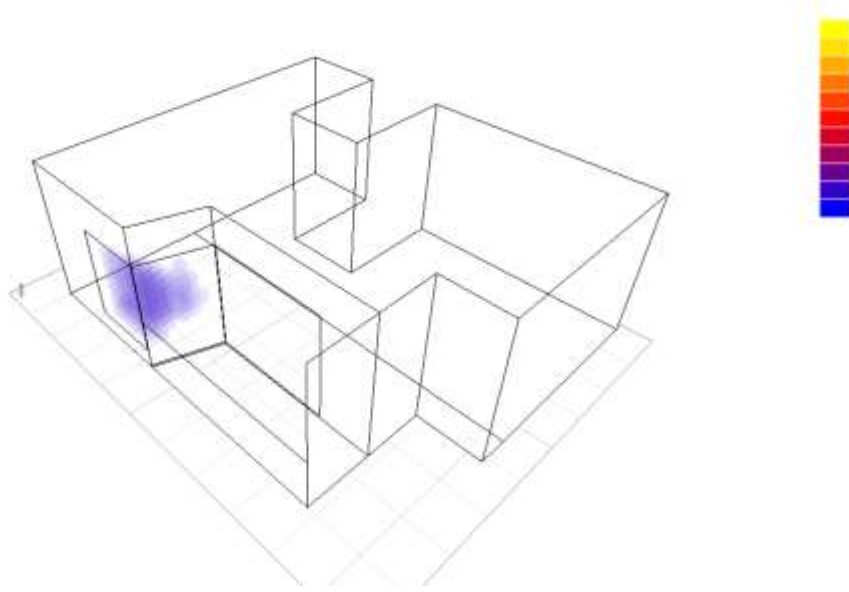
Şekil E.10 : Yeni cam için 21 Mart saat 16:00 (3-boyutlu)



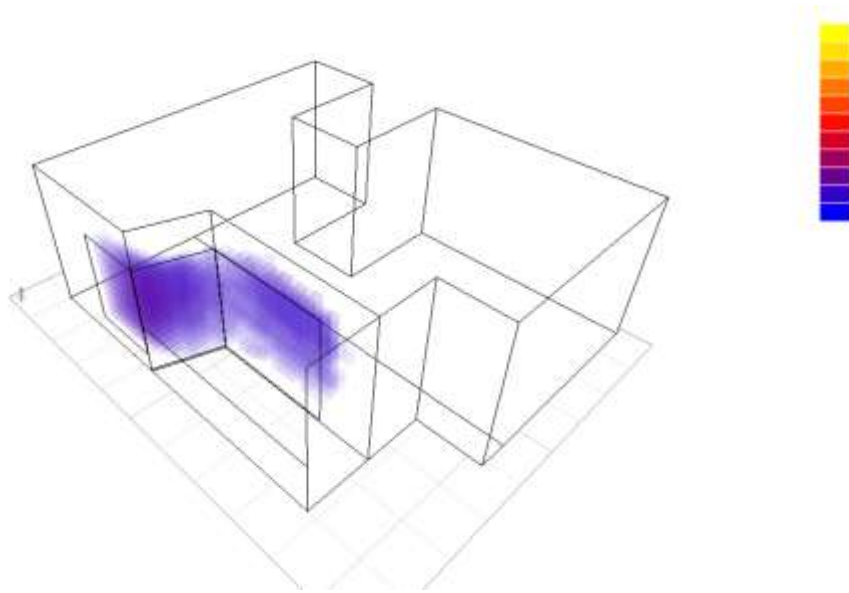
Şekil E.11 : Yeni cam için 21 Mart saat 17:00 (3-boyutlu)



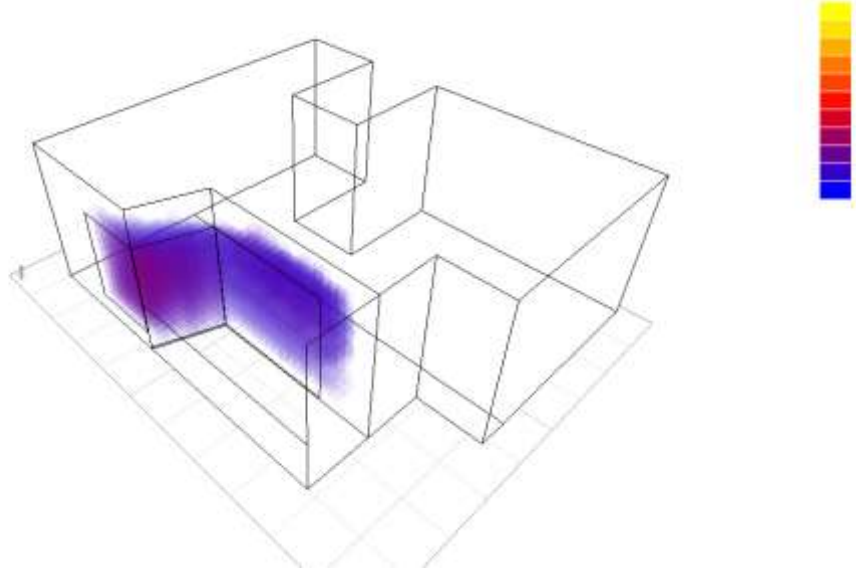
Şekil E.12 : Yeni cam için 21 Mart saat 18:00 (3-boyutlu)



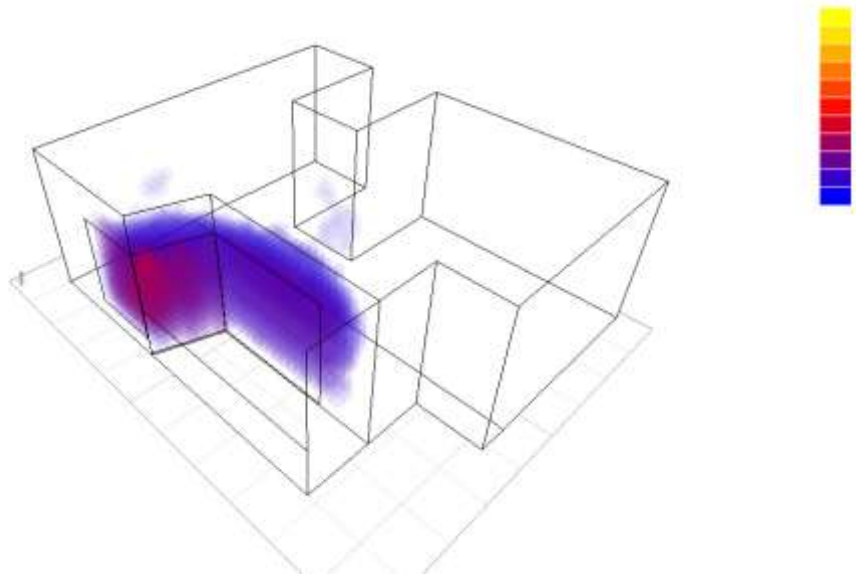
Şekil E.13 : Yeni cam için 21 Haziran saat 05:00 (3-boyutlu)



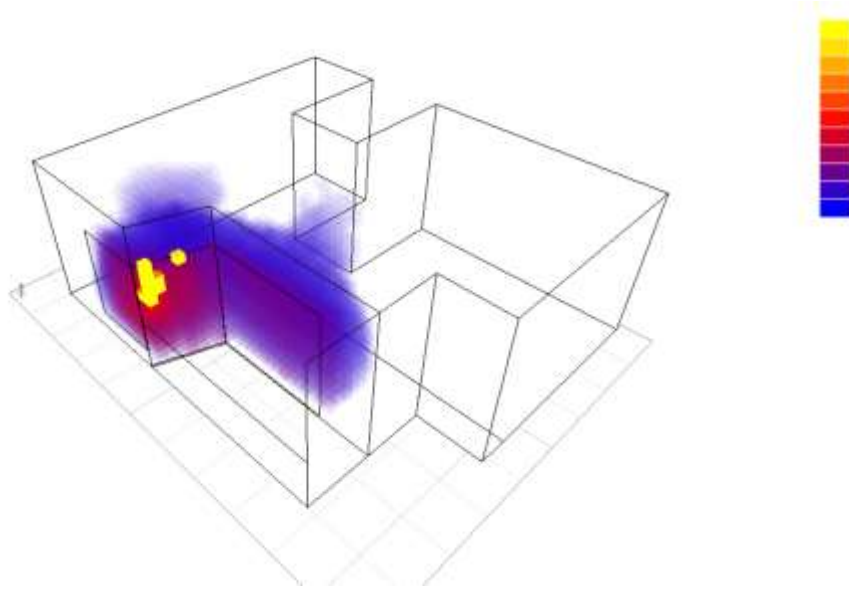
Şekil E.14 : Yeni cam için 21 Haziran saat 06:00 (3-boyutlu)



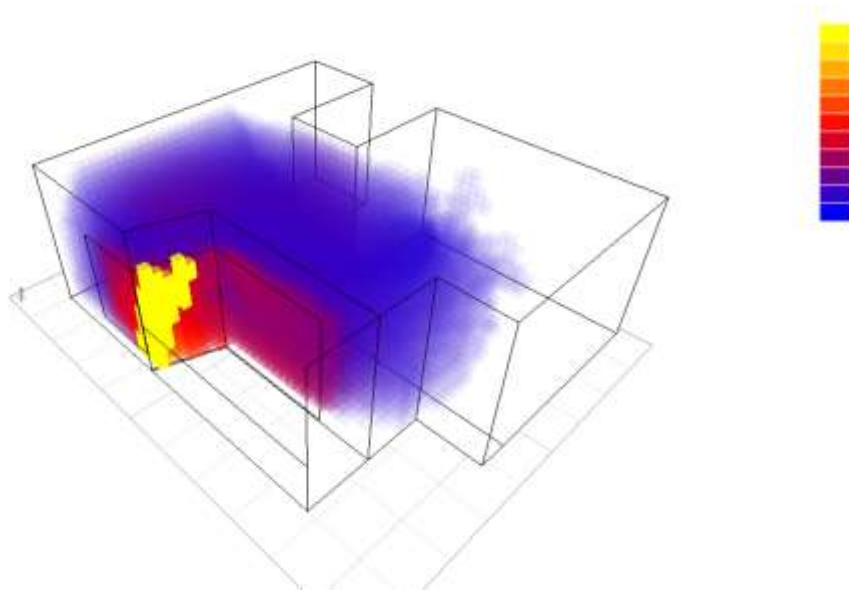
Şekil E.15 : Yeni cam için 21 Haziran saat 07:00 (3-boyutlu)



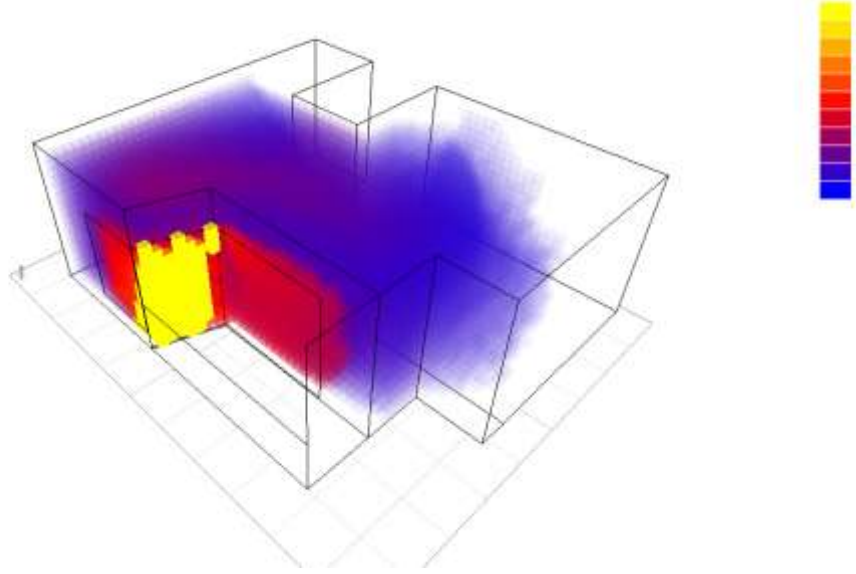
Şekil E.16 : Yeni cam için 21 Haziran saat 08:00 (3-boyutlu)



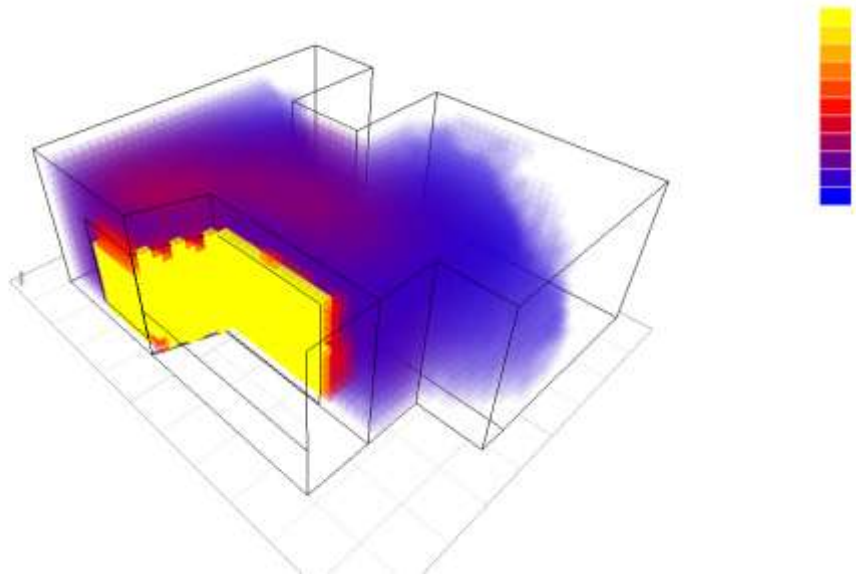
Şekil E.17 : Yeni cam için 21 Haziran saat 09:00 (3-boyutlu)



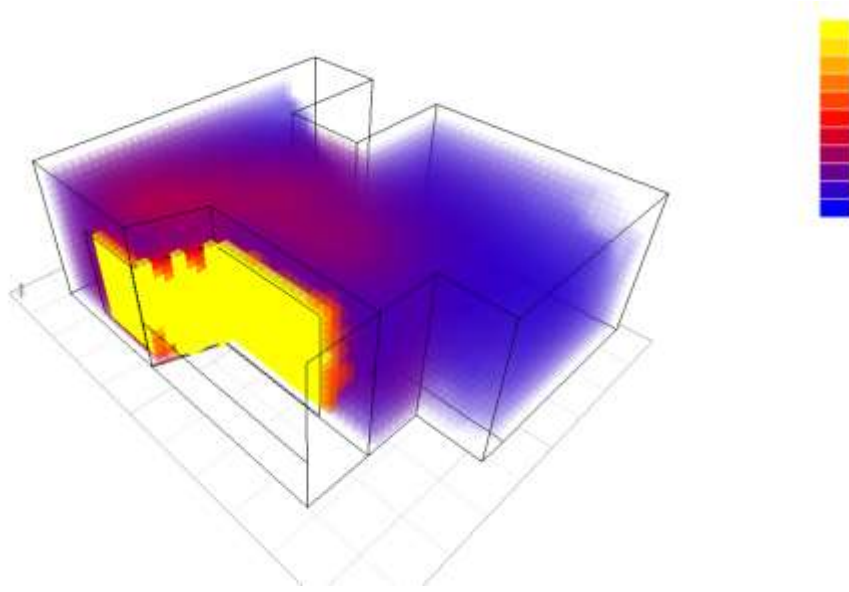
Şekil E.18 : Yeni cam için 21 Haziran saat 10:00 (3-boyutlu)



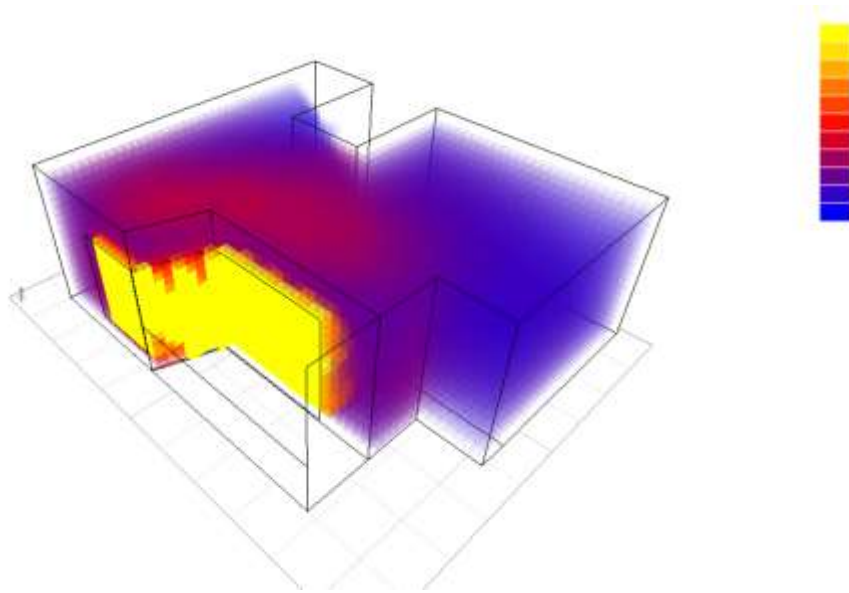
Şekil E.19 : Yeni cam için 21 Haziran saat 11:00 (3-boyutlu)



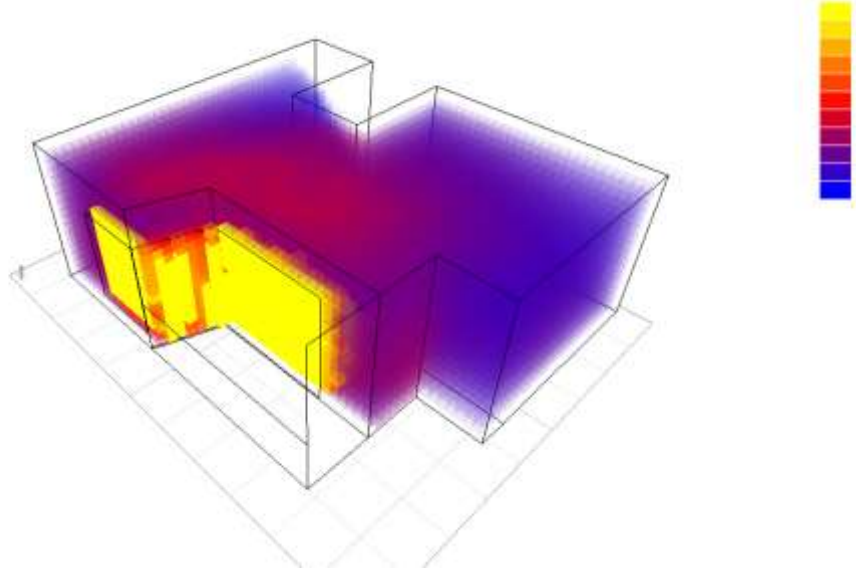
Şekil E.20 : Yeni cam için 21 Haziran saat 12:00 (3-boyutlu)



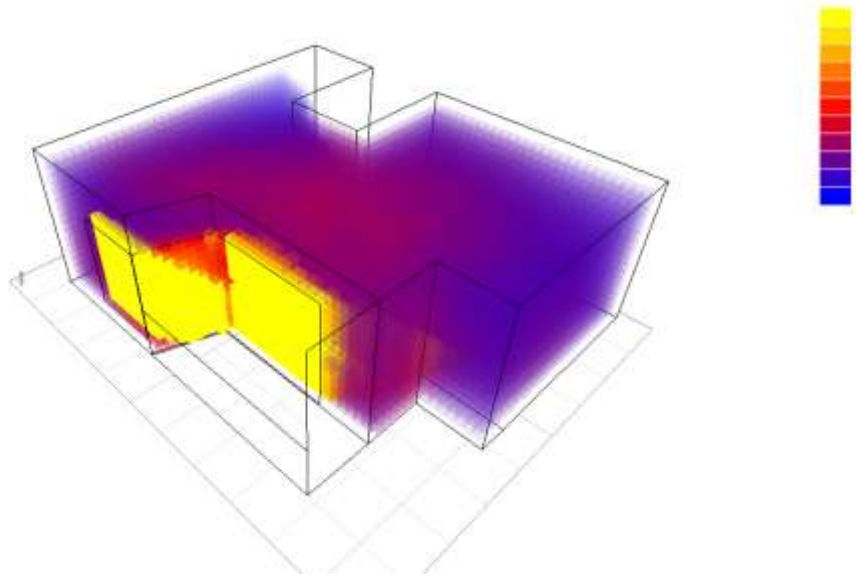
Şekil E.21 : Yeni cam için 21 Haziran saat 13:00 (3-boyutlu)



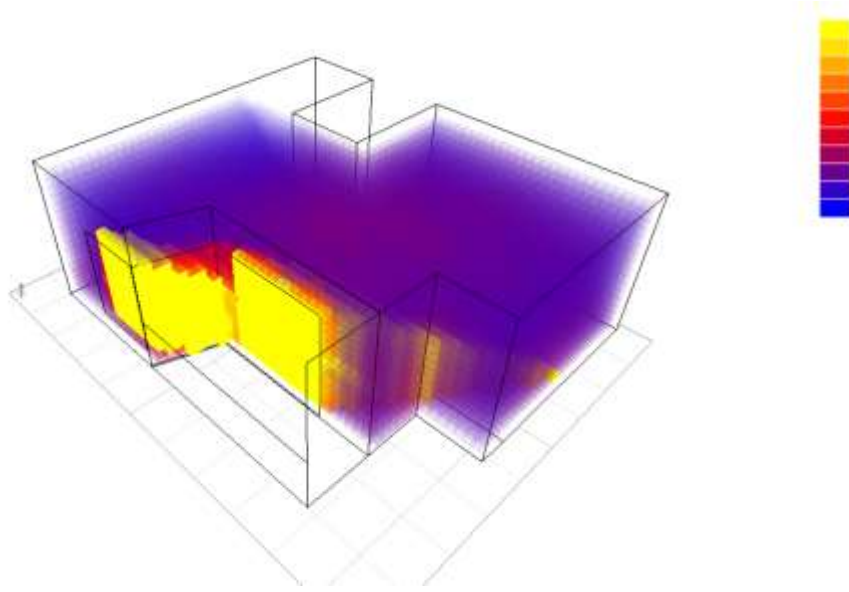
Şekil E.22 : Yeni cam için 21 Haziran saat 14:00 (3-boyutlu)



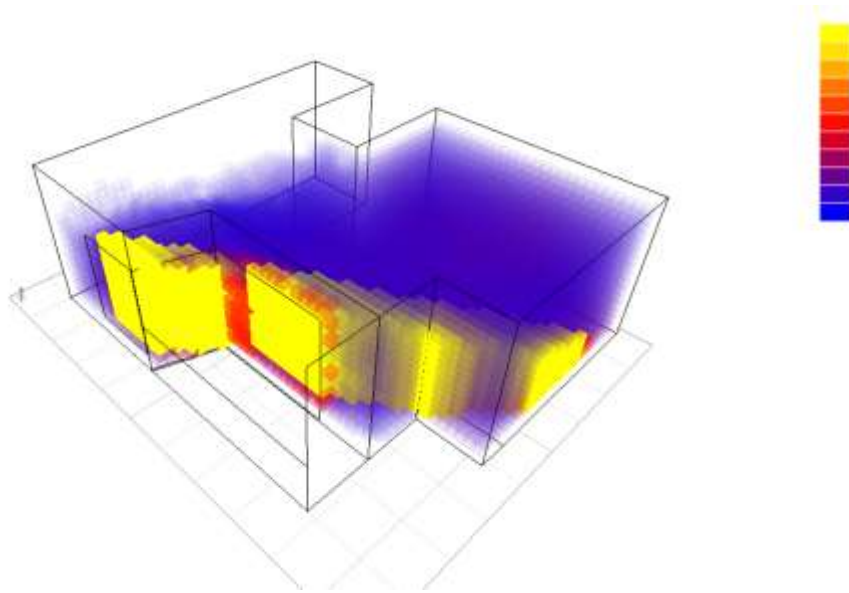
Şekil E.23 : Yeni cam için 21 Haziran saat 15:00 (3-boyutlu)



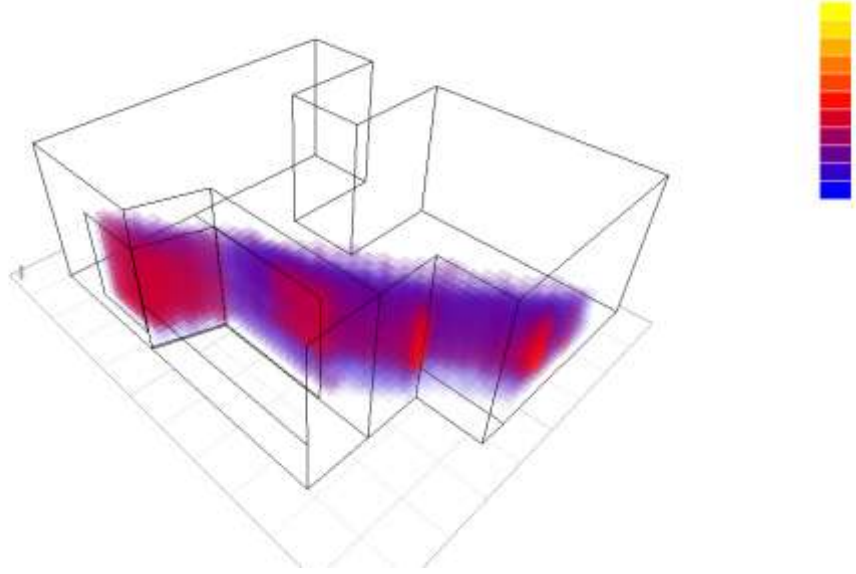
Şekil E.24 : Yeni cam için 21 Haziran saat 16:00 (3-boyutlu)



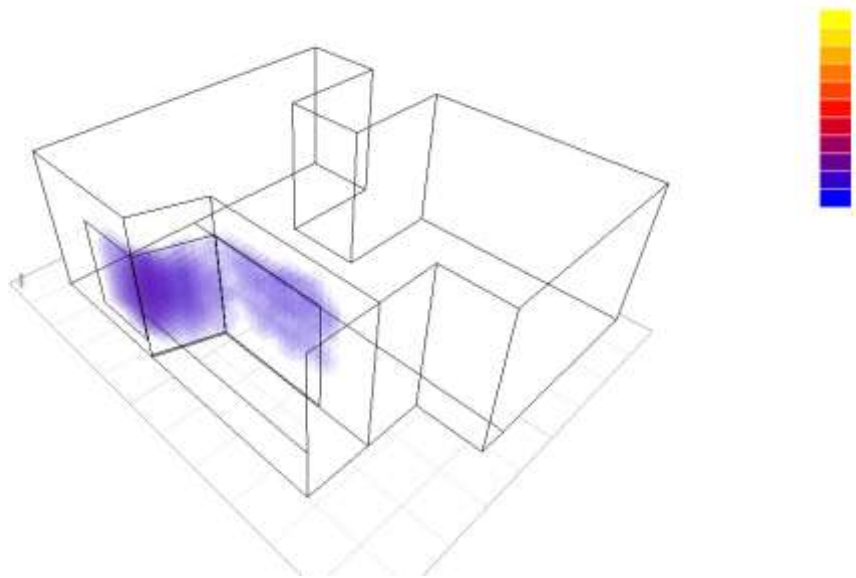
Şekil E.25 : Yeni t cam için 21 Haziran saat 17:00 (3-boyutlu)



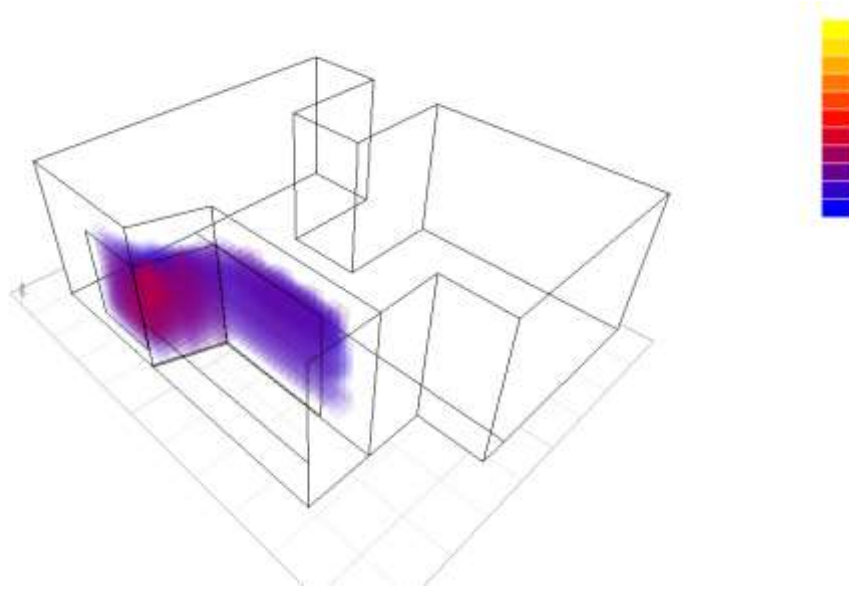
Şekil E.26 : Yeni cam için 21 Haziran saat 18:00 (3-boyutlu)



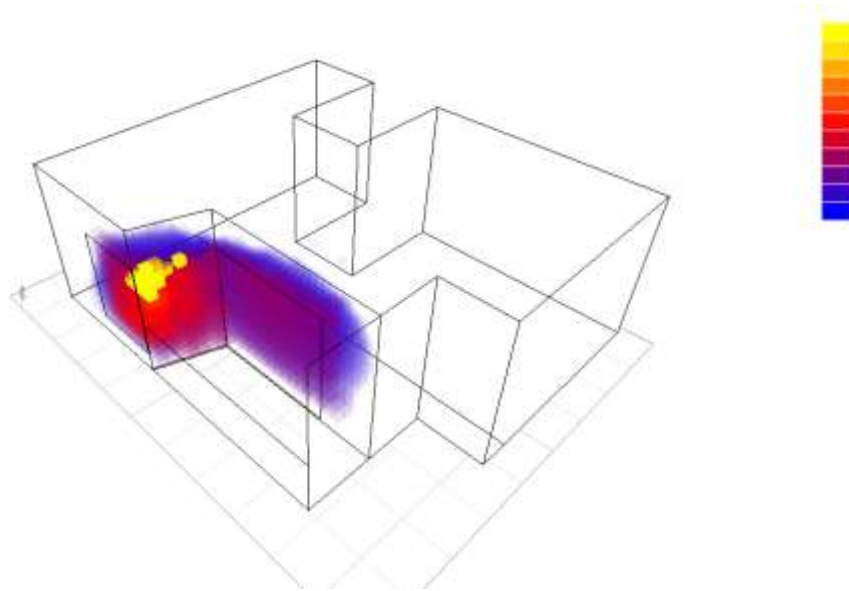
Şekil E.27 : Yeni cam için 21 Haziran saat 19:00 (3-boyutlu)



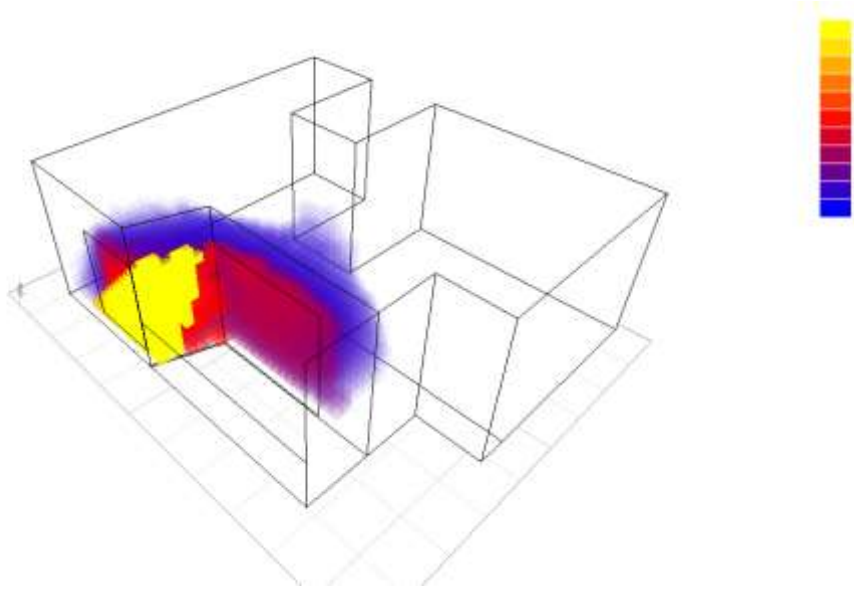
Şekil E.28 : Yeni cam için 23 Eylül saat 07:00 (3-boyutlu)



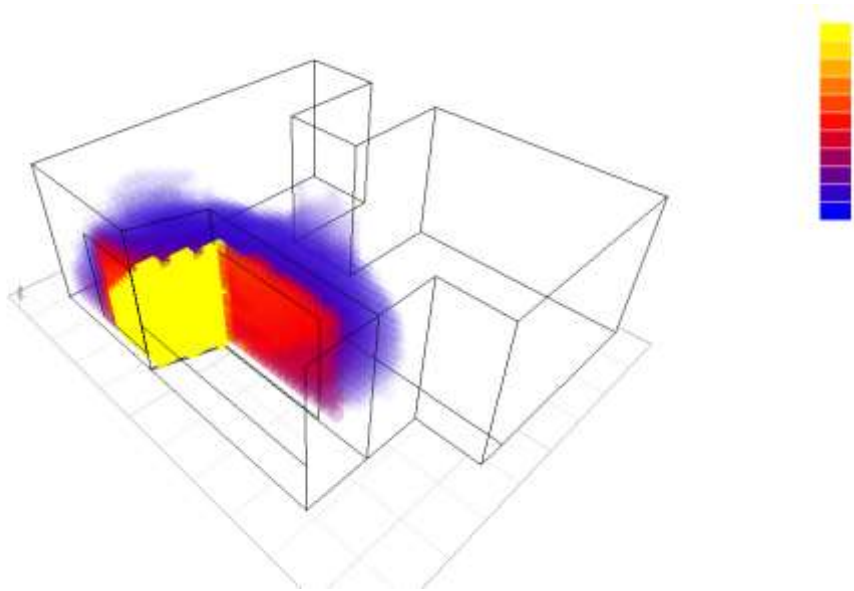
Şekil E.29 : Yeni cam için 23 Eylül saat 08:00 (3-boyutlu)



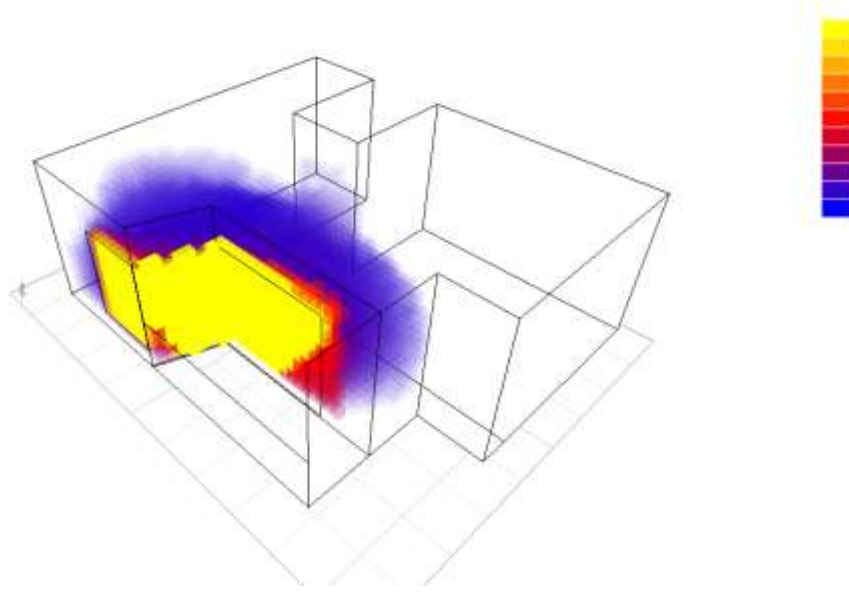
Şekil E.30 : Yeni cam için 23 Eylül saat 09:00 (3-boyutlu)



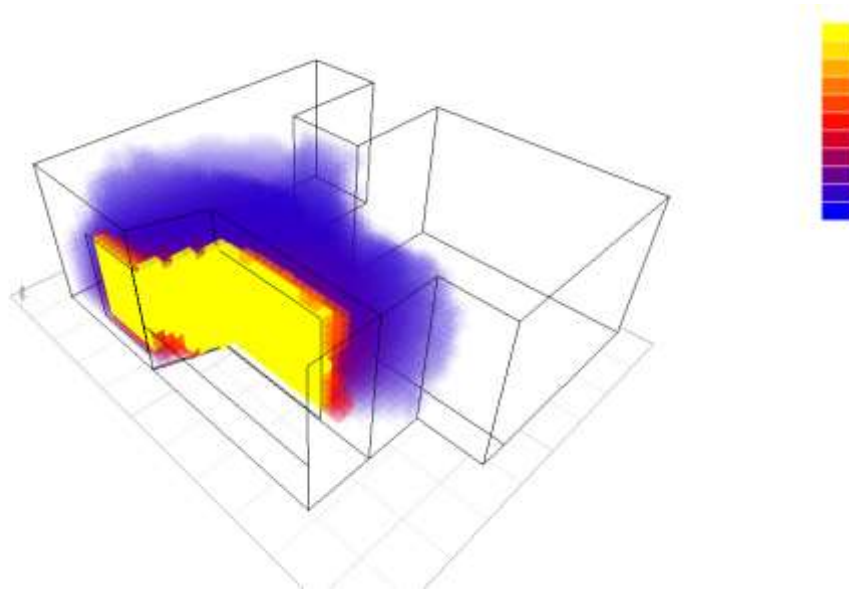
Şekil E.31 : Yeni cam için 23 Eylül saat 10:00 (3-boyutlu)



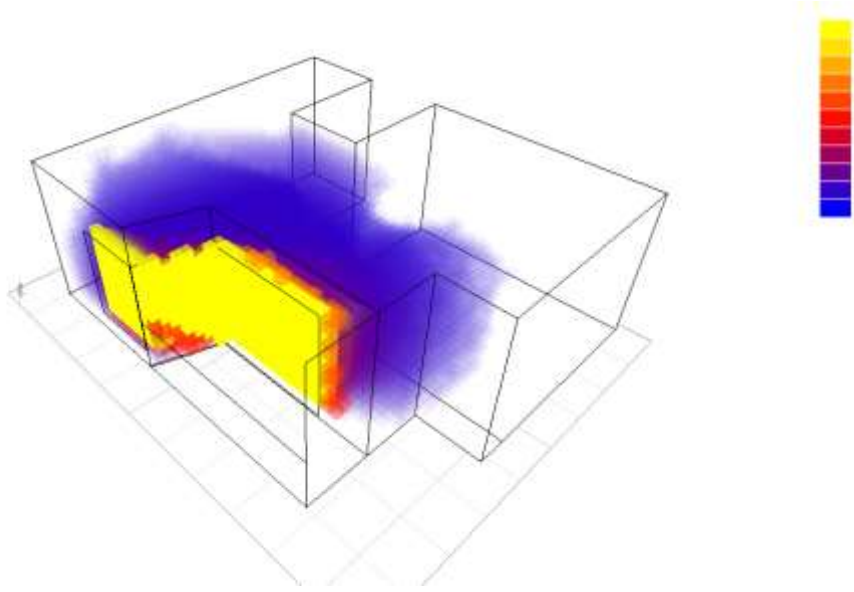
Şekil E.32 : Yeni cam için 23 Eylül saat 11:00 (3-boyutlu)



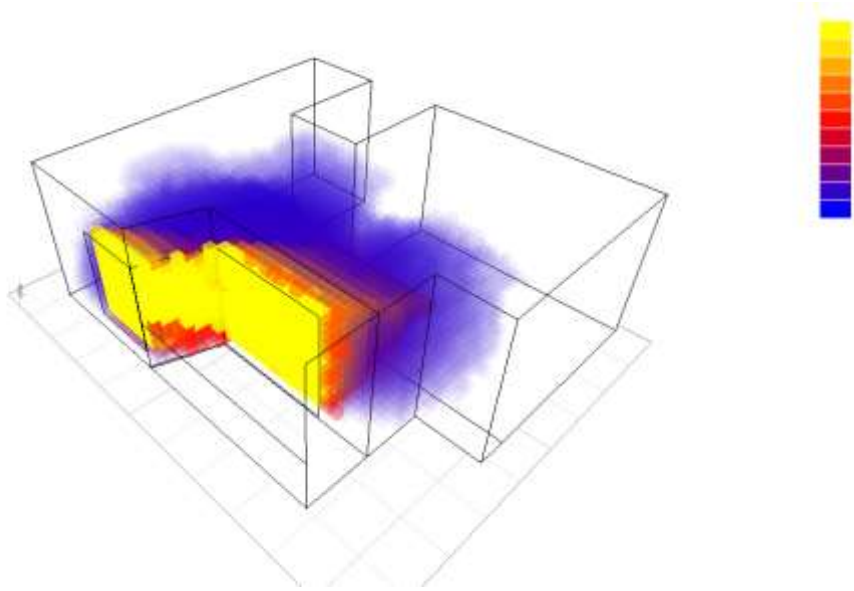
Şekil E.33 : Yeni cam için 23 Eylül saat 12:00 (3-boyutlu)



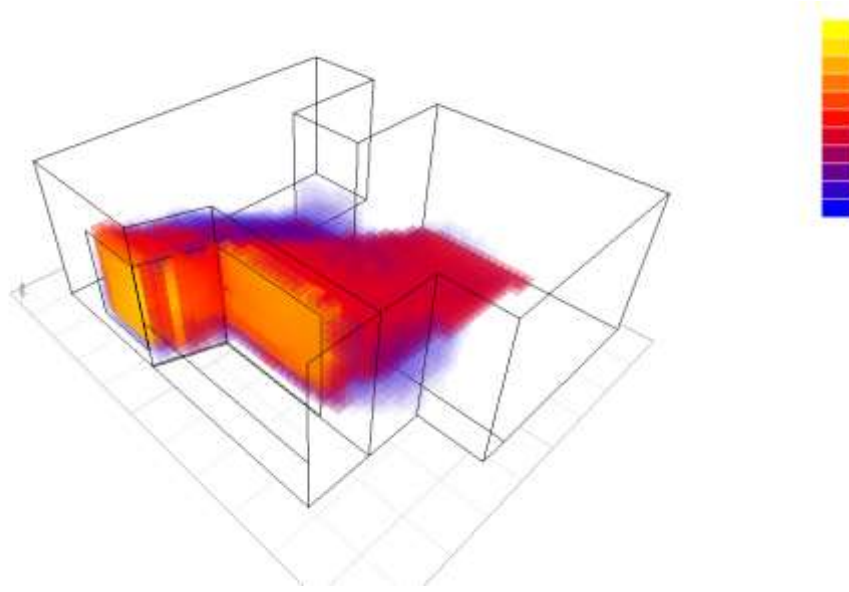
Şekil E.34 : Yeni cam için 23 Eylül saat 13:00 (3-boyutlu)



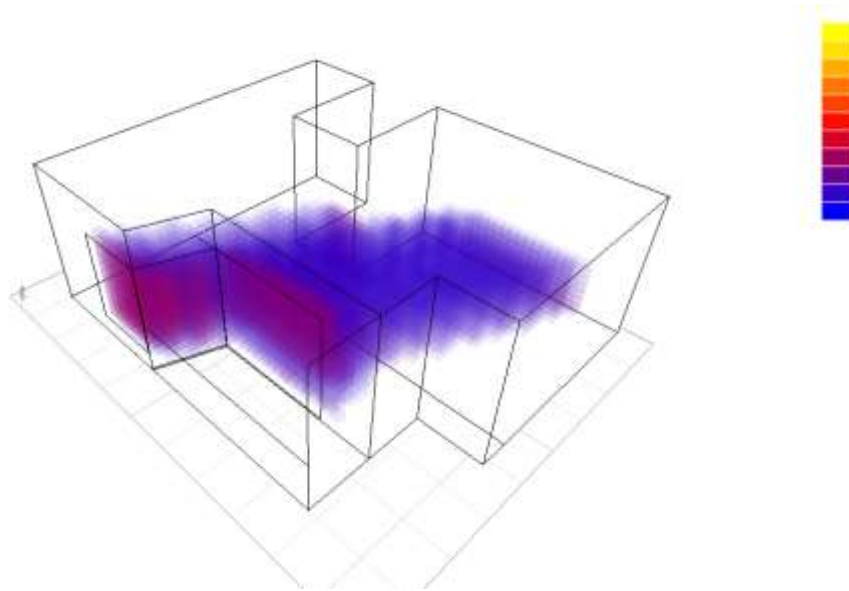
Şekil E.35 : Yeni cam için 23 Eylül saat 14:00 (3-boyutlu)



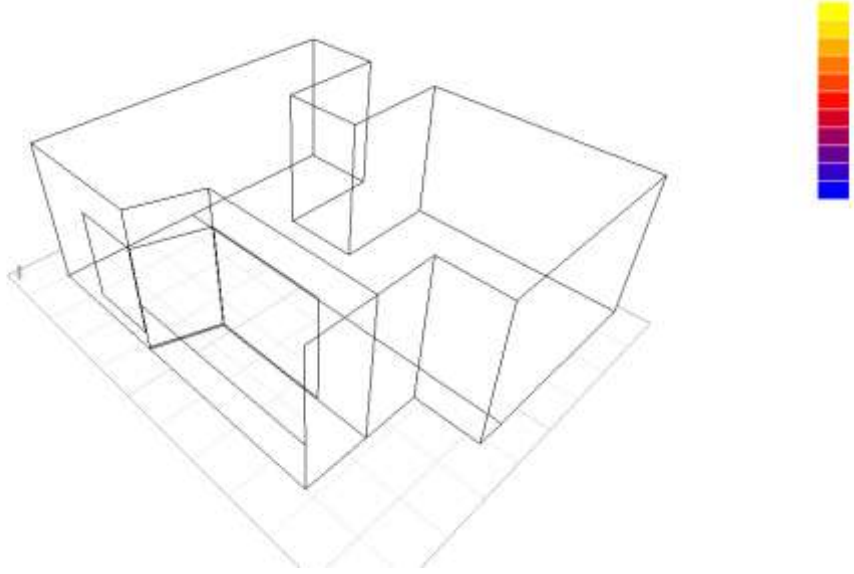
Şekil E.36 : Yeni cam için 23 Eylül saat 15:00 (3-boyutlu)



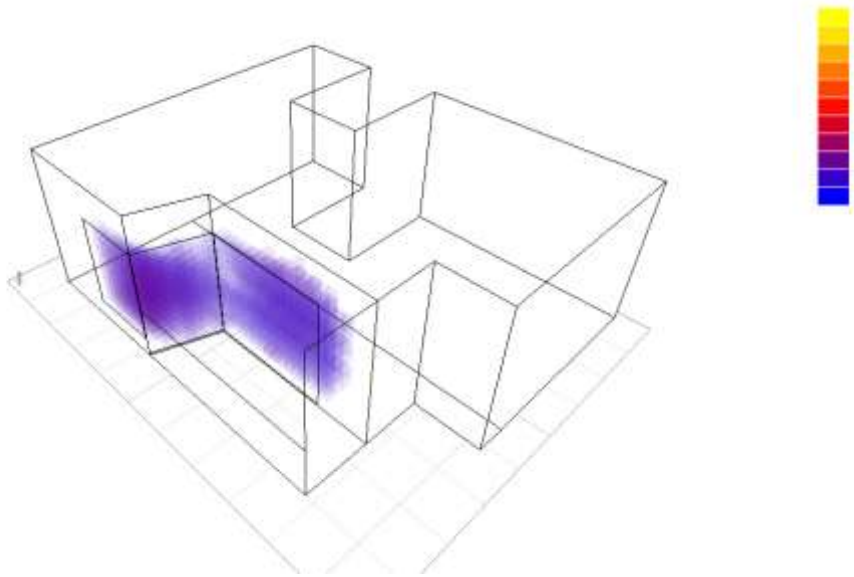
Şekil E.37 : Yeni t cam için 23 Eylül saat 16:00 (3-boyutlu)



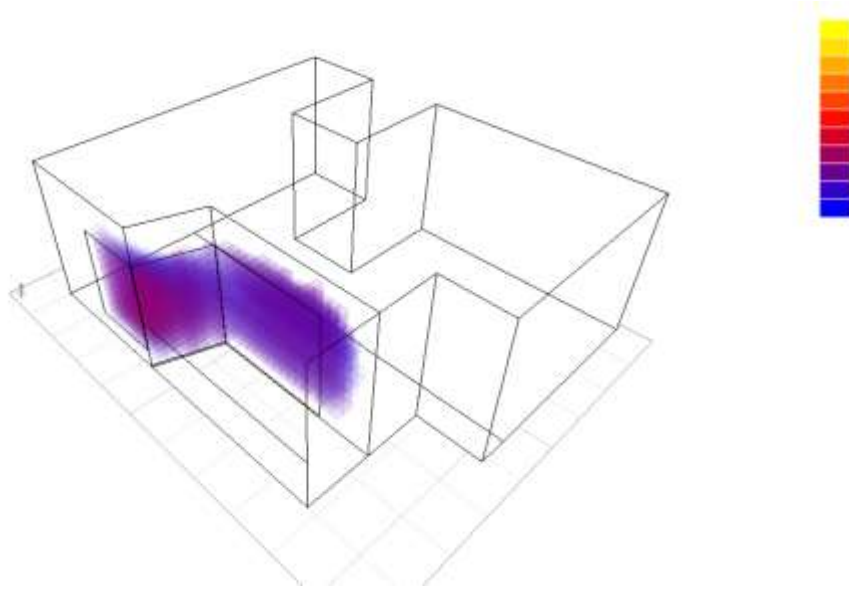
Şekil E.38 : Yeni cam için 23 Eylül saat 17:00 (3-boyutlu)



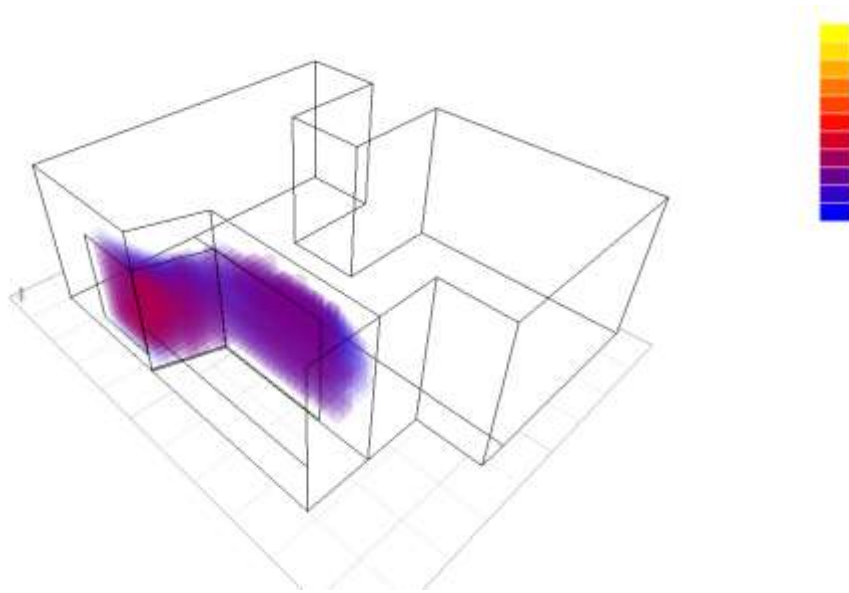
Şekil E.39 : Yeni cam için 21 Aralık saat 08:00 (3-boyutlu)



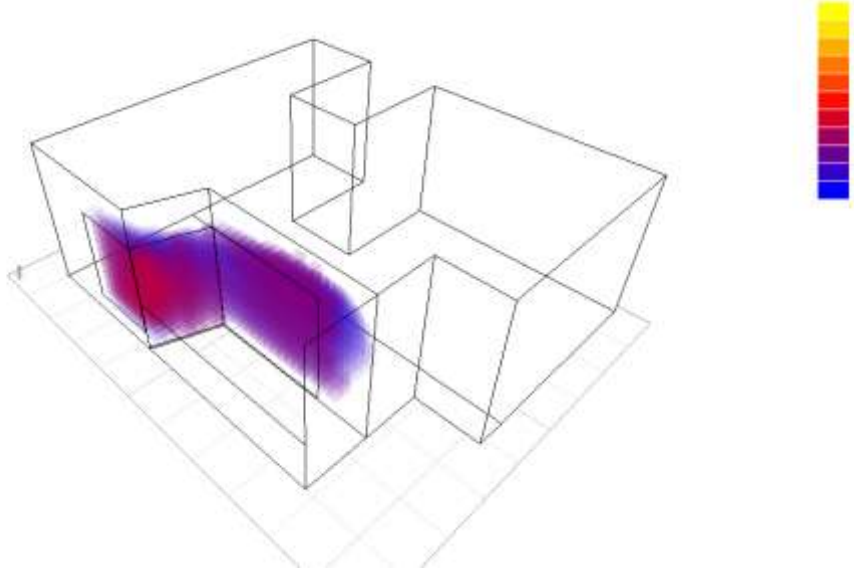
Şekil E.40 : Yeni cam için 21 Aralık saat 09:00 (3-boyutlu)



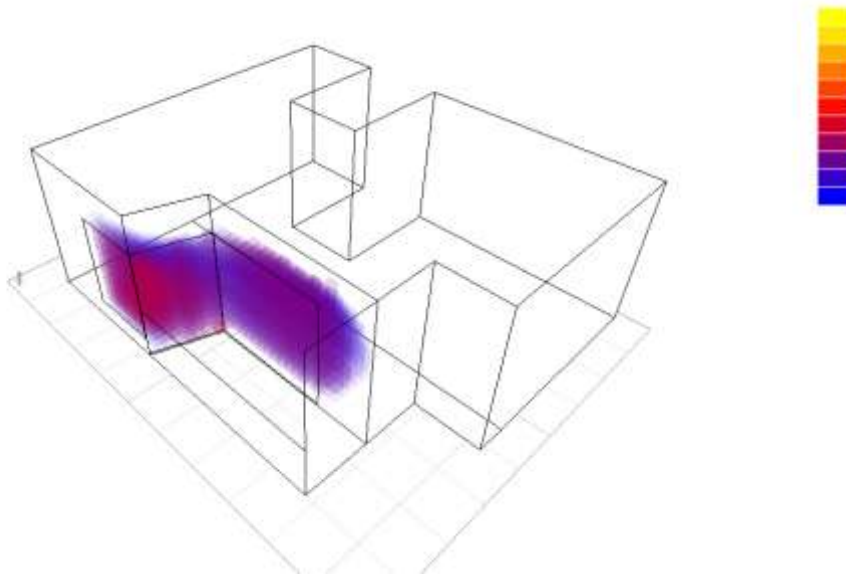
Şekil E.41 : Yeni cam için 21 Aralık saat 10:00 (3-boyutlu)



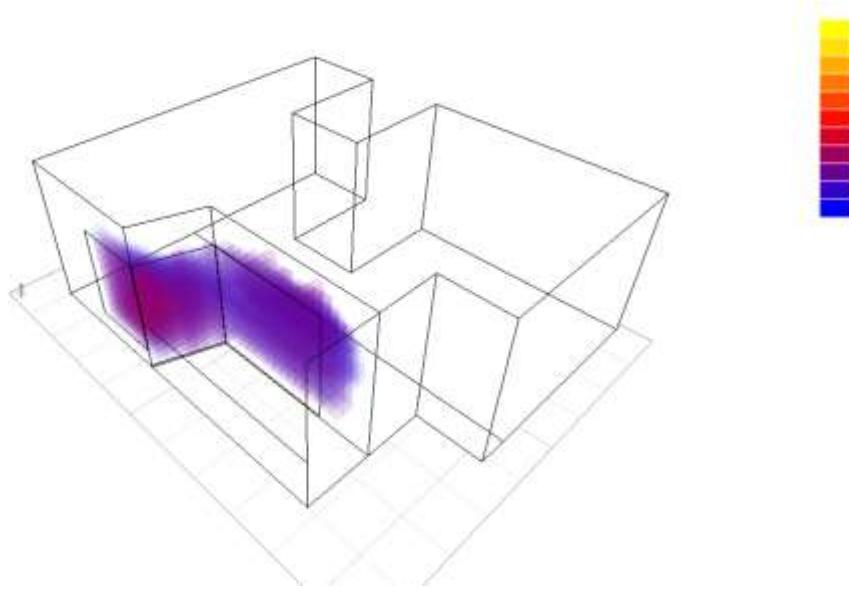
Şekil E.42 : Yeni cam için 21 Aralık saat 11:00 (3-boyutlu)



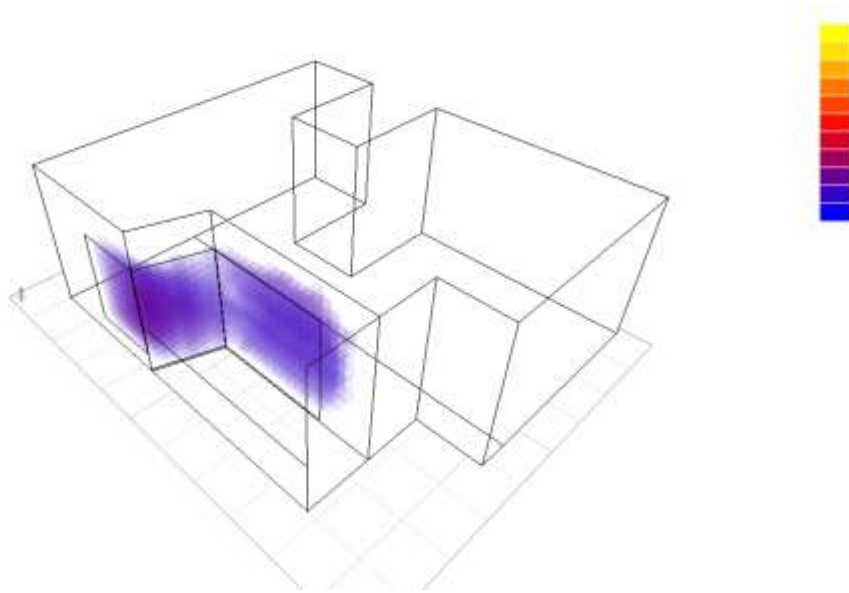
Şekil E.43 : Yeni cam için 21 Aralık saat 12:00 (3-boyutlu)



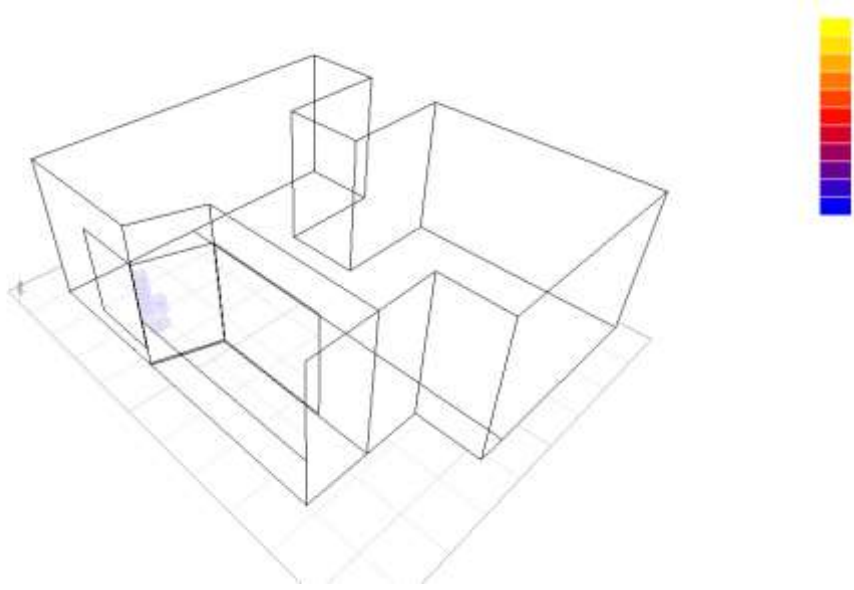
Şekil E.44 : Yeni cam için 21 Aralık saat 13:00 (3-boyutlu)



Şekil E.45 : Yeni cam için 21 Aralık saat 14:00 (3-boyutlu)



Şekil E.46 : Yeni cam için 21 Aralık saat 15:00 (3-boyutlu)



Şekil E.47 : Yeni cam için 21 Aralık saat 16:00 (3-boyutlu)

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Mehmet OKUMUŞ
Doğum Yeri ve Tarihi: İzmit, 1987
E-Posta: mehmetokumus87@gmail.com
Lisans: Dokuz Eylül Üniversitesi
Makine Mühendisliği (2009)

Mesleki Deneyim:

10.2011- ERKE Sürdürülebilir Bina Tasarım Danışmanlık / İstanbul
Enerji ve Gün Işığı Analisti, LEED & BREEAM Danışmanı
02.2011 – 10.2011 Kipaş Elektromekanik Ltd. Şti. / İstanbul
Teknik Ofis Mühendisi