

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE İÇİN KONUT BİNALARININ AYDINLATMA ENERJİSİ
GEREKSİNİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN
BİR YAKLAŞIM**

DOKTORA TEZİ

Özlem SÜMENGİN

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilimleri Programı

HAZİRAN 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE İÇİN KONUT BİNALARININ AYDINLATMA ENERJİSİ
GEREKSİNİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN
BİR YAKLAŞIM**

DOKTORA TEZİ

**Özlem SÜMENGEN
(502072607)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER

HAZİRAN 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502072607 numaralı Doktora Öğrencisi **Özlem SÜMENGEN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“TÜRKİYE İÇİN KONUT BİNALARININ AYDINLATMA ENERJİSİ GEREKSİNİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN BİR YAKLAŞIM ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Alpin Köknel YENER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Mehmet Şener KÜÇÜKDOĞU**
İstanbul Kültür Üniversitesi

Prof. Dr. Gül Koçlar ORAL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Rengin ÜNVER
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Gülten MANİOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **02 Nisan 2015**
Savunma Tarihi : **02 Haziran 2015**

*Erken aramızdan ayrılan sevgili Büyükbabacığım; Emekli Öğretmen HÜSEYİN
A. EKİNCİOĞLU'na derin saygı ve minnetlerimle,*

ÖNSÖZ

Öncelikle, bu tezin oluşmasında en büyük destekçim olan, emeklerini hiçbir zaman esirgemeyen saygıdeğer ve çok sevgili tez danışmanı hocam Prof. Dr. Alpin Köknel YENER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Mimari aydınlatma konusunu bana lisans yıllarımdan itibaren sevdiren ve bu çalışmaların doktora düzeyine taşınmasının en önemli yol göstericisi; yüksek lisans tez danışmanım ve doktora juri üyesi saygıdeğer hocam Prof. Dr. Mehmet Ş. KÜÇÜKDOĞU'ya özel teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca değerli görüş ve önerileri ile tezime katkıda bulunan tüm doktora tez izleme komitesi üyelerine, tezimde yer alan Konut–Kullanıcı-Mekan modelinin bulanık kural tabanlı sistemler yardımı ile oluşturulmasına katkıda bulunan Erciyes Üniversitesi öğretim üyesi çok sevgili arkadaşım Doç.Dr.Hülya BEHRET'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu hayat yolunda geçirdiğim her aşamada elimi hiç bırakmayan, emekli öğretmen; annem Songül Sümengen ve babam Hakkı Sümengen'e, Kayseri İstanbul trafiğinde evinin kapılarını sonuna kadar açan İstanbul'daki yuvam, moral depom biricik dostum Y. Mimar Ebru Ersöz'e, iş hayatımı anlamlı hale getiren, onlar olmadan eksik olduğum ve dosttan öte arkadaşlarım olan Hale Kozlu, Seven Yücel'e ve bu süreçte onun manevi destekleri, dostluğu neşesi olmadan yapamayacağım; canım Feride Şener Yılmaz'a sonsuz teşekkür ederim.

Haziran 2015

Özlem SÜMENGEN
(Yüksek Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY.....	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	1
1.2 Yöntem	2
2. KONUT KAVRAMI VE KONFOR GEREKSİNİMLERİ	5
2.1 Konutlara İlişkin Tanımlamalar	5
2.1.1 Konut kavramı ve konutlarda karşılanması gereken gereksinimler	7
2.1.2 Konutların sınıflandırılması	10
2.2 Konutlarda Görsel Konfor Gereksinimleri.....	12
2.2.1 Fizyolojik konfor gereksinimleri	13
2.2.2 Psikolojik konfor gereksinimleri	21
3. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ENERJİ TÜKETİMİNİN AZALTILMASI VE KONUTLARA YÖNELİK ÇALIŞMALAR.....	27
3.1 Binalarda Enerji Verimliliği Konusunda Uluslararası Çalışmalar	28
3.1.1 Aydınlatma enerji performansı konusundaki uluslararası çalışmalar	32
3.2 Binalarda Enerji Verimliliği Konusunda Türkiye’de Yapılan Çalışmalar	32
3.2.1 Aydınlatma enerji performansı konusunda Türkiye’de yapılan çalışmalar	38
3.3 Binaların Sürdürülebilirliklerinin Sağlanmasına İlişkin Sertifikalandırma Sistemleri	40
3.4 Konut Kullanım Süreleri Ve Kullanıcı Davranışlarına Yönelik Çalışmalar ...	43
4. TÜRKİYE İÇİN KONUT BİNALARININ AYDINLATMA ENERJİSİ GEREKSİNİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN GELİŞTİRİLEN YAKLAŞIM	53
4.1 Yapma Aydınlatma Sistemi	57
4.1.1 Yapma aydınlatma sistemine ilişkin görsel konfor koşullarının sağlanmasına ilişkin kontrol	57
4.1.2 Yapma aydınlatma sistemi toplam gücünün belirlenmesi	61
4.2 Güneşli Etkisinin Belirlenmesi	62
4.2.3 Yön parametresi etkisinin belirlenmesi	64
4.3 Konut-Kullanıcı-Mekan Modeli ile Konut Kullanım Sürelerinin Belirlenmesi	68
4.3.1 Kural tabanlı değişkenler sistemi ile konut-kullanıcı-mekan modelinin geliştirilmesi	69
4.3.1.1 Konutlarda hacim kullanım oranı 1-F _A için sistem girdileri	70

4.3.2 Konut hacimleri için t_D ve t_N saatlerinin belirlenmesi.....	81
5. TÜRKİYE İÇİN KONUT BİNALARININ AYDINLATMA ENERJİSİ GEREKSİNİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN GELİŞTİRİLEN YAKLAŞIMIN UYGULANMASI	83
5.1 Yapma Aydınlatma Sistemi Toplam Gücünün Belirlenmesi	86
5.1.1 Yaşama odası	87
5.1.2 Çocuk odası	90
5.1.3 Ebeveyn Yatak Odası	93
5.1.4 Mutfak	96
5.1.5 Salon	99
5.1.6 Banyo	102
5.1.7 Antre	105
5.2 Güneş ışığı etkisinin Belirlenmesi	113
5.2.1 Engel etkisi	113
5.2.2 Gölgeleme elemanı etkisi	124
5.2.3 Yön parametresinin etkisinin belirlenmesi	130
5.3 Konut- Kullanıcı-Mekan Modeli ile Belirlenen Konut Kullanım Sürelerinin Etkisi	135
5.4 Sonuçların Değerlendirilmesi	144
6. SONUÇLAR	147
KAYNAKLAR.....	153
ÖZGEÇMİŞ.....	159

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AESG	: Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi
ANSI	: Amerikan Standartlar Enstitüsü
BEP	: Bina Enerji Performansı
BEP-TR	: Bina Enerji Performansı Türkiye Ulusal Hesap Modeli
BM	: Birleşmiş Milletler
BRE	: Building Research Establishment
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	: Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency
CIBSE	: The Chartered Institution of Building Services Engineers
CIE	: Commission Internationale de l'Eclairage
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EA	: Engel Açısı
İDKK	: İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IES	: Illuminating Engineering Society
IESNA	: Illuminating Engineering Society of North America
ISO	: International Organization for Standardization
LED	: Light Emitting Diode
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
LENI	: Lighting Energy Numeric Indicator
LPD	: Lighting Power Density
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UGR	: Unified Glare Rating

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 : İşleve bağlı aydınlık düzeyleri (CIBSE, 2009).....	14
Çizelge 2.2 : İşleve bağlı aydınlık düzeyleri-2 (EN-12464-1, 2011).	14
Çizelge 2.3 : İşleve bağlı aydınlık düzeyleri -3 (IESNA, 2011).	15
Çizelge 2.4 : İşleve bağlı UGR sınır değerleri (EN-12464-1, 2011).....	18
Çizelge 2.5 : Renk sıcaklıkları ve ışık rengi ilişkisi (CIBSE, 2009).	19
Çizelge 2.6 : Renksel geriverim özelliklerine bağlı kullanım alanları (CIBSE, 2009).	19
Çizelge 2.7 : İşleve bağlı renksel geriverim özellikleri (EN 12464-1, 2011).....	20
Çizelge 2.8 : Önerilen ışık yansıtma katsayısı aralıkları (EN 12464-1, 2011).	21
Çizelge 2.9 : Konutlar için gereken minimum.günüşiği faktörü (BS 8206-2, 2008)..	22
Çizelge 2.10 : Önerilen oda derinlikleri ve pencere oranları (CIBSE, 1999).	23
Çizelge 2.11 : Oda derinliği ve saydamlık oranı ilişkisi (BS 8206-2, 2008).....	24
Çizelge 2.12 : Pencere boyutları ve konumuna bağlı hacimde sağlanan iç görüş alanı farklılıkları (BS 8206-2, 2008, CIBSE, 1999).....	25
Çizelge 3.1 : Enerji Verimliliği kanunu kapsamında resmi kurumların yürüttüğü çalışmalar	36
Çizelge 3.2 : 2009-2012 yılları arasında elektrik tüketimi dağılımı	38
Çizelge 3.3 : Türkiye genelinde hanede yaşayan birey sayısı yüzdesi [Url-13]	44
Çizelge 3.4 : Hane yapısının yerleşim yerlerine göre dağılımı.....	44
Çizelge 3.5 : Ailelerin sahip olduğu çocuk sayısının ülke genelindeki yüzdesi	45
Çizelge 3.6 : Ailelerin sahip olduğu çocuk sayısının yerleşim alanlarına göre dağılım yüzdesi [Url-13].....	45
Çizelge 3.7 : İl merkezlerinde 08-18.00 saatleri arasında konutta bulunan kişi sayısı oranları [Url-14]	46
Çizelge 3.8 : 08.00-18.00 saatleri arasında konut boşken en erken eve dönen kişinin dönüş saatine göre konut sayısı ve oranı [Url-14].....	46
Çizelge 3.9 : 08.00-18.00 saatleri arasında konut boşken en erken eve dönen kişinin dönüş saatine göre konut sayısı ve oranı	46
Çizelge 3.10 : İl merkezlerinde oda sayısına göre konut sayısı ve oranı [Url-14].....	47
Çizelge 4.1 : Hacim yüzeyleri ışık yansıtma katsayıları ve etkinlik faktörü.	60
Çizelge 4.2 : Konut hacimleri-işlev-aydınlık düzeyi ilişkisi.	61
Çizelge 4.3 : İstanbul (41° K 28°D) ili için belirlenen R ve R _{ort} değerleri.	66
Çizelge 4.4 : Kayseri (38°K 35°D) ili için belirlenen R ve R _{ort} değerleri.....	67
Çizelge 4.5 : Antalya (36°K 30°D) ili için belirlenen R ve R _{ort} değerleri	67
Çizelge 4.6 : Türkiye'nin farklı illerinde hesaplanan Ryön katsayıları.	68
Çizelge 4.7 : Aile profillerinin sınıflandırılması.....	73
Çizelge 4.8 : Konutta bulunma durumları ve oda aktiflik ilişkisi	75
Çizelge 4.9 : Matlab bulanık kural tabanlı sisteme ilişkin olasılıklar.	78
Çizelge 4.10 : Merkezi Durulaştırma yöntemi ile elde edilen 1-F _A ve F _A değerleri.	80
Çizelge 4.11 : 21 Haziran ve 21 Aralık tarihleri için konut hacimlerinde maksimum gün saatleri içi t _D ve gün saatleri dışı t _N kullanımı.....	81

Çizelge 5.1 : Örnek konut binasına ilişkin temel özellikler.	85
Çizelge 5.2 : Öneri-1 için her hacimde hesaplanan aydınlık düzeyleri ve güç ilişkisi.	109
Çizelge 5.3 : Öneri-2 için her hacimde hesaplanan aydınlık düzeyleri ve güç ilişkisi.	110
Çizelge 5.4 : Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarına göre konut hacimlerine ait şebekeden çekilen güç değerleri karşılaştırması.	111
Çizelge 5.5 : Ele alınan konuta ilişkin yapma aydınlatma sistemi alternatiflerine göre yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri.	112
Çizelge 5.6 : Ele alınan dairelerin mevcut duruma göre yönlenme ve engel bilgileri.	114
Çizelge 5.7 : D-1 konutunun her katta değişen engel açısına bağlı yıllık aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri (kWh).	115
Çizelge 5.8 : D-2 konutunun her kat için yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.	116
Çizelge 5.9 : D-3 konutunun her kat için yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.	117
Çizelge 5.10 : Ele alınan dairelerin Alternatif-1'e göre yönlenme ve engel durumları.	118
Çizelge 5.11 : D-1 konutunun Alternatif-1 için her katta değişen engel açısına bağlı yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri (kWh).	119
Çizelge 5.12 : D-4 konutunun Alternatif-1 için her katta değişen engel açısına bağlı yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri (kWh).	121
Çizelge 5.13 : Alternatif-2 önerisi için ele alınan konut dairelerinin her kat için yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri (kWh).	123
Çizelge 5.14 : D-1 konutu için önerilen gölgeleme elemanlarının yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimine etkisi (kWh).	129
Çizelge 5.15 : Kayseri (38°K 35°D) ili için farklı yönlenme durumlarına göre belirlenen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.	131
Çizelge 5.16 : Antalya (36°K 30°D) ili için farklı yönlenme durumlarına göre belirlenen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.	132
Çizelge 5.17 : İstanbul (41°K 28°D) ili için farklı yönlenme durumlarına göre belirlenen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.	133
Çizelge 5.18 : Aile profillerine ilişkin tanımlamalar.	136
Çizelge 5.19 : Ele alınan konutta aile profilili-aydınlatma enerjisi gereksinimi ilişkisi.	142

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Pencere boyutları ve konumlarına bağlı olarak günışığı değişimi [CIBSE, 99 LG10].....	23
Şekil 3.1 : Ülkemizde enerji tüketiminin sektörel dağılımı (Url-4).	27
Şekil 3.2 : 2000 -2012 yılları arasındaki elektrik tüketimine ilişkin değerler (Url-1).	28
Şekil 3.3 : Konutta gün içinde bulunma durumu (Papakostas & Sotiropoulos, 1996).	48
Şekil 3.4 : Yatak odasında kullanıcıların bulunma durumu ve yapma aydınlatma aktiflik oranı ilişkisi (Papakostas & Sotiropoulos, 1996).	49
Şekil 4.1 : Konutlarda aydınlatma enerjisi gereksinimini hesaplamayı öngören yaklaşıma ilişkin genel akış şeması.	55
Şekil 4.2 : Görsel konfor koşullarının sağlanmasına ilişkin akış şeması.	58
Şekil 4.3 : Hacimde günışığı etkisinin belirlenmesine ilişkin genel akış şeması.	63
Şekil 4.4 : Sistem girdilerine ilişkin arayüz şeması (Matlab, 2011).	71
Şekil 4.5 : Aile büyüklüğü üyelik fonksiyonu grafiği (Matlab 2011).	71
Şekil 4.6 : Konutta bulunma durumu üyelik fonksiyonu grafiği (Matlab 2011).	72
Şekil 4.7 : Konutta “oda aktif kullanım” üyelik fonksiyonu grafiği (Matlab 2011).	74
Şekil 5.1 : Erciyes Üniversitesi TOKİ yerleşkesi vaziyet planı ve seçilen bina.	84
Şekil 5.2 : C3-6 no’lu konut binası mevcut vaziyet planı durumu.	85
Şekil 5.3 : Örnek konut plan şeması.	86
Şekil 5.4 : Öneri -1 için yaşama odasındaki aydınlatma tasarımı.	87
Şekil 5.5 : Öneri -2 (Led) için yaşama odasındaki aydınlatma tasarımı.	87
Şekil 5.6 : Yaşama odasına ilişkin görsel (Dialux 4.12,2012).	88
Şekil 5.7 : Yaşama odası için Öneri-1’de yer alan armatür ve lamba bilgileri.	89
Şekil 5.8 : Yaşama odası için Öneri-1’de oluşan akısı ve harcanan güç değerleri	89
Şekil 5.9 : Yaşama odası için önerilen aydınlatma tasarımlarında; sisteme ait şebekeden çekilen güç değerleri karşılaştırma grafiği.	90
Şekil 5.10 : Öneri-1 için çocuk odasındaki aydınlatma tasarımı.	90
Şekil 5.11 : Öneri-2 (Led) için çocuk odasındaki aydınlatma tasarımı.	91
Şekil 5.12 : Çocuk odasına ilişkin görsel (Dialux 4.12).	91
Şekil 5.13 : Çocuk odası için Öneri-1’de yer alan armatür ve lamba bilgileri.	92
Şekil 5.14 : Çocuk odası için Öneri-1’de oluşan ışık akısı ve harcanan güç değerleri.	92
Şekil 5.15 : Çocuk odası için önerilen aydınlatma tasarımlarında; sisteme ait şebekeden çekilen güç değerleri karşılaştırma grafiği.	93
Şekil 5.16 : Öneri-1 için yatak odasındaki aydınlatma tasarımı.	93
Şekil 5.17 : Öneri-2 (Led) için yatak odasındaki aydınlatma tasarımı.	94
Şekil 5.18 : Ebeveyn yatak odasına ilişkin görsel (Dialux 4.12, 2012).	94
Şekil 5.19 : Yatak odası için Öneri-1’de yer alan armatür ve lamba bilgileri.	95

Şekil 5.20 : Yatak odası için Öneri-1’de oluşan ışık akısı ve harcanan güç değerleri.	95
Şekil 5.21 : Yatak odası için önerilen aydınlatma tasarımlarında sisteme ait; şebekeden çekilen güç değerleri karşılaştırma grafiği.	96
Şekil 5.22 : Öneri-1 için mutfaktaki aydınlatma aydınlatma tasarımı.	96
Şekil 5.23 : Öneri-2 (Led) için mutfaktaki aydınlatma tasarımı.	97
Şekil 5.24 : Mutfak hacmine ilişkin görsel (Dialux 4.12, 2012).	97
Şekil 5.25 : Mutfak için Öneri-1’de yer alan armatür ve lamba bilgileri.	98
Şekil 5.26 : Mutfak için Öneri-1’de oluşan ışık akısı ve harcanan güç değerleri.	98
Şekil 5.27 : Mutfak için önerilen aydınlatma tasarımlarında sisteme ait; şebekeden çekilen toplam güç değerlerine ilişkin karşılaştırma grafiği.	99
Şekil 5.28 : Öneri-1 için salondaki aydınlatma tasarımı.	99
Şekil 5.29 : Öneri-2 (Led) için salondaki aydınlatma tasarımı.	100
Şekil 5.30 : Salon hacmine ilişkin görsel (Dialux 4.12,2012).	100
Şekil 5.31 : Salon için Öneri-1’de yer alan armatür ve lamba bilgileri.	101
Şekil 5.32 : Salon için Öneri-1’de oluşan ışık akısı ve harcanan güç değerleri.	101
Şekil 5.33 : Salon için önerilen aydınlatma tasarımlarında sisteme ait; şebekeden çekilen toplam güç değerlerine ilişkin karşılaştırma grafiği.	102
Şekil 5.34 : Öneri-1 için banyodaki aydınlatma tasarımı.	102
Şekil 5.35 : Öneri-2 için banyodaki aydınlatma tasarımı.	103
Şekil 5.36 : Banyo hacmine ilişkin görsel (Dialux 4.12,2012).	103
Şekil 5.37 : Banyo için Öneri-1’de yer alan armatür ve lamba bilgileri.	104
Şekil 5.38 : Banyo için Öneri-1’de oluşan ışık akısı ve harcanan güç değerleri.	104
Şekil 5.39 : Banyo için önerilen aydınlatma tasarımlarında sisteme ait şebekeden çekilen toplam güç değerlerine ilişkin karşılaştırma grafiği.	105
Şekil 5.40 : Öneri-1 için antredeki aydınlatma tasarımı.	105
Şekil 5.41 : Öneri-2 (Led) için antredeki aydınlatma tasarımı.	106
Şekil 5.42 : Antreye ilişkin görsel (Dialux 4.12, 2012).	106
Şekil 5.43 : Antre için Öneri-1’de yer alan armatür ve lamba bilgileri.	107
Şekil 5.44 : Antre için Öneri-1’de oluşan ışık akısı ve harcanan güç değerleri.	107
Şekil 5.45 : Antre için önerilen aydınlatma tasarımlarında sisteme ait şebekeden çekilen toplam güç değerlerine ilişkin karşılaştırma grafiği.	108
Şekil 5.46 : Tüm bina için hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.	112
Şekil 5.47 : Farklı yönlenme durumlarına göre adlandırılan konut daireleri.	113
Şekil 5.48 : Alternatif-1 için önerilen vaziyet planı.	118
Şekil 5.49 : Tüm bina engel durumuna göre yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.	124
Şekil 5.50 : Mevcut bina güney cephesine uygulanan gölgeleme elemanı önerisi.	125
Şekil 5.51 : Binanın güney cephesinde salon için önerilen gg-1 şematik kesiti (C-C).	126
Şekil 5.52 : Binanın güney cephesinde yer alan yatak odası ve çocuk odası için önerilen gölgeleme elemanı gg-2 şematik kesiti (E-E).	126
Şekil 5.53 : Binanın güney cephesindeki ebeveyn yatak odası ve çocuk odası için önerilen gölgeleme elemanı gg-2 alt. şematik kesiti (EE).	127
Şekil 5.54 : Mevcut binanın gölgeleme elemanları uygulanan güney cephe görünüşü.	128
Şekil 5.55 : Tüm bina için gölgeleme elemanı alternatiflerine göre belirlenen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri (kWh).	130

Şekil 5.56 : Kayseri (38°K 35°D) ili için D-1 ve D-2 konutlarında belirlenen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri (kWh).....	131
Şekil 5.57 : Antalya (36°K 30°D) ili için D-1 ve D-2 konutlarında belirlenen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri (kWh).....	132
Şekil 5.58 : İstanbul (41°K 28°D) ili için D-1 ve D-2 konutlarında belirlenen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi değerleri (kWh).....	133
Şekil 5.59 : Tüm bina için farklı illerde bulunma durumuna göre belirlenen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri (kWh).....	134
Şekil 5.60 : Küçük aile profilinin konutta bulunma durumuna göre değişen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri (kWh).	137
Şekil 5.61 : Küçük aile profilinin konutta bulunma durumuna göre değişen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri –AESG.....	137
Şekil 5.62 : Orta aile profilinin konutta bulunma durumuna göre değişen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri / kWh.	138
Şekil 5.63 : Orta aile profilinin konutta bulunma durumuna göre değişen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri-AESG.	138
Şekil 5.64 : Büyük aile profilinin konutta bulunma durumuna göre değişen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri /kWh.	139
Şekil 5.65 : Büyük aile profilinin konutta bulunma durumuna göre değişen yıllık toplam aydınlatma enerji gereksinim değerleri- AESG.....	139
Şekil 5.66 : Konutta bulunma durumları “az” olan aile profillerinin yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri karşılaştırılması / kWh.	140
Şekil 5.67 : Konutta bulunma durumları “orta” olan aile profillerinin yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri karşılaştırılması / kWh.	141
Şekil 5.68 : Konutta bulunma durumları yüksek olan aile profillerinin yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri karşılaştırması / kWh.	141
Şekil 5.69 : Konutta bulunma durumları ve kişi sayılarına göre aile profillerinin yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri karşılaştırması.	143
Şekil 5.70 : D-1 konutu yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri /kWh.	144
Şekil 5.71 : D-1 ve D-2 konutlarının yön etkisi ve farklı illerde bulunma durumuna bağlı olarak yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri / kWh.	145
Şekil 5.72 : Tüm bina için hesaplanan aydınlatma enerjisi gereksinimleri / kWh. ..	146

TÜRKİYE İÇİN KONUT BİNALARININ AYDINLATMA ENERJİSİ GEREKSİNİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN BİR YAKLAŞIM

ÖZET

Dünyada giderek artan enerji ihtiyacı ve kaynakların sınırlı oluşu, binalarda enerjinin verimli kullanılmasına ilişkin çalışmaları gerekli kılmıştır. Konut binalarında tüketilen aydınlatma enerjisinin, dünyada ve Türkiye’de önemli bir yer tutması, konutlarda aydınlatma enerjisi performansı konusunda çalışmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Konut binaları, kullanıcılarının demografik özellikleri, hacimlerin kullanılma süreleri ve eylem çeşitliliği açılarından diğer bina tipolojilerinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle diğer tipolojiler için geçerli olan enerji tüketim modelleri ile bu yapı türünde gerçekçi sonuçlar elde edilmesi mümkün olamamaktadır. Bu çalışmada; EN 15193 ve ülkemizde yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği BEP-TR standardında kapsam dışı bırakılmış olan konut tipolojisine ilişkin yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşım; konut hacimlerinde gerçekleşen eylemlere ilişkin görsel konfor koşullarının sağlanmasını temel almakta ve buna bağlı olarak yapma aydınlatma gücünün belirlenmesi, hacimlerde oluşan günışığı aydınlığının ve farklı yönlenme durumlarının enerji gereksinimine etkisi ve konut kullanıcılarının farklılıklarını ortaya koyarak konut kullanılma sürelerinin belirlenmesini sağlayan Konut-Kullanıcı-Mekan modeli olmak üzere 3 ana adımdan oluşmaktadır. Yapma aydınlatma sistemine ilişkin adımda konut hacimlerindeki tüm armatürlerin şebekeden çektiği güç hesaba katılmaktadır. Bu değerler; konuta ait her hacim için hesaplanmakta ve ortak alanların da dahil edilmesi ile tüm binaya ait yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi hesaplanabilmektedir. Çalışmanın günışığı etkisine ilişkin adımında; binanın günışığı potansiyeli belirlenerek aydınlatma enerjisi gereksiniminin günışığı etkisine bağlı olarak hesaplanması öngörülmektedir. Bu adımda farklı yönlenme durumlarının hesaplara dahil edilebilmesi için bir öneri geliştirilmiştir. Konut-Kullanıcı-Mekan modelinde; kullanıcı davranışlarını ve mekan kullanımını içeren modeller geliştirilerek kullanıcı davranışının aydınlatma enerjisi gereksinimine olan etkisi ortaya konmaktadır. Bu adımda kullanıcı profilleri ve mekan kullanım süreleri temel alınarak bulanık kural tabanlı değişkenler sistemi ile senaryolar geliştirilmiş ve konuta özgü bu değişkenlerin aydınlatma enerji tüketimine etkisinin gerçekçi bir biçimde belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu tez çalışmasında geliştirilen yaklaşım, Türkiye’nin farklı yörelerinde bulunan konut örnekleri üzerinde uygulanarak ele alınan parametrelerin sonuçlara olan etkisi değerlendirilmiştir. Yaklaşım, mevcut konut binalarında aydınlatma enerjisi gereksiniminin gerçekçi bir biçimde hesaplanabilmesi ve aydınlatma enerjisi tasarruf potansiyelinin belirlenebilmesi amacıyla kullanılabileceği gibi; bina tasarımı sürecinde aydınlatma enerji performansına yönelik değerlendirmelerin yapılabilmesi ve tasarımın optimizasyonu amacına da yöneliktir.

AN ASSESSMENT APPROACH FOR ENERGY REQUIREMENTS OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN TURKEY

SUMMARY

Today, efficient use of energy in buildings has become a fundamental subject because of the shortage of energy sources and increase of energy consumption. Rising importance of residential lighting energy consumption in the world and in Turkey reveals the necessity of new studies and researches on residential lighting energy performance. Residential buildings differ from other building typologies with their occupation period, occupant behavior, occupancy ratio and demographic characteristics. In Turkey, 45% of energy consumption is by buildings and 25% of the total consumption is by residential buildings. 20% of the total energy consumption is used for lighting, so lighting sector has the highest rate of energy consumption with 56%. This thesis based on the values of the role and importance of residential lighting consumption by specific user behaviour and family profile variability.

Reduction of energy consumption for lighting systems is important when environmental and usage cost issues are taken into consideration. It could be possible to reduce energy consumption in buildings by using daylight efficiently and designing proper artificial lighting systems. Advanced daylighting systems help to reduce energy costs since they provide the possibility to control daylight. Unfortunately, the concept of “optimal cost” requires comparing all pros and cons of a system to name it as cost optimal. Due to their high investment costs, advanced daylighting systems cannot be preferred by the home users. This new technology provides to home users to gain required lighting with a conventional way while consuming less energy. Lighting energy consumed by residential buildings, has an effective rate both in the worldwide and Turkey, so this proves an increasing rate of research related to lighting of residential buildings. Residential buildings, differ from other typologies with their occupation period, user behaviour, family profile, and demographic characteristics. Because of the different occupant reactions and behaviours at residential buildings, to determine the lighting energy requirement, the models which adapted to other typologies cannot give real results. So, the need of detailed computational stencil of national and international standards and regulations is obvious.

Lighting system is identified as an integral system of research in intelligent house concept for environment whilst being energy efficient is a fundamental issue. The advancements in technology for both natural and artificial lighting are essential part of the lighting design in intelligent houses. Some new technologies about lighting system are investigated by this topic. The use of daylighting systems can provide the control for effective lighting in residential buildings. The lighting of buildings requires a great amount of energy so in order to reduce lighting energy consumption, integration of daylight is of vital importance. Daylighting systems are the most efficient solutions for reduction of lighting energy as well as providing physical and

psychological requirements of human beings as mentioned in many studies on relation between health and daylight topics. Daylighting can be introduced in the design phase of lighting systems in many ways, as developing technology lets the designers to choose a proper daylighting system among many possibilities. Today, by use of appropriate glazing and window systems, toplighting strategies, shading devices, light guiding systems and complex daylighting systems, it is possible to accomplish lighting energy saving in a maximum level and provide visual comfort. By the last years, phenomenal growth in economic development has brought about an urban and social transformation that yields an unprecedented change in the city's physical outlook, social hierarchy and individual aspirations. They have a different attitude towards how life, work and recreation are going to be, than their parents. Users of residential buildings, started to be composed of young working couples without child or only one child, singles, old persons sometimes with nurses. These changes and differences of user profile, blazed to produce user behavior models, to be able to generate and determine them by numeric symbols Therefore, user behaviors can easily become a submeter of the building energy consumption.

EN 15193 Energy Performance of Buildings-Energy Requirements for Lighting Standard and BEP-TR Turkish National Building Energy Performance calculation methodology introduce a methodology to determine the lighting energy requirement and provide a numeric indicator for several typologies except residential buildings. In this thesis an EN 15193 based new approach is proposed to predict the lighting energy requirements of residential buildings. In this approach, ensuring the visual comfort conditions in residential buildings is implicated as a prerequisite before calculation of the lighting energy requirement. This approach consists of three main steps, which are; determination of artificial lighting system's power, determination of the daylight dependency and development of a model, "Residential-Space-Occupancy" model, which predicts occupant's behaviors and space use in residential area. First step, related to artificial lighting system's power has been determined taking into account total power supply of electric lighting devices. Following the calculation of total energy required for each room or zone, annual lighting energy can be calculated for the whole building. Through the step related with the daylight dependency, lighting energy consumption is calculated regarding the daylighting potential of the building. At this step, a proposal is developed in order to specify the differences related with the window orientations. In the step related to daylight, based on EN 15193 standard; according to geographical conditions, obstacles, lighting control according to daylight, volume-window dimensions and different directions, the daylight effect is determined. In this thesis,, a model is proposed to be able to add calculations of the difference of daylight effect according to different directions and related to this calculation of lighting energy requirement. At the step of the "residential space occupancy", a new model is developed related to occupant behaviors and space use in residential area and their impact on lighting energy consumption is predicted. In this model, regarding residential space using and occupant behavior scenarios improved based on fuzzy ruler system.

User behavior models are calculation methods that aim to mimic how users interact with personal lighting controls such as light switches, blinds or window openings. A key finding from field studies on manual lighting and blind control in buildings is, that even though occupants behave differently, they use their lighting and blind controls consciously and consistently. Prediction of user behavior within the context of residential buildings is necessary to minimize energy consumption and provide

visual comfort in the built environments. The main aim of using lighting control systems in buildings is lighting energy conservation and it is also possible to design these systems with respect to daylight. There has been extensive research studies focusing on development of intelligent residential building's lighting systems by integrating data mining techniques equipped with sensors and actuators. Connecting the derived user behavioral patterns to building's lighting energy and visual comfort management, it is possible to supply visually pleasing atmospheres as well as energy efficient lighting systems in residential buildings.

In this approach, ensuring the visual comfort conditions in residential buildings is implicated as a prerequisite before calculation of the lighting energy requirement. This approach consists of three main steps, which are; determination of artificial lighting system's power, determination of the daylight dependency and development of a model, "Residential Space Occupancy" model, which predicts occupant's behaviors and space use in residential area.

Consequently, by using this approach prediction of lighting energy performance and energy saving potential of residential buildings can be ensured in a realistic way. Additionally; utilization of this approach during the design process leads to several evaluations and design optimization in terms of lighting energy performance.

1. GİRİŞ

Dünyada giderek artan enerji ihtiyacına karşın enerji kaynaklarının sınırlı oluşu ve dünyada oluşan enerji krizi binalarda enerjinin verimli kullanılmasına ilişkin çalışmaları gerekli kılmıştır. Ülkemizde; elektrik enerjisinin %45'i binalar tarafından tüketilmekte ve toplam tüketimin %25'lik kısmı da konutlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Tüketilen toplam elektrik enerjisinin % 20'sinin aydınlatma amaçlı kullanılması ile aydınlatma; binalar ölçeğinde; % 56 pay ile elektrik enerjisi tüketiminde ağırlıklı bir sektör haline gelmiştir (Url-1).

Konutların aydınlatma enerjisi tüketimindeki yeri ve önemini ortaya koyan bu değerlere bağlı olarak bu tez çalışmasında, konuta özgü kullanıcı davranışları ve aile profili değişkenlikleri göz önüne alınarak Türkiye için Konut Binalarının Aydınlatma Enerjisi Gereksinimi Açılarından Değerlendirilmesine ilişkin bir yaklaşım önerilmektedir.

1.1 Amaç ve Kapsam

Konut binalarında tüketilen aydınlatma enerjisinin, hem dünya ölçeğinde hem de Türkiye ölçeğinde etkin yer tutması, konutlarda aydınlatma enerjisi gereksinimleri konusundaki çalışmalara ağırlık verilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Konut binaları farklılaşan kullanıcı ve aile profili, konut hacimlerinin kullanılma biçimleri gibi demografik özellikleri yönünden diğer bina tipolojilerinden farklılık göstermektedir. Konutlardaki eylem ve kullanıcı davranışı çeşitliliği nedeniyle, aydınlatma enerji gereksiniminin belirlenmesinde diğer tipolojiler için geliştirilen modellerle gerçekçi sonuçların elde edilemeyeceği görülmektedir. Bu açıdan, ulusal ve uluslararası standart ve yönetmeliklerin ayrıntılı hesaplama modellerine dayandırılmasının gerekliliği açıktır.

AB tarafından 2002/91/EC yönetmeliğini takiben yürürlüğe giren EN 15193 Binalarda Enerji Performansı–Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardı kapsamında, doğal aydınlatma sistemi, lambalar, armatürler, kontrol sistemleri,

coğrafi konum gibi çeşitli değişkenlere bağlı olarak binanın yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi ve birim alana düşen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimini ifade eden Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi AESG (Lighting Energy Numeric Indicator LENI) değeri hesaplanmaktadır. Bu standartta tanıtılan hesap yönteminde konut binaları kapsam dışı bırakılmıştır (EN15193, 2007).

Ayrıca enerji verimliliği açısından, hacimlerin günışığından yararlanmasının optimize edilmesi ve yapma aydınlatma sistemlerinin günışığıyla bütünleştirilebilecek biçimde tasarlanması büyük önem taşımaktadır. Tez çalışmasında esas alınan EN 15193 Binalarda Enerji Performansı–Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardı günışığının aydınlatma enerji gereksinimi üzerindeki etkisini göz önüne almakta, ancak pencerelerin yönlenmesine ilişkin değişkenin etkisini hesaplara dahil etmemektedir. Geliştirilen yaklaşımda bu parametrenin aydınlatma enerjisi gereksinimlerine etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

1.2 Yöntem

Bu tez çalışmasında, EN 15193 Binalarda Enerji Performansı–Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardı esas alınarak konutlarda görsel konfor gereksinimleri ve Türkiye’deki konut kullanıcıları–aile profili verilerini göz önüne alan bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşım, konut binalarında aydınlatma enerji performansının gerçekçi bir biçimde belirlenebilmesine ilişkin detayları içermektedir. Yaklaşım; yapma aydınlatma sistemi toplam gücünün belirlenmesi, günışığı etkisinin belirlenmesi ve Konut-Kullanıcı Modeli’ne bağlı konut kullanım sürelerinin belirlenmesi olarak tanımlanan 3 ana adımdan oluşmaktadır. Yaklaşımda görsel konfor koşullarının sağlanması ön koşul olarak kabul edilmiş ve bu adımda ilgili literatürden yararlanılarak derlenen minimum aydınlık düzeyleri esas alınmıştır. Yapma aydınlatma sistemine ilişkin adımda konut hacimlerindeki tüm armatürlerin şebekeden çektiği güç hesaba katılmaktadır.

Günışığı etkisine ilişkin adımda EN 15193 standardı esas alınarak coğrafi konum, engel durumu, günışığına bağlı aydınlatma kontrolü, hacim-pencere boyutları ve farklı yönlenme durumlarına bağlı olarak hacimlerdeki günışığı etkisi belirlenmektedir. Tez çalışmasında; farklı yönlenme durumlarına göre değişen

günüşığı etkisini ve buna bağılı olarak aydınlatma enerji gereksinimini hesaplara dahil etmek amacıyla bir model geliştirilmiştir.

Konut–Kullanıcı-Mekan modelinde; konut binalarının kullanıcı profili, konut mekanlarının kullanım zamanları ve konutta geçen eylem çeşitliliğı bakımından diğeri bina tipolojilerinden farklılaşması gözönüne alınarak, aydınlatma enerjisi gereksinimine etki eden bu parametrelerin tanımlanması ve çoklu aile-konut tipolojilerine uyarlanabilir şekilde sistematize edilmiştir. Modelde; konut hacimlerinin kullanım biçimleri ve hacimlerin doluluk oranlarının belirlenmesine yönelik bulanık kural tabanlı değışkenler sistemi ile senaryolar geliştirilmiştir.

Geliştirilen yaklaşım, ele alınan konut örneklerinde uygulanarak; yaklaşıma ilişkin parametrelerin aydınlatma enerjisi gereksinimine olan etkisi belirlenmiş ve yaklaşımda önerilen modellerin gerekliliğı ortaya konmuştur.

Yaklaşımın konut binalarında uygulanmasıyla aydınlatma enerjisi gereksiniminin gerçekçi bir biçimde hesaplanabilmesi ve buna bağılı olarak aydınlatma enerjisi tasarruf potansiyelinin belirlenebilmesi mümkün olacaktır.

Böylelikle yaklaşımın; tasarım sürecinde planlama kararları alınması ve mevcut yapılar üzerinde de iyileştirmeye yönelik süreçte katkı sağlayan bir kılavuz niteliğinde olması hedeflenmektedir.

2. KONUT KAVRAMI VE KONFOR GEREKSİNİMLERİ

Konut; kavram olarak uzun yıllardır: mimarlık, psikoloji, sosyoloji, ekonomi, coğrafya ve tarih gibi farklı disiplinlerin birleşim ve ilgi noktasında yer alan bir araştırma konusu haline gelmiştir. Yaşam tarzı, aile profili ve konut kullanıcılarındaki zamana bağlı değişiklikler konut ihtiyaçlarına ve seçimlerine de yansımaktadır. Bu gelişmelere bağlı olarak; görsel konfor gereksinimlerinin de konut kullanıcı konforu çerçevesinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

2.1 Konutlara İlişkin Tanımlamalar

Konut kavramı farklı kaynaklarda çeşitli açılardan ele alınarak tanımlanmıştır. Aşağıda bu tanımlara ilişkin bazı örnekler yer almaktadır.

Konut; insanların içinde yaşadığı her türlü fiziksel, sosyal ve psikolojik ihtiyaçların giderildiği yapıdır (Anon, 2005).

İnsanın yaşamı ile özdeş olan konutlar; kişilerin, ailelerin beden ve ruh sağlığı ile sosyal yaşam ve huzur düzeyini diğer bir anlatımla her türden sağlık düzey ölçütlerini etkileyen temel etmenlerin başında gelmektedirler (Akdur, 1998).

Konut fiziksel bir yer olduğu kadar, aynı zamanda bilişsel bir yerdir. İnsanın var olduğu en merkezi yer, hayatında önemli olayların geçtiği, kişinin kendini konforlu, yakın ve sıcak hissettiği, sevdiği, kendini iş hayatından kopmuş hissettiği yerdir (Kellekci & Berköz, 2006).

Konut, yalnızca fiziksel bir yapı değil karmaşık ihtiyaçlar ve istekler bütünü oluşturduğu yerleşmiş bir kurumdur. Bunun nedeni ise konutun, form ve mekan organizasyonunun ait olduğu kültürel çevre tarafından şekillendirilmesidir (Rapoport, 2001).

Konut, yapı ve işlevleri içinde bulunduğu toplumun sosyo-kültürel düzeyi ile belirlenen, toplumun sosyo-ekonomik özelliklerini yoğun bir şekilde bünyesinde barındıran bir yapıdır.

Var oluşundan bu yana temel işlevi, insanı fiziksel etkilerden korumak olan konut, davranış ve düşünce sistemlerinin başkalaşmasıyla farklı işlevler kazanmış ve dönüşümlere uğramıştır. Zamanla sabit bir barınak olmaktan çıkarak, sosyal-organizasyonel sistemlerin karmaşık hiyerarşisinin bir parçası haline gelmiştir (Dülgeroglu, 1995).

Konut olgusunun karmaşıklığının nedeni yalnızca konutun çok ögeli yapısı değildir. Bu ögelerin ilişkilerinin türü de bu karmaşık yapının oluşumunda etkin rol oynamaktadır. Bileşenlerin çeşitliliği, farklı tarihsel ve toplumsal koşulların etkileri, teknolojik gelişmişlik derecesi, örgütlülük ve bilgi düzeyi gibi belirleyicilerin bileşenler ile olan etkileşimi konut yapısını değiştirmektedir (Uslu, 1996).

Konut barınak olmanın yanısıra, kullanıcısının toplumdaki yerini ve statüsünü yansıtmaktadır. Konut ekonomik, estetik ve fiziksel değerlerle ilişkilidir. Böylelikle konut, kullanıcının aradığı ve memnun olduğu temel değer sistemi ile sonuçlanmaktadır. Konutun anlamını anlamak değişik kişisel ihtiyaçları içine alan karmaşık, çok boyutlu bir süreçtir. Konut konusu hem bu farklı disiplinlerin bir arada çalışılması, araştırmalarda izlenen farklı yöntemler nedeniyle, her zaman çok boyutlu olarak ele alınmasına olanak sağlamıştır. Örneğin: ekonomistler, konut talebi, konut tüketimi, yatırım, konut fiyatlarının elastisitesi ve konut pazarı ve işgücü pazarı arasındaki ilişki gibi konulara odaklanırken; sosyologlar, konutun anlamı, iletişim, yaşam yönü (life-course) olayları, konut ve konut tercihleri arasındaki ilişkiye odaklanmışlardır. Coğrafyacılar ve demograflar genellikle konut tüketimi, yatırım kararları, konut hareketliliği, konut seçimi ve konut tüketimi ve hanehalkı yaşam döngüsü (life-cycle) arasındaki ilişki üzerinde yoğunlaşmışlardır. Mimarların, çoğunlukla yerleşim alanı özellikleri, konut tipolojisi-tasarımı ve hanehalkı arasındaki ilişki, kültür ve konutun anlamı konularında çalıştıkları; psikologların ise konut tipi ve yerleşim alanı özellikleri ve bireylerin fiziksel sağlığı ve akıl sağlığı arasındaki ilişki konularında ürün verdikleri görülmektedir. Bununla birlikte farklı disiplinlerden araştırmacıların bir arada yaptıkları bütünsel çalışmalar da literatürde yer almaktadır.

Konut kavramının çok yönlü olması, bireyler, yerel ve merkezi yönetimler için önemini korumasından dolayı, bu konudaki araştırmalar çeşitlenerek ve artarak devam etmektedir (Karahana & Özüekren, 1996).

Konut çalışmaları, sosyal, ekonomik, politik, demografik bağlamda birbirleri ile etkileşim içinde olan farklı konu alanlarını içerdği için diğer mekan-yapı tipolojilerinden farklılaşma göstermektedir.

Konut dışındaki mekan tipolojilerinde farklı disiplinlerin yoğun şekilde bir araya gelmesi ve kullanıcının demografik özelliklerinin mekana yansımaları gözlenmemektedir. Bu şekildeki kamuya açık alanlar; otel, hastane, ofis, restoran gibi belli bir sınıf, zümre ya da hedef kitlenin genel standartları ve belirli tasarım kabulleri çerçevesinde hayata geçirilirken, konutlarda kullanıcılar kendilerine sunulan çerçeve içinde olsa da kendi beklentileri, talepleri, kişisel ve sosyo-ekonomik özellikleri bileşkesinde bir alan yaratıp, kendi benzerliklerine yakın mekanlar ortaya koyarak kendi etki alanlarını oluşturmaktadır.

Konut olarak benzer ya da aynı yapı grubu içerisinde bile demografik özellikleri farklı bireylerin, ya da ailelerin yaşam alanlarının değişkenlik gösterdiği gözlenebilmektedir. Kullanıcı, çevre ve yapı değişkenlikleri bakımından çok boyutlu olan konut kavramı; bu özellikleri bakımından farklı disiplinlerin çekim merkezi olarak diğer tipolojilerin dışında spesifik bir araştırma konusu haline gelmiştir.

2.1.1 Konut kavramı ve konutlarda karşılanması gereken gereksinimler

Konut kavramı çevresi ve kullanıcıları ile beraber bir bütün olarak tanımlanmaktadır ve günümüzde bu değişkenlerin birlikteliği ve birbirleri ile olan etkileşimleri üzerine birçok çalışma yapılmaktadır.

Cooper (1975) çevre ve toplum içinde fiziksel ihtiyaçların birincil psikolojik ihtiyaçların daha sonraki sırada yer aldığı Maslow'un (1970) insan gereksinimleri hiyerarşisini değiştirerek, konut gereksiniminin hiyerarşik bir sıralamasını gerçekleştirmiştir. Bu sıralama şu şekildedir;

1. Barınma,
2. Güvenlik,
3. Konfor,
4. Sosyalleşme ve kendini ifade etme,

5. Estetik gereksinimler

Cooper bu çalışma ile konut gereksinimlerine farklı bir bakış açısı getirmiştir. Bu sıralamanın günümüzde geçerliliği tartışılır bir hiyerarşiye sahip olduğu görünmektedir. Şöyle ki; günümüz konut kavramı anlayışında, gerek statü ifadesi gerek de yaşam kalitesindeki artış beklentisi ile estetik gereksinimlerin en son sıradaki yeri sorgulanmalıdır. Bunun yanısıra günümüzün önemli gerekliliklerinden biri olan enerji etkinlik ve esneklik kavramlarının da yer alması önerilmektedir (Kellekçi & Berköz, 2006).

Konut gereksinimlerinin ve tasarımlarının en büyük belirleyicisi toplumsal, kültürel değişim ve teknolojik gelişmelerdir. Çağın koşulları değiştikçe, toplumun demografik özellikleri değişmekte ve konut gereksinimleri de bir anlamda yeniden şekillenmektedir.

Riley'e göre; teknolojik değişim ve gelişimin toplum üzerindeki en önemli etkilerinden biri aile bireylerinin zaman içinde yeni amaçlara yönelmelerini, davranış ve eylemlerinin çeşitlenmesini sağlamasıdır. 20. yüzyılın son çeyreğinde iletişim teknolojilerinin artışı ile birlikte ev-ofis kavramı gündeme gelmiştir. Ev-ofis kavramının ilgi görmesinin bir nedeni de zaman kavramının modern yaşam içinde giderek daha önemli hale gelmesidir (Riley, 1999). Teknolojik gelişmeler ışığında; gelecekte çalışma ve günlük yaşam alanlarının yeniden bütünleştirilerek geleneksel yapı tiyolojileri ile kesin ayrımların belirsizleşeceği ve toplumsal özel, iş, konut gibi ayrımların ortadan kalkacağı öngörülmektedir (Ak, 2006).

Hamilton'a göre; 20.yüzyıl öncesinde A.B.D'nde konutların büyük bir çoğunluğu geniş aileler için tasarlanmış ve 2.Dünya Savaşı sonrasında ise artan nüfusa rağmen, çekirdek aile konutu orta sınıfın birinci tercihi olmuştur. 1960-1970'li yıllarda yaşanan kültürel ve sosyal değişimlerle çekirdek aile kavramına ek olarak birlikte yaşayan çiftler, çocuksuz aileler ve yalnız yaşayan insan sayısında artış görülmüştür. Günümüzde ise hane halkı yapısı daha önce görülmemiş bir biçimde çeşitlilik göstermektedir.

Hamilton; bu verilerden yola çıkarak aile yapısındaki çözülmenin gelecekte artarak devam edeceğini; yalnız yaşayan konut kullanıcıları ve çocuksuz çiftlerin sayılarında önemli bir artış olacağını öngörmektedir. Aynı zamanda bu gelişmelerin geleceğin konut tasarımları üzerine etkilerini ise; demografik özellikleri farklı aile tipleri için

farklı büyüklüklerde konut tipleri oluşturulması ve konut mekanının farklı kullanıcı tiplerinin kullanımlarına uygun olabilmesi için esneklik ilkesinin göz önüne alınması şeklinde özetlemiştir (Hamilton, 2004).

Konut tasarımlarını şekillendiren diğer bir faktör de Dünya'daki enerji kaynaklarının giderek azalması ve buna karşın ihtiyaçların artmasından kaynaklanan enerji sorunudur. Konut tasarımında enerjinin verimli kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını sağlayan sistemlerden yararlanılmaya başlanılarak sürdürülebilir ve enerji etkin konut gibi kavramlar geliştirilmiştir. Enerji verimliliği, rasyonel yapım yöntemleri, esneklik ve ekolojik tasarım konularının geleceğin konut tasarımlarının anahtar sözcükleri olacağı ileri sürülmektedir. Zahle tarafından; bugünün koşullarında geleceğe yönelik planlama yaparken Ekoloji ve Çevre, Herkes tarafından kullanılabilirlik, Seçenek olanağı ve Esneklik gibi kavramların göz önünde bulundurulması gerekliliği belirtilmiştir (Zahle, 1996).

Esneklik; bir konut yapısında; tasarım aşamasında, yapım ya da kullanım aşamasında görülebilmektedir. Tasarım aşamasında iç mekan organizasyonu ve cephe tasarımında, yapım aşamasında malzeme ve yapım teknikleri konusunda, kullanım sürecinde ise kullanıcı yaşamındaki değişimlere göre değiştirilebilme ve farklı fonksiyonlara izin verebilme yeteneği, yeni teknolojilerin uyarlanabilme kolaylığı bakımından ele alınmaktadır. Teknolojik gelişmeler, gündelik ve iş yaşamının değişen hızı gibi sebeplerden ötürü konutlarda geçirilen zaman gitgide azalmaktadır. Bu anlamda da yer tanımı değişmektedir. Eve mecburiyet durumunun azaldığı ve bireyin kendini bir mekana ait hissetmediği mekanda “yersizleşme” duygusu başlamaktadır. İletişim sistemleri ve iletişim ağları her yerde, her zaman insanlar ve mekanlarla iletişim kurabilme becerisini geliştirmiştir. Zaman ve mekan kavramları değişmiş, bunun sonucunda yaşama ve çalışma mekanlarının evle olan ilişkisi farklılaşmıştır. Uzun süreli bir yaşama mekanı olan ev, bugün bütün ihtiyaçların karşılandığı bir yaşama durağı haline gelmiştir. Böylece tasarımda evin yeri büyük ölçüde önemini kaybetmektedir, ev herhangi bir yerde olabilmekte; yalnızca evin bulunduğu yere kaydolması, uydu aracılığıyla bilişim ağına bağlanabilmesi gerekmektedir (Deamer, 2004).

2.1.2 Konutların sınıflandırılması

Konut yaşam biçimlerine etki eden faktörler; aile tipleri, aile strüktürü, kültür grupları, sosyo-ekonomik durum, aile bireylerinin yaş, cinsiyet ve hayat biçimleridir (Şener, 1977).

Aile anlayışının değişmesi ve toplumsal ve yersel hareketlilik gibi faktörlere bağlı olarak hane halkı büyüklüklerinin küçülme eğilimine paralel konut programlarının küçüldüğü, buna karşın konut grubunda ortak kullanılacak çocuk yuvası, bahçe benzeri tesislerin yapılması yeni konut çözümlerine yer açmıştır. Konutlarda gelişen çeşitlenme, sınıflandırma ihtiyacını da zamanla doğurmuştur.

Konutlardaki sınıflandırmalar için öncelikle sınıflama amacının belirlenmesi gerekmektedir. Tekeli; konutların aşağıdaki şekilde sınıflandırılabileceğini belirtmiştir (Tekeli,1982).

1. Kullanıcı statüsüne
2. Konutun topluluğun bir parçası olma durumuna (tek ev, apartman, toplu konut)
3. Konutun büyüklüğüne (küçük, orta, büyük konut)
4. Konut malzeme değerine göre (lüks konutlar)

Bu sınıflandırmalardan farklı olarak Hoffman; biçim ve form ağırlıklı bir biçimde aşağıdaki sınıflandırmaları önermektedir;

1. Kat sayısına göre (Tek katlı, çok katlı)
2. Plan tipine göre
3. Kullanımına göre (Sadece konut yada farklı işlevi olan) konutlar (Hoffman, 1967).

DOE konut standartları açısından konutlar şu şekilde sınıflandırılmıştır (DOE, 1981).

1. Tek-iki ve üç katlı müstakil evler
2. Apartman daireleri
3. Dupleks evler

Dülgeroğlu, konutların aile kompozisyonu ve mimari pozisyonlarına göre sınıflandırılabileceğini çalışmasında belirtmiştir (Dülgeroğlu, 1995).

Bu sınıflandırmalar aşağıdaki gibidir;

1. Genç-bekar için
2. Genç, çocuksuz çiftler için
3. Çocukları olan genç çift için
4. Orta yaşlı çocuklu çift için
5. Orta yaşlı çocuksuz çift için
6. Orta yaşlı çocuksuz çift için
7. Yaşlı çift için konut .

Konutun planlama durumuna göre ise yatayda gelişen konutlar kapsamında;

1. Ayrık (Bağımsız) konut
2. Sıra ev
3. Teras evler
4. Avlulu konut
5. Dupleks ev

Düşeyde gelişen konutlar kapsamında;

1. Nokta bloklar
2. Duvar bloklar olarak sınıflandırılmaktadır.

Bu tez çalışmasının amacına yönelik olarak önerilebilecek diğer sınıflandırma türleri aşağıdaki gibidir.

Gelir grupları kapsamında;

1. Alt gelir grubu için (Sosyal konut)
2. Orta gelir grubu
3. Üst gelir grubu için

Kullanıcı profili kapsamında;

1. Meslek
2. Yaş Grubu-cinsiyet

3. Yaşam tarzı-çalışma durumu

4. Sosyal statü

Yer seçimi kapsamında;

1. Banliyo

2. Kent merkezi

3. Uydu kent

Belirtilen örneklerde sınıflandırma önerileri geliştirilerek, konut kavramının detaylandırılması ve konuta ilişkin geliştirilebilecek modeller için alt yapı oluşturulması gerekmektedir.

2.2 Konutlarda Görsel Konfor Gereksinimleri

Bir mekandaki kullanıcı, o mekanı oluşturan tüm etkenler tarafından sürekli “uyarılma” durumundadır Sağlıklı bir çevrede, kullanıcı tüm bu uyarılmalara karşı bir tepki göstererek, fizyolojik ve psikolojik bir denge kurmalıdır. Bu uyarıların en güçlüsü görsel olanlardır; görsel uyarılar, kullanıcılar üzerinde fizyolojik ve psikolojik etki yaratmaktadırlar. Konut mekanlarında işlevlerine göre uygun görme koşullarının gerçekleştirilmesi için görsel konfor koşullarının sağlanması gerekmektedir. Görsel konforu etkileyen temel faktörler ve psikolojik konfor gereksinimleri aşağıda verilmiştir:

1. Aydınlik Düzeyi

2. Parıltı

3. Renk

Kullanıcının görsel açıdan konforlu olabilmesi için bu etkenlerin belirli değerlere ulaşması ve belirli sınırlar içinde tutulması gerekmektedir (Berköz & Küçükdoğu, 1991). Görsel konfor koşullarını sağlamak için gerekli olan temel fizyolojik gereksinimlerin yanında sağlanması gereken psikolojik gereksinimler aşağıda verilmiştir.

1. Görsel olarak iç mekanın dış mekanla bağlantılı olması isteği –Dış Görüş

2. Gün ışığını görme isteği- Ferahlık –Hoşnutluk

3. Dışarıdan iç mekanın görülmesini engelleme isteği- Mahremiyet

4. Hacim ve yüzeylerin görünümüne ilişkin istekler (Estetik) –Hoşnutluk

Konutlar, çeşitli eylemlerin yerine getirildiği mekanları birarada bulunduran, fizyolojik olduğu kadar psikolojik görsel konfor koşullarını da gerçekleştirmesi gereken bir yapı türüdür. Her mekan; içinde gerçekleşen görsel eylemlerin gerektirdiği görsel konfor koşullarını sağlamalıdır.

2.2.1 Fizyolojik konfor gereksinimleri

Aydınlık Düzeyi, Parıltı ve Renk; fizyolojik konfor koşullarını oluşturan başlıca etkenlerdir. Bu etkenlerin belirli değerlere ulaşması ve belirli sınırlar içinde tutulması ile görsel konfor koşulları sağlanarak, görme yeteneği optimum düzeyde gerçekleşebilmektedir.

CIE (International Commission on Illumination), IESNA (Illuminating Engineering Society Of North America), CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers), EN (European Standards) gibi kuruluşlar, geçmişten günümüze yapılan çalışmalarla, görsel konfor koşulları için belirli değerler ortaya koymuşlardır. Bu kuruluşların yayınladığı referans kaynaklar olan; “Code for Lighting: 2009”, CIE “Lighting of work places: 2011”, EN 12464-1 “Light and Lighting –Lighting of work places: 2011” de konutlara ilişkin görsel konfor kriterlerine yer verilmemiştir. Konut hacimlerinde sağlanması gereken görsel konfor koşulları istisna olarak; IESNA “The Lighting Handbook 10’t h edition-Reference and Application” da yer almıştır.

Aydınlık düzeyi: Görme eyleminin gerçekleştiği alandaki ışık akısı miktarı ile doğrudan orantılı olduğu için, mekanda geçen eyleme bağlı olarak belirli değerleri sağlamalıdır. Işık akısının alana oranı ile elde edilen değer bir mekandaki ortalama aydınlık düzeyini vermektedir (Küçükdoğan, 1976). Bu değerler, eylem için gereken görme yeteneği seviyesi, eylemin zorluk ve hassasiyet derecesi gibi etkenlere bağlı olarak farklılaşmaktadır. Çizelge 2.1’de CIBSE –“Code for Lighting: 2009” da belirli mekanlarda görsel konfor koşullarını sağlayabilmek için gerekli görülen aydınlık düzeyleri belirtilmiştir. Çizelge 2.2’de ise EN-12464-1 Light and Lighting for Work Places: 2011 standardında gerekli görülen aydınlık düzeyleri belirtilmiştir. Çizelge 2.1 ve 2.2’de; sağlık, kamu alanları ve otel–restoran bölümleri; konutun yaşama ve sirkülasyon alanları ile, kütüphane ve ofis; konutun çalışma bölümü ile profesyonel yemek endüstrisi bölümü ise mutfak ile ilişkilendirilmiştir.

Bu mekanlar için önerilen değerlerin benzer işlevdeki konut mekanlarında sağlanması gereken değerler olarak kabul edilebileceği düşünülmektedir.

Çizelge 2.1 : İşleve bağlı aydınlık düzeyleri (CIBSE, 2009).

Bina Türü	İşlev	E (lux)
Profesyonel Yemek Endüstrisi (Food Stuffs and luxury food industry)	Piştirme-Saklama	200
	Kesme-Doğrama	300
	Detaylı İşleme	500
Sağlık (Healthcare premises-general rooms-wards)	Okuma Köşesi	300
	Bekleme Odası	200
Otel ve Restaurant	Mutfak	500
	Koridor	100
Kütüphane	Okuma-Çalışma	500
Bakım Evi-Çocuk Oyun	Oyun Odası	300
Ofis	Okuma-Çalışma	500
Tiyatro –Konser Salonu	Fuaye-Bekleme	200
Kuaför-Saç Bakım (Hairdresser)	Saç Bakım	500

Çizelge 2.2 : İşleve bağlı aydınlık düzeyleri-2 (EN-12464-1, 2011).

Bina Türü	İşlev	E (lux)
5.12 Profesyonel Yemek Endüstrisi	5.12.1 Piştirme- Temizlik	200
	5.12.3 Filtreleme-Elleme	500
	5.12.4 Kesme-Doğrama	300
5.37 Genel Kullanım	5.37.5 Koridorlar	200
	5.37.1 Bekleme Odası	200
	5.39.2 Okuma Bölümü	300
5.29 Otel ve Restaurant	5.29.2 Mutfak	500
	5.29.7 Koridor	100
5.33 Kütüphane	5.33.2 Okuma-Çalışma	500
5.35 Bakım Evi-Çocuk Oyun	5.35.1 Oyun Odası	300
5.26 Ofis	5.26.2 Okuma-Çalışma	500
5.28 Kamu Alanları	5.28.3 Fuaye	200
	5.28.1 Giriş Holü	100
5.14 Kuaför-Saç Bakım	5.14.1 Saç Bakım	500
5.2 Bakım –İlk yardım	5.2.2 Rest Room-wc	100

Illuminating Engineering Society tarafından 2011 yılında yayınlanan “The Lighting Handbook 10th Edition” uygulamalar bölümünde konut aydınlatmasına geniş yer vererek, Çizelge 2.3’te belirtilen aydınlık düzeylerini, konut mekanlarında kabul edilebilir değerler olarak belirlemiştir (IESNA, 2011).

Bu aydınlık düzeyleri 25-65 yaş arası yetişkin ve sağlıklı bireyler için öngörülmüştür. Konut mekanlarının aydınlatılmasında kişisel tercihler, sosyal statü, konut kullanım biçimi gibi birçok faktörün olması; aydınlık düzeyi için ancak fonksiyonel bir sınır değer verilebilmesini gerekli kılmıştır.

Çizelge 2.3 : İşleve bağlı aydınlık düzeyleri -3 (IESNA, 2011).

Konut Mekanları	İşlev	E (lux)	E düzlem
Banyo-Wc	Genel	100	Yatay Ç.Düzlemi
	Hazırlık-süslenme	300	Yatay Ç.Düzlemi
Yatak Odası	Genel	100	Yatay Ç.Düzlemi
	Okuma-	300	Yatay Ç.Düzlemi
	Giyinme	50	Yatay Ç. Düzlemi
Mutfak	Genel-Kahvaltı vb.	200	Yatay Ç.Düzlemi
	Yıkama	200	Yatay Ç.Düzlemi
	Pişirme	300	Yatay Ç.Düzlemi
Yaşama Odası -living Room	Genel	30	Yatay-Zemin Düzlemi
Koridorlar	Genel	30	Yatay-Zemin Düzlemi
Medya-Tv	LCD-led Plazma	20	Yatay-Zemin
Okuma-Çalışma	Dijital	300	Yatay Ç.Düzlemi
	Okuma-Yazma	500	Yatay Ç.Düzlemi
	Formal	50	Yatay M.Düzlemi
Yemek Bölümü	İnformal	100	Yatay M.Düzlemi
	Çalışma	200	Yatay M.Düzlemi

Parıltı: Görme eyleminin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi için parıltı farklılıklarının olması gerekmektedir. Parıltı farklılıklarının az olduğu durumlarda algılama zorlaşır, bu farklılıkların yüksek olması da kamaşmaya neden olmaktadır. Parıltı farklılıkları kısaca, görme eyleminin gerçekleştiği yerde, bir parıltı değerinin diğeri ile oranı şeklinde tanımlanmakta ve değerlendirilmektedir.

Hem doğal hem de yapma aydınlatma sisteminde; hataları, göz yorgunluğunu ve kazaları önlemek için parıltı farklılıkları kontrol altına alınmalıdır (EN-12464-1, 2011).

Doğal aydınlatma için, günışığının mekana giriş süresi, miktarı ve zamanı kontrol edilebilmeli bu kontrol; cephe yüzeyinde kullanılan güneş kırıcılar, saçaklar, saydam yüzeyin geçirgenlik değeri, ve yüzeydeki güneş kontrol yöntemleri ile sağlanabilmektedir (EN-12464-1, 2011).

Yapma aydınlatma için ise uygun armatür seçimi ve doğru yerleşimle parıltı farklılıkları kontrol altına alınabilmektedir. Parıltı farklılıklarının yüksek olması ile kamaşma oluşmaktadır, ki türlü kamaşmadan söz edilebilmektedir;

Yetersizlik kamaşması (Fizyolojik kamaşma): Yetersizlik kamaşması; görme olayının nicelik boyutundaki bozulmadır. Yetersizlik Kamaşması; kaynaktan gelen ışık miktarı ile kaynakla görsel hedef arasında göze göre belirlenen açıya bağlıdır. Yetersizlik kamaşması, ışık kaynağının parıltısı ve alanı ile doğru orantılı, kaynakla görsel hedef arasındaki açı ile ters orantılı olarak değişim gösterir (Özkaya, 1984).

Bir iç mekanda, konforsuzluk kamaşması kontrol altına alınabiliyor ve gerekli sınır değerlerin altında tutulabiliyorsa, o mekanda oluşan yetersizlik kamaşması ihmal edilebilmektedir (EN 12464-1, 2011).

Konforsuzluk kamaşması: Konforsuzluk kamaşması yetersizlik kamaşmasından farklı bir boyutta olup, konforsuzluk kamaşmasında, önemli olan etken kamaşma kaynağının ışık şiddeti değil, parıltı değeridir. Bir iç mekanda, görsel alan içindeki bir bölümün parıltısının diğer bölümlere oranla çok daha yüksek olması ile ortaya çıkmaktadır (EN 12464-1, 2011).

Konforsuzluk kamaşması; kamaşma kaynağının görünen alanına, parıltısına, onun dışındaki görsel alanın ortalama parıltısına ve bakış doğrultusuna, kamaşma kaynağının konumuna bağlıdır.

Konforsuzluk kamaşması değerlendirmesi için günümüze kadar, birçok farklı kuruluşun oluşturduğu standartlarda farklı yöntemler ele alınmıştır.

Güncel olarak, konforsuzluk kamaşması değerlendirilebilmesi için CIE-UGR (Unified Glare Rating) kamaşma indisi yöntemi kullanılmaktadır. Kamaşma indisi Eşitlik 2.1 ile hesaplanır (EN 12464-1, 2011).

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \quad (2.1)$$

L_b : Arka plan (Fon) parıltısı $cdxm^2$

L : Gözlemcinin gözü ile aynı doğrultuda olan armatürün aydınlık yüzeylerindeki parıltı $cdxm^{-2}$

w : Gözlemcinin gözü ile her bir armatürün aydınlık yüzeyi arasındaki hacim açısı Steradyan

p : Konum indeksi

Bir yüzeyde hesaplanan UGR'nin değerlendirilebilmesi için, belirli değer aralıklarına ihtiyaç vardır. "EN 12464-1 Light and Lighting –Lighting of work places: 2011" standardında belirli mekanlar için UGR sınır değerleri verilmiştir. Bu değerler izin verilebilen en yüksek değer olup, bu değerlerin üzerine çıkıldığında konforsuzluk kamaşması oluşacağı belirtilmiştir. Aydınlık düzeyi değerlerinde olduğu gibi, konut mekanları için UGR değerleri bu standart içinde yer almamıştır. Çizelge 2.4'te konutta geçen eylemleri içeren benzer mekanlara ait UGR sınır değerleri belirtilmiştir. Bu çizelgedeki bina türleri arasından; sağlık- kamu ve otel–restoran bölümleri; konutun yaşama ve sirkülasyon alanları ile, kütüphane ve ofis bölümleri; konutta okuma ve çalışma ile, profesyonel yemek endüstrisi ise konutlarda mutfak ile ilişkilendirilmiştir.

Çizelge 2.4 : İşleve bağlı UGR sınır değerleri (EN-12464-1, 2011).

Bina Türü	İşlev	UGR
5.12 Profesyonel Yemek Endüstrisi	5.12.1 Pişirme- Temizlik	25
	5.12.3 Filtreleme-Eleme	25
	5.12.4 Kesme-Doğrama	25
5.37 Genel Kullanım 5.39 Sağlık	5.37.5 Koridorlar	22
	5.37.1 Bekleme Odası	22
	5.39.2 Okuma Bölümü	19
5.29 Otel ve Restaurant	5.29.2 Mutfak	22
	5.29.7 Koridor	25
5.33 Kütüphane	5.33.2 Okuma-Çalışma	19
5.35 Bakım Evi-Çocuk Oyun	5.35.1 Oyun Odası	19
5.26 Ofis	5.26.2 Okuma-Çalışma	19
	5.28.3 Fuaye	22
5.28 Kamu Alanları	5.28.1 Giriş Holü	22
	5.14.1 Saç Bakım	19
5.14 Kuaför-Saç Bakım		
5.2 Bakım –İlk yardım	5.2.2 Rest Room-wc	22

Renk: konusu, hem fizyolojik konfor hem de psikolojik konfor gereksinmelerinde değerlendirilmektedir. Fizyolojik konfor açısından, ışık kaynağının renksel özellikleri ve yüzeylerin renge bağlı ışık yansıtma katsayıları önem taşımaktadır. Bir ışık kaynağı hem yaydığı ışığın rengi, hem de ışığın tayfsal özelliklerine bağlı olarak, aydınlatılan yüzey renklerini doğru yansıtması bakımından fizyolojik konfor gereksinmelerinde önemli bir yer tutmaktadır. Işık kaynaklarının renk sıcaklıkları K değeri ile ölçülmekte ve mevcut standartlarda sıcaklık değerlerine göre sınıflandırılma yapılmaktadır.

Işık kaynaklarının renk sıcaklığı değerleri: Işık rengi, bir ışık kaynağının görünen rengi olup, tanımlamak için, Kelvin cinsinden ölçülen bir sıcaklık birimi kullanılmaktadır. Işık kaynakları, ışık rengi bakımından sıcak-orta-soğuk olarak üç gruba ayrılır (CIBSE, 2009). Çizelge 2.5’de renk sıcaklıkları ile ışık rengi ilişkisi belirtilmiştir.

Çizelge 2.5 : Renk sıcaklıkları ve ışık rengi ilişkisi (CIBSE, 2009).

Renk Sıcaklığı (K)	Işık Rengi
<3300	Sıcak Kırmızımsı Beyaz
3300-5300	Orta (Beyaz)
>5300	Soğuk(Mavimsi beyaz)

Yapılan çalışmalarda, renk sıcaklıklarının mekan algısında oldukça önemli olduğu belirlenmiştir. Kullanılan ışık kaynağının rengi, mekandaki rahatlık, görsel keskinlik gibi algılamalarda farklılık yaratmaktadır. Özellikle günışığının olmadığı mekanlarda, günışığına yakın renkler kullanılmasının uygun olduğu belirtilmiştir (CIE, 2003). Ayrıca düşük aydınlık düzeylerinde; soğuk ışık kaynakları kullanılan bir mekan; soğuk kasvetli ve basık olarak tanımlanırken, yüksek aydınlık düzeylerinde sıcak ışık kaynaklarının kullanılması ile aynı mekan; fazla yapay ve renkli olarak tanımlanmıştır. Konutlarda; kullanıcıların rahatlık ve ferahlık gereksinimlerinden dolayı 5300 K'den düşük renk sıcaklığına sahip ışık kaynakları kullanılmaması önerilmektedir (CIBSE, 2009).

Işık kaynaklarının renksel geriverim (Ra) İndisi: Işık kaynağının tayfsal özelliklerinin aydınlatılan yüzeyin rengi üzerindeki etkisidir. Çizelge 2.6'da bu gruplandırmaya bağlı olarak renksel geriverim özellikleri ve kullanım alanları yer almaktadır (CIBSE,2009).

Çizelge 2.6 : Renksel geriverim özelliklerine bağlı kullanım alanları (CIBSE, 2009).

Renksel Geriverim Sınıfı	Renksel Geriverim	Kullanım alanları
1A	Ra>90	Hassas renk ayrımı –renkli baskı
1B	90 >Ra>80	Renkleri doğru görmenin zorunlu olduğu yerler
2	80<Ra<60	Renkleri doğru görmenin önemli olduğu yerler
3	60<Ra<40	Renkleri doğru görmenin önemli olmadığı, belirgin renk kaymalarının istenmediği yerler
4	40<Ra<20	Renkleri doğru görmenin önemli olmadığı, belirgin renk kaymalarının kabul edilebildiği yerler

EN 12464-1 ve CIBSE “Code for Lighting” standartlarında, belirli mekanlar için ışık kaynaklarının sahip olması gereken renksel geriverim Ra değerleri belirtilmiştir. Çizelge 2.7’de konut mekanları ile ilişki kurulabilen bazı mekanlar için kullanılan ışık kaynaklarında olması gereken Ra değerleri bulunmaktadır (EN 12464-1, 2011).

Çizelge 2.7 : İşleve bağlı renksel geriverim özellikleri (EN 12464-1, 2011).

Bina Türü	İşlev	Ra
5.12 Profesyonel Yemek Endüstrisi	5.12.1 Pişirme- Temizlik	80
	5.12.3 Filtreleme-Eleme	80
	5.12.4 Kesme-Doğrama	80
5.37 Genel Kullanım 5.39 Sağlık	5.37.5 Koridorlar	80
	5.37.1 Bekleme Odası	80
	5.39.2 Okuma Bölümü	80
5.29 Otel ve Restaurant	5.29.2 Mutfak	80
	5.29.7 Koridor	80
	5.33.2 Okuma-Çalışma	80
5.33 Kütüphane	5.33.2 Okuma-Çalışma	80
5.35 Bakım Evi-Çocuk Oyun	5.35.1 Oyun Odası	80
5.26 Ofis	5.26.2 Okuma-Çalışma	80
5.28 Kamu Alanları	5.28.3 Fuaye	80
	5.28.1 Giriş Holü	80
	5.14.1 Saç Bakım	90
5.14 Kuaför-Saç Bakım	5.14.1 Saç Bakım	90
5.2 Bakım-İlk yardım	5.2.2 Rest Room-wc	80

Bu verilere bağlı olarak konutlarda ışık kaynaklarının renksel geriverim değerinin 80 veya üzerinde olması gerektiği kabul edilebilir. Banyoda; ayna önü ve yatak odalarında; makyaj masası için ise Ra değerinin 90 veya üzerinde olması önerilmektedir.

Yüzeylerin renklerine bağlı ışık yansıtma katsayıları: Renkler, ışığı yansıtma özellikleri ile mekandaki aydınlık düzeyini etkiledikleri için, fizyolojik konfor koşulları sağlanmasında, önemli rol oynamaktadırlar. İç mekanda kullanılan yüzey renkleri ile malzemelerin yüzeysel özelliklerine bağlı ışık yansıtma biçimleri mekandaki ışık değerlerini etkilemektedirler. Mekanda ışığın düzgün dağılımı, aydınlık düzeyinin istenen değerde olması için etkilidir. Çizelge 2.8’de hacim iç yüzeylerinde önerilen ışık yansıtma katsayısı aralıkları verilmiştir.

Çizelge 2.8 : Önerilen ışık yansıtma katsayısı aralıkları (EN 12464-1, 2011).

Yapı Elemanı	Yansıtıcılık Oranları
Tavan	0,7-0,9
Duvarlar	0,5-0,8
Zemin	0,2-0,4

Konutlar, her yaştan kullanıcıya hitap etmesi gereken, birbirinden farklı işlevleri bir arada bulunduran; çok işlevli bir mekanlar bütünü olduğu için, yukarda belirtilen fizyolojik konfor koşullarının optimum düzeyde sağlanması; öncelikli olarak emniyet, güvenlik ve sağlık açısından gerekli görülmektedir.

2.2.2 Psikolojik konfor gereksinimleri

Görsel konfor koşulları sağlanması için fizyolojik gereksinimlerin yanısıra, kullanıcıların psikolojik gereksinimleri de ayrıca önemlidir. Psikolojik konfor gereksinimleri; gün ışığını mekanda görme isteği, dış görüş (görsel olarak iç mekanın dış mekanla bağlantısı olma isteği), mahremiyet, hacim ve yüzeylerin görünümüne ilişkin istekler olarak tanımlanabilmektedir.

Gün ışığını mekanda görme isteği: Yapılan araştırmalara göre, psikolojik anlamda iyi hissedebilmek için mekanda doğal ışığa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konuda; kullanıcı memnuniyeti, ve performans artışı ile ilgili çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Günışığının sadece psikolojik etkisi değil, biyolojik ritmi düzenleyici özellikleri de insan sağlığı için oldukça önemli olmaktadır (BS 8206-2, 2008).

Building Performance Center tarafından yapılan çalışmada, günışığı ve dış çevre ile iletişimin açık olduğu yerde çalışanların, bu özelliklerden yoksun olarak çalışan kişilere göre, %20-25 oranında daha az hasta oldukları tesbit edilmiştir (Boukberi, 2008).

Beauchemin & Hays; 2 yıl boyunca yatılı olarak tedavi gören benzer sorunlara sahip psikiyatrik hastaların bir kısmını gün ışığı bakımından zengin odalarda, bir kısmını da günışığı bakımından zayıf olan odalarda tedavi oluş sürelerini gözlemlemişler ve iyileşme sürelerinde farklılık olup olmadıklarını araştırmışlardır. 2 yıl sonunda; gün ışığı bakımından zengin olan odalarda yatan hastaların yatılı tedavi süreleri ortalama 16,9 gün olurken, gün ışığı bakımından zayıf olan odalarda yatan hastaların yatılı tedavi süreleri ortalama 19,5 gün olarak tespit edilmiştir. Gün ışığının insan sağlığı üzerindeki iyileştirici etkisi bu çalışmada gözlenmiştir (Beauchemin & Hays, 1996).

Benzer bir çalışma; Benedetti ve arkadaşları ile 2011 yılında yapılmış olup bipolar bozukluk tedavisi gören psikiyatrik hastaların bir grubu doğu yönünden bir kısmı da batı yönünden günışığı alan odalarda yatış süreleri gözlenmiştir. Sabahları doğu yönünden direkt günışığı alan odalarda kalan hastaların yatış süreleri; diğer odada kalan hastalardan ortalama 3,67 gün daha az olmuştur. “Journal of Affective Disorders” adlı tıp dergisinde yayınlanan bu çalışma, günışığının hem biyolojik saat ile olan bağlantısı hem de insan sağlığı üzerindeki etkisi için önemli bir çalışma olarak ortaya çıkmaktadır (Benedetti, 2011).

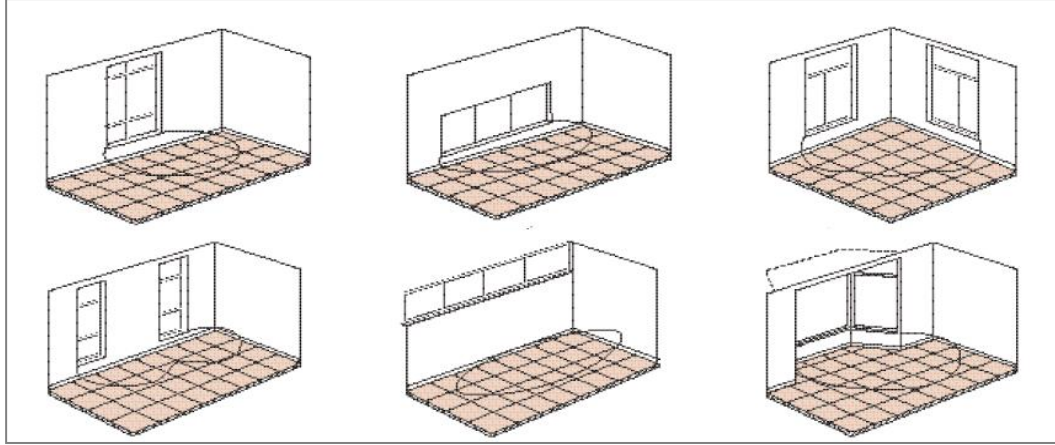
Mekana gün ışığı alımı konusunda insan sağlığı ve psikolojisi üzerindeki önemi ile beraber kamaşma problemi, iklime ve yönlenmeye bağlı olarak ısı kayıp ve kazançları gibi konular göz önünde bulundurulmalıdır.

Mekana giren günışığı miktarının değerlendirilmesinde kullanılan bir kriter olan günışığı faktörü; mekanda gerçekleşen günışığı aydınlığını değerlendirmekte kullanılan bir oran olarak kabul edilmektedir. Günışığı faktörü, GF olarak belirtilmekte ve iç mekanda oluşan iç aydınlık değerinin dış aydınlık değerine oranı olarak tanımlanmaktadır (CIE, 1970). Çizelge 2.9’da konut mekanlarında sağlanması gereken minimum günışığı faktörüne ilişkin değerler verilmiştir.

Çizelge 2.9 : Konutlar için gereken minimum.günışığı faktörü (BS 8206-2, 2008).

Oda tipi	Ortalama günışığı faktörü (min) %
Yatak Odası	1
Yaşama Odası	1,5
Mutfak	2

Hacimlerde, pencerelerin konumu ve boyutu o mekana alınan gün ışığını doğrudan etkiler. Alınan günışığı miktarı ve gün ışığı alan yüzey; pencerenin hem genişlik-yükseklik oranları ile hem de duvar yüzeyindeki konumlanması ile değişmektedir. Bu değişimler Şekil 2.1’de ifade edilmiştir.



Şekil 2.1 : Pencere konumlarına bağlı hacimde günışığı değişimi (CIBSE, 1999).

Mekanların yeterli günışığı almasını sağlamak amacı ile oda genişlikleri, pencere yükseklikleri ve yüzeylerin ışık yansıtma katsayıları değişkenlerine bağlı olarak oda derinliği değerleri için bazı sınırlamalar getirilmiştir. Çizelge 2.10’da yeterli günışığı alımı için CIBSE Lighting Guide LG10 tarafından belirlenen maksimum oda derinliği değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.10 : Önerilen oda derinlikleri ve pencere oranları (CIBSE, 1999).

Yansıtıcılık Rb (Ort)	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
Oda genişliği (m)	3	10	3	10	3	10
Pencere Yüksekliği (m)	Oda derinlikleri (m)					
2,5	4,5	6,7	5,4	8,0	6,8	10
3	5,0	7,7	6,0	9,2	7,5	11,5
3,5	5,4	8,6	6,5	10,4	8,1	13

Konutlarda günışığı alımı yaygın olarak pencereler tarafından sağlanırken, çatı ışıklıkları genellikle alışveriş merkezleri atriumları, fabrika atölyeleri, müzeler gibi kamu alanlarında kullanılmaktadır. Çatı ışıklıkları kullanımında, genellikle günışığının çalışma düzlemine direkt alınması konforsuzluk kamaşmasına neden olacağı için önlem alınması gerekmektedir. Doğru yönlenme, güneş kontrol elemanları ya da camın geçirgenlik özellikleri ile bu kontrol sağlanabilmektedir.

Görsel olarak iç mekanın dış mekanla bağlantısı olması isteği–dış görüş: İlk çağlardan beri insanlar kendilerine sığınmak için kapalı alanlar yaratmışlar, sonra da onlara yarıklar açarak, dışarı ile bağlantılarını kurmuşlardır. Dışarı ile bağlantılı olma isteği temel bir gereksinim olup, insanların yaşadıkları mekanda görsel olarak dışarıyla bağlantı kurması oldukça önemlidir. Binalardaki tüm kullanıcılar;

yenilenme, rahatlama, görsel algının dışarı ile bağlantı kurarak, kısa süreli de olsa değişebilmesi için dış görüşün mekanda sağlanmasına ihtiyaç duyarlar. Dış mekan ile bağlantı imkanı eğer yoksa, mekana ait kapılardan iç mekanlara doğru bir görüş sağlanmalıdır (BS 8206-2, 2008). Dış görüş için öncelikli olarak, pencere boyutları, cam özellikleri, konumu ile ilgili öneriler ve sınırlamalar getirilmiştir. Dış görüş istenilen mekanlarda, öncelikli olarak, pencerelerin göz hizasında olmaları gerekmektedir. Kullanıcıların oturma pozisyonlarında, denizliklerin göz hizasının altında kalması beklenmektedir (BS 8206-2, 2008).

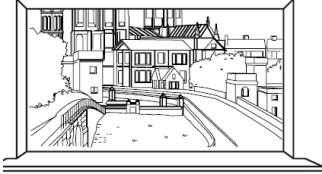
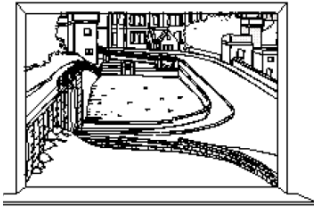
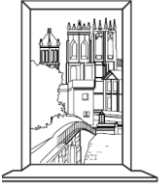
Mekandaki dış görüş değeri, pencere boyutları ve oda derinliği ile bağlantılıdır. Oda derinliği arttıkça, yeterli dış görüşün sağlanması için pencerelerin de boyutlarının artması beklenmektedir. Bir duvar yüzeyindeki, pencere alanının toplam duvar yüzeyine oranı saydamlık oranını vermektedir (BS 8206-2, 2008). Çizelge 2.11’de BS 8206-2’de yer alan oda derinliğine bağlı olarak, yeterli dış görüşün sağlanabilmesi için gereken saydamlık oranları verilmiştir.

Çizelge 2.11 : Oda derinliği ve saydamlık oranı ilişkisi (BS 8206-2, 2008).

Oda Derinliği m	Saydamlık oranı %
8<	20
>8<11	25
>11<14	30
>14	35

Dış görüş için, pencere boyutlarına ve kat yüksekliğine bağlı olarak 3 ayrı görüş alanı tanımlaması bulunmaktadır. Bunlar; gökyüzü ile beraber doğal ya da yapma çevre elemanlarının görülebildiği “yüksek seviye görüşü”, doğal ve yapma çevre elemanlarını geniş çerçeveden gören “orta seviye görüşü” ve sadece yakın çevreyi algılayan “alt seviye görüşü” olarak tanımlanmaktadır. Bununla ilgili pencere boyutu ve konumuna bağlı dış görüş örnekleri Çizelge 2.12’de belirtilmiştir (BS 8206-2, 2008, CIBSE, 1999).

Çizelge 2.12 : Pencere boyutları ve konumuna bağlı hacimde sağlanan iç görüş alanı farklılıkları (BS 8206-2, 2008, CIBSE, 1999).

Pencere Tipleri	İç mekanda sağlanan görüş alanı
	Tüm görüş katmanlarına hakim, gökyüzü, sokak ve yapma çevre bileşenlerinin algılanabildiği tatmin edici bir dış görüş sunan, yatay forma sahip, geniş bir pencere açıklığı
	Doğal ve yapma çevre bileşenlerine hakim, biraz da gökyüzü görüşü sunan, yatay forma sahip bir pencere açıklığı
	Doğal ve yapma çevre bileşenlerine sadece alt katmanlarla sınırlı bir dış görüş sunan yatay forma sahip bir pencere açıklığı
	Doğal ve yapma çevre bileşenlerine sadece üst katmanlardan sınırlı bir dış görüş sunan yatay forma sahip bir pencere açıklığı
	Gökyüzü, doğal ve yapma çevre bileşenlerinin 3 katmanlı olarak tamamının sınırlı bir şekilde algılanabildiği dikey forma sahip bir pencere açıklığı

Mahremiyet: Konutlarda dış görüş-günüşiği alımı ve mahremiyet, birbirleri ile ilişkili kavramlar olup, psikolojik konforun sağlanması için, birbirlerini destekler şekilde belirli sınırlarda olmalıdırlar. Konutlarda yaşam hem özel hayatın gizliliğini korumalı hem de dış çevre ile bağlantıda olmalıdır.

Mahremiyet sağlayan koşullardan biri binaların arasındaki uzaklıklar olmakla beraber, tamamen sağlıklı bir yol olarak tanımlanmamaktadır. Bazı eski kaynaklarda bina aralıklarının ancak 90 m olduğu durumlarda görsel bir mahremiyet oluşacağı belirtilmiştir (Manthore, 1956). Güncel durumda; önerilen bina aralıkları arasında bu mesafelere dikkat edilmemekle beraber; 18 m ile 35 m arasında değerler alması önerilmektedir (Littlefair, 2011).

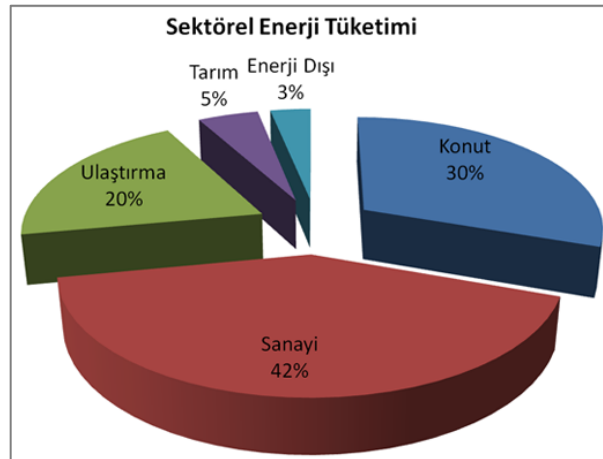
Yüksek duvarlar, düşey paneller, paravanlar gibi yapı elemanları da mahremiyetin sağlanmasında kullanılırlar. Bu elemanlar kullanılırken; günışığı faktörünün mekanlarda istenen değerlerde kalması kontrol edilmelidir.

Mahremiyetin sağlanmasında kullanılan diğer bir yöntem de peyzaj tasarımı ile ağaçlar ve bitkilerin kullanılmasıdır. Bu yöntem; direkt günışığı etkilerinden korunması istenen alanlar için de iyi bir çözüm olabilmektedir. Dışarıdan müdahalelerle mahremiyet yeterli derecede sağlanamıyorsa, pencere ve cam özellikleri farklılaşabilir. Örneğin; pürüzlü ya da lamine cam yüzeyler, dışarı ile bağlantıyı keserken, günışığının iç mekana alımını sağlar. Reflektif ya da film tabakalı renklendirilmiş camlar da alternatif olarak kullanılabilir, ancak bu tür camlar; gece kullanımına uygun değildir, ve günışığı alımını azaltmaktadır. Bunun dışında kişisel kullanıma imkan veren perde, panjur ve güneşlikler de mahremiyet için kullanılmaktadır (Littlefair, 2011).

3. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ENERJİ TÜKETİMİNİN AZALTILMASI VE KONUTLARA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

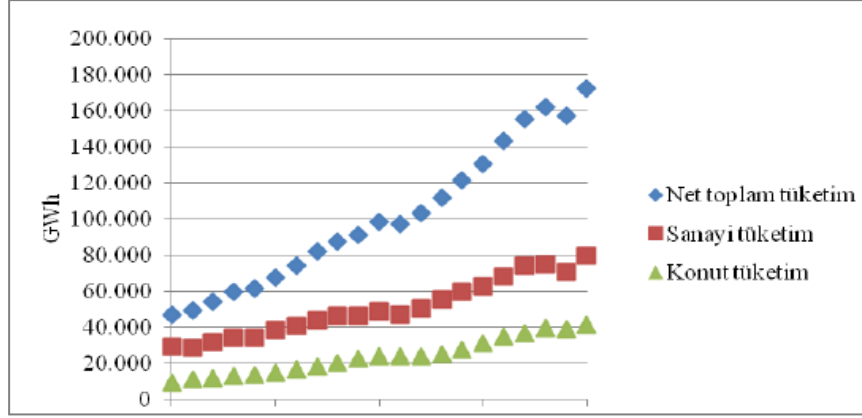
Dünyada; sanayideki gelişmeler ve nüfus artışı sonucu enerji tüketiminin hızla arttığı görülmektedir. Söz konusu artışa karşılık enerji kaynaklarındaki sınırlılık; enerji üretiminde gerekli olan fosil yakıtların geleceği ile ilgili belirsizlikler oluşturmaktadır. Fosil yakıtların tüketilmesi sonucu atmosfere salınan CO₂ ve diğer gazlar çevre kirliliğinin yanı sıra sera etkisi yaratarak küresel ısınma ve iklim değişikliklerine neden olmaktadır.

Gelişmekte olan ülkeler arasında sayılan Türkiye'nin karşılaştığı en önemli sorunlardan birisi, ekonomik kalkınmanın gereksinimlerini karşılayacak enerjiyi sağlamaktır. BP Enerji istatistiklerinden göre; 109,3 milyon TEP enerji tüketimi ile Türkiye; dünyadaki enerji tüketimi en yüksek 22. ülke sıralamasında yer almaktadır (Url-2). Türkiye'nin yıllık enerji talep artışı, 1990'dan itibaren %4,6 büyüme kaydetmekte olup, AB'nin aynı dönemdeki yıllık talep artış oranı % 1,6 olarak kaydedilmiştir (Url-3). Şekil 3.1’de ülkemizdeki enerji tüketiminin sektörel dağılımı belirtilmiştir (Url-4).



Şekil 3.1 : Ülkemizde enerji tüketiminin sektörel dağılımı (Url-4).

2012 Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) faaliyet raporuna göre, 2000-2012 yılları arasında ülkemizde net toplam elektrik tüketiminin konut ve sanayilere göre dağılım grafiği Şekil 3.2’de belirtilmiştir (Url-1).



Şekil 3.2 : 2000 -2012 yılları arasındaki elektrik tüketimine ilişkin değerler (Url-1).

Yine bu rapora göre; 2012 yılı sonunda TEDAŞ elektrik satış toplamı 67,5 Milyar kWh olarak kaydedilmiştir. Bu miktarın % 36,5'i konut, % 29,6'sı sanayi, % 16'sı ticaret, % 5,8'i resmi daire ve % 12,1'i diğer sektör abonelerine satılmıştır (Url-1).

Ülkemizdeki toplam elektrik enerjisinin % 45'i binalar tarafından, toplam tüketimin de % 25'lik kısmı da konutlar tarafından tüketilmektedir. Tüketilen toplam elektrik enerjisinin % 20'si aydınlatma amaçlıdır (Url-1).

3.1 Binalarda Enerji Verimliliği Konusunda Uluslararası Çalışmalar

Dünyadaki enerji kaynaklarının hızlı bir şekilde azalması, gelişen teknolojiler ile enerji ihtiyacının artması ve CO2 salınımını da sınırlandırma zorunluluğu; enerji verimliliği konusunda yapılan çalışmaların artmasına yol açmıştır. Birçok ülkenin katılımı ile kurulan Uluslararası Enerji Ajansı (IEA); üye ülkelerin enerji ihtiyaçlarına çözüm önerileri geliştirmek ve enerji verimliliğinin sağlanması konusunda 1974 yılından beri faaliyet göstermektedir. Oluşturulan uluslararası platformların yanı sıra; Avrupa Birliği (AB), Birleşmiş Milletler (BM) ve ABD ülkeleri, kendi stratejileri kapsamında, yasal düzenlemeler ve bilimsel projeler geliştirerek enerji verimliliğinde aktif rol oynamakta, ve diğer ülkeler arasında öncü konumda yer almaktadırlar.

AB ülkeleri enerji verimliliği politikaları: AB ülkelerinin enerji verimliliği hedeflerini belirleyen Yeşil Tebliğ 1997 yılından bugüne sürekli yenilenmekte ve gelişmektedir. Enerji verimliliği konusu; bir tasarruftan öte bir kalkınma politikası olarak görülmektedir. 1997'de yayınlanan AB Yenilenebilir Enerji Beyaz Dosyası, Yenilenebilir Enerji'yi toplumun enerji politikasının temel unsuru olarak belirlemiş ve desteklemek amacıyla çeşitli yasal düzenlemeler ve teşvikler geliştirilmesini sağlamıştır.

AB tarafından geliştirilen, "Bina Enerji Performans Direktifi" (Energy Performance of Buildings, Directive 2002/91/EC 16) 16 Aralık 2002 tarihinde kabul edilerek , 4 Ocak 2003 tarihli Avrupa Birliği Resmi Gazetesi'nde yayımlanmıştır. Direktif, üye ülkelerde 4 Ocak 2006 tarihi itibarı ile uygulamaya girmiştir (Url-5).

Binalarda Enerji Performansı Direktifi (2002/91/EC), Avrupa'da hem mevcut hem de yeni yapılacak binalarda enerji performansı değerlendirmesine ilişkin belirli standartlar ve ortak bir yöntem getirmenin yanı sıra, düzenli bir denetim ve değerlendirme mekanizması kurarak, binalarda enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Direktifin getirdiği yeni düzenlemeler tasarımcılar, mimarlar, yapı elemanı üreticileri, tesisatçılar, yapı uzmanları, mülk sahipleri ve kiracılar gibi Avrupa Birliği'nde gerek yapı üretimi ve onarımı alanında çalışan, gerekse yapıları kullanan birçok aktörü ilgilendirmektedir.

AB'deki 160 milyon bina, birliğin enerji talebinin %40'lık bir bölümünü oluşturması ve böylece de toplam karbondioksit salınımının %40'ını gerçekleştirmesi nedeniyle enerji verimliliğini sağlamak konusunda önemli hale gelmiştir. Kyoto Protokolü'ne göre karbondioksit salınımını azaltmayı taahhüt etmiş olan AB, Binalarda Enerji Performansı Direktifini de böyle bir hedefe yönelik olarak hazırlamıştır. Bu direktif, AB'nin daha önce yayımlamış olduğu Sıcak Su Kazanları Direktifi (92/42/EEC), Yapı Malzemeleri Direktifi (89/106/EEC) ve enerji verimliliğini artırarak karbondioksit salınımını sınırlamayı amaçlayan SAVE Direktifi'nin (93/76/EEC) bir devamı niteliğinde görülebilmektedir. Bu direktif, tüm üye ülkelerindeki binalarının enerji performansını belirleyen ortak bir metodoloji üzerinden gitmektedir. İklimlendirme tesisatı, aydınlatma, yenilebilir enerji sistemleri parametrelerini içeren direktifin, tüm bina tipolojilerinde uygulanması hedeflenmiştir. Binaların enerji performansı; bir sertifikalandırma sistemine dahil edilerek, tükettikleri enerji miktarına göre, bir derecelendirme sistemine tabi tutulmaktadır.

Bu sistem; yeni binalar için zorunlu hale getirilirken, mevcut binalar için ise belirli sürelerde elde edilmesi beklenmektedir. AB ülkeleri, ülke bazında da enerji verimliliği ile ilgili programlar geliştirmişlerdir. İngiltere’de çevre bakanlığı kapsamında; ETU (Enerji Teknolojileri Destekleme birimi) ve EEO (Energy Efficiency Office/ Enerji Verimliliği Birimi) enerji verimliliği konusunda çalışmalarını yürütmektedir.

HEES (Konutlarda Enerji Verimliliği Programı) düşük gelir düzeyine sahip kişilerin yakıt ihtiyaçlarını azaltmak ve konfor şartlarını yükseltmek üzere enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik önlemler alınması için çalışmalar yürütmektedir (Url-6).

Fransa’da 1992 yılında kurulan ADAME (Enerji Yönetimi ve Çevre Ajansı) Fransız Elektrik Kurumu EDF ile anlaşma yaparak, elektrik tüketiminin azaltılmasına ve yenilebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi konusunda önemli adımlar atmıştır. 1980 yılından beri enerji verimliliği konusunda önemli faaliyetler yürüten Almanya; Binalarda Enerji Performansı Direktifi (2002/91/EC) direktifin yürürlüğe girmesi ile beraber, bu alanda en ciddi adımlar atan ülkelerden biri olmuştur. Bu direktifin devamında; “Enerji Tasarrufu Yönetmeliği” (EnEv) 2002 yılında yürürlüğe girmiştir.

ABD enerji verimliliği politikası: Enerji verimliliği çalışmalarında en etkin olan ülkelerden birisi ABD’dir. Son 30 yıl içerisinde toplam enerji verimi önemli miktarda artırılmıştır. 1973 yılından günümüze ekonomideki büyüme %126 oranında gerçekleşirken, aynı süre zarfında enerji kullanım oranındaki artış yalnızca %30 olmuştur. ABD’de, 1970’lerin ortalarından beri DOE (Department of Energy /Enerji Bakanlığı) tarafından eyaletler bazında; ilgili yönetim birimleri geliştirilmiştir. ABD’de California eyaleti, elektrik sektörü yeniden yapılanmasındaki öncü rolüyle; önemli örneklerden biridir. 2000’li yıllarda elektrik sektöründe yaşanan kriz nedeni ile etkin önlemler alan California Enerji Verimliliği Kurulu (CBEE) raporuna göre, elektrik enerjisi tüketiminde yıllık yaklaşık 825 milyon kWh değerinde bir tasarruf elde edilmiştir (Url-6).

2010 yılında başkan Obama tarafından yürürlüğe konulan Kurtarma ve Yeniden Yatırım Yasası’na; şimdiye kadarki en yüksek bütçenin sağlanmasıyla, yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımı, konut ve işyerleri için yeni teknolojilerin geliştirilmesi yönünde önemli çalışmalar yapılması beklenmektedir.

Japonya enerji verimliliği politikası: Japonya; ileri derece sanayileşmiş bir ülke olarak aynı zamanda enerji tüketimi açılarından da önemli adımlar atmıştır. Japonya’da enerji tasarrufu ve verimliliğine yönelik çalışmalar, devlet tarafından çeşitli modellerle desteklenmektedir. 1999 yılında yenilenen Enerji Tasarrufu Kanunu ile Top Runner programı uygulanmaya başlanmıştır. Program kapsamına giren sistemler, alt gruplara ayrılmakta ve her grup için farklı standartlar önerilmektedir. Bu program flüoresan lambalardan, dizel yakıtlı kamyonlara kadar çok çeşitli tüketim araçlarını içermektedir. Enerji verimliliği sadece devlet eli ile yürütülmemekte, halk ve sivil toplum tarafından da oldukça etkin bir biçimde desteklenmektedir. Kawagoe şehri; yıllık elektrik enerjisi tüketimini her yıl yüzde 1 oranında düşürmeyi hedefleyen bir kampanya başlatmıştır. 4. yılın sonunda ekstra herhangi bir yatırım yapmadan elektrik tüketiminde %5’lik bir düşüş gözlenmiştir (Url-5).

İklim değişikliği ile mücadele Kyoto Protokolü: Japonya’nın Kyoto kentinde Aralık 1997’de gerçekleştirilen BMİDÇS Taraflar Toplantısı’nda sanayileşmiş ülkelerin emisyonlarını 2008-2012 arasında 1990 yılına göre en az yüzde 5 oranında azaltmaları oybirliği ile kabul edilmiştir. Kyoto Protokolü olarak adlandırılan bu karar, 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. KP’nin en önemli özelliği dünyanın lider ekonomilerinin sera gazı emisyonları için zorunlu hedefler içermesidir. KP’ye 190 ülke ve Avrupa Birliği (AB) taraf olmuştur. BMİDÇS, taraf ülkeleri, sera gazı salımlarını azaltmaya, araştırma ve teknoloji üzerinde işbirliği yapmaya ve sera gazı yutaklarını (örneğin ormanlar, okyanuslar, göller) korumaya teşvik etmektedir. Sözleşme, sera gazı salımlarının azaltılması için, ülkelerin kalkınma önceliklerini ve özel koşullarını göz önüne alarak “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” yüklemiştir. “Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” ilkesi bazı ülkelerin sanayi devriminden sonra iklim değişikliğine sebep olan sera gazlarını atmosfere diğer ülkelerden daha çok salmalarından ötürü daha fazla sorumluluk almaları gerektiği düşüncesine dayanmaktadır (Url-7).

3.1.1 Aydınlatma enerji performansı konusundaki uluslararası çalışmalar

Enerji Performansı'nın belirlenmesinde ortak bir metodolojinin kabulünü oluşturan; Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nin (2002/91/EC) 2002 yılında yayınlanmasını takiben; binalarda enerji tüketimini etkileyen; ısıtma-soğutma, havalandırma, aydınlatma, sıcak su temini gibi çeşitli parametreler ile ilgili bir çok standart yayınlanmıştır.

EN 15193 Binalarda Enerji Performansı: Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardı bu yönetmeliği takiben; binalarda aydınlatma enerjisi tüketiminin belirlenmesi amacı ile AB tarafından yayınlanmıştır. Bu standartta hacmin yararlandığı genişliği miktarı, kullanılan aydınlatma sistemleri, lambalar, aydınlatma kontrol üniteleri, coğrafik konum gibi parametrelerden yararlanılarak bir binanın aydınlatma enerjisi ihtiyacı ve buna bağlı olarak birim alana düşen aydınlatma yükünü ifade eden Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi AESG değeri hesaplanmaktadır.

EN 15193 standardı, konut binaları dışında, ofis, eğitim binaları, otel, hastane ve diğer tüm bina tipolojileri için geçerlidir ve hem mevcut hem de proje-renovasyon sürecindeki tüm binalar için uygulanabilmektedir (EN 15193-1, 2011).

3.2 Binalarda Enerji Verimliliği Konusunda Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

Türkiye’de enerji verimliliğine ait çalışmalar 2000 yılından sonra hız kazanmış görünse de öncesinde de birtakım çalışmalar başlamıştır. 1995 yılında çıkarılan “Sanayi’de Enerji Verimliliği Yönetmeliği” ile ilermeye başlayan enerji yönetimi kavramı, 11.11.1997 tarihli Başbakanlık "Kamu Kurum ve Kuruluşlarının Enerji Tüketimlerini Azaltmak İçin Alacakları Önlemler" genelgesi ile hız kazanmıştır. Çıkan genelge ile ülke genelinde Kamu Kurumları; 1998 yılından itibaren her yıl binalarındaki enerji tüketimleri ile ilgili yıllık raporlar hazırlamakta ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na göndermekte ve bu rapor değerlendirme çalışmaları EİE tarafından yürütülmektedir. 1997 yılı sonlarında Devlet İstatistik Enstitüsü ve EİE işbirliği ile "Konutlarda ve Ulaştırma Sektöründe Enerji Tüketimi Projesi" konulu ülke çapında bir istatistik çalışması başlatılmıştır.

Finansmanı DİE, EİE ve DPT nin katkılarıyla karşılanan bu proje ile ülke çapında temsili örnekleme yapılarak coğrafi bölgeler bazında konutların yapısal özellikleri, yalıtım durumları, ısıtma sistemleri, yakıt ve elektrik olarak enerji tüketimlerinin analizleri gerçekleştirilmiş ve istatistiksel değerlendirmeler DİE tarafından yapılarak sonuçları yayınlanmıştır (Url-8).

Türkiye'nin iklim değişikliği politikaları: Japonya'nın Kyoto kentinde Aralık 1997'de gerçekleştirilen BMİDÇS Taraflar Toplantısı'nda sanayileşmiş ülkelerin emisyonlarını 2008-2012 arasında 1990 yılına göre en az yüzde 5 oranında azaltmaları oybirliği ile kabul edilmiştir. Kyoto Protokolü olarak adlandırılan bu karar, 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. KP'nin en önemli özelliği dünyanın lider ekonomilerinin sera gazı emisyonları için zorunlu hedefler içermesidir. KP'ye 190 ülke ve Avrupa Birliği (AB) taraf olmuştur. Türkiye, uluslararası iklim değişikliği müzakerelerinin başladığı 1990'lı yıllardan beri müzakerelere Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin hazırlanmasına yönelik yapılan çalışmalara katılım sağlamıştır. Daha sonra belli hükümlerde uyuşmazlık neticesinde listeden çıkarılma talebinde bulunulmuştur. Türkiye, 2009 yılında Kyoto Protokolü'ne taraf olmuş ve böylece ülkelerin 2012 sonrası yükümlülüklerinin belirlendiği iklim değişikliği müzakerelerine aktif katılım sağlamayı hedeflemiştir. Kyoto Protokolü'nün uygulanması kapsamında sera gazlarının izlenmesine yönelik usul ve esasları belirlemek üzere "Sera Gazlarının İzlenmesine Dair Yönetmelik" oluşturmayı Uyum Programı'na (2007–2013) almıştır.

Türkiye'de iklim değişikliğine ilişkin ilk çalışmalar 1991-1996 yılları arasında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün koordinasyonunda yapılmıştır. 1997 yılından itibaren iklim değişikliği ile ilgili koordinasyon görevi Çevre Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. Ulusal politikanın belirlenmesine yönelik Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı hazırlık çalışmaları kapsamında 1999 yılında "İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu" toplanmıştır.

2006 yılında hazırlanan Türkiye İklim Değişikliği Ulusal Bildirimi kapsamında birincil enerji kaynaklarının kullanıldığı sektörlerde, enerji verimliliğini artırmaya yönelik politika önerileri hazırlanmıştır. 5 Yıllık Kalkınma Planındaki amaçlara yönelik 18 Mayıs 2005 tarihinde 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi" amaçlı kullanımına ilişkin kanun yürürlüğe girmiştir.

İklim değişikliğine ilişkin olarak uluslararası düzeyde sahiplenilecek yükümlülüklerin başta enerji, sanayi ve ulaştırma olmak üzere birçok sektörü etkileyeceği gerçeği, konuya ilişkin kararların üst düzeyde çok yönlü ele alınması ihtiyacını doğurmuştur. Bu nedenle, konunun izlenmesi ve stratejik bir bakış açısıyla değerlendirilmesini sağlamak amacıyla, 22 Ocak 2001 tarihinde yayımlanan Başbakanlık Genelgesi ile İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu (İDKK) kurulmuştur. İDKK, Çevre ve Orman Bakanının başkanlığında Dışişleri Bakanlığı, Maliye Bakanlığı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ulaştırma Bakanlığı, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği'nin müsteşar, başkan düzeyinde veya bu makamların uygun göreceği temsilcilerden oluşmaktadır.

Bu çerçevede, Türkiye geliştirmekte olan bir ülke olarak uluslararası anlaşmalardaki yükümlülüklerini yerine getirebilmek için çalışmalar yapmaktadır. Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi (2010–2020) Nisan 2010 tarihinde Yüksek Planlama Kurulu tarafından onaylanmıştır. Strateji'de Türkiye'nin iklim değişikliği göstergeleri, uluslararası iklim değişikliği müzakereleri kapsamındaki tutumu ve iklim değişikliğine uyum, sera gazı emisyonlarının kontrol altına alınması, teknoloji transferi ile finansman ve kapasite artırımı konularında kısa, orta ve uzun vadede yapacakları yer almaktadır.

Twining Projesi: Avrupa Birliği Enerji direktifi kabulünden sonra AB ile Türkiye'de 1 Temmuz 2005 tarihinden itibaren enerji verimliliğinin arttırılması çalışmaları ile ilgili bir Twining Projesi başlatılmıştır.

Ülkemizde, sözkonusu direktif Ulusal Program içinde“Enerji İç Pazarı Dışında Kalan Enerji Mevzuatının Benimsenmesi İçin Program Oluşturulması” başlığı altında, “Enerji Verimliliği ile İlgili Ulusal Mevzuatın Uyumunun Sağlanması” alt başlığında yer almaktadır. Bu kapsamda en öncelikli düzenleme, “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği”nin direktife uyumunun sağlanması olmuştur. Bu süreçten sorumlu kuruluş olan Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından yürütülen uyum çalışmalarının yanı sıra, konunun enerji performansıyla ilgili olması ve Türkiye'nin enerji verimliliği politikaları ve faaliyetlerinden sorumlu ana kurumlarından birinin Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü olması nedeniyle, çalışmalar iki kuruluşun işbirliğiyle ortak bir komisyon tarafından yürütülmüştür (Url-6).

Avrupa Birliği'ne üye ÷lkelerden Fransa ve Hollanda'nın enerji verimliliği kuruluşları olan ADEME ve SENTERNOVEM ile y÷r÷t÷len çalışmalar kapsamında, Avrupa Birliğinin enerji verimliliği politikaları ve uygulamaları konusunda teknik yardım, bilgi transferi ve eğitim yoluyla Avrupa'daki benzerlerine uygun bir enerji verimliliği erevesinin T÷rkiye'de oluşturulması amaçlanmıştır. Aynı zamanda söz konusu proje; yasal ve kurumsal yapının kuvvetlendirilmesi, enerji tasarrufu potansiyelinin belirlenmesi ve bilinçlendirme faaliyetlerini kapsamaktadır.

Enerji Verimliliği Kanunu: Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi ile beraber, ulaştırma, enerji, sanayi ve konutlardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını önlemeye ve nihai enerji tüketimini azaltmaya yönelik olarak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından “Enerji Verimliliği Kanunu ve Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik” 2 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın görevleri arasında ÷lkemizin yabancı enerji kaynaklarına bağımlılığın azaltılması, enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması bulunmaktadır.

15/02/2008 tarihli 2008/2 sayılı Başbakanlık genelgesi ile kamu kurum ve kuruluşlarında enerjinin etkin ve verimli kullanılmasına yönelik tedbirler belirlenmiştir. Bu genelge ile “Ulusal Enerji Verimliliği Hareketi” başlatılmış ve 2008 yılı “Enerji Verimliliği Yılı” ilan edilmiştir. Ayrıca bu kanuna dayanarak 9 Haziran 2008 tarihinde “Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik” ve 5 Aralık 2008 tarihinde “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” yürürlüğe girmiştir (BEP-TR, 2010). Çizelge 3.1.de enerji verimliliği sürecinde kuruluşların sorumlulukları ve y÷r÷t÷len projeler belirtilmektedir

Çizelge 3.1 : Enerji Verimliliği Kanunu ile resmi kurumların yürüttüğü çalışmalar.

Tarih	Yasa	Kurum
02 Mayıs 2007	Enerji Verimliliği Yasası	TBMM
	Tanıtma ve Kullanma Klavuzu	
08 Ekim 2007	Uyg. Esas. Dair Yönetmelikte Yapılan Değişiklikler Hakkında Yönetmelik	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
14 Nisan 2008	Merkezi Isıtma ve Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik	Bayındırlık Bak. (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı)
09 Haziran 2008	Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik	Ulaştırma Bakanlığı
25 Ekim 2008	Enerjinin Kullanımında Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Yönetmelik	Enerji ve Tabi Kaynaklar Bak.
09 Ekim 2008	Isı Yalıtımı Yönetmeliği (Revize)	Bayındırlık Bak. (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı)
18 Ekim 2008	Kosgeb Destekleri Değişiklik	KOSGEB
05 Aralık 2008	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Revizyonlar+Hesap Yöntemleri	Bayındırlık Bak. (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı)
Temmuz 2010	Enerji Verimliliği Daire Başkanlığı Kurulması	Bayındırlık Bak. (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı)
20 Şubat 2012	Enerji Verimliliği Strateji Belgesi	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı /EİE

25 Ekim Cumartesi tarihinde Resmi Gazetede yayınlanan “Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Yönetmelik”te Enerji Verimliliği kanunu çerçevesinde; enerji verimliliği konusunda yetkilerin açıklandığı, yöntemin belirlendiği maddeler yer almaktadır. Bu yönetmeliğin amacı; enerjinin etkin kullanılması, enerji israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve

enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına ilişkin usûl ve esasları düzenlemektir. Bu yönetmelik; enerji verimliliğine yönelik hizmetler ile çalışmaların yönlendirilmesi ve yaygınlaştırılmasında üniversitelerin, meslek odalarının ve enerji verimliliği danışmanlık şirketlerinin yetkilendirilmesine, enerji yönetimi uygulamalarına, enerji yöneticileri ile enerji yönetim birimlerinin görev ve sorumluluklarına, enerji verimliliği ile ilgili eğitim ve sertifikalandırma faaliyetlerine ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır. Bu sayede; enerji etütleri ve verimlilik artırıcı projelere, endüstriyel işletmelerde verimlilik artırıcı projelerin desteklenmesine ve gönüllü anlaşmalara, elektrik enerjisi üretiminde, iletiminde, dağıtımında ve tüketiminde enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar yürütülmeye başlamıştır.

2 Şubat 2012’de 28215 sayılı Resmi gazetede yayınlanan Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayınlanan “Enerji Verimliliği Strateji Belgesi”ne göre, enerji yoğunluğunun 2023 yılına kadar, en az % 20 azaltılması hedeflenmektedir (Resmi Gazete/ 28215, 2012).

Bu strateji belgesi; kamu , özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarının katılımcı bir yaklaşımla ve işbirliği çerçevesinde hareket etmesini sağlamak, sonuç odaklı ve somut hedeflerle desteklenmiş bir politika seti belirlemek, bu hedeflere ulaşmak için yapılması zorunlu eylemleri tespit etmek, ayrıca süreç içinde kuruluşların yüklenecekleri sorumlulukları tanımlamak için hazırlanmıştır. Bu faaliyetlerin gerçekleşmesini, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü sağlamaktadır (Url-6).

Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği (2008): 05.12.2008 tarihli Resmî Gazete’de yayınlandığı tarihten 1 yıl sonra yürürlüğe giren yönetmelikle, 9.10.2008 tarihli “Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği” yürürlükten kalkmıştır. Bu yönetmeliğin amacı, iklim koşullarını, iç ortam ihtiyaçlarını dikkate alarak, bir binanın tüm enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesap yönteminin belirlenmesini, karbondioksit (CO₂) emisyonu açısından sınırlandırılmasını, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşviki, ve binalarda performans kriterlerini belirlemek ve düzenlemektir.

Yönetmelik kapsamında; doğal ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma imkanlarından mümkün olan en fazla seviyede yararlanılması ile ilgili düzenlemeler yer almaktadır.

Önemli maddeleri arasında; 1000 m²'nin üzerindeki tüm binalarda merkezi ısıtma sistemi, 2000 m²'nin üzerindeki konut dışı binalarda merkezi soğutma sistemi kurulması ve binalara enerji kimlik belgesi düzenlenmesinin getirilmesi yer almaktadır. Ayrıca; mimari tasarımının, bu parametreler doğrultusunda verimliliği maksimum sağlayacak şekilde yapılması ve genişliği ile aydınlatma ve doğal iklimlendirme imkanlarından optimum derecede faydalanılması gerekliliği ortaya konmuştur. Yönetmelikle birlikte, belirli koşullar altında, binalar için enerji kimlik belgesi düzenlenmesi, bu belgede bulunması gereken bilgiler gibi zorunluluklar getirilmiştir. Her yeni bina için enerji kimlik belgesi temini zorunlu olup, mevcut binalar için de 2017'ye kadar tamamlama zorunluluğu getirilmiştir (BEP-TR, 2010).

3.2.1 Aydınlatma enerji performansı konusunda Türkiye'de yapılan çalışmalar

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki eğilimlere paralel olarak, Türkiye'de genel enerji tüketimi içinde elektrik enerjisinin payı sürekli artmaktadır. 1970 ile 2009 yılları arasındaki artış oranı ortalama % 8,7 olarak açıklanmaktadır (Url-1). Çizelge 3.2'de Planlama Teşkilatı 9. Kalkınma raporunda yer alan 2009-2012 yılları arasındaki elektrik tüketiminin dağılımı yer almaktadır. Bu değerlere göre konutlardaki elektrik enerjisi tüketimi yaklaşık %20'lik bir oranla toplam tüketim içinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır (Url-9).

Çizelge 3.2 : 2009-2012 yılları arasında elektrik tüketimi dağılımı (Url-9).

	2009		2010 (1)		2012 (2)	
	GWh	Pay (%)	GWh	Pay (%)	GWh	Pay (%)
Konutlar	39.147	20,2	40.200	19,2	42.000	19,0
Ticarethaneler	25.019	12,9	26.800	12,8	28.500	12,9
Resmi Daire	6.990	3,6	7.100	3,4	7.500	3,4
Genel Aydınlatma	3.845	2,0	4.000	1,9	4.200	1,9
Sanayi	70.470	36,3	76.800	36,8	82.000	37,1
Diğer	11.423	5,9	12.400	5,9	12.700	5,7
NET TOPLAM	156.894	80,8	167.300	80,2	176.900	80,0
İç Tüketim ve Kayıp	37.185	19,1	41.400	19,8	44.300	20,0
BRÜT TOPLAM	194.079	100,0	208.700	100,0	221.200	100,0
Kişi Başına Net Tüketim (kWh)	2.182		2.301		2.407	
Kişi Başına Brüt Tüketim (kWh)	2.699		2.871		3.010	

Enerji Bakanlığı'na bağı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verilerine göre, standart bir konutta tüketilen elektrik enerjisinin % 15'i aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır.

Bu verilere bağı olarak; konut binalarında tüketilen aydınlatma enerjisinin, dünyada ve Türkiye'de önemli bir yer tutması, konutlarda aydınlatma enerjisi performansı konusunda çalışmaların gerekliliğini ortaya koymuştur. Ülkemizde de aydınlatma enerjisi tüketiminin azaltılmasına yönelik çalışmalar geliştirilmiştir; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, yayınladığı 13/08/2008 tarihli 2008/19 sayılı Başbakanlık Genelgesi ile tüm kamu kurum ve kuruluşları, belediyeler ve kamu kurumu niteliğindeki meslek odalarının 1 ay içinde kendi sorumluluklarında bulunan yerlerdeki mevcut akkor flamanlı lambaları enerji verimli lambalarla değiştirmelerini zorunlu kılmiştir. Başbakanlık Genelgesi doğrultusunda ülke genelinde yapılan bu uygulama sonucunda, toplam 1.828.742 adet ışık kaynağı 1.758.954 adet kompakt flüoresan lamba ile değiştirilmiştir. Diğer taraftan, "Ulusal Enerji Verimliliği Hareketi kapsamında, ilköğretim okullarında enerji verimli lamba dağıtımı ve bilinçlendirme etkinlikleri yapılmaya başlanmıştır (Url-8).

Yayınlanan "Enerji Verimliliği Genelgesi"ne bağı olarak Kamu kuruluşlarındaki ışık kaynaklarının verimli olanlarla değişiminin yanı sıra, sensorlu yada günışığına bağı aydınlatma kontrol sistemi kullanılması, ışık geçirgenliğini önemli ölçüde engelleyen armatürler yerine, yüksek yansıtıcı armatürlerin kullanılması da uygulama kapsamında yer almıştır. Açık alanlar için ise; reklam pano aydınlatmalarında azaltılmaya gidilmesi ve park ve bahçe aydınlatmalarında saat 24.00'den sonra % 50 azaltılması kararlaştırılmıştır (Url-8).

Türkiye için bina enerji performansı ulusal hesaplama yöntemi–BEP-TR:

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2002/91/EC), Avrupa Birliği ülkelerinde binaların enerji performansı sertifikasının bulundurulmasını zorunlu tutmasına bağı olarak Türkiye için bina enerji performansı ulusal hesaplama yöntemi BEP-TR, Avrupa Birliği Standardı'nda tanımlanan yöntem temel alınarak Türkiye koşulları için geliştirilmiştir. Bu yöntem, EN 15193 standardında tanıtılan yöntemi esas alarak Ofisler, Eğitim binaları, Hastaneler, Oteller, Ticari binalar gibi çeşitli tipolojilerdeki binaların aydınlatma enerjisi performansını değerlendirmektedir. Bu standartta kapsam dışı bırakılmış olan konut binaları için de oldukça genel bir hesap yöntemi

önerilmiştir. Bu hesaplama yönteminde mevcut günışığının aydınlatma enerjisi tüketimi üzerindeki etkisi, hacimlerde günışığından yararlanan bölgenin dış engeller, cephe, hacim ve pencere özelliklerine bağlı olarak tanımlanması ile belirlenmiştir. Ayrıca, otomatik kontrol sistemlerinin kullanımıyla toplam aydınlatma enerjisi tüketiminin düşürülebilmesi de göz önüne alınmıştır. Bu yöntem kapsamında, konutlar için de genel bir hesaplama yöntemi önerilmiştir. Haftasonu ve hafta içi saatleri için belirli değerleri kabul eden bu yöntemde, konutların kullanım saatleri, konut kullanıcılarının aile profili gibi demografik özellikleri göz önüne alınmadığı için konutlara özgü yeni bir hesap yöntemi geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

3.3 Binaların Sürdürülebilirliklerinin Sağlanmasına İlişkin Sertifikalandırma Sistemleri

Binalarda enerji korunumuna yönelik birçok çevreye duyarlı alternatifler yaratılmaya ve kullanılmaya başlanmıştır. Bu alternatiflerden birisi de "Yeşil Mimari" adıyla yola çıkarak temelleri 1851 yılında Londra'da inşa edilen Crystal Palace ile atılan ve 1990'lı yılların başında gelişen “yeşil binalar” akımı olmuştur.

Günışığından faydalanma, ısı verimliliği, güneş enerjisi uygulamaları, su tasarrufu sağlayan tesisat kullanımı, yağmur suyunu tutan ve bakım ihtiyaçlarını azaltan peyzaj gibi yöntemlerle enerji ve su kullanımında verimlilik sağlamanın yanında, kullanılmış maddelerin yeniden işlenip kullanılmasından başka, yerel olarak mevcut olan maddelerin tekrar kullanılması ile kaynakların korunmasını amaçlayan yeşil binalarda yüksek teknoloji ile mümkün olduğunca gün ışığından yararlanma, yalıtım ve enerji verimi öne çıkmaktadır (Erten, 2006). Bu çalışmaları belirli bir düzen altında toplamak için çeşitli ülkelerde belirli kuruluşlar, sivil toplum örgütleri ya da devlet kurumları belirli standartlaşma eğilimine gitmişlerdir. Bunların sonucunda ise her ülkeye ve kuruma ait farklı sertifikalandırma sistemleri geliştirilmiştir.

Bunlardan Leed (Amerika), Breeam (İngiltere), Greenstar (Avustralya), Casbee (Japonya), bunlardan en önemli ve yaygın olanlarıdır.

Leed (Leadership in Energy and Environmental Design); Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından geliştirilerek, 1998 yılında uygulamaya geçirilen programının hedefi yapı sektöründe payı olan tüm kişi ve kuruluşların, yapıların

yaşam döngüsü sürecinde oluşturdıkları çevresel etkilere dikkatini çekerek, faaliyetlerini ve ürünlerini bu etkileri azaltmak doğrultusunda geliştirmeleridir.

Leed programı altında her biri farklı olarak tasarlanan kontrol listeleriyle; Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar (LEED-NC), Mevcut Yapılar (LEED-EB), Ticari İç Mekânlar (LEED-CI), Okullar (LEED-S), Mahalle Kalkındırma Projeleri (LEED-ND), Konutlar (LEED-Homes) ve Alışveriş Merkezleri (LEED-Retail) değerlendirilmektedir. Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar için LEED v2.2 (NC) sertifikasyon sistemi 6 kategoriden oluşmaktadır. Bu kategoriler Sürdürülebilir Araziler (Sustainable Sites), Su Etkinliği (Water Efficiency), Enerji ve Atmosfer (Energy and Atmosphere), Malzemeler ve Kaynaklar (Materials and Resources), İç Mekân Çevre Kalitesi (Indoor Air Quality) ile Tasarım ve Yenilik (Innovation and Design) olarak sıralanmaktadır. Bu kategorilerin her yapı tipi için bütün içindeki oranları farklılaşmaktadır. LEED sertifikası binanın ömrünü tamamlayana dek sürdürülebilirliğine katkıda bulunmak amacıyla, çevre dostu inşaat malzemeleri kullanarak, binalarda enerji verimliliğinin artması ve inşaat, yıkım atıkları yönetimi kullanımına yönelik teşvikler sunmaktadır.

LEED sertifikasyonunda 4 kademe bulunmaktadır. Bunlar; Sertifikalı (Certified), Gümüş (Silver), Altın (Gold) ve Platin (Platinum) dir. İlk etapta Kuzey Amerika'daki yapılar için geliştirilmiş olup, ASTM ve ASHRAE-IESNA standartlarına atıflar yapmaktadır. Farmland Trust, EPA ve ASHREA gibi kuruluşların katkılarıyla geliştirilmiş olması, bazı değerlendirme esaslarının çeşitli kaynaklardan LEED sertifikasyon sistemine aktarıldığına işaret etmektedir (Url-9).

Breeam (Building Research Establishment), İngiltere'de yapı araştırma kurumu BRE tarafından geliştirilerek, 1990 yılında uygulamaya geçirilen Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu (BREAM) kriterlere dayalı değerlendirme sisteminin ilk örneğidir. Küresel atmosfer ve kaynakların kullanımı, yerel sorunlar, iç ortam ve sağlık, çevrenin binalara etkisi gibi sorunlar BREAM tarafından ele alınmaktadır. BREEAM/Ofisler, Ecohomes, BREEAM/Parekende Hizmet Sağlayıcılar, BREEAM/Endüstriyel İşletmeler, BREEAM/Okullar gibi bir çok tipolojiye ayrılmıştır. Ayrıca İngiltere dışındaki ülkelerde yapılacak değerlendirmeler için BREEAM International, BREEAM Europe ve körfez ülkelerini içine alan BREEAM Gulf geliştirilmiştir. Performans kategorileri; Yönetim (Management), Sağlık ve Memnuniyet (Health and Well-being), Enerji (Energy), Ulaşım

(Transport), Su (Water), Malzeme (Material), Atıklar (Waste), Kirlilik (Pollution) ile Arazi Kullanımı ve Ekoloji (Land use and ecology) olarak dokuz grupta toplanmıştır (Url-10).

GreenStar Avustralya Yeşil Bina Konseyi (GBCA) tarafından 2003 yılında geliştirilen GreenStar, BREEAM ile büyük benzerlik taşımakta olup, yapıların yaşam döngüsü etkilerini değerlendirmeyi hedeflemektedir. Bu puanlama sistemi ilk aşamada ofisler için geliştirilmiş olup, tasarımları, mevcut ofis yapıları ve ofis iç mekânları değerlendirilmektedir. Bu sürümlere daha sonra alışveriş merkezleri ve eğitim binaları da eklenmiştir; günümüzde endüstri yapıları üzerinde de çalışmalar sürmektedir. GreenStar sisteminin performans kategorilerinde de enerji, malzeme ve kaynak korunumu ile iç mekân hava kalitesinin sağlanmasına ilişkin kriterler ön plana çıkmaktadır (Url-11).

Casbee Japonya Sürdürülebilir Yapı Konsorsiyumu (JSBC) ve Yeşil Bina Konseyi (JaGBC) işbirliği ile 2001’de geliştirilen Binaların Çevresel Etkinliği için Detaylı Değerlendirme Sistemi (CASBEE) Japonya’nın yanı sıra Asya ülkelerinin de sürdürülebilirlik esaslarını dikkate alarak hazırlanmıştır (Url-12). CASBEE değerlendirme süreci diğer sistemlerden oldukça farklı bir yaklaşımla yürütülmekte olup, iki esasa dayalıdır. Aynı zamanda devlet eli ile yürürlüğe girmesi diğer sertifikalardan ayırmaktadır. Diğer sistemler ile karşılaştırıldığında oldukça karmaşık bir sistem olarak görülen CASBEE, metodolojisi ve dökümantasyonlarının çoğunun Japonca olması nedeni ile oldukça lokal bir uygulama alanı bulmaktadır. Uygulamaya ilişkin sorunlar: Kanuni zorunluluk olmadan uygulanan bu sertifikalandırma sistemlerin yapı sektörüne çevresel duyarlılık yönünde ivme kazandırdığı açıktır. Ancak gelişmiş ülkelerde, ulusal ve bölgesel koşullara göre hazırlanmış olması bakımından, bu sistemlerin diğer ülkelerde doğrudan uygulanması bazı güçlükleri de beraberinde getirmektedir. Bu değerlendirme sistemleri sayesinde gelişmiş ülkelerin yapı sektörlerinde sürdürülebilirlik ve çevresel performans konularında önemli adımlar atıldığı çok açıktır. Yeşil bina değerlendirme sistemleri çevresel konuların yanı sıra ekonomik ve sosyal konuları da içermeli ve bunlar “sürdürülebilir” bina değerlendirme sistemleri adını almalıdır. Gelişmekte olan ülkeler, gelişmiş ülkelere farklı olarak, ortalama yaşam standardını henüz yakalayamamış olup, ekonomik ve sosyal konularla savaşımlı içindedir ve yaşam standartları yükseltilmediği sürece çevresel sorunlar ekonomik ve

sosyal sorunların önünde yer alamamaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde devletin, yapı sektörünün, malzeme üreticilerinin ve yatırımcıların bu konularda bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

Kriterlere ve puanlama yöntemine dayalı olarak bir değerlendirme yapmak çoğunlukla sistemin şeffaflığını ve kolay uygulanmasını sağlamaktadır. Ancak bazı sertifikasyon sistemlerinde her kritere eşit puan tanınması, koşulları farklı ülkelerde değerlendirme yapmayı gerçekçi kılmamaktadır. Örneğin bazı ülkeler için temiz su kaynaklarının tasarrufu ön plana çıkarken, bazı ülkeler için enerji korunumu, arsa kullanımı, toplu taşıma gibi konular ön plana çıkmaktadır.

Örneğin LEED, BREEAM ve Green Star toplu ulaşımı desteklerken, Japonya’da uygulanan CASBEE toplu taşımayı ve yakıt tasarruflu araç kullanımını ele almamaktadır. Çünkü Japonya’da zaten en yaygın ulaşım yöntemi toplu taşıma araçlarını kullanmaktır. Uygulamaya ilişkin dikkat çekici bir diğer konu da, sonuç raporlarının tek bir sayısal değer olarak ortaya konmasıdır. Bu durum sonucun kolay anlaşılabilirliğini ve değerlendirme yapılan yapılar arasında karşılaştırma kolaylığı sağlamaktadır. Ancak performans kategorilerinde elde edilen başarıya ilişkin bir fikir vermemekte, bu da performansın düşük olduğu alanda geliştirme yapılmasını engellemektedir.

3.4 Konut Kullanım Süreleri Ve Kullanıcı Davranışlarına Yönelik Çalışmalar

Konutlarda enerji verimliliği, aydınlatma enerjisi performansı çalışmaları, konuta ilişkin geniş kapsamlı araştırmaları da beraberinde getirmektedir. Çeşitli disiplinlerin çalışma konusu haline gelen konut ve konut kullanıcı davranışlarının diğer konut tipolojilerinden ayrışması nedeni ile; geliştirilmesi hedeflenen enerji performans modellerine yönelik detaylı analiz edilmesi ve buna bağlı referans değerler elde edilmesi gerekmektedir.

Türkiye’de hane halkı-aile profilleri ve konut kullanımlarına yönelik, 2011 yılında Türkiye İstatistik Kurumu TÜİK ve Aile ve Sosyal Araştırmalar Genel Müdürlüğü işbirliği ile Türkiye genelinde aile araştırması yapılmıştır. Bu araştırmada; genel hanehalkı yapısının; % 81’inin çekirdek aile, % 13’ünün geniş aile, % 6’sının da tek kişilik aileden oluştuğu tespit edilmiştir.

Tek ebeveynli ve parçalanmış ailelerin de çekirdek aile kapsamına alındığı bu çalışmada, çekirdek aile oranında önceki yıllara oranla % 8 artışa rastlanmıştır (Url-13). Araştırmada geçen aile tanımları aşağıdaki gibidir:

Tek kişilik hane: yalnızca tek bir kişinin yaşadığı hane; bu kişi yaşlı bir birey, memur, öğrenci olabilmektedir.

Çekirdek aile: anne, baba ve evlenmemiş çocuklardan oluşan aile tipi; çekirdek aile olarak tanımlanmaktadır.

Geniş aile: anne, baba ve/veya çocuklar ile büyükanne, büyükbaba, hala, amca gibi akrabalarından oluşan en az iki neslin birarada yaşadığı kalabalık aile tipi; geniş aile olarak tanımlanmaktadır. Çekirdek aileye; 6 aydan uzun bir süre büyükanne, büyükbaba gibi bir akrabanın eklenmesi olarak da kabul edilebilmektedir. Çizelge 3.3’de hanede yaşayan kişi sayısına ait yüzde oranları belirtilmiştir.

Çizelge 3.3 : Türkiye genelinde hanede yaşayan birey sayısı yüzdesi (Url-13).

Hanede Yaşayan Birey sayısı	% (Yüzde)
1	6
2	19,20
3	19,60
4	23,50
5	14,7
6	11,65
7	3,9
8	2,32
9	1,32
10 ve üzeri	2,02

Yerleşim yerlerine göre dağılımda, kentsel alanda çekirdek aileler, kırsal alanda ise geniş ailelerin daha yüksek oranda mevcut olduğu görülmektedir. Çizelge 3.4’de hane yapısının, yerleşim yerlerine göre dağılımını gösteren oranlar belirtilmektedir.

Çizelge 3.4 : Hane yapısının yerleşim yerlerine göre dağılımı (Url-13).

Yerleşim	Tek kişilik Hane	Çekirdek Aile	Geniş Aile	Öğrenciler/İşçiler
Türkiye	6	80,7	13	0,4
Kent	6,2	83	10,3	0,5
Kır	5,8	76,2	17,9	0,1
		Üç Büyük Kent		
Ankara	9	82,2	8	0,8
İstanbul	7	81,8	10,6	0,6
İzmir	7,4	86,4	5,6	0,5

Hanehalkının, genellikle sabah kahvaltısı, akşam yemeği ve haftasonları biraraya geldikleri tespit edilmiştir. Aile bireylerinin hafta sonları biraraya gelme oranı % 90, akşam yemeklerinde % 89, sabah kahvaltısında ise % 73 olarak belirlenmiştir. Ülke genelinde ailelerin çocuk sahibi olma oranı Çizelge 3.5’de belirtilmiştir. Bu bilgilere göre, ülke genelinde ilk sırayı en fazla 2 ve 3 çocuğu olan aileler almaktadır.

Çizelge 3.5 : Ailelerdeki çocuk sayısının ülke genelindeki yüzdesi (Url-13).

Sahip olunan çocuk sayısı	% (Yüzde)
Yaşayan çocuğu olmayan	6,4
1 Çocuk	12,9
2 Çocuk	27,9
3 Çocuk	21,3
4 Çocuk	12,4
5 Çocuk	7,3
6+ Çocuk	11,8

Yerleşim bölgesine göre, çocuk sayısı dağılımı ise, kırsal kesimde çocuk sayısının daha yüksek olduğu, kentlerde çocuk sayısının daha az olduğu şeklindedir. Çizelge 3.6’da yerleşim alanlarına göre ailelerin sahip olduğu çocuk sayısının dağılımı belirtilmektedir.

Çizelge 3.6 : Sahip olunan çocuk sayısının farklı illere göre dağılımı (Url-13).

Yerleşim alanı	Yaşayan Çocuk Yok %	1 Çocuk %	2 Çocuk %	3 Çocuk %	4 Çocuk %	5 Çocuk %	6+ Çocuk %
Türkiye	6,4	12,9	27,9	21,3	12,4	7,3	11,8
Kent	7,4	15,8	31,5	21,7	11	5,1	7,6
Kır	5	9	23	20,8	14,2	10,4	17,7
Üç Büyük Kent							
Ankara	5,8	17	34	26,6	10,8	2,5	3,3
İstanbul	8,8	18,5	36,2	22,1	7,8	3,7	2,9
İzmir	8,4	22,8	37,7	17,1	8	2,9	3,1

Kadınların çalışma durumu: Ailede kadınların çalışma durumunu tespit etmek için; Türkiye genelinde yapılan aile demografik yapı anketi:İç anadolu bölgesinden 281, marmara bölgesinden 265, Ege bölgesinden 182, Doğu Anadolu bölgesinden 100, Karadeniz bölgesinden 72, Akdeniz bölgesinden 50 olmak üzere kentte yaşayan toplam 950 aile için yapılmıştır.

Kadınların % 58,5'in ev hanımı olduğu, geri kalan oranın, % 41,5 çeşitli meslek gruplarında çalıştığı tesbit edilmiştir (Url-13).

Konutta sürekli kalan kişi sayısı: Konutların gün içinde mesai saatlerine bağlı kullanım oranı, TÜİK ve DPT Devlet Planlama Teşkilatı tarafından ortak olarak yapılan “Konutlarda Enerji Tüketimi” araştırması ile belirlenmiştir (Url-14). Çizelge 3.7’de, mesai saatleri olarak kabul edilen 08.00-18.00 arasında konutlarda bulunan kişi sayısına göre yüzde dağılımı belirtilmiştir.

Çizelge 3.7 : 08.00-18.00 saatleri arasında konutta bulunan kişi sayısı (Url-14).

Coğrafi Bölge / İl merkezi	Konut Sayısı	Konutta Bulunan Kişi Sayısı %					
		0	1	2	3	4	5+
Ankara	782.810	% 8	%24	%30	%24	%9	%5
Antalya	183.512	%5	%30	%37	%18	%5	%5
Erzurum	64.014	%0,82	%18	%23	%23	%16	%19
GaziAntep	151.998	%1,5	%15	%24	%22	%17	%20
İstanbul	2.113.488	% 6	%24	%31	%21	%12	%5
İzmir	630.992	%6	%30	%35	%17	%7	%5
Toplam	11.549.759	%4	%22	%30	%21	%12	%9

Konutlarda enerji tüketimi hesaplanmasında, konut kullanıcıları ve konut kullanım saatleri oldukça önemli olmaktadır. Çizelge 3.8’de 08-18.00 saatleri arasında boş olan konutlarda, erken dönen kişinin dönüş saatine göre konut sayısı ve oranı belirtilmektedir.

Çizelge 3.8 : Farklı illerde 08.00-18.00 saatleri arasında konut boşken eve en erken dönen kişilere ilişkin dönüş saati yüzdeleri (Url-14).

Coğrafi Bölge / İl merkezi	Konut Sayısı	Eve Dönüş saati %				
		13-15	15-17	17-19	19-21	Diğer
Ankara	58.618	% 4	%17	%64	%16	%2
Antalya	9.744	%21	%13	%59	%18	%2
Erzurum	528	%17	%17	%33	%33	-
GaziAntep	2.256	-	%57	%13	%25	%6
İstanbul	128.544	-	%5	%67	%25	%2
İzmir	43.276	%13	%16	%53	%19	-
Toplam /	501.952	%5	%14	%64	%15	%1

Konutlardaki Oda Sayısı: Konut ile ilgili önemli verilerden birisi de Türkiye genelindeki konutların sahip oldukları oda sayısıdır. Çizelge 3.9’da coğrafi bölge ve seçilmiş il merkezlerinde, oda sayısına göre konut sayısı ve oranı belirtilmektedir.

Çizelge 3.9 : İl merkezlerinde oda sayısına göre konut sayısı ve oranı (Url-14).

Coğrafi Bölge / İl merkezi	Konut Sayısı	Oda Sayısı					
		1	2	3	4	5	6+
Ankara	782.810	% 0,2	%5,7	%37	%54	%2,4	%1
Antalya	183.512	%0,4	%7,1	%40	%49	%4	%0,8
Erzurum	64.014	%0,1	%12	%51	%34	%3,2	%0,7
GaziAntep	151.998	%1,9	%20	%42	%33	%3	%0,8
İstanbul	2.113.488	% 0,2	%8	%45	%44	%1,4	%0,5
İzmir	630.992	%0,4	%6	%43	%46	%4	%0,4
Toplam	11.549.759	%0,3	%7,4	%41	%44	%6	%1,2

Bu araştırmalardan elde edilen verilere dayanarak, ülke genelindeki konutlarda yaşayan kullanıcıların; konut kullanım saatlerinin ve mekan kullanım oranlarının yaklaşık olarak tespit edilmesi, konutlarda harcanan aydınlatma enerjisinin gerçekçi bir şekilde hesaplanabilmesi açısından önem taşımaktadır. Konutlarda aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin belirlenmesinde; konutta bulunma durumları, oda ve kişi sayılarına bağlı olarak veriler, enerji gereksinim modeli geliştirilmesi açısından önem kazanmaktadır.

Konut kullanıcılarının konut kullanım süreleri ve mekan kullanım oranlarına ilişkin çalışmalar: Konutlarda kullanıcı davranışı, kullanıcı değişkenleri ve enerji tüketimine etkisi konusunda dünya genelinde bir çok çalışmaya rastlanmaktadır. Yunanistan’da yapılan bir çalışmada 158 aile’ye konut kullanım biçimleri konusunda bir anket çalışması yöneltilmiştir.

Ailelere yönelik elde edilen verilerine göre, aile profillerinin yaklaşık % 50 si geleneksel Yunan ailesi özelliği gösteren anne–baba ve 2 çocuk ya da anne-baba bir çocuk ve bir yaşlı aile büyüğünden oluşmaktadır. Aile profillerinin % 19’ luk bir kısmının ise 3 kişilik aileden oluştuğu belirlenmiştir. Çalışmada yer alan aile profilleri; aşağıdaki özelliklere bağlı olarak 3 farklı tipte incelenmiştir.

Tip 1: 4 kişilik aile – Çalışan baba– ev hanımı anne- 15 yaş üzeri ve altı 2 çocuk

Tip 2: 4 kişilik aile – Çalışan baba– çalışan anne- 15 yaş üzeri ve altı 2 çocuk

Tip 3: 5 kişilik aile – Çalışan baba– çalışan anne- 15 yaş üzeri ve altı 2 çocuk- 1 yaşlı ebeveyn

Yapılan çalışmada; konutta geçen eylemlerin saatlere göre dağılımı aşağıda yer almaktadır:

Uyku : 23.00-07.00

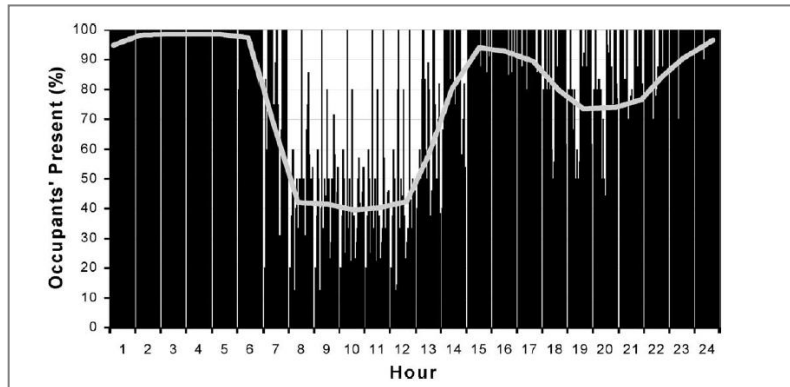
Yemek yeme : 21.00-22.00 (öğlen evde iseler 14.00-15.00)

Dinlenme-çalışma : 15.00-21.00

Ev hanımları için ev işi : 07.00-14.00

Çalışmaya göre; kullanıcıların % 90'a yakın bir bölümü 19.00-24.00 arasında tv izlemektedirler. Kullanıcıların çoğu (% 50-70 arası) akşam yemeklerini 21.00-22.00 saatleri arasında yemektedirler. Çalışan erkeklerin % 90'ı sabah 7.00'dan önce ve akşam 21.00'dan sonra evde bulunmaktadır. % 50'den fazla bir oran da akşam 16.00'dan sonra eve dönmektedir. Çalışan kadınlar erkeklere göre farklılık göstererek daha büyük bir yoğunluk akşam 16.00' dan sonra evde bulunmaktadırlar. Yaşları 5 ile 15 yaş arasındaki çocuklar gün saatleri içinde okulda oldukları için büyük bir yoğunluk akşam 20.00'den sonra ve sabah 08.00'den önce evde bulunmaktadır. Eve dönüş hareketliliği en çok 18.00 ve 20.00 saatleri arasında yaşanmaktadır (Papakostas &Sotiropoulos, 1996).

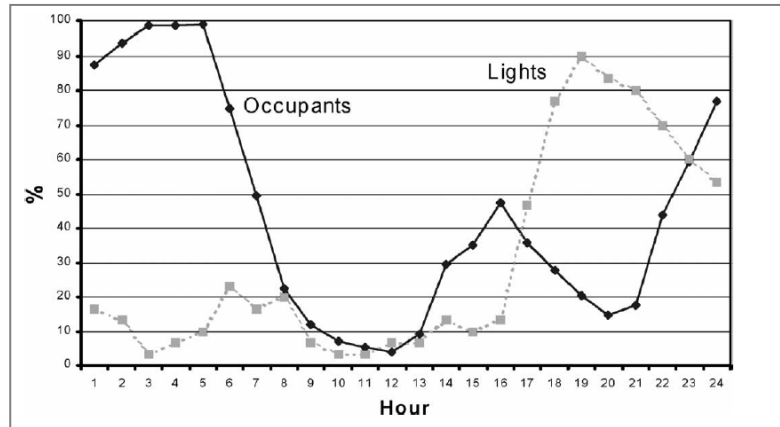
Kuveyt'te yapılan bir çalışmada ise 30 adet konut örneği ele alınmıştır ve kullanıcılara anket soruları yöneltilerek konut kullanım biçimleri ve alışkanlıklarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Yapılan anket çalışmasında evler; yaşama-yemek, yatak odası, mutfak ve banyo olmak üzere 4 farklı hacime ayrılmıştır ve konutlarda, kullanıcıların saatlere bağlı konutta bulunma durumu Şekil 3.3'de belirtilmiştir.



Şekil 3.3 : Konutta gün içinde bulunma durumu (Papakostas & Sotiropoulos, 1996).

Çalışmaya göre kullanıcıların % 90'ı 01.00-06.00 saatleri arasında yatak odasında, %50'si 14.00-22.00 arasında yaşama odasında bulunmaktadır. Yapma aydınlatmanın genel olarak 17.00 civarında (güneş batışına yakın bir saatte) aktif olarak kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Bu durum mekanlarda günışığı alımının yeterli olduğunu ifade etmektedir. Konutlarda yapma aydınlatmanın; yaşama odasında 18.00-23.00 saatleri arasında, yatak odasında ise 18.00-21.00 saatleri arasında yaklaşık % 80 gibi bir oranda aktif olduğu görülmektedir.

Genel olarak yapma aydınlatma için en yüksek aktiflik oranı tüm genel mekanlar için 20.00 olarak kabul edilebilmektedir. Ayrıca; mutfak ve banyo mekanlarında gün saatlerine göre genel bir dağılım olmakla beraber 06.00-07.00 ve 20.00-21.00 saatleri arasında yüksek oranda bir kullanım olduğu görülmektedir. Yatak odasında kullanım oranı ile yapma aydınlatmanın aktiflik durumu arasında belirgin farklar gözlenmektedir. Saat 18.00'de yapma aydınlatmanın en yoğun kullanıldığı saatler olarak kabul edildiğinde, mekanda bulunma durumunun % 20 olduğu gözlenmektedir. Bunun tersi bir durum da gece yarısından sonra; oda kullanım durumunun % 90-100 civarında iken yapma aydınlatma sisteminin % 10 ve daha az aktif olması şeklinde gözlenmiştir. Şekil 3.4'te de konut yatak odalarında saate bağlı bulunma durumu ve yapma aydınlatma kullanımı arasında doğru bir orantı olmadığı görülmektedir.



Şekil 3.4 : Yatak odasında kullanıcıların bulunma durumu ve yapma aydınlatma aktiflik oranı ilişkisi (Papakostas & Sotiropoulos, 1996).

Çalışmada belirlenen konut kullanım saatleri; “Enerwin Software” programındaki kullanıcı verileri ile karşılaştırılarak, 2 katlı ve 208 m² kullanım alanı bulunan 7 kişilik bir konut için enerji tüketim değeri, “Enerwin” programı ile yıllık 107,236 kWh çalışmadaki kullanıcı verileri baz alınarak yapılan hesaplanmada ise yıllık

gereksinim 129,745 kWh olarak belirlenmiştir (Mumin, 2003). Almanya’da 5530 apartmanda yaşayan 12000 kişinin katıldığı anket çalışmasında kullanıcıların yaş-cinsiyet durumları ve diğer değişkenler ile beraber konutta bulunma süreleri belirlenmiştir. Bu çalışmaya göre; genel konutta bulunma süresi 15,7 saat olarak tespit edilirken; bu sürenin kadınlarda 16,6 saat erkeklerde ise 14,7 saat olarak farklılaştığı görülmektedir (Brasche & Bischof, 2005).

Ian Richardson, kullanıcı değişkenlerini ve konut kullanım biçimlerini çeşitli yöntemlerle analiz ederek enerji gereksiniminin hesaplanmasında gerçekçi sonuçlara ulaşılabilmesi için kullanıcı verilerinin göz önüne alındığı tüketim modelleri geliştirmiştir. İngiltere’de 2000 yılında “TUS data survey” adı ile yapılan büyük ölçekli anket çalışmasında konut kullanıcıların konut kullanım biçimleri ve süreleri 10 dakikalık periyotlar halinde gözlemlenmiştir. Şekil 3.5’de TUS data verilerine göre haftasonu ve hafta içi gün değişkenlerine bağlı olarak, en az 1 aktif kullanıcının bulunduğu konutların gün saatlerine göre oranı belirlenmiştir. (Richardson, Thomson, 2008).

Anket çalışmasında; Markov Zinciri yöntemine göre yeni bir kullanıcı modeli geliştirilmiştir. Markov Zinciri yöntemi, gelecek durumun bir önceki duruma bağlı olarak belirli bir olasılık matrisi ile belirlenmesidir. Örnek olarak bu yöntemle göre; bir kişi 00.00’da uyuyorsa 00.10 da uyuma olasılığı 0,994 olup, 00.00 da uyanırsa, 00.10 da uyuyor olma olasılığı 0,207’dir gibi sonuçlara ulaşılabilir. Bu veriler yardımı ile geliştirilen kullanıcı modeli, mevcut TUS verileri ile karşılaştırılarak benzer değerler elde edildiği Şekil 3.5’ de görülmüştür. TUS araştırması ile kullanıcı modeli sonuçlarının gün saatleri ve konutta bulunan aktif kullanıcı açısından karşılaştırması (Richardson, 2008).

Richardson, başka bir çalışmada kullanıcı modeli ve günışığı verileri göz önüne alınarak; aydınlatma enerjisi gereksiniminin belirlenmesine ilişkin bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem yılın her ayı için hem haftasonu hem hafta içi kullanımını kapsamaktadır. Dış aydınlık miktarına bağlı olarak yapma aydınlatmanın aktif olması kabul edilen kullanıcı modeli; bu hesaplama yönteminde kullanılmıştır. TUS verileri ile modelleme yöntemi ile elde edilen sonuçlar arasında benzerlikler görülmüştür ve modelin doğruluğunu ifade etmektedir.

Konutlarda geçen eylem çeşitliliğine bağlı olarak kullanıcı davranışlarının ve konut mekanlarının kullanım biçimi bahsedilen çalışmalarda görüldüğü üzere önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Kullanıcı verilerinin doğru analiz edilmesi, binadaki enerji gereksinimi değerlerinin gerçekçi bir biçimde belirlenebilmesi için önemlidir. Konutların; diğer bina tipolojileri kadar kolaylıkla sistematize edilmemesi çeşitli kullanıcı modellerinin geliştirilmesini gerekli kılmıştır.

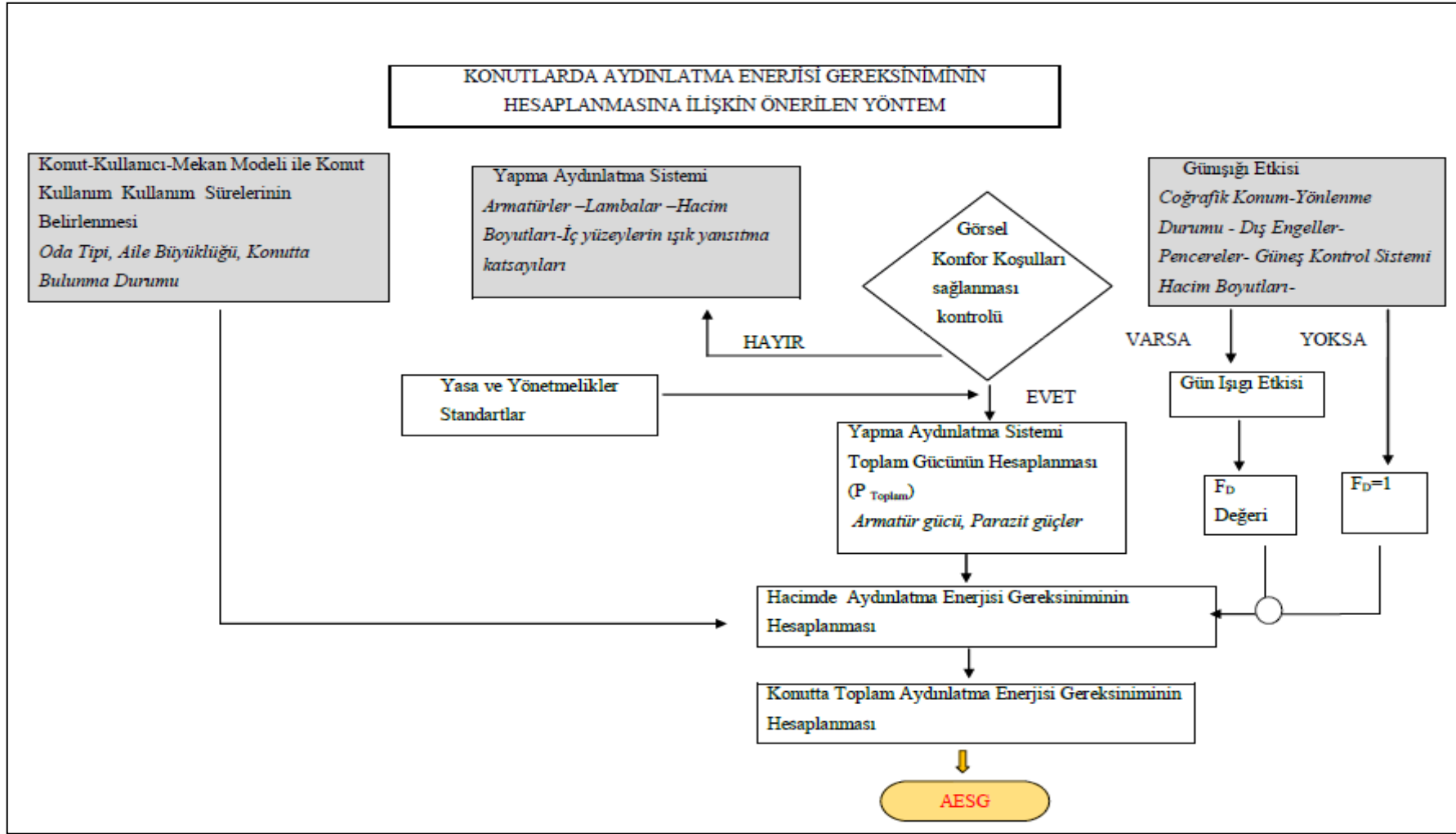
Kullanıcı davranışının, enerji tüketime önemli lde etki etmesi de konutlara özgü kullanıcı davranışları ve mekan kullanımını içeren kullanıcı modelleri ve senaryolarının geliştirilmesi açısından önemli yer tutmaktadır.

4. TÜRKİYE İÇİN KONUT BİNALARININ AYDINLATMA ENERJİSİ GEREKSİNİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN GELİŞTİRİLEN YAKLAŞIM

Bu çalışmada, Türkiye için konut binalarının aydınlatma enerjisi gereksiniminin hesaplanmasına ilişkin bir yaklaşım önerilmektedir. AB tarafından 2002/91/EC yönetmeliğini takiben EN 15193 Binalarda Enerji Performansı–Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardı yayınlanmıştır. Bu standartta; doğal aydınlatma sistemi, lambalar, armatürler, kontrol sistemleri, coğrafi konum gibi çeşitli değişkenlere bağlı olarak binanın yıllık aydınlatma enerjisi ve birim alana düşen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimini ifade eden Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi AESG (Lighting Energy Numeric Indicator-LENI) değeri hesaplanmaktadır. Bu standartta tanıtılan hesap yönteminin ofis, okul, hastane, otel, fabrika gibi kamusal işlevler için uygulanabileceği ifade edilmiş ve konut binaları kapsam dışı bırakılmıştır (EN15193,2007). 2002/91/EC yönetmeliğini takiben ülkemizde de bu konuda çalışmalar yapılmış ve EN 15193 standardı temel alınarak düzenlenen Binalarda Enerji Performansı yönetmeliği BEP-TR, 5/12/2008 tarihli ve 27075 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (BEP-TR, 2010).

BEP-TR standardında tanıtılan yöntem, ofis, eğitim yapıları, hastane, otel, sanayi yapıları için uygulanabilmekte olup, konut binaları için de konut kullanıcı sayısı, kullanım süresi gibi demografik özellikler dahil edilmeden genel bir hesaplama yöntemi önerilmektedir (BEP-TR, 2010). Bu çalışmada; konutlara ilişkin demografik özelliklerin dikkate alındığı, farklı yönelme durumları ve coğrafi konumun hacimlerdeki günışığı alımına etkisinin dahil edildiği bir yaklaşım önerilmektedir. Geliştirilen yaklaşım, konut binalarında aydınlatma enerji performansının belirlenebilmesine ilişkin detayları içermektedir. Yaklaşımın mevcut konut binalarına uygulanmasıyla aydınlatma enerjisi gereksiniminin gerçekçi bir biçimde öngörülmesi ve buna bağlı olarak aydınlatma enerjisi tasarruf potansiyelinin belirlenebilmesi hedeflenmektedir. Yaklaşımda görsel konfor koşullarının

sağlanması ön koşul olarak kabul edilmiş ve bu adımda ilgili literatürden yararlanılarak derlenen minimum aydınlık düzeyleri esas alınmıştır. Şekil 4.1’de; önerilen yaklaşıma ilişkin akış şeması yer almaktadır. Yaklaşım; yapma aydınlatma sistemine ilişkin gücün belirlenmesi, günışığı etkisi ve Konut-Kullanıcı-Mekan Modeli ile konut kullanım sürelerinin belirlenmesi olarak tanımlanan 3 ana adımdan oluşmaktadır.



Şekil 4.1 : Konutlarda aydınlatma enerjisi gereksinimini hesaplamayı öngören yaklaşıma ilişkin genel akış şeması.

Yapma aydınlatma sistemine ilişkin adımda; konuttaki her hacmin aydınlatma sistemine ait tüm armatürlerin şebekeden çektiği güç hesaplanmaktadır. Bu değerler her bir hacim için belirlenerek, P_{Toplam} elde edilir. Güneş ışığı etkisine ilişkin adımda EN 15193 standardı esas alınarak, coğrafi konum, yön, engel durumu, gölgeleme elemanları ve hacim-pencere boyutlarına bağlı olarak güneş ışığı etkisi belirlenmektedir. Konut-Kullanıcı-Mekan modelinde ise; konut hacimlerinin kullanım ve doluluk oranlarını ifade eden değerler bulanık tabanlı sistem kuralları ile çeşitli senaryolar oluşturularak belirlenmektedir. Binada acil durum aydınlatması ve otomatik kontrol sistemlerinin bulunması durumunda, parazit enerjinin eklenmesi ile toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi değeri W ve Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi-AESG değeri belirlenebilmektedir.

EN 15193; Binalarda Enerji Performansı-Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri Standardına göre bir hacimde aydınlatma enerjisi gereksiniminin belirlenebilmesi için Eşitlik 4.1 kullanılmaktadır. Eşitlik 4.1’de yer alan değişkenler aşağıda açıklanmaktadır.

$$W_{L,T} = \{(P_n \times F_c) \times ((t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_o))\} / 1000 \text{ (kWh)} \quad (4.1)$$

$W_{L,T}$: Yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi (kWh)

P_n : Bir hacim veya bölüme ilişkin toplam kurulu aydınlatma gücü (W)

F_c : Sabit aydınlık faktörü

t_D : Gün saatleri kullanımı (h)

F_o : Kullanıma bağlı faktör

F_D : Güneş ışığı Etkisi

t_N : Gün saatleri dışında kullanım (h)

Yıllık toplam aydınlatma enerjisine bağlı olarak Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi Eşitlik 4.2 ile hesaplanmaktadır.

$$AESG = W / A \text{ (kWh/m}^2 \text{ x yıl)} \quad (4.2)$$

W : Aydınlatma için kullanılan toplam yıllık enerji (kWh)

A: Binanın toplam kullanılan alanı (m^2)

4.1 Yapma Aydınlatma Sistemi

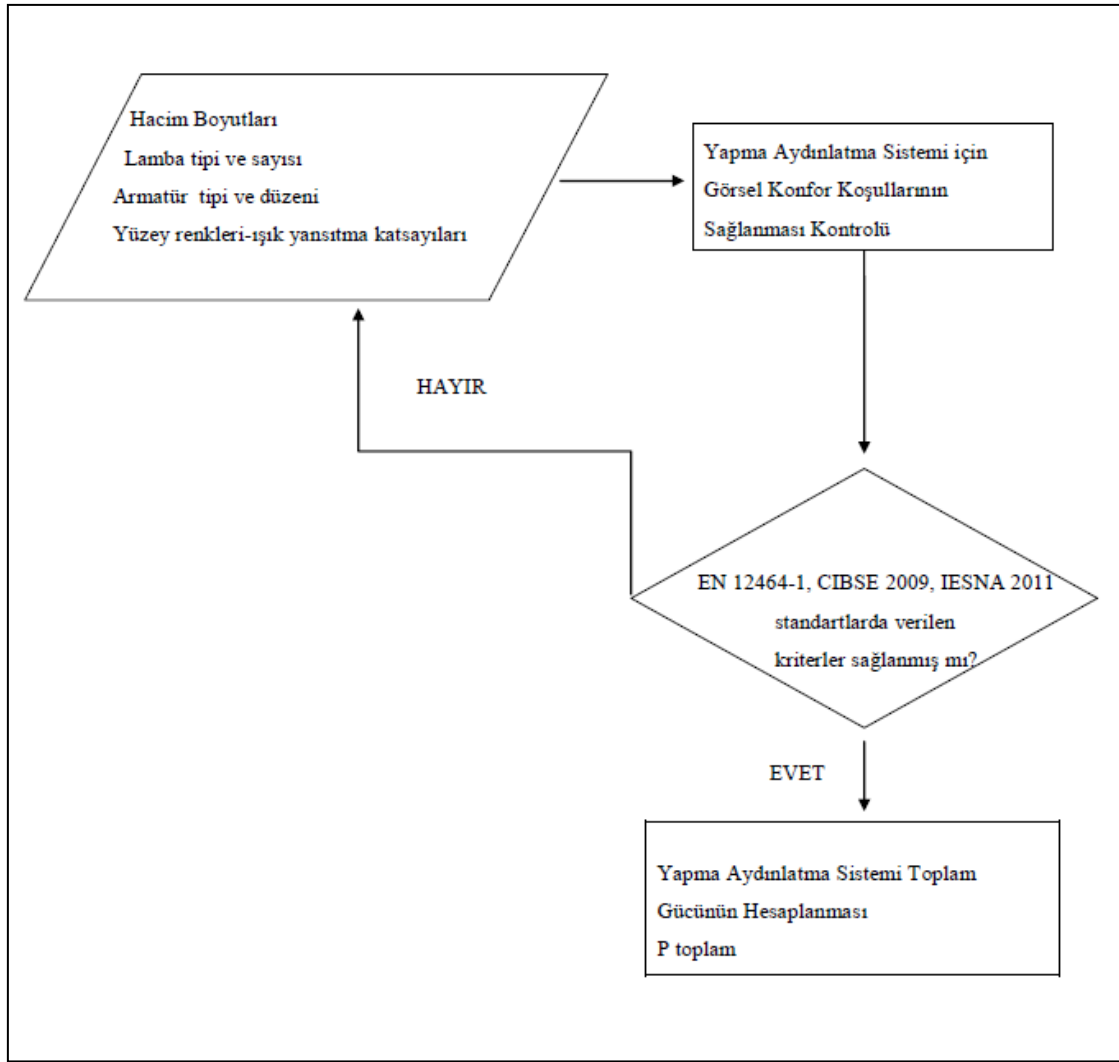
Yaklaşımın, bu adımında, öncelikle görsel konfor koşullarının sağlanmasına ilişkin kontrolün gerçekleştirilmesi ve daha sonra yapma aydınlatma sisteminin şebekeden çektiği gücün hesaplanması gerekmektedir. Aydınlatma enerjisi gereksinim değeri konutun herbir hacmi için Eşitlik 4.1'e göre hesaplanmaktadır.

4.1.1 Yapma aydınlatma sistemine ilişkin görsel konfor koşullarının sağlanmasına ilişkin kontrol

Bir konut hacminde görsel konfor koşullarının sağlanması için; işleve bağlı minimum aydınlık düzeyinin oluşturulması, parıltı farklılıklarının belirli değerlerde sınırlı olması ve kullanılan lambaların renksel geriverim değerinin görsel eylemlere uygun olması gerekmektedir. Şekil 4.2'de görsel konfor koşullarının değerlendirilmesine ilişkin adımlar belirtilmektedir. Şekilde belirtildiği üzere; hacim boyutları, lamba tipi-sayısı, armatür tipi ve yerleşim düzeni, yüzey renkleri ve ışık yansıtma katsayıları gibi değişkenlere bağlı olarak görsel konfor koşullarının sağlanması gerekmektedir.

Görsel konfor koşullarının sağlanmaması halinde, söz konusu değişkenlerin değerleri gözden geçirilerek, gerekli revizyonların yapılması önerilmektedir. Konutun her hacmi için görsel konfor koşullarının sağlanması durumunda, yapma aydınlatma sistemine ilişkin gücün hesaplanması adımına geçilmektedir.

Sonuç olarak konuttaki yapma aydınlatma sisteminin toplam gücü, günışığı etkisi ve kullanım sürelerinin hesaba katılmasıyla konutta aydınlatma için gereksinim duyulan yıllık enerji hesaplanabilmektedir. Tüm bina için yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi, konutlar için hesaplanan değerlerin toplamına ortak alanların gereksiniminin eklenmesi ile belirlenmektedir.



Şekil 4.2 : Görsel konfor koşullarının sağlanmasına ilişkin akış şeması.

Görsel konfor koşullarının sağlanması için konut hacmindeki aydınlık düzeyinin içinde geçen eylemin çeşitliliğine göre belirli değerlerde olması gerekmektedir. Aydınlık düzeyi; hacim boyutları, aygıtlar, lamba tipleri, yerleşim düzeni ve yüzeylerin ışık yansıtma katsayılarına bağlı olup en yalın hali ile lambadan çıkan ışık akısının toplam alana oranı olarak Eşitlik 4.3 ile ifade edilir. Eşitlik 4.3’de yer alan değişkenler aşağıda açıklanmaktadır.

$$E = \varnothing_T / S \quad (4.3)$$

E : Aydınlık Düzeyi (lux)

$\varnothing_T$: Alana düşen toplam ışık akısı (lumen)

S : Toplam alan (m²)

Detaylı hesap yönteminde ise, yüzeylerin ışık yansıtma katsayıları, kirlilik faktörü, verim gibi tüm etkenler gözönüne alınmaktadır. Lambaya ait ışık akısının belirlenmesinde üretici firma verilerinden yararlanılmaktadır. Hacim boyutlarına bağlı olarak Eşitlik 4.4 ile hacim indeksi k hesaplanmaktadır. Eşitlik 4.4’de yer alan değişkenler aşağıda açıklanmaktadır

$$k= a + b /h(a+b) \quad (4.4)$$

k: Hacim indeksi

a: Hacim genişliği (m)

b: Hacim derinliği (m)

h: Hacim yüksekliği (m)

Çalışma düzlemi veya aydınlık düzeyinin oluşması istenen alana gelen ışık akısı, lambanın o alana olan mesafesi ile ilişkilidir, bu da aydınlık düzeyini etkilemektedir. Eşitlik 4.5 ile çalışma düzlemi ile armatürler arasındaki mesafesi belirlenmektedir ve eşitliğe ilişkin değişkenler aşağıda açıklanmaktadır.

$$H=h-(h_1+ h_2) \quad (4.5)$$

H : Aygıtın çalışma düzlemine uzaklığı (m)

h : Hacim yüksekliği (m)

h₁: Çalışma düzleminin zeminden yüksekliği (m)

h₂: Aygıtı ait askı boyu (m)

Kirlilik faktörü-d; hacimdeki kirlenme olasılığına bağlı olarak 1,25 ile 2 arasında değişen değerler almaktadır, bir konut binasında kirlilik oranının düşük olduğu varsayılarak her durum için; d değeri 1.25 olarak kabul edilmiştir. Etkinlik faktörü η; hacim yansıtma özellikleri, armatür özellikleri gibi değişkenlere bağlı olarak Çizelge 4.1’den seçilir.

Çizelge 4.1 : Hacim yüzeyleri ışık yansıtma katsayıları ve etkinlik faktörü.

Tavan	0,80				0,50				0,30	
Duvar	0,50		0,30		0,50		0,30		0,10	0,30
Zemin	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10
Hacim indeksi	Etkinlik Faktörü η									
$k = \frac{axb}{hx(a+b)}$										
0,60	0,24	0,23	0,18	0,18	0,20	0,19	0,15	0,15	0,12	0,15
0,80	0,31	0,29	0,24	0,23	0,25	0,24	0,20	0,19	0,16	0,17
1,00	0,36	0,33	0,29	0,28	0,29	0,28	0,24	0,23	0,20	0,20
1,25	0,41	0,38	0,34	0,32	0,33	0,31	0,28	0,27	0,24	0,24
1,50	0,45	0,41	0,38	0,36	0,36	0,34	0,32	0,30	0,27	0,26
2,00	0,51	0,46	0,45	0,41	0,41	0,38	0,37	0,35	0,31	0,30
2,50	0,56	0,49	0,50	0,45	0,45	0,41	0,41	0,38	0,35	0,34
3,00	0,59	0,52	0,54	0,48	0,47	0,43	0,43	0,40	0,38	0,36
4,00	0,63	0,55	0,58	0,51	0,50	0,46	0,47	0,44	0,41	0,39
5,00	0,66	0,57	0,62	0,54	0,53	0,48	0,50	0,46	0,44	0,40

Aydınlık düzeyi E; yukarıda tanımlanan değişkenlere bağlı olarak Eşitlik 4.6 ile hesaplanmaktadır.

$$E = \frac{\Phi_T \times \eta}{A \times d} \quad (4.6)$$

E : Aydınlık Düzeyi (lux)

Φ_T : Toplam ışık akısı (lumen)

η : Etkinlik faktörü

A : Aydınlık Düzeyi hesaplanacak alan (m²)

d : Kirlilik faktörü

Hacimlerde ele alınan çalışma düzlemi üzerinde gerçekleşen aydınlık düzeyi yukarıda sıralanan adımlarda hesaplanabileceği gibi, günümüzde çeşitli simulasyon programları aracılığıyla da hesaplanabilmekte, böylelikle tasarım aşamasında çeşitli seçeneklerin değerlendirilmesi mümkün olmaktadır.

Her bir konut hacminde belirlenen aydınlık düzeyinin görsel konfor koşullarını sağlaması için, literatürden derlenerek oluşturulan Çizelge 4.2’de belirtilen değerlerin altında olmaması gerekmektedir.

Çizelge 4.2 : Konut hacimleri-işlev-aydınlık düzeyi ilişkisi.

Konut Hacimleri	İşlev	Aydınlık Düzeyi (lux)
Banyo-Wc	Genel	100
	Hazırlık-Ayna	300
Ebeveyn Yatak Odası	Genel-Giyinme	100
Mutfak	Genel	200
	Hazırlık tezgahı	300
Koridorlar-Antre	Genel	100
	Genel (IESNA)	30 zemin
Oturma Odası -Salon	Genel	100
Home Theatre-Cinema	LCD-Plazma	20 zemin
Yaşama Odası	Genel	30 zemin
Yemek Bölümü *	Genel	100
Okuma Köşesi -Çalışma Odası	Dijital çalışma	300
	Okuma-Yazma	500
Çocuk Odası	Oyun odası	300

Çizelge 4.2’de belirtilen aydınlık düzeyleri, hacimlerde işlevsel amaçlı genel aydınlatmaya ilişkin değerleri ifade etmektedir. Kişisel tercihlere göre değişkenlik gösteren dekoratif aydınlatmaya ilişkin herhangi bir kriter belirtilmemekte olup; konutta yalnızca fizyolojik-genel aydınlatma sistemi; görsel konfor koşulları açısından değerlendirilmektedir.

4.1.2 Yapma aydınlatma sistemi toplam gücünün belirlenmesi

Bir konutta yapma aydınlatma sistemine ilişkin adımda; her hacim için mevcut ya da projelendirilen aydınlatma sistemine ait lambaların şebekeden çektikleri toplam güç P_{Toplam} Eşitlik Çizelge 4.1’de yer aldığı gibi aydınlatma enerjisi gereksiniminin belirlenmesine etki etmektedir. Hacimdeki aydınlatma sistemine ait tüm lambaların

şebekeden çektiği güç; lamba tiplerine göre üretici firmanın güncel verilerinden yararlanılarak belirlenmektedir. Aydınlatma sistemindeki armatürlerin şebekeden çektiği toplam gücün dışında; hacimde bir acil durum aydınlatması ya da aydınlatma kontrol sistemi varsa bunlar da parazit güç olarak hesaplama katılmalıdır.. Eşitlik 4.1’de hesaplanan $W_{L,T}$ ’ye parazit enerjinin $W_{P,T}$ eklenmesi ile aydınlatma için kullanılan toplam enerji W_T ’ye ulaşılmaktadır. Buna göre bir konut hacminde gereken yıllık aydınlatma enerjisi toplamı W ; Eşitlik 4.8 ile ifade edilmektedir. Eşitlikte yer alan değişkenler aşağıda açıklanmaktadır.

$$W=W_L+W_P \quad (4.8)$$

W_L = Aydınlatma amaçlı tüketilen yıllık enerji

W_P = Yıllık parazit enerji

4.2 Günişığı Etkisinin Belirlenmesi

Bir hacimdeki günişığı etkisi F_D ; coğrafi konum, engel durumu, günişığına bağlı kontrol sistemi, camın ışık geçirgenliği, hacim ve pencere boyutları gibi değişkenlere bağlıdır. Bir hacimdeki günişığı aydınlığının; aydınlatma enerjisi gereksiniminin azaltılmasında etkili olabilmesi için belirli değerlere ulaşması gerekmektedir. Günişığının; aydınlatma enerjisi gereksinimine olan etkisinin hesaplanmasına ilişkin genel akış şeması Şekil 4.3’de belirtilmiştir. Yapma aydınlatma sisteminin enerji gereksiniminin belirlenmesi aşamasından önce, istenen aydınlık düzeyinin sağlanması, seçilen lambaların renksel geriverim açısından değerlendirilmesi ve parıltı kontrolü amacıyla uygun armatürlerin seçilmesi gereklidir.

EN 15193 hesap yöntemine göre hacimdeki günışığı sınıfının belirlenmesi için gereken D değeri Eşitlik 4.11 ile elde edilebilmektedir.

$$D = D_C \cdot t \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \quad (4.11)$$

t: Cam ışık geçirgenliği

k1: Pencere doğrama çarpanı

k2: Cam kirlilik faktörü

k3: Dik gelmeyen ışık düzeltmesi

D_C ve D değerlerine bağlı olarak EN 15193'te ve BEP-TR'de yer alan tablolara göre günışığı sınıfı; etkisiz, zayıf, orta veya güçlü olmak üzere belirlenebilmektedir (BEP-TR, EN15193). Günışığı etkisi F_D ; belirlenen günışığı sağlama faktörü ve günışığına bağlı yapma aydınlatma kontrolü değerleri ile Eşitlik 4.12'ye göre hesaplanmaktadır.

$$F_{D,n} = 1 - (F_{D,S,n} \times F_{D,C,n}) \quad (4.12)$$

$F_{D,S}$: Günışığı sağlama faktörü

$F_{D,C}$: Günışığına bağlı yapma aydınlatma kontrolü faktörü

4.2.3 Yön parametresi etkisinin belirlenmesi

Hacimlerde oluşan günışığı aydınlığı; hacim-pencere boyutları, engel durumu, saydamlık oranı, camın ışık geçirgenliği, göğün parıltısı, güneşin pozisyonu, ve atmosfer koşullarına bağlıdır ve hesaplanabilmesi için öncelikle dış ortam aydınlık düzeyinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, farklı gök koşullarını ifade eden modeller geliştirilmiş ve CIE tarafından yayınlanmıştır (CIE Publication, 2003). CIE kapalı gök yönteminde, güneşin direkt etkisi hesaplara katılmadığı için, pencerelerdeki farklı yönlenme durumlarının ve gün içindeki güneş pozisyonunun hacimlerde oluşan günışığı aydınlığı üzerinde bir etkisi bulunmamaktadır. Açık gök ve ortalama gök modellerinde ise farklı yönlenme durumları; güneşin gün ve yıl içindeki pozisyonuna bağlı olarak hacimlerdeki gün ışığı aydınlığında etkili olmaktadır.

Literatürde, bu konuda yapılmış çok sayıda bilimsel çalışma bulunmaktadır. Illuminating Engineering Society The Lighting Handbook'da yer alan bir çalışmada ABD'de farklı enlemlerde bulunan şehirlerde, dört ana yön için günışığı değerleri belirlenmiş ve grafik olarak ifade edilmiştir. Bu grafiklerde; kuzey ve güney yönleri

arasında belirgin farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Doğu ve batı yönlerinde de kuzey yönüne göre daha yüksek değerler olduğu görülmektedir (IESNA, 2011).

Türkiye’de tamamen kapalı gök koşulları tüm yıl için geçerli olmamakta, kapalı açık ve ortalama gök koşulları belirli oranda etkili olmaktadır.

Yener tarafından yapılan bir çalışmada İstanbul ili için farklı yönlere bakan hacimlerde ortalama gök modeli ile günışığı aydınlığı değerleri belirlenmiştir. Bu çalışmada ara ve ana yönler ele alınmış ve değerlerin farklılıkları ortaya konmuştur. Bu değerlerde güney yönünün günışığı açısından avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır (Yener, 1998).

Ünver ve Yener tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda, farklı yönlere bakan hacimlerde günışığı aydınlığı değerleri hesaplanmış ve grafik olarak ifade edilmiştir (Ünver & Yener, 2000). Çalışmada saat 09.00 ve 15.00 için kapalı ve ortalama gök modelleri uyarınca bir hacimdeki günışığı dağılımı belirlenmiştir. CIE kapalı gök yönteminde güneşin etkisi hesaplara katılmadığı için, hacim yönünün ve zamana bağlı güneş pozisyonunun günışığı aydınlığına etkisi olmamıştır. Ortalama gök modeline göre yapılan hesaplamalarda, aynı saatler ve aynı saydamlık oranları için güneye ve kuzeye yönlendirilmiş hacimlerde günışığı değerleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır; güney cephesinde günışığının hacmin derinliklerine kadar ulaştığı ve oluşan aydınlık düzeyinin kuzey cephesinden daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu çalışma, güneş etkisinin hesaplara katılması durumunda pencerelerin yönlenmesinin hacimde oluşan günışığı aydınlığı üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır.

Küçükdoğu ve Yener tarafından yapılan çalışmada İstanbul için dört farklı yöne bakan ofis hacimlerinde aydınlatma enerjisi tüketimi değerleri; hacimde günışığına bağlı bir kontrolün olup olmama durumlarına göre hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar; günışığına bağlı yapma aydınlatma kontrolü ile güney yönüne bakan hacimlerde en yüksek tasarrufun sağlandığını göstermektedir (Yener & Küçükdoğu, 1999).

Yukarıda tanıtılan çalışmalar; hacimlerin farklı yönlenme durumlarının günışığı aydınlığına ve buna bağlı olarak da aydınlatma enerjisi gereksinimine olan etkisini ortaya koymaktadır. Bu nedenle günışığı aydınlığının yönlenmeye bağlı farklılığını hesaplara dahil etmek amacıyla bir yaklaşım geliştirilmiştir.

İncelenen çalışmalarda, düşey yüzeylerde oluşan günışığı aydınlığının; yatay düzlem aydınlık düzeyi, güneş yükseliş açısı, yüzey ve güneş azimut açıları farkının fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. CIE Açık Gök Modeli'nde düşey aydınlık düzeyinin yatay aydınlık düzeyine oranı Eşitlik 4.13 ile hesaplanabilmektedir (Aydınlı, 1981).

$$E_{H,F} = E_H \times R \quad (4.13)$$

R katsayısı, yüzey azimutu ile güneş azimutunun farkı ve güneş yükseliş açısı değişkenlerine bağlı olarak çeşitli kaynaklarda verilmiştir. Bu çalışmada Gusev'e ait R değerleri referans alınmıştır (ANON,1992).

Çalışmada öncelikle; her ayın 15. günü için sabah, öğle ve öğleden sonra saatlerini temsil eden güneş yükseliş açıları γ_s ve güneş azimut açıları α_s hesaplanmış ve 4 ana yön için güneş azimut ve cephe azimut farkı belirlenmiştir. Kaynakta verilen R değerlerine göre her ay için belirlenen değerlerin yıllık ortalaması R_{ort} olarak tanımlanmıştır. Türkiye'de farklı coğrafi konumlarda bulunan İstanbul ($41^\circ K 28^\circ D$), Kayseri ($38^\circ K 35^\circ D$) ve Antalya ($36^\circ K 30^\circ D$) illeri için hesaplanan aylık R ve R_{ort} değerleri Çizelge 4.3, 4.4 ve 4.5'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.3 : İstanbul ($41^\circ K 28^\circ D$) ili için belirlenen R ve R_{ort} değerleri.

İstanbul $41^\circ K 28^\circ D$	R değeri -Kuzey	R değeri -Batı	R değeri -Güney	R değeri -Doğu
Ocak	0,37	0,68	1,32	0,68
Şubat	0,37	0,75	1,12	0,75
Mart	0,4	0,85	0,87	0,80
Nisan	0,51	0,79	0,63	0,78
Mayıs	0,64	0,79	0,52	0,77
Haziran	0,66	0,78	0,50	0,77
Temmuz	0,65	0,78	0,50	0,77
Ağustos	0,5	0,79	0,63	0,79
Eylül	0,4	0,79	0,85	0,78
Ekim	0,37	0,75	1,07	0,73
Kasım	0,37	0,70	1,32	0,70
Aralık	0,37	0,68	1,32	0,68
Rort	0,468	0,760	0,890	0,753

Çizelge 4.4 : Kayseri (38°K 35°D) ili için belirlenen R ve R_{ort} değerleri.

Kayseri - 38°K 35°D	R değeri -Kuzey	R değeri -Batı	R değeri -Güney	R değeri -Doğu
Ocak	0,34	0,7	1,32	0,7
Şubat	0,37	0,74	1,07	0,74
Mart	0,4	0,82	0,85	0,79
Nisan	0,49	0,82	0,64	0,81
Mayıs	0,65	0,79	0,5	0,76
Haziran	0,67	0,79	0,47	0,78
Temmuz	0,65	0,78	0,5	0,78
Ağustos	0,5	0,78	0,61	0,78
Eylül	0,41	0,77	0,82	0,77
Ekim	0,37	0,76	1,07	0,75
Kasım	0,37	0,74	1,12	0,74
Aralık	0,37	0,68	1,32	0,68
Rort	0,469	0,765	0,860	0,757

Çizelge 4.5 : Antalya (36°K 30°D) ili için belirlenen R ve R_{ort} değerleri

Antalya 36°K 30°D	R değeri -Kuzey	R değeri -Batı	R değeri -Güney	R değeri -Doğu
Ocak	0,35	0,68	1,28	0,68
Şubat	0,37	0,75	1,07	0,74
Mart	0,4	0,79	0,85	0,78
Nisan	0,49	0,79	0,63	0,79
Mayıs	0,65	0,78	0,50	0,77
Haziran	0,66	0,79	0,48	0,77
Temmuz	0,65	0,79	0,5	0,79
Ağustos	0,5	0,79	0,61	0,79
Eylül	0,42	0,78	0,82	0,78
Ekim	0,41	0,78	0,90	0,78
Kasım	0,37	0,76	1,12	0,74
Aralık	0,34	0,7	1,32	0,70
Rort	0,47	0,766	0,842	0,759

Önceki bölümlerde belirtildiği gibi; EN15193’de tanımlanan hesap yönteminde farklı yönlenme durumları ele alınmamaktadır. Bu çalışmada elde edilen Rort değerlerine göre; kuzey yönü için R_{yön}=1 kabul edilerek; Çizelge 4.6’da yer alan katsayılar elde

edilmiştir. Bu katsayı; yön değişkenine bağlı olarak hesaplandığı için $R_{yön}$ katsayısı olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 4.6 : Türkiye'nin farklı illerinde hesaplanan $R_{yön}$ katsayıları.

İl	Enlem	Boylam	$R_{yön}$ katsayısı			
			Kuzey	Batı	Güney	Doğu
İstanbul	41°K	28° D	1	1,62	1,90	1,60
Kayseri	38°K	35° D	1	1,63	1,83	1,61
Antalya	36°K	30° D	1	1,62	1,79	1,62

Çizelge 4.6'de yer alan $R_{yön}$ katsayıları, yönler arasındaki farklılıkları ortaya koymaktadır. Bu çalışmada elde edilen $R_{yön}$ değerinin Eşitlik 4.11'e çarpan olarak katılması ile yön farklılıklarının hesap yöntemine dahil edilmesi önerilmektedir. Önerilen Eşitlik 4.14'e göre hesaplanan D değeri ve Eşitlik 4.10 ile hesaplanan D_C değerine bağlı olarak EN15193'te verilen tablo yardımı ile günışığı sınıfı belirlenebilmektedir.

$$D = D_C \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 R_{yön} \quad (4.14)$$

Bu adımdan sonra Şekil 4.1'de belirtilen akış şemasına göre yöntemin diğer adımları uygulanabilmektedir. Yön değişkeni $R_{yön}$; D değerine doğrudan etki ederek günışığı sınıfını etkilemektedir. Geliştirilen yaklaşım sonucunda hacimlerin günışığı sınıfının ve buna bağlı olarak da aydınlatma enerjisi gereksiniminin farklı yönlenme durumlarına göre değişkenlik gösterdiği öngörülmektedir. Hacimlerde sağlanan günışığı aydınlığının belirlenmesinde bu farklılığın göz önüne alınması ile aydınlatma enerji gereksiniminde daha gerçekçi sonuçların elde edilmesi hedeflenmektedir.

4.3 Konut-Kullanıcı-Mekan Modeli ile Konut Kullanım Sürelerinin Belirlenmesi

Konut binaları; kullanıcılarının demografik özellikleri, hacimlerin kullanılma süreleri ve eylem çeşitliliği açılarından diğer bina tipolojilerinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle diğer tipolojiler için geçerli olan enerji gereksiniminin belirlenmesine yönelik modeller ile bu yapı türünde gerçekçi sonuçlar elde edilmesi mümkün

olmamaktadır. Konut-Kullanıcı-Mekan modelinde; kullanıcı davranışlarını ve mekan kullanımını içeren modüller geliştirilerek kullanıcı davranışının aydınlatma enerjisi gereksinimine olan etkisi ortaya konmaktadır. Bu adımda; kullanıcı profilleri ve mekan kullanım süreleri temel alınarak bulanık kural tabanlı değişkenler sistemi ile senaryolar geliştirilmiş ve konuta özgü bu değişkenlerin aydınlatma enerjisi gereksinimine etkisinin gerçekçi bir biçimde belirlenmesi hedeflenmiştir.

4.3.1 Kural tabanlı değişkenler sistemi ile konut-kullanıcı-mekan modelinin geliştirilmesi

Konutlarda aydınlatma enerjisi gereksiniminin hesaplanabilmesi için konut mekanlarında; gün ışığından yararlanılan (t_D) ve yararlanılamayan (t_N) saatlerinin, konut mekanlarının kullanım oranlarını ifade eden F_A değerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Farklı demografik özelliklere sahip konut kullanıcılarının, farklı konut kullanımları gözönüne alınarak konut kullanım sürelerinin belirlenebilmesinde çok sayıda olasılık ortaya çıkmaktadır. Eşitlik 4.1’de yer alan F_o -kullanıma bağlı faktörün hesaplanabilmesi için F_A değeri belirlenmelidir. Konut mekan kullanım oranlarını ifade eden F_A değerinin, elde edilen veriler yardımı ile belirlenebilmesinde bir takım kural tabanlı seçenekler dizisi ve kullanıcı senaryoları oluşturulması önerilmektedir.

Her aile tipi ve konut kullanım durumu için kesin değerler oluşturulması olanaklı görünmediği için bir konuta ait aydınlatma enerjisi gereksiniminin hesaplanmasında; kullanıcılarının değişkenlikleri, konut kullanma biçimleri ve konut özelliklerinin belirli gruplara ayrılarak genellenmesi ve bulanık mantık kural sisteminde bulunan bulanık küme yönteminin kullanılması önerilmektedir. Klasik kümelerde tanımlanmış uzaydaki bir elemanın verilen kümeye ait olması ile olmaması arasındaki geçiş birdenbire ve kesindir. Bulanık kümelerde ise bu geçiş kademeli olarak tanımlanabilmektedir. Çeşitli üyelik dereceleri arasındaki bu geçiş bulanık kümelerin sınırlarının kesin olmayan belirsiz yapısından kaynaklanmakta olup bulanık küme kapsamındaki bir elemanın üyeliği; belirsizliği ifade etmeye çalışan bir fonksiyon ile ölçülmektedir. Bu tip bir küme, her bir nesneye 0 ile 1 arasında bir üyelik derecesi atayan bir üyelik fonksiyonu; 0 sayısı ilgili nesnenin kümenin üyesi olmadığını, 1 sayısı ilgili nesnenin kümenin tam üyesi olduğunu ve bu iki değer

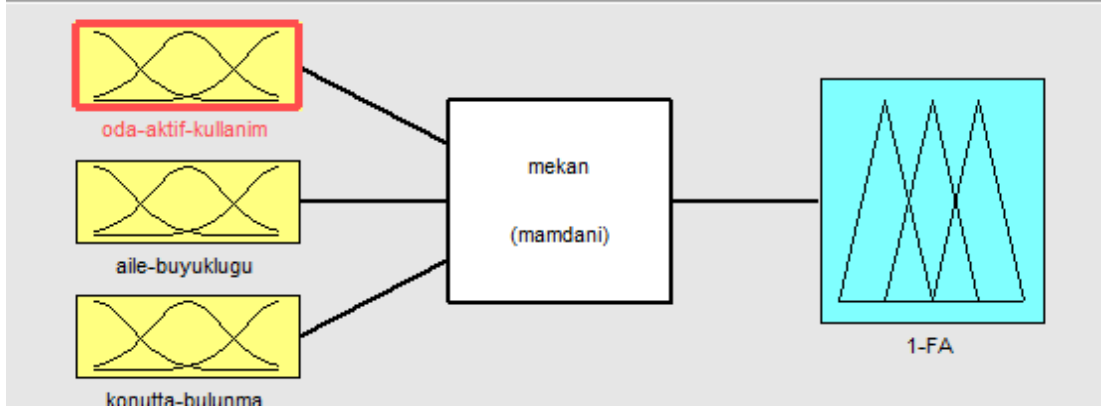
arasındaki herhangi bir sayı ise ilgili nesnenin kümeye üyelik derecesini veya kısmi üyeliğini göstermektedir (Fuzzy logic, 2010).

Son yıllarda karar verme problemlerinde sıklıkla kullanılan bulanık kural tabanlı sistemlerde; eğer-ise yapılı kuralları ile senaryo oluşturularak; “Matlab fuzzy logic toolbox” programı yardımı ile çıkarımlara ulaşılabilir. Böyle bir yaklaşımda; “eğer-ise” (if-then) kelimeleriyle ayrılmış olan iki kısım bulunmaktadır. Bunlardan eğer ile ise kelimeleri arasında bulunan kısma öncül veya ön şartlar; ise kelimesinden sonraki kısma ise soncul veya çıkarım adı verilmektedir. Bu tür ifadeler “eğer-ise” kural tabanlı biçim adı verilmektedir (Fuzzy logic,2010). Bu eğer-ise kural tabanlı biçime göre; hacim kullanım oranının ifade eden, F_A değerinin belirlenmesi için üretilen yaklaşıma ilişkin adımlar ve tanımlamalar aşağıda yer almaktadır.

Üyelik fonksiyonları: Her bir kriterin ve çıktının üyelik fonksiyonunu oluşturmak için, sistemin üyelik fonksiyonları için elde sayısal veriler bulunuyorsa onlardan yararlanılmakta olup sayısal olarak ifade edilemeyen durumlarda ise [0,10] aralığında bir fonksiyon oluşturularak; sözel veriler yardımı ile bu fonksiyon tanımlanmaktadır.

4.3.1.1 Konutlarda hacim kullanım oranı $1-F_A$ için sistem girdileri

Sistem girdileri; kurallar sisteminin oluşturulabilmesi için gerekli verileri ifade etmektedir. F_A , bir hacmin boşluk yüzdesi üzerinden kullanılmama oranı, diğer deyişle yokluk faktörü olarak tanımlanmaktadır. Sistemde girdiler doğru orantılı olarak sistem çıktısına etki etmekte olduğu için, sistem çıktısı olan değer; $1-F_A$ olarak kabul edilmektedir. Bu sistemin girdileri; oda aktif kullanım, aile büyüklüğü ve kullanıcıların konutta bulunma durumu olarak tanımlanmıştır. Her bir girdi için, üyelik fonksiyonları tanımlanarak, üyelik fonksiyonu grafikleri oluşturulmuştur. Şekil 4.4’de sistem girdileri ve çıktı bağlantısı için “Matlab–fuzzy Logic” programında oluşturulmuş arayüz şeması verilmiştir. Kural sisteminde yer alan mekan birimi; konut büyüklüğü ve aile tipine bağlı olarak: yaşama odası, mutfak, ebeveyn yatak odası, çocuk odası hacimlerini kapsamaktadır.



Şekil 4.4 : Sistem girdilerine ilişkin arayüz şeması (Matlab, 2011).

Aşağıda, sisteme ilişkin ana girdiler olan, aile büyüklüğü, konutta bulunma durumu ve oda aktif kullanımına ilişkin tanımlamalar yer almaktadır .

Aile büyüklüğü, bir ailede bulunan kişi sayısına bağlı olarak değerler alan bir sistem girdisi olarak tanımlanmıştır. Aile büyüklüğü girdisi; “küçük” aile, “orta” aile ve “büyük” aile olarak derecelendirilmiş olup Türkiye genelinde yapılan istatistikler dikkate alınarak, aile büyüklüğü fonksiyonu 1-8 (kişi sayısı) arasında değişen değerler almıştır. Buna bağlı olarak; 1 ile 3 arasında kişi sayısına sahip aileler “küçük aile”, 2 ile 6 arasında kişi sayısına sahip aileler “orta aile” 4 ile 8 kişi sayısına sahip aileler “büyük aile” olarak belirlenmiş ve Şekil 4.5’deki grafikte yamuk üyelik fonksiyonları ile üyelik dereceleri belirtilmiştir.



Şekil 4.5 : Aile büyüklüğü üyelik fonksiyonu grafiği (Matlab 2011).

Örnek olarak; 1-2 kişi sayısına sahip olan aile 1.dereceden üyelik fonksiyonu ile kesinlikle küçük aile kümesine üye olmakta; ancak 3 kişi sayısına sahip bir aile hem küçük derece ailenin hem de orta derece ailenin üyesi olmaktadır. Ailelerin tipolojileri yaşlı, genç, çocuksuz, gibi alt katmanlarına ayrılabilir.

Konutta bulunma durumu, sistem girdilerinden biri olarak tanımlanmıştır. Konutta bulunma durumu, sayısal bir değerle ifade edilemediğinden, azlık çokluk oranında derecelendirebilmek amacıyla (0-10) arasında değerler verilerek üyelik fonksiyonu oluşturulmuştur.

Buna bağlı olarak; 0-4 arasındaki değerler alan konutta bulunma durumu “az seviye konutta bulunma” 3 ile 6 arası değerler alan konutta bulunma durumu “orta seviye konutta bulunma” ve 5 ile 10 arasında değerler alan konutta bulunma durumu ise “yüksek seviye konutta bulunma” durumu olarak belirlenmiş ve Şekil 4.6’daki grafikte yamuk üyelik fonksiyonları ile üyelik dereceleri belirtilmiştir.



Şekil 4.6 : Konutta bulunma durumu üyelik fonksiyonu grafiği (Matlab 2011).

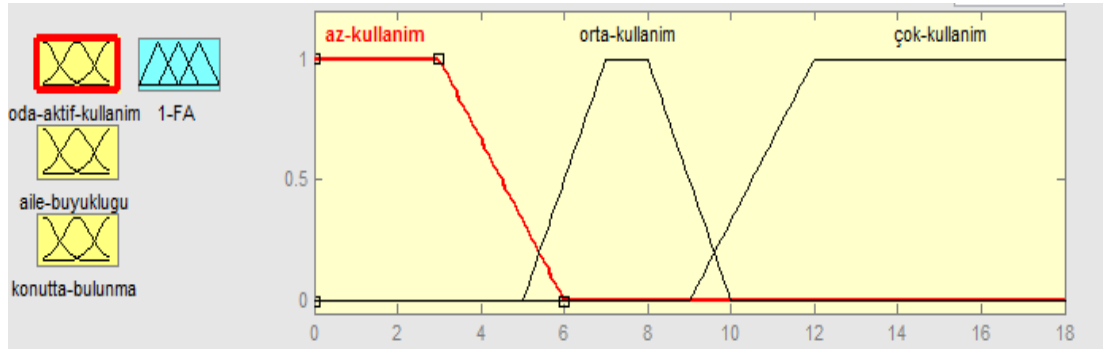
Konutta bulunma durumu “az seviye” olarak tanımlanan aileler; 08.00 -17.00 saatleri arasında evde bulunan bireyin olmadığı, okula giden çocuklara sahip ya da çocuksuz çalışan aileler olarak sınıflandırılabilir. Konutta bulunma durumu “orta seviye” olarak tanımlanan aileler; 08.00 -17.00 saatleri arasında bir ya da birkaç kişinin yarı zamanlı olarak konutta bulunduğu, eşlerden birinin yarı zamanlı çalıştığı, çocuksuz ya da çocukların yarı zamanlı okula gittiği aileler olarak tanımlanabilir. Konutta bulunma durumu “yüksek seviye” olarak tanımlanan aileler; 08.00 -17.00 saatleri arasında en az bir bireyin tam zamanlı olarak konutta bulunduğu ailelerdir. Yaşlı bakıma muhtaç çiftler, yaşlı ebeveyn, okula gitmeyen çocuklara sahip ve eşlerden birinin çalışmadığı aileler bu gruba ait olarak tanımlanmaktadır. Çizelge 4.7’de aile profillerine göre konutta bulunma seviyeleri sınıflandırılmıştır. Kuralları oluştururken, sistem girdilerinden konutta bulunma durumunun bu çizelgede belirtilen sınıflamaya göre belirlenmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.7 : Aile profillerinin sınıflandırılması

08.00 -17.00 saatleri arasında konutta bulunan bireyin olmadığı aile	Konutta Bulunma Durumu
Tam Gün Çalışan Birey –Tek kişilik aile	
Bireyleri tam gün çalışan çocuksuz aile	AZ SEVİYE
Bireyleri tam gün çalışan, çocukların tam gün okulda/kreşte bulunduğu aile	
08.00 -14.00 saatleri arasında konutta bulunan bireyin olmadığı aile	Konutta Bulunma Durumu
Yarı zamanlı Çalışan Birey –Tek kişilik aile	
Bireylerden biri yarı zamanlı çalışan ya da konut dışı diğer faaliyetlerde bulunan çocuksuz aile	ORTA SEVİYE
Bireylerden biri tam gün/yarı zamanlı çalışan, çocukları yarım gün okulda/kreşte olan aile	
08.00 -17.00 saatleri arasında konutta en az bir bireyin bulunduğu aile	Konutta Bulunma Durumu
Çalışmayan Birey –tek kişilik aile	
Bireylerden biri çalışmayan çocuksuz aile	
Bireylerden biri çalışmayan, okula gitmeyen küçük çocukların/bakıma muhtaç ebeveynlerin bulunduğu aile	YÜKSEK SEVİYE
Bireyleri tam gün çalışan, konut içinde bakıma muhtaç çocuk veya yaşlı ebeveyn bulunan aile	
Yaşlı bireylerden oluşan aile	

Oda aktif kullanımı; gün saatleri içinde konut hacimlerinin uyku eylemi dışında kullanılmasını ifade etmektedir. Geliştirilen yaklaşım aydınlatma enerjisi tüketiminin hesaplanmasına yönelik olduğu için; kullanıcıların uyku saatleri oda kullanım saatleri dışında tutulup, odaların 0-18 saat arası aktif olarak kullanıldığı, kullanıcıların 6 saatinin uykuda geçtiği kabul edilmiştir. İncelenen çalışmalar ve istatistiklere bağlı olarak konut kullanıcı fonksiyonları için gerekli girdi olan oda aktif kullanımı parametresi “az kullanım”, “orta kullanım” ve “çok kullanım” olmak üzere 3 derecelendirme biçimi ile ifade edilmiştir.

Bir hacimde kullanım oranının, o hacimde geçirilen saate bağı olarak değerlendirildiği düşünülerek üyelik fonksiyonuna kullanım saatlerini ifade eden (0,18) arası değerler verilmiştir. Oda aktif kullanım için sınır aralıkları; konut kullanıcı davranışlarına ilişkin çalışmalardan ve istatistiklerden referans alınarak belirlenmiştir. Şekil 4.7’de bir konut hacmine ilişkin aktif kullanım saat aralıkları yamuk üyelik fonksiyonu ile belirlenmiştir. Bu fonksiyona göre, 0-6 saat arası “az kullanım”, 5- 10 saat arası “orta kullanım” ve 9-18 saat “çok kullanım” olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.7 : Konutta “oda aktif kullanım” üyelik fonksiyonu grafiği (Matlab 2011).

Örnek olarak; bir konuttaki yaşama odası 2 saat kullanılıyorsa; 1. dereceden üyelik fonksiyonu ile kesinlikle “az kullanım” kümesine dahil olmakta, ancak aynı oda 4-6 saat arasında değişen saatlerde kullanılıyorsa; 0,5 ve daha az üyelik değeri ile hem “az” kullanım hem de “orta” kullanım kümesine dahil olmaktadır.

Çizelge 4.8’de önceki adımlarda belirlenen konutta bulunma durumuna göre, oda tiplerinin oda aktif kullanım sınıfları belirtilmiştir. Her konut hacmi için kural oluştururken, konutta bulunma durumuna göre oda aktif kullanımını ifade eden bu sınıflandırma esas alınmaktadır.

Çizelge 4.8 : Konutta bulunma durumları ve oda aktiflik ilişkisi

Oda Tipi	Konutta Bulunma Durumu	Oda Aktif Kullanım
Mutfak	Az Seviye	Az
	Orta Seviye	Orta
	Yüksek Seviye	Orta
Yaşama Odası	Az Seviye	Orta
	Orta Seviye	Çok
	Yüksek Seviye	Çok
Ebeveyn Yatak Odası	Az Seviye	Az
	Orta Seviye	Az
	Yüksek Seviye	Az
Çocuk Odası	Az Seviye	Orta
	Orta Seviye	Orta
	Yüksek Seviye	Çok

Sistem çıktıları: Sistem çıktısı olarak konut hacimlerinin kullanılma oranı “1-F_A” olarak belirlenmiştir. 1-F_A olarak tanımlanan sistem çıktısı; 0 ile 1 arasında değerler almaktadır.

Kurallar: Girdilere ilişkin yanıtlar; hangi çıktıyla eşleşeceğine dair sonuçlar eğer-ise (if-then) kural yapısıyla oluşturulmuştur. Bunun için “Matlab Fuzzy Logic Toolbox” programının kural oluşturma adımından yararlanılmıştır. Sistem için istenilen sayıda kural oluşturulabilmektedir. 1-F_A sonuçları için 27 adet kural belirlenmiştir ve mekan kullanım oranı ile ilgili sisteme ilişkin temel kurallar aşağıda yer almaktadır:

1- *If* (oda aktif kullanım is az) *and* (aile büyüklüğü is küçük) *and* (konutta bulunma is az) *than* (1-F_A is az)

2- *If* (oda aktif kullanım is orta) *and* (aile büyüklüğü is küçük) *and* (konutta bulunma is az) *than* (1-F_A is az)

3- *If* (oda aktif kullanım is çok) *and* (aile büyüklüğü is küçük) *and* (konutta bulunma is az) *than* (1-F_A is orta)

- 4- *If (oda aktif kullanım is az) and (aile büyüklüğü is küçük) and (konutta bulunma is orta) than (1-F_A is az)*
- 5- *If (oda aktif kullanım is orta) and (aile büyüklüğü is küçük) and (konutta bulunma is orta) than (1-F_A is orta)*
- 6- *If (oda aktif kullanım is çok) and (aile büyüklüğü is küçük) and (konutta bulunma is orta) than (1-F_A is orta)*
- 7- *If (oda aktif kullanım is az) and (aile büyüklüğü is küçük) and (konutta bulunma is yüksek) than (1-F_A is orta)*
- 8- *If (oda aktif kullanım is orta) and (aile büyüklüğü is küçük) and (konutta bulunma is yüksek) than (1-F_A is orta)*
- 9- *If (oda aktif kullanım is çok) and (aile büyüklüğü is küçük) and (konutta bulunma is yüksek) than (1-F_A is çok)*
- 10- *If (oda aktif kullanım is az) and (aile büyüklüğü is orta) and (konutta bulunma is az) than (1-F_A is az)*
- 11- *If (oda aktif kullanım is orta) and (aile büyüklüğü is orta) and (konutta bulunma is az) than (1-F_A is az)*
- 12- *If (oda aktif kullanım is çok) and (aile büyüklüğü is orta) and (konutta bulunma is az) than (1-F_A is orta)*
- 13- *If (oda aktif kullanım is az) and (aile büyüklüğü is orta) and (konutta bulunma is orta) than (1-F_A is az)*
- 14- *If (oda aktif kullanım is orta) and (aile büyüklüğü is orta) and (konutta bulunma is orta) than (1-F_A is orta)*
- 15- *If (oda aktif kullanım is çok) and (aile büyüklüğü is orta) and (konutta bulunma is orta) than (1-F_A is orta)*
- 16- *If (oda aktif kullanım is az) and (aile büyüklüğü is orta) and (konutta bulunma is yüksek) than (1-F_A is az)*
- 17- *If (oda aktif kullanım is orta) and (aile büyüklüğü is orta) and (konutta bulunma is yüksek) than (1-F_A is orta)*
- 18- *If (oda aktif kullanım is çok) and (aile büyüklüğü is orta) and (konutta bulunma is yüksek) than (1-F_A is çok)*

19- *If* (oda aktif kullanım is az) *and* (aile büyüklüğü is büyük) *and* (konutta bulunma is az) *than* (**1-F_A is az**)

20- *If* (oda aktif kullanım is orta) *and* (aile büyüklüğü is büyük) *and* (konutta bulunma is az) *than* (**1-F_A is orta**)

21- *If* (oda aktif kullanım is çok) *and* (aile büyüklüğü is büyük) *and* (konutta bulunma is az) *than* (**1-F_A is orta**)

22- *If* (oda aktif kullanım is az) *and* (aile büyüklüğü is büyük) *and* (konutta bulunma is orta) *than* (**1-F_A is orta**)

23- *If* (oda aktif kullanım is orta) *and* (aile büyüklüğü is büyük) *and* (konutta bulunma is orta) *than* (**1-F_A is orta**)

24- *If* (oda aktif kullanım is çok) *and* (aile büyüklüğü is büyük) *and* (konutta bulunma is orta) *than* (**1-F_A is çok**)

25- *If* (oda aktif kullanım is az) *and* (aile büyüklüğü is büyük) *and* (konutta bulunma is yüksek) *than* (**1-F_A is orta**)

26- *If* (oda aktif kullanım is orta) *and* (aile büyüklüğü is büyük) *and* (konutta bulunma is yüksek) *than* (**1-F_A is orta**)

27- *If* (oda aktif kullanım is çok) *and* (aile büyüklüğü is büyük) *and* (konutta bulunma is yüksek) *than* (**1-F_A is çok**)

Belirlenen 27 adet kurala ilişkin olasılıklar Çizelge 4.9’da belirtilmiştir.

Çizelge 4.9 : Matlab bulanık kural tabanlı sisteme ilişkin olasılıklar.

	Oda aktif kullanım	Aile büyüklüğü	Konutta bulunma	1-FA
1	az	küçük	az	az
2	orta	küçük	az	az
3	çok	küçük	az	orta
4	az	küçük	orta	az
5	orta	küçük	orta	orta
6	çok	küçük	orta	orta
7	az	küçük	yüksek	orta
8	orta	küçük	yüksek	orta
9	çok	küçük	yüksek	çok
10	az	orta	az	az
11	orta	orta	az	az
12	çok	orta	az	orta
13	az	orta	orta	az
14	orta	orta	orta	orta
15	çok	orta	orta	orta
16	az	orta	yüksek	az
17	orta	orta	yüksek	orta
18	çok	orta	yüksek	çok
19	az	büyük	az	az
20	orta	büyük	az	orta
21	çok	büyük	az	orta
22	az	büyük	orta	orta
23	orta	büyük	orta	orta
24	çok	büyük	orta	çok
25	az	büyük	yüksek	orta
26	orta	büyük	yüksek	orta
27	çok	büyük	yüksek	çok

Bu kuralların temelini oluşturduğu programda her girdi için tanımlanan fonksiyon aralıklarına göre; sistem çıktısı 1- F_A değeri elde edilmektedir. Aynı zamanda, *merkezi durulaştırma* yöntemi ile 3 girdi için verilen sayısal değerler yardımı ile 1- F_A buna bağlı olarak da F_A sayısal değeri elde edilebilmektedir.

Merkezi durulaştırma yöntemi: Tanımlanan kurallardan göre üyelik fonksiyonları sınır değerleri arasında sayısal değere sahip olan sistem girdileri ürün çıktısını etkilemektedir. Kural sonuçlarını daha da genellemek gerekirse, sistem girdileri için belirlenen üyelik fonksiyonu merkezi durulaştırma yöntemi ile durulaştırılarak bir ortalama sayısal değer elde edilebilmektedir. Merkezi durulaştırma yöntemi ilgili fonksiyonun ağırlık merkezine denk gelen sayısal değeri vermektedir: Örneğin; Oda Aktif Kullanım için “az kullanım” üyelik fonksiyon kümesi (0,0,3,6) değerlerinden oluşmaktadır. Bu fonksiyonun destek aralığı [0 6] kümesinden oluşmaktadır ve çekirdeği [0 3] aralığıdır. Bu aralıktaki değerlerin üyelik dereceleri 1’e eşittir. Bu kümenin merkezi durulaştırma yöntemi ile elde edilen ortalama sayısal değeri 2,3 olarak belirlenmiştir. Bunun anlamı, konut mekanı için, oda aktif kullanımı az olarak tanımlanan bir sistem girdisi için sayısal değer 2,3 olarak sisteme girilecektir. Çizelge 4.10’da merkezi durulaştırma yöntemi ile elde edilmiş $1-F_A$ değerleri yer almaktadır. Önerilen yaklaşımda, aile tipinin ve konut kullanıcılarının özgünlüğünü koruyarak belirlenen bu değerlerin kullanılması önerilmektedir.

Çizelge 4.10 : Merkezi Durulaştırma yöntemi ile elde edilen $1-F_A$ ve F_A değerleri.

Oda Aktif Kullanım	Aile büyüklüğü	Konutta Bulunma	Kural	$1-F_A$	F_A
1 az	küçük	az	az	0,13	0,87
2 orta	küçük	az	az	0,13	0,87
3 çok	küçük	az	orta	0,5	0,5
4 az	küçük	orta	az	0,13	0,87
5 orta	küçük	orta	orta	0,5	0,5
6 çok	küçük	orta	orta	0,5	0,5
7 az	küçük	yüksek	orta	0,5	0,5
8 orta	küçük	yüksek	orta	0,5	0,5
9 çok	küçük	yüksek	çok	0,87	0,13
10 az	orta	az	az	0,13	0,87
11 orta	orta	az	az	0,13	0,87
12 çok	orta	az	orta	0,5	0,5
13 az	orta	orta	az	0,13	0,87
14 orta	orta	orta	orta	0,5	0,5
15 çok	orta	orta	orta	0,5	0,5
16 az	orta	yüksek	az	0,13	0,87
17 orta	orta	yüksek	orta	0,5	0,5
18 çok	orta	yüksek	çok	0,87	0,13
19 az	büyük	az	az	0,13	0,87
20 orta	büyük	az	orta	0,5	0,5
21 çok	büyük	az	orta	0,87	0,13
22 az	büyük	orta	orta	0,5	0,5
23 orta	büyük	orta	orta	0,5	0,5
24 çok	büyük	orta	çok	0,87	0,13
25 az	büyük	yüksek	orta	0,5	0,5
26 orta	büyük	yüksek	orta	0,5	0,5
27 çok	büyük	yüksek	çok	0,87	0,13

4.3.2 Konut hacimleri için t_D ve t_N saatlerinin belirlenmesi

Konut hacimlerinin kullanım oranlarının aile profillerine göre değişkenlik gösterdiği incelenen istatistikler ve çalışmalarda görülmektedir.

Bu çalışmalardaki verilere göre konut hacimleri kullanım saatlerine ilişkin t_D (gün saatleri içinde kullanım) ve t_N (gün saatleri dışında kullanım) kabulleri yapılabilmektedir. Konut hacimlerindeki aktif kullanım saat aralıkları; günün 6 saatinin uykuda geçtiği kabul edilerek 06.00-24.00 saatleri olarak belirlenmiştir. Buna göre, konut hacimlerinin aktiflik durumu en fazla 18 saat olabilmektedir.

Konut hacimlerinin kullanım saatleri eylem çeşitliliğine göre farklılaşmaktadır. İncelenen çalışmaların ışığında; farklı hacimler için kabul edilen maksimum kullanım saatleri ve yılın en kısa -21 Aralık ve en uzun günlerini- 21 Haziran temsil eden tarihler için t_D (gün saatleri içinde kullanım) ve t_N (gün saatleri dışında kullanım) değerleri Çizelge 4.11’de yer almaktadır. Konut hacimlerindeki kullanım saatleri; belirlenen F_A değeri ile birlikte hesaplamalara katılarak, aile profili ve konut kullanım durumuna özgü sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır. Örnek olarak F_A değeri 0,9 olan bir mutfak hacmi ile F_A değeri 0,2 olan bir mutfak hacminin aydınlatma enerjisi gereksinim değerine etkisi farklı olmaktadır.

Çizelge 4.11 : 21 Haziran ve 21 Aralık tarihleri için konut hacimlerinde maksimum gün saatleri içi t_D ve gün saatleri dışı t_N kullanımı.

Oda Tipi	Hacim kullanım süresi (maksimum)	Tarih	t_D (h)	t_N (h)
Mutfak	10 saat	21 Aralık	4 saat	6 saat
		21 Haziran	8 saat	2 saat
Yaşama Odası	14 saat	21 Aralık	6 saat	8 saat
		21 Haziran	10 saat	4 saat
Ebeveyn Yatak Odası	7 saat	21 Aralık	2 saat	5 saat
		21 Haziran	5 saat	2 saat
Çocuk Odası*	17 saat	21 Aralık	9 saat	8 saat
*Çalışma odası, yaşlı bakım odası için de geçerlidir.		21 Haziran	13 saat	4 saat

Bulanık kural tabanlı senaryolar ile belirlenen F_A değerlerinin, hacim kullanım saatleri ile birlikte konut binalarındaki aydınlatma enerji performansının belirlenmesinde gerçekçi sonuçların elde edilmesi hedeflenmektedir.

Geliştirilen yaklaşım yapma aydınlatma sistemi, gnüşığı etkisi ve Konut-Kullanıcı Mekan modüllerinden oluşmakta ve bu modüllere ilişkin çeşitli parametre değerleri ele alınarak uygulanabilmektedir.

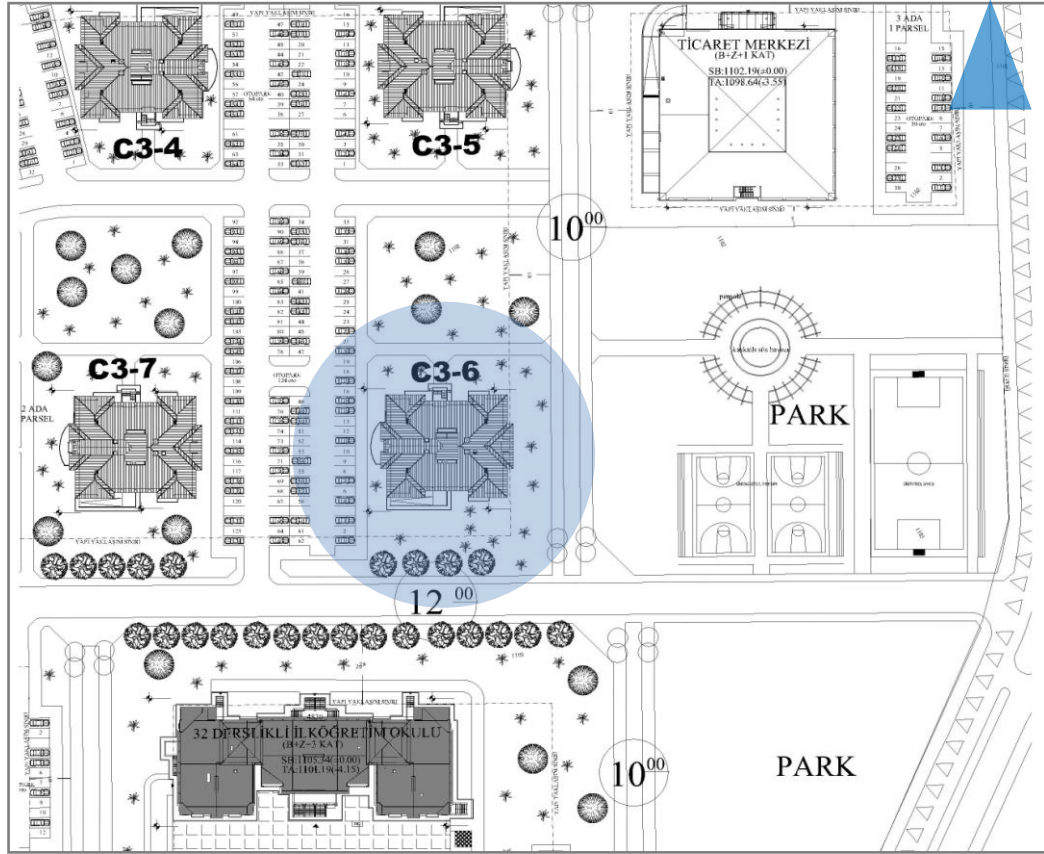
5. TÜRKİYE İÇİN KONUT BİNALARININ AYDINLATMA ENERJİSİ GEREKSİNİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN GELİŞTİRİLEN YAKLAŞIMIN UYGULANMASI

Bu bölümde; Türkiye için konut binalarının aydınlatma enerjisi gereksinimi açısından değerlendirilmesi amacıyla geliştirilen yaklaşım, ele alınan örnekler üzerinde uygulanarak farklı parametre değerlerinin sonuçlar üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur. Yaklaşım; yapma aydınlatma sistemi toplam gücünün belirlenmesi, günışığı etkisinin belirlenmesi ve Konut-Kullanıcı-Mekan Modeli ile konut kullanım sürelerinin belirlenmesi olarak tanımlanan 3 ana adımdan oluşmaktadır (Bölüm 4.1, Şekil 4.1).

Uygulama Alanı ve Ele Alınan Örnek Bina Özellikleri

Tez kapsamında; Kayseri ili Melikgazi ilçesi; TOKİ yerleşkesinde yer alan konut binası örnek olarak ele alınmıştır.

Şekil 5.1'deki vaziyet planında belirtilen C3-6 numaralı bina; arazi içerisindeki konumu, mevcut engel durumu ve yönlenmesi ile yaklaşımın uygulanması için seçilmiştir.



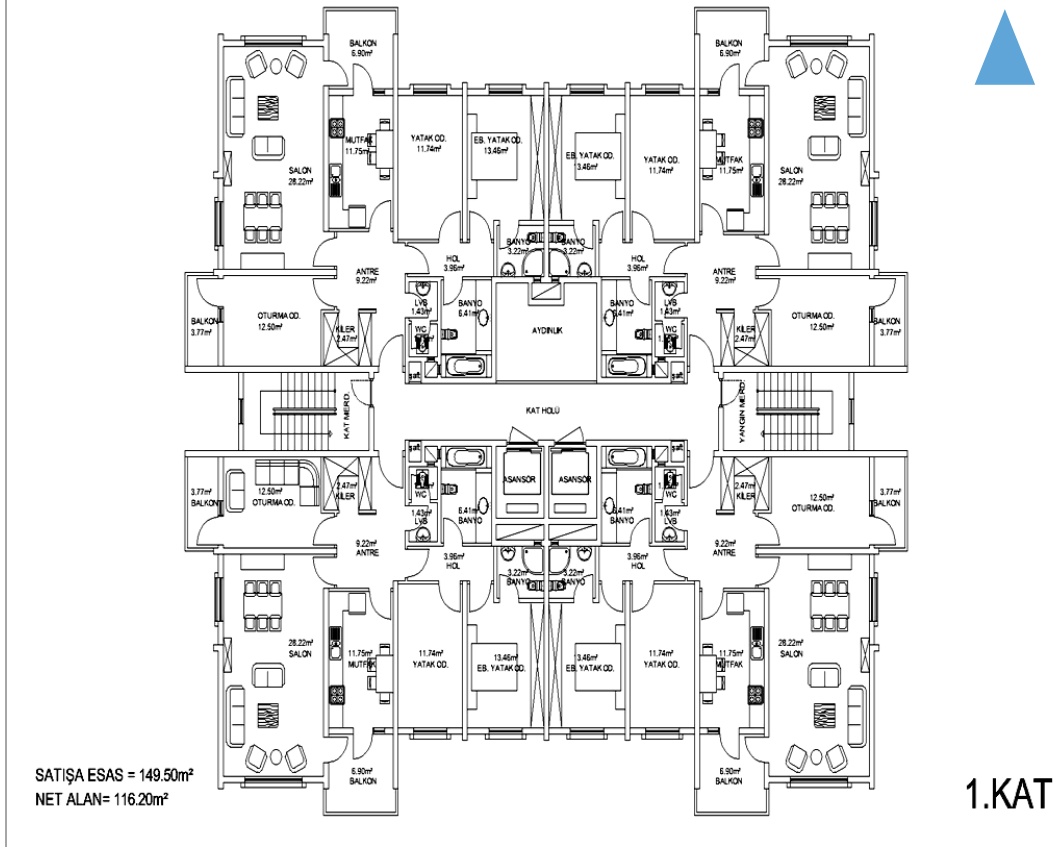
Şekil 5.2 : C3-6 no’lu konut binası mevcut vaziyet planı durumu.

Çizelge 5.1’de ele alınan örnek konut binasına ilişkin temel özellikler belirtilmiştir.

Çizelge 5.1 : Örnek konut binasına ilişkin temel özellikler.

Bina tipi	Yüksek katlı konut
Kat sayısı	Zemin + 12 kat Her katta 4 daire mevcuttur.
Daire özellikleri	Her daire 4+1 oda sayısına sahiptir ve toplam 149,50 m ² ’dir.
Yönlenme durumu	Bina kuzey-güney aksında yer almaktadır.

Örnek konutta bulunan her daire, yaşama odası (oturma odası), salon, mutfak, ebeveyn yatak odası ve çocuk odasından oluşmaktadır. Konuta ilişkin plan şeması Şekil 5.3’te yer almaktadır.



Şekil 5.3 : Örnek konut plan şeması.

Tanıtılan yaklaşıma göre; konut binası aydınlatma enerjisi gereksinimi; öncelikli olarak tek konut ölçeğinde; ortak alanların eklenmesiyle de tüm bina ölçeğinde belirlenebilmektedir. Örnek binanın; aydınlatma enerjisi gereksinimi tez çalışmasında tanıtılan yaklaşıma göre aşağıdaki adımlarda hesaplanmaktadır.

1. Yapma Aydınlatma Sistemi Toplam Gücünün Belirlenmesi
2. Güneşli Etkisinin Belirlenmesi
3. Konut- Kullanıcı- Mekan Modeli ile Konut Kullanım Sürelerinin Belirlenmesi

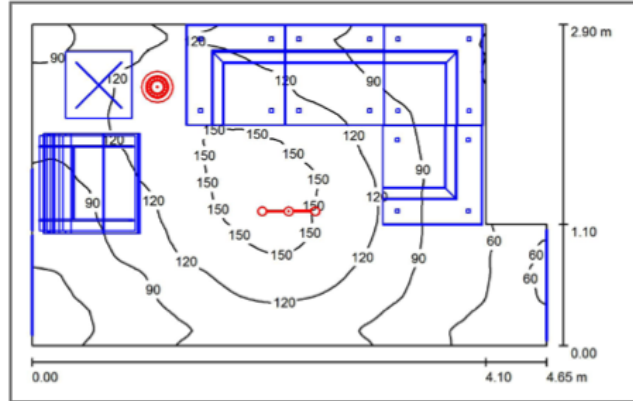
5.1 Yapma Aydınlatma Sistemi Toplam Gücünün Belirlenmesi

Yapma aydınlatma sistemine ilişkin adımda konut hacimlerindeki tüm armatürlerin şebekeden çektiği güç hesaba katılmaktadır. Bu değerler; konuta ait her hacim için belirlenmektedir. Konuta ait yapma aydınlatma sisteminin gücü; konut hacimlerinin her birindeki yapma aydınlatma tasarımına bağlıdır. Her konut hacmi için, tez çalışması kapsamında derlenerek Çizelge 4.2’de belirtilen görsel konfor koşullarının sağlanması için gerekli minimum aydınlık düzeyleri esas alınarak aydınlatma

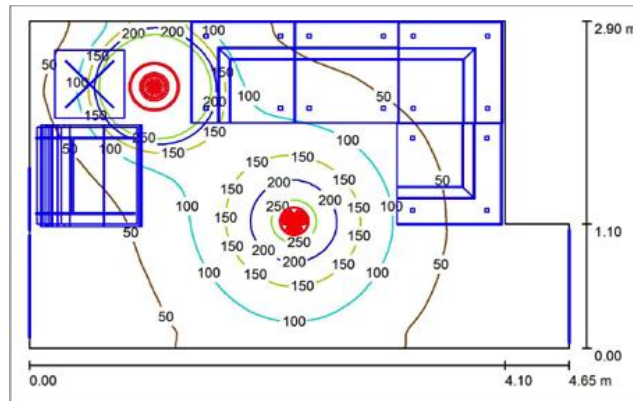
tasarımı önerilmiştir. Ele alınan örnek konut için iki farklı tasarım önerisi geliştirilmiştir. Öneri-1’de kompakt flüoresan ve halojen–akkor telli lambalar, Öneri-2’de ise Led lambalar kullanılmıştır. Konut hacimlerindeki aydınlatma tasarım önerilerine ilişkin detaylar aşağıdaki bölümlerde belirtilmiştir. Hesaplamalar ortalama genel aydınlık düzeyini belirlemek üzere yerden 0.80 m yüksekliğinde yatay çalışma düzlemi için Dialux 4.12 aracılığıyla yapılmıştır. Hacimde geçen eylemlere bağlı olarak gerekli düzlemler için ek hesaplamalar yapılmıştır.

5.1.1 Yaşama odası

Konutta; uyku saatleri dışında gündelik yaşamın büyük bir kısmının geçtiği yaşama odasında oluşturulan Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma düzlemine ilişkin izolux eğrileri Şekil 5.4 ve 5.5’te belirtilmektedir.



Şekil 5.4 : Öneri -1 için yaşama odasındaki aydınlatma tasarımı.



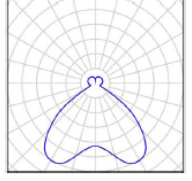
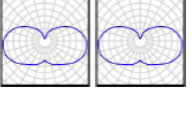
Şekil 5.5 : Öneri -2 (Led) için yaşama odasındaki aydınlatma tasarımı.

Yaşama odasında Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre; çalışma düzleminde ortalama 104 lux, zeminde ise ortalama 47 lux değerinde bir aydınlık düzeyi; Öneri-2 için yapılan hesaplamalara göre çalışma düzleminde ortalama 115 lux, zeminde ise 53 lux değerinde bir aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Bu değerler görsel konfor koşulları açısından istenen minimum aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Şekil 5.6'da yaşama odası için önerilen aydınlatma tasarımına ilişkin bir görsel yer almaktadır.



Şekil 5.6 : Yaşama odasına ilişkin görsel (Dialux 4.12,2012).

Öneri-1'e göre yaşama odasındaki aydınlatma sisteminde kompakt flüoresan lambalı bir sarkıt ve lambader bulunmaktadır. Armatür ve kullanılan lambalara ilişkin açıklamalar Şekil 5.7' ve 5.8'de belirtilmiştir. Öneri-2'de benzer tasarım kararına göre led lambalı versiyonlar kullanılmıştır.

1 Parça	Fagerhult 202238 Tundra Golv 1x26-32W FSM-E Gx24q-1 Ürün No.: 202238 Işık akısı (Işıklık): 1288 lm Işık akısı (Lambalar): 1800 lm Işıklık gücü: 27.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 82 CIE Akı Kodu: 60 91 95 82 72 Birleştirme: 1 x FSM-E GX24q-3 (Düzeltilme çarpanı 1.000).	 
1 Parça	Hess 12.13711.2 Pendant luminaire MESSINA 80 G double Ürün No.: 12.13711.2 Işık akısı (Işıklık): 2250 lm Işık akısı (Lambalar): 3600 lm Işıklık gücü: 62.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 58 CIE Akı Kodu: 19 43 71 58 62 Birleştirme: 2 x 1 x TC-D (Düzeltilme çarpanı 1.000).	 

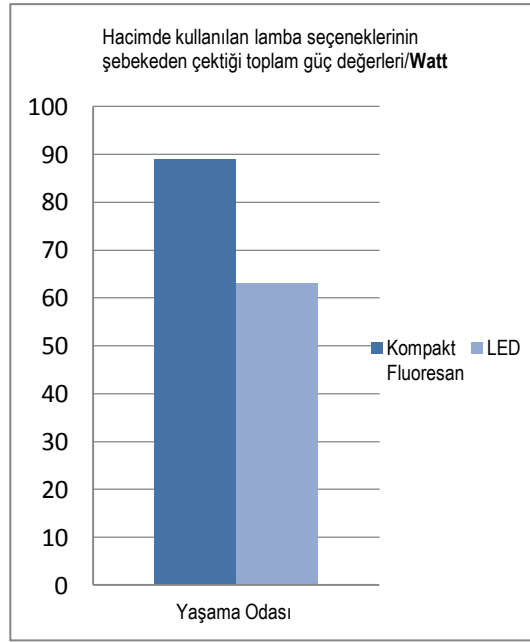
Şekil 5.7 : Yaşama odası için Öneri-1’de yer alan armatür ve lamba bilgileri.

Öneri-1’de yer alan armatürlerin şebekeden çektiği güç (W) ve üretilen ışık akısı (lm) Şekil 5.8’de belirtilmiştir. Buna göre yaşama odasında şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 89, Öneri-2 için 63 Watt olarak belirlenmiştir.

Nr.	Parça	Belirtim (Düzeltilme çarpanı)	Φ (Işıklık) [lm]	Φ (Lambalar) [lm]	P [W]
1	1	Fagerhult 202238 Tundra Golv 1x26-32W FSM-E Gx24q-1 (1.000)	1288	1800	27.0
2	1	Hess 12.13711.2 Pendant luminaire MESSINA 80 G double (1.000)	2250	3600	62.0
Toplam:			3538	Toplam: 5400	89.0

Şekil 5.8 : Yaşama odası için Öneri-1’de oluşan akısı ve harcanan güç değerleri

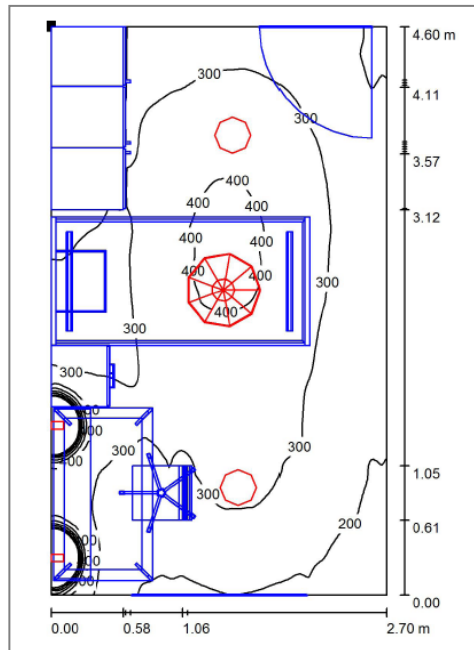
Öneri-1 ve Led lamba kullanılan Öneri-2 için yaşama odasında şebekeden çekilen güç değerlerine ilişkin karşılaştırma Şekil 5.9’da belirtilmektedir.



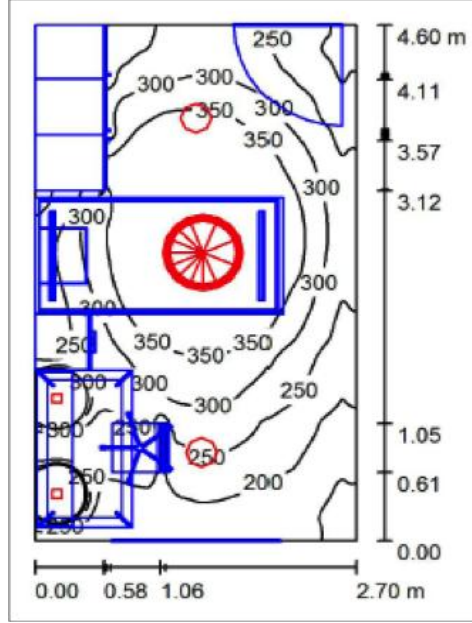
Şekil 5.9 : Yaşama odası için önerilen aydınlatma tasarımlarında; sisteme ait şebekeden çekilen güç değerleri karşılaştırma grafiği.

5.1.2 Çocuk odası

Ele alınan örnek konuttaki çocuk odası için; uyku, çalışma ve oyun aktivitelerinin aynı hacimde gerçekleşebilmesine uygun bir aydınlatma tasarımı önerilmiştir. Çocuk odası için oluşturulan Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma düzlemine ilişkin izolux eğrileri Şekil 5.10 ve 5.11’de belirtilmektedir.



Şekil 5.10 : Öneri-1 için çocuk odasındaki aydınlatma tasarımı.



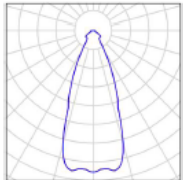
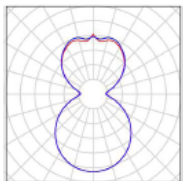
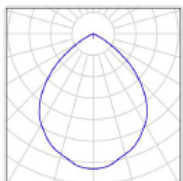
Şekil 5.11 : Öneri-2 (Led) için çocuk odasındaki aydınlatma tasarımı.

Çocuk odasında Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre; hacimde ortalama 324 lux değerinde aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Çalışma masası hesap yüzeyinde oluşan aydınlık düzeyi ise yaklaşık olarak 500 lux'tür. Öneri-2 için yapılan hesaplamalara göre hacimde ortalama 303 lux, çalışma masası yüzeyinde yaklaşık 503 lux değerinde bir aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Bu değerler görsel konfor koşulları açısından istenen minimum aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Şekil 5.12'de çocuk odası için önerilen aydınlatma tasarımına ilişkin bir görsel yer almaktadır.



Şekil 5.12 : Çocuk odasına ilişkin görsel (Dialux 4.12).

Öneri-1'e göre çocuk odasında genel aydınlatma için kompakt flüoresan lambalı sarkıt, sıva üstü ve duvara monte sabit çalışma lambası kullanılmaktadır. Armatür ve kullanılan lambalara ilişkin açıklamalar Şekil 5.13 ve 5.14'te belirtilmiştir. Öneri-1 de benzer tasarım kararına göre Led lambalı versiyonlar kullanılmıştır.

2 Parça	Artemide M022061 FLAP TABLEAU QR-CBC35 MAX.1X35W Ürün No.: M022061 Işık akısı (Işıklık): 640 lm Işık akısı (Lambalar): 640 lm Işıklık gücü: 35.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 100 CIE Akı Kodu: 77 92 96 100 100 Birleştirme: 1 x HRGS/UB (GU4) (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
1 Parça	Fagerhult 53518 Teres Pendant Ürün No.: 53518 Işık akısı (Işıklık): 3127 lm Işık akısı (Lambalar): 5000 lm Işıklık gücü: 65.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 55 CIE Akı Kodu: 42 71 90 55 63 Birleştirme: 1 x T-R 16 (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
2 Parça	Glamox D20-S210 132 SF X Louvre Ürün No.: Işık akısı (Işıklık): 1364 lm Işık akısı (Lambalar): 2400 lm Işıklık gücü: 36.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 100 CIE Akı Kodu: 68 97 100 100 57 Birleştirme: 1 x TC-TEL 32W (Düzeltilme çarpanı 1.000).		

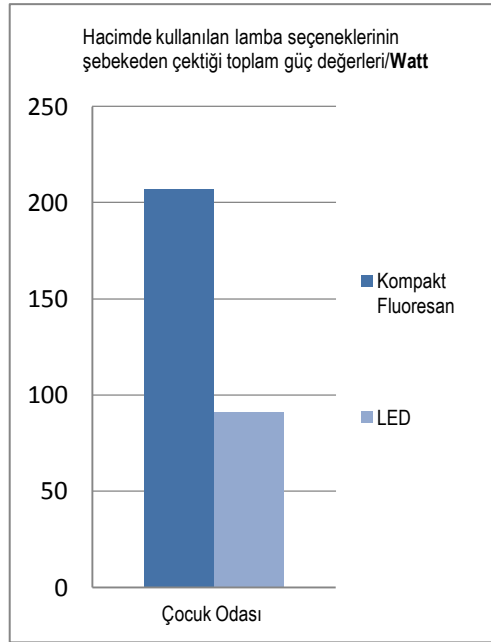
Şekil 5.13 : Çocuk odası için Öneri-1'de yer alan armatür ve lamba bilgileri.

Öneri-1'de yer alan armatürlerin şebekeden çektiği güç (W) ve üretilen ışık akısı (lm) Şekil 5.14'de belirtilmiştir. Buna göre çocuk odasında şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 207, Öneri-2 için 91 Watt olarak belirlenmiştir.

Nr.	Parça	Belirtim (Düzeltilme çarpanı)	Φ (Işıklık) [lm]	Φ (Lambalar) [lm]	P [W]
1	2	Artemide M022061 FLAP TABLEAU QR-CBC35 MAX.1X35W (1.000)	640	640	35.0
2	1	Fagerhult 53518 Teres Pendant (1.000)	3127	5000	65.0
3	2	Glamox D20-S210 132 SF X Louvre (1.000)	1364	2400	36.0
Toplam:			7134	11080	207.0

Şekil 5.14 : Çocuk odası için Öneri-1'de oluşan ışık akısı ve harcanan güç değerleri.

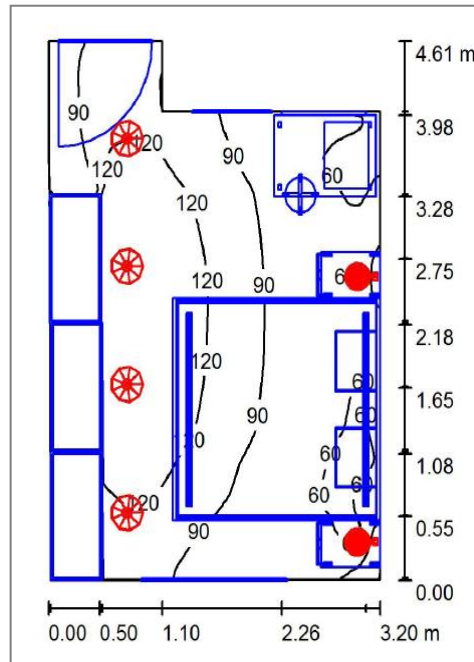
Öneri-1 ve Led kullanılan Öneri-2 için çocuk odasında şebekeden çekilen güç değerlerine ilişkin karşılaştırma Şekil 5.15'de belirtilmektedir.



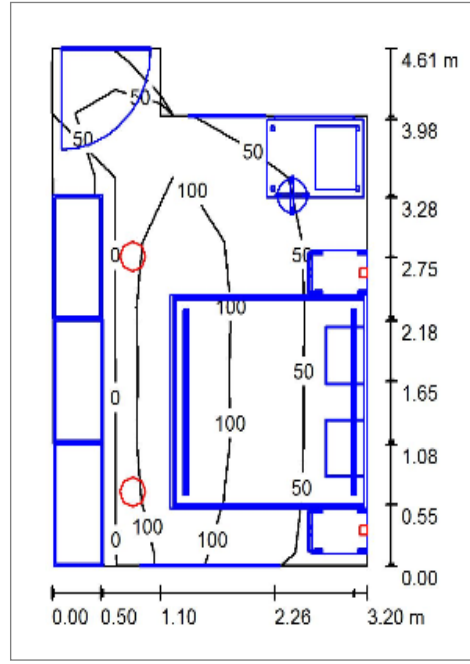
Şekil 5.15 : Çocuk odası için önerilen aydınlatma tasarımlarında; sisteme ait şebekeden çekilen güç değerleri karşılaştırma grafiği.

5.1.3 Ebeveyn Yatak Odası

Ele alınan örnek konuttaki ebeveyn yatak odasında oluşturulan Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma düzlemine ilişkin izolux eğrileri Şekil 5.16 ve 5.17’de belirtilmektedir.



Şekil 5.16 : Öneri-1 için yatak odasındaki aydınlatma tasarımı.



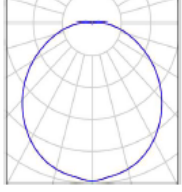
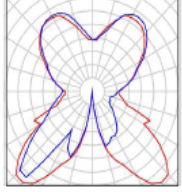
Şekil 5.17 : Öneri-2 (Led) için yatak odasındaki aydınlatma tasarımı.

Ebeveyn yatak odasında Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre ortalama 104 lux; Öneri-2 için yapılan hesaplamalara göre hacimde ortalama 102 lux değerinde bir aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Bu değerler görsel konfor koşulları açısından istenen minimum aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Şekil 5.18’de ebeveyn yatak odası için önerilen aydınlatma tasarımına ilişkin bir görsel yer almaktadır.



Şekil 5.18 : Ebeveyn yatak odasına ilişkin görsel (Dialux 4.12, 2012).

Öneri-1'e göre ebeveyn yatak odasındaki aydınlatma sisteminde kompakt flüoresan lambalı sıva üstü armatür ve duvar aplikleri bulunmaktadır. Armatür ve kullanılan lambalara ilişkin açıklamalar Şekil 5.19' ve 5.20'de belirtilmiştir. Öneri-2'de benzer tasarım kararına göre Led lambalı versiyonlar kullanılmıştır.

4 Parça	Fagerhult 56513 Teres ceiling Ürün No.: 56513 Işık akısı (Işıklık): 567 lm Işık akısı (Lambalar): 1800 lm Işıklık gücü: 25.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 97 CIE Akı Kodu: 44 74 91 97 32 Birleştirme: 1 x T-R 5 (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
2 Parça	LEDSC4 05-2272-U4-82 + PAN-103-14 HOTELS Ürün No.: 05-2272-U4-82 + PAN-103-14 Işık akısı (Işıklık): 548 lm Işık akısı (Lambalar): 900 lm Işıklık gücü: 13.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 53 CIE Akı Kodu: 34 71 88 53 61 Birleştirme: 1 x TC-D 13/840 (Düzeltilme çarpanı 1.000).		

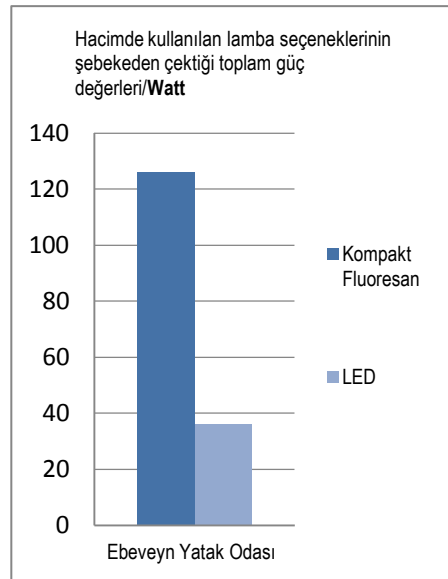
Şekil 5.19 : Yatak odası için Öneri-1'de yer alan armatür ve lamba bilgileri.

Öneri-1'de yer alan armatürlerin şebekeden çektiği güç (W) ve üretilen ışık akısı (lm) Şekil 5.20'de belirtilmiştir. Buna göre ebeveyn yatak odasında şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 126, Öneri-2 için 36 Watt olarak belirlenmiştir.

Nr.	Parça	Belirtim (Düzeltilme çarpanı)	Φ (Işıklık) [lm]	Φ (Lambalar) [lm]	P [W]
1	4	Fagerhult 56513 Teres ceiling (1.000)	567	1800	25.0
2	2	LEDSC4 05-2272-U4-82 + PAN-103-14 HOTELS (1.000)	548	900	13.0
Toplam:			3364	9000	126.0

Şekil 5.20 : Yatak odası için Öneri-1'de oluşan ışık akısı ve harcanan güç değerleri.

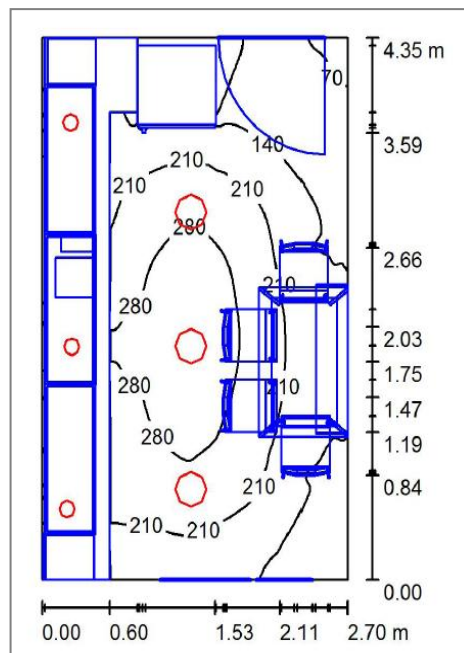
Öneri-1 ve Led kullanılan Öneri-2 için ebeveyn yatak odasında şebekeden çekilen güç değerlerine ilişkin karşılaştırma Şekil 5.21'de belirtilmektedir.



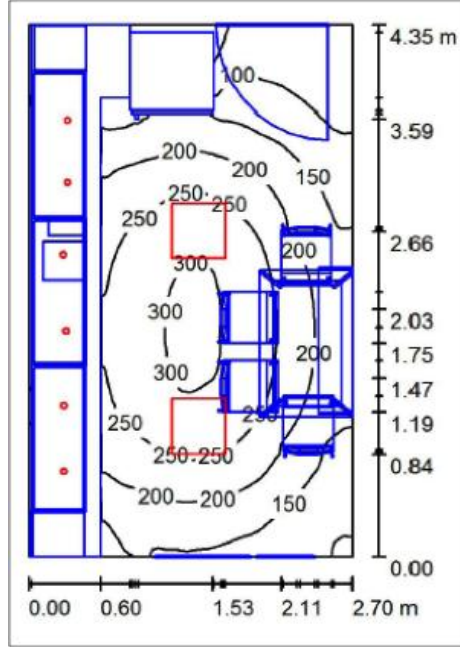
Şekil 5.21 : Yatak odası için önerilen aydınlatma tasarımlarında sisteme ait; şebekeden çekilen güç değerleri karşılaştırma grafiği.

5.1.4 Mutfak

Ele alınan örnek konuttaki mutfak için oluşturulan Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma düzlemine ilişkin izolux eğrileri Şekil 5.22 ve 5.23’de belirtilmektedir.



Şekil 5.22 : Öneri-1 için mutfaktaki aydınlatma aydınlatma tasarımı.



Şekil 5.23 : Öneri-2 (Led) için mutfaktaki aydınlatma tasarımı.

Mutfakta; Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre hacimde ortalama 200 lux, tezgah yüzeyinde ise ortalama 303 lux değerinde bir aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Öneri-2 için yapılan hesaplamalara göre hacimde ortalama 209 lux, tezgah yüzeyinde ise ortalama 322 lux değerinde bir aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Bu değerler görsel konfor koşulları açısından istenen minimum aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Şekil 5.24’de mutfak için önerilen aydınlatma tasarımına ilişkin bir görsel yer almaktadır.



Şekil 5.24 : Mutfak hacmine ilişkin görsel (Dialux 4.12, 2012).

Öneri-1'e göre mutfak hacminde homojen bir aydınlık düzeyi sağlanması gerekmekte olup, kompakt flüoresan lambalı sıva üstü ve tezgah üstü dolap armatürleri kullanılmıştır. Sıva üstü armatürler ile genel aydınlatma sağlanırken, tezgah üstü dolap armatürleri ile tezgah üzerinde mutfak genelinden yaklaşık 100 lux daha yüksek bir aydınlık düzeyi elde edilmektedir. Bu değerler görsel konfor koşulları açısından istenen minimum aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Armatürler ve ışık kaynaklarına ilişkin açıklamalar Şekil 5.25' ve 5.26'da belirtilmiştir. Öneri-2'de benzer tasarım kararına göre Led lambalı versiyonlar kullanılmıştır.



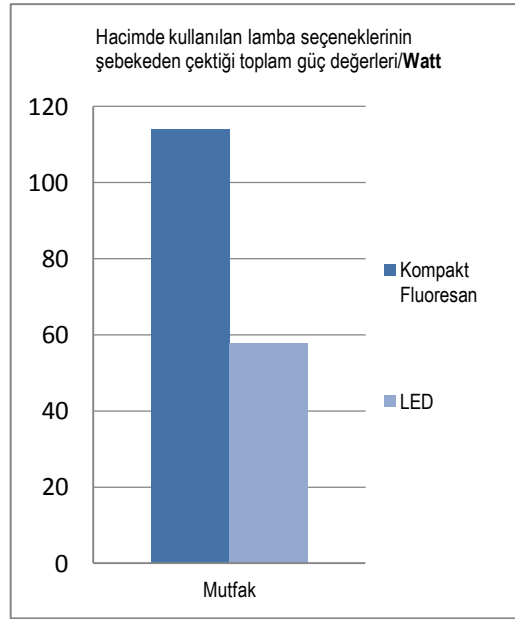
Şekil 5.25 : Mutfak için Öneri-1'de yer alan armatür ve lamba bilgileri.

Öneri-1'de yer alan armatürlerin şebekeden çektiği güç (W) ve üretilen ışık akısı (lm) Şekil 5.26'da belirtilmiştir. Buna göre mutfak hacminde şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 114, Öneri-2 için 58 Watt olarak belirlenmiştir.

Nr.	Parça	Belirtim (Düzeltilme çarpanı)	Φ (Işıklık) [lm]	Φ (Lambalar) [lm]	P [W]
1	3	Intra 4.8360.1213.0 NITOR C-CH 2x13W MB TC-D G24d-1 (1.000)	1095	1800	13.0
2	3	LTS CSA 62.750_25W CSA 62.750 20° (1.000)	191	260	25.0
Toplam:			3859	6180	114.0

Şekil 5.26 : Mutfak için Öneri-1'de oluşan ışık akısı ve harcanan güç değerleri.

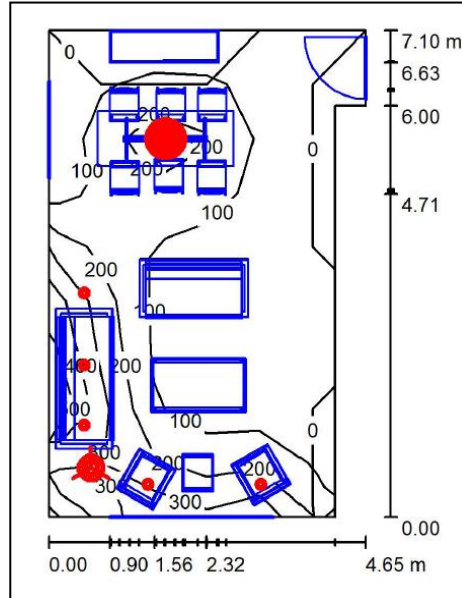
Öneri-1 ve Led kullanılan Öneri-2 için mutfak hacminde şebekeden çekilen güç değerlerine ilişkin karşılaştırma Şekil 5.27'de belirtilmektedir.



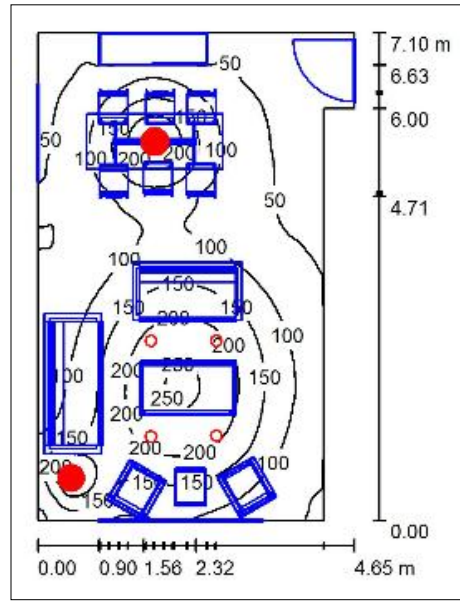
Şekil 5.27 : Mutfak için önerilen aydınlatma tasarımlarında sisteme ait; şebekeden çekilen toplam güç değerlerine ilişkin karşılaştırma grafiği.

5.1.5 Salon

Ele alınan örnek konutta salonun; gündelik yaşamın dışında konukların ağırlanması için kullanıldığı kabul edilmiştir. Salon hacminde oluşturulan Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma düzlemine ilişkin izolux eğrileri Şekil 5.28 ve 5.29’da belirtilmektedir.



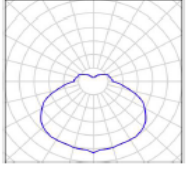
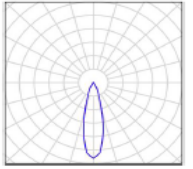
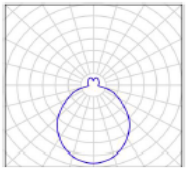
Şekil 5.28 : Öneri-1 için salondaki aydınlatma tasarımı.



Salonda; Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre hacim genelinde ortalama 136 lux, yemek için ayrılan bölümde ise 102 lux değerinde aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Öneri-2 için yapılan hesaplamalara göre hacim genelinde ortalama 113 lux, yemek için ayrılan bölümde 105 lux değerinde aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Bu değerler görsel konfor koşulları açısından istenen minimum aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Şekil 5.30'da salon için önerilen aydınlatma tasarımına ilişkin bir görsel yer almaktadır.

Öneri-1'e göre salon hacminde, sıva üstü halojen ve akkor telli; yemek için ayrılan bölümde ise sarkıt halojen lambalı armatürler kullanılmıştır. Armatürler ve ışık kaynaklarına ilişkin açıklamalar Şekil 5.31' ve 5.32'de belirtilmiştir.

Öneri-2’de ise bu tasarım kararına göre Led lambalı versiyonları kullanılmıştır.

1 Parça	LOUISPOULSEN 5741082023 PH Louvre, 1x500W E40 Ürün No.: 5741082023 Işık akısı (Işıklık): 2427 lm Işık akısı (Lambalar): 8400 lm Işıklık gücü: 500.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 80 CIE Akı Kodu: 34 64 87 80 29 Birleştirme: 1 x A110 500 W (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
5 Parça	LOUISPOULSEN 5742134420 Oslo Micro Loft hvid, 1x50W QT12 GY6,35 Ürün No.: 5742134420 Işık akısı (Işıklık): 612 lm Işık akısı (Lambalar): 950 lm Işıklık gücü: 50.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 93 CIE Akı Kodu: 97 98 99 93 65 Birleştirme: 1 x QT12, 50W GY6,35 (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
1 Parça	TOBIASGRAU MO02-0 MONEY FLOOR 110 crystal white Ürün No.: MO02-0 Işık akısı (Işıklık): 970 lm Işık akısı (Lambalar): 970 lm Işıklık gücü: 30.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 84 CIE Akı Kodu: 51 81 96 84 100 Birleştirme: 1 x LED MONEY 30W (Düzeltilme çarpanı 1.000).		

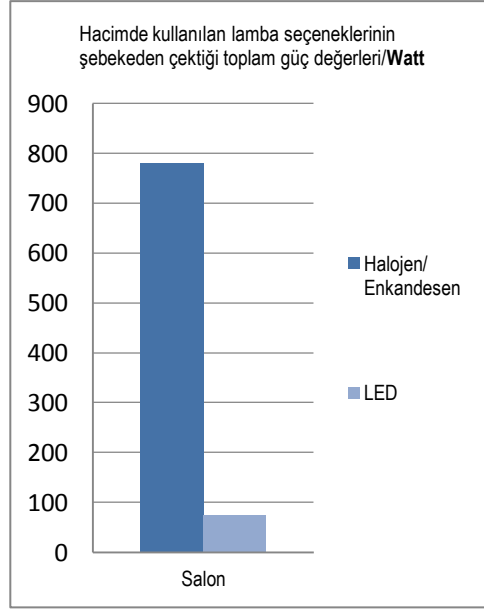
Şekil 5.31 : Salon için Öneri-1’de yer alan armatür ve lamba bilgileri.

Öneri-1’de yer alan armatürlerin şebekeden çektiği güç (W) ve üretilen ışık akısı (lm) Şekil 5.32’de belirtilmiştir. Buna göre salonda şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 780, Öneri-2 için 75 Watt olarak belirlenmiştir.

Nr.	Parça	Belirtim (Düzeltilme çarpanı)	Φ (Işıklık) [lm]	Φ (Lambalar) [lm]	P [W]
1	1	LOUISPOULSEN 5741082023 PH Louvre, 1x500W E40 (1.000)	2427	8400	500.0
2	5	LOUISPOULSEN 5742134420 Oslo Micro Loft hvid, 1x50W QT12 GY6,35 (1.000)	612	950	50.0
3	1	TOBIASGRAU MO02-0 MONEY FLOOR 110 crystal white (1.000)	970	970	30.0
Toplam:			6455	14120	780.0

Şekil 5.32 : Salon için Öneri-1’de oluşan ışık akısı ve harcanan güç değerleri.

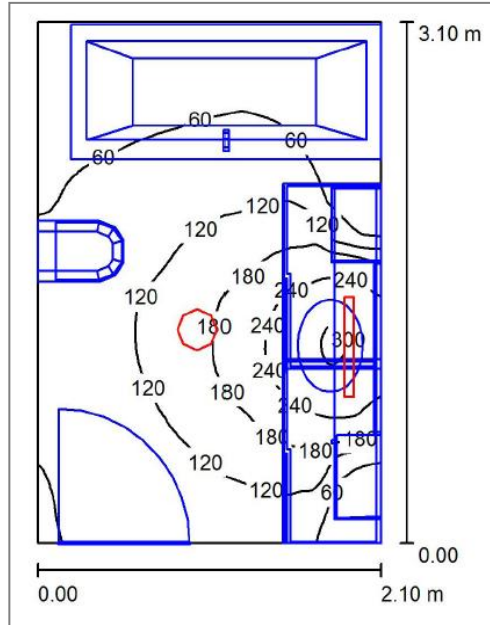
Öneri-1 ve Led lamba kullanılan Öneri-2 için salon hacminde şebekeden çekilen güç değerlerine ilişkin karşılaştırma Şekil 5.33’de belirtilmektedir.



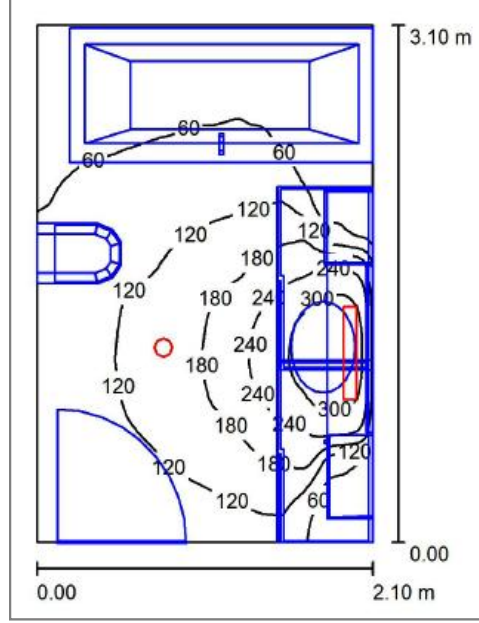
Şekil 5.33 : Salon için önerilen aydınlatma tasarımlarında sisteme ait; şebekeden çekilen toplam güç değerlerine ilişkin karşılaştırma grafiği.

5.1.6 Banyo

Ele alınan örnek konutta banyo için oluşturulan Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma düzlemine ilişkin izolux eğrileri Şekil 5.34 ve 5.35’de belirtilmektedir. Banyoda su ve su buharına dayanıklı, nem korumalı armatürlerin kullanılması tercih edilmiştir.



Şekil 5.34 : Öneri-1 için banyodaki aydınlatma tasarımı.



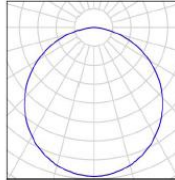
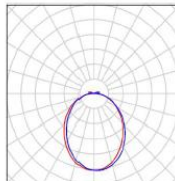
Şekil 5.35 : Öneri-2 için banyodaki aydınlatma tasarımı.

Banyoda Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre hacim genelinde ortalama 107 lux, ayna önü-tezgah düzleminde ortalama 305 lux değerinde aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Öneri-2 için yapılan hesaplamalara göre hacim genelinde ortalama 114 lux, ayna önü-tezgah düzleminde ortalama 302 lux değerinde aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Bu değerler görsel konfor koşulları açısından istenen minimum aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Şekil 5.36’da banyo için önerilen aydınlatma tasarımına ilişkin bir görsel yer almaktadır.



Şekil 5.36 : Banyo hacmine ilişkin görsel (Dialux 4.12,2012).

Öneri-1'e göre banyo hacminde su ve su buharına dayanıklı kompakt flüoresan sıva üstü, ayna önünde ise lokal aydınlatma için lineer tüp flüoresan lambalı armatür kullanılmıştır. Armatürler ve ışık kaynaklarına ilişkin açıklamalar Şekil 5.37 ve 5.38'de belirtilmiştir. Öneri-2'de benzer tasarım kararına göre Led lambalı versiyonlar kullanılmıştır.

1 Parça	BEGHELLI 69-003/124/C Ronos Ürün No.: 69-003/124/C Işık akısı (Işıklık): 776 lm Işık akısı (Lambalar): 1750 lm Işıklık gücü: 24.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 100 CIE Akı Kodu: 48 80 97 100 44 Birleştirme: 1 x T16 24W/830 (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
1 Parça	OMS UX-DOWNLIGHT 203 MAT + GL12 1x13W Ürün No.: Işık akısı (Işıklık): 484 lm Işık akısı (Lambalar): 900 lm Işıklık gücü: 14.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 94 CIE Akı Kodu: 49 78 94 94 54 Birleştirme: 1 x TC-DEL 13W/840 (Düzeltilme çarpanı 1.000).		

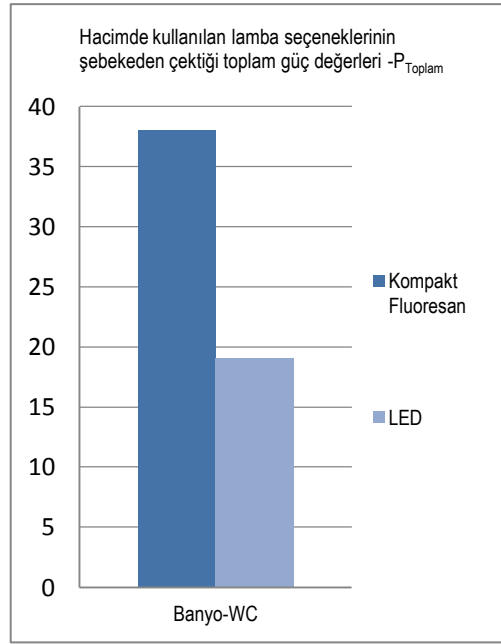
Şekil 5.37 : Banyo için Öneri-1'de yer alan armatür ve lamba bilgileri.

Öneri-1'de yer alan armatürlerin şebekeden çektiği güç (W) ve üretilen ışık akısı (lm) Şekil 5.38'de belirtilmiştir. Buna göre banyo hacminde şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 38, Öneri-2 için 19 Watt olarak belirlenmiştir.

Nr.	Parça	Belirtim (Düzeltilme çarpanı)	Φ (Işıklık) [lm]	Φ (Lambalar) [lm]	P [W]
1	1	BEGHELLI 69-003/124/C Ronos (1.000)	776	1750	24.0
2	1	OMS UX-DOWNLIGHT 203 MAT + GL12 1x13W (1.000)	484	900	14.0
Toplam:			1260	2650	38.0

Şekil 5.38 : Banyo için Öneri-1'de oluşan ışık akısı ve harcanan güç değerleri.

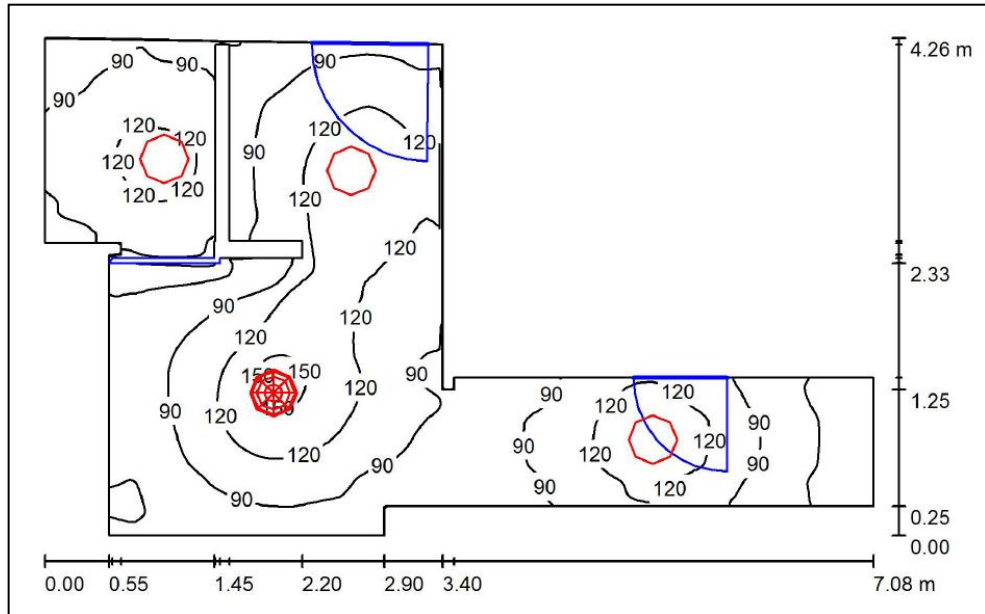
Öneri-1 ve Led lamba kullanılan Öneri-2 için banyo hacminde şebekeden çekilen güç değerlerine ilişkin karşılaştırma Şekil 5.39'da belirtilmektedir.



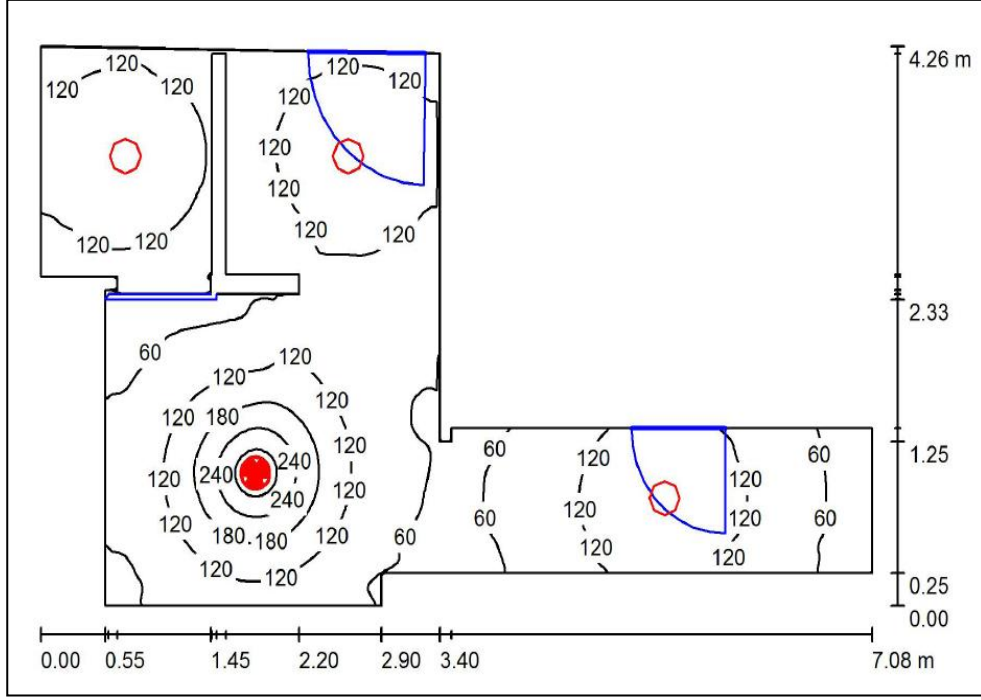
Şekil 5.39 : Banyo için önerilen aydınlatma tasarımlarında sisteme ait şebekeden çekilen toplam güç değerlerine ilişkin karşılaştırma grafiği.

5.1.7 Antre

Ele alınan örnek konutta giriş, kiler ve koridorun tamamı antre olarak kabul edilmiştir. Antre için oluşturulan Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarında yatay çalışma düzlemine ilişkin izolux eğrileri Şekil 5.40 ve 5.41’de belirtilmektedir.

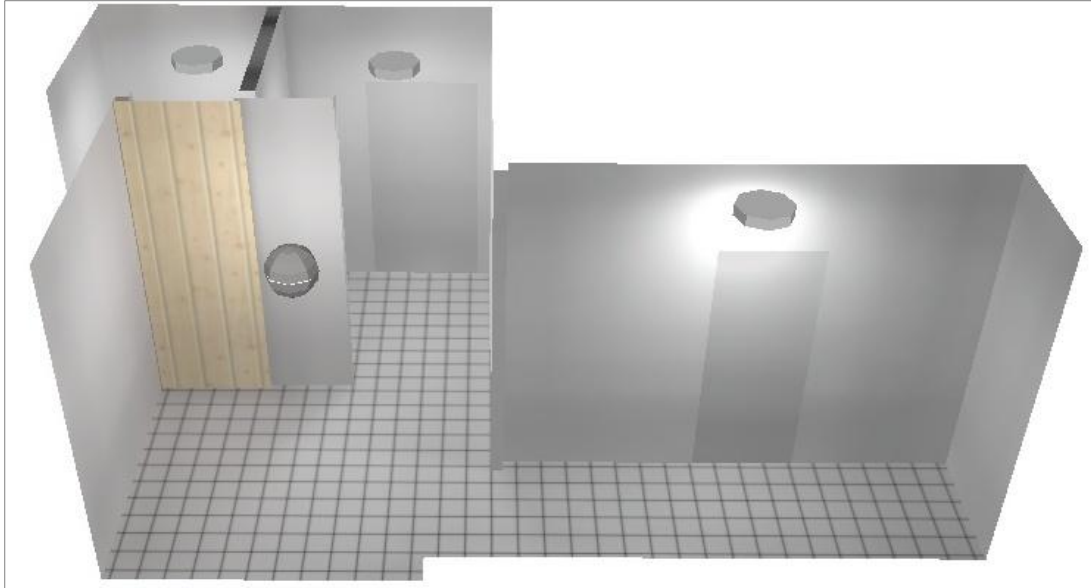


Şekil 5.40 : Öneri-1 için antredeki aydınlatma tasarımı.



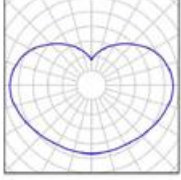
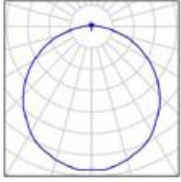
Şekil 5.41 : Öneri-2 (Led) için antredeki aydınlatma tasarımı.

Antre genelinde Öneri-1 için yapılan hesaplamalara göre ortalama 100 lux değerinde; Öneri-2 için yapılan hesaplamalara göre ortalama 112 lux değerinde bir aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Bu değerler görsel konfor koşulları açısından istenen minimum aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Şekil 5.42’de antre için önerilen aydınlatma tasarımına ilişkin bir görsel yer almaktadır.



Şekil 5.42 : Antreye ilişkin görsel (Dialux 4.12, 2012).

Öneri-1’de kompakt flüoresan lambalı sarkıt ve kompakt flüoresan sıva üstü armatür kullanılmıştır. Armatür ve kullanılan lambalara ilişkin açıklamalar Şekil 5.43 ve 5.44’de belirtilmiştir. Öneri-2’de benzer tasarım kararına göre Led lambalı versiyonlar kullanılmıştır.

1 Parça	SOLAR 5705155413280 Cafe Pendent 400 Ürün No.: 5705155413280 Işık akısı (Işıklık): 1630 lm Işık akısı (Lambalar): 1800 lm Işıklık gücü: 30.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 53 CIE Akı Kodu: 23 47 73 53 91 Birleştirme: 1 x TC-D/E (1) (Düzeltilme çarpanı 1.000).		
3 Parça	Thorn 96235047 DA 1x28w TC-DD CP CL1 OP RD L AL WHI [STD] Ürün No.: 96235047 Işık akısı (Işıklık): 1074 lm Işık akısı (Lambalar): 2050 lm Işıklık gücü: 36.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 96 CIE Akı Kodu: 45 76 93 96 52 Birleştirme: 1 x FSS 28 W (Düzeltilme çarpanı 1.000).		

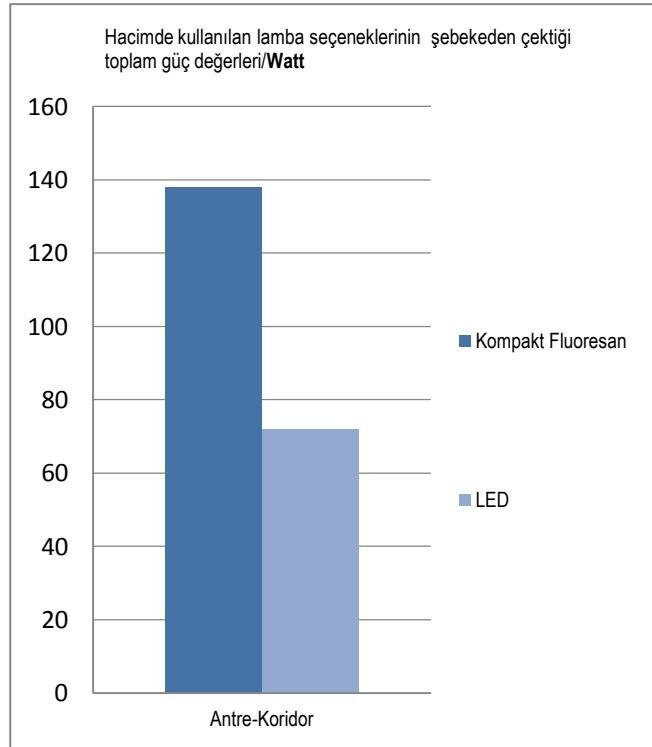
Şekil 5.43 : Antre için Öneri-1’de yer alan armatür ve lamba bilgileri.

Öneri-1’de yer alan armatürlerin şebekeden çektiği güç (W) ve üretilen ışık akısı (lm) Şekil 5.44’de belirtilmiştir. Buna göre antrede şebekeden çekilen toplam güç Öneri-1 için 138, Öneri-2 için 72 Watt olarak belirlenmiştir.

Nr.	Parça	Belirtim (Düzeltilme çarpanı)	Φ (Işıklık) [lm]	Φ (Lambalar) [lm]	P [W]
1	1	SOLAR 5705155413280 Cafe Pendent 400 (1.000)	1630	1800	30.0
2	3	Thorn 96235047 DA 1x28w TC-DD CP CL1 OP RD L AL WHI [STD] (1.000)	1074	2050	36.0
Toplam:			4852	7950	138.0

Şekil 5.44 : Antre için Öneri-1’de oluşan ışık akısı ve harcanan güç değerleri.

Öneri-1 ve Led lamba kullanılan Öneri-2 için antrede şebekeden çekilen güç değerlerine ilişkin karşılaştırma Şekil 5.45’de belirtilmektedir.



Şekil 5.45 : Antre için önerilen aydınlatma tasarımlarında sisteme ait şebekeden çekilen toplam güç değerlerine ilişkin karşılaştırma grafiği.

Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarına ilişkin; her hacimde hesaplanan aydınlık düzeyinin istenen değerlerle karşılaştırılması ve lambaların şebekeden çektiği güç Çizelge 5.2 ve 5.3’te belirtilmektedir.

Çizelge 5.2 : Öneri-1 için her hacimde hesaplanan aydınlık düzeyleri ve güç ilişkisi.

Oda Tipi	İşlev	İstenen Aydınlık Düzeyi (Lux)	Hesaplanan Aydınlık Düzeyi (Lux)	Lamba Tipi	P _{toplam} (Watt)
Banyo-WC	Genel	100	107	Kompakt Flüoresan Tüp Fluoresan	38
	Hazırlık-Ayna	300	305		
E.Yatak odası	Genel Giyinme	- 100	104	Kompakt Flüoresan	126
Mutfak	Genel	200	200	Kompakt Flüoresan	114
	HazırlıkTezga	300	303		
Koridor- Antre	Genel	100	100	Kompakt Flüoresan	138
Salon	Genel	100	136	Akkor Telli /Halojen	780
	Yemek	100	102	Halojen	
Yaşama Odası	Genel	100	104	Kompakt Flüoresan	89
	Zemin	30	47		
Çocuk Odası	Genel	300	324	Kompakt Flüoresan	207
	Çalışma	500	500		

Çizelge 5.3 : Öneri-2 için her hacimde hesaplanan aydınlık düzeyleri ve güç ilişkisi.

Oda Tipi	İşlev	İstenen Aydınlik Düzeyi (Lux)	Hesaplanan Aydınlik Düzeyi (Lux)	P _{toplam} (Watt)
Banyo-WC	Genel	100	114	19
	Hazırlık-Ayna	300	302	
Ebeveyn Yatak odası	Genel -Giyinme	100	102	36
Mutfak	Genel	209	200	58
	HazırlıkTezgahı	300	322	
Koridor-Antre	Genel	100	112	72
Salon	Genel	100	113	75
	Yemek bölümü	100	105	
Yaşama Odası	Genel	100	115	63
	Zemin	30	53	
Çocuk Odası	Genel	300	323	91
	Çalışma	500	503	

Çizelge 5.4'te konut hacimlerinde Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarına göre şebekeden çekilen güç değerlerine ilişkin karşılaştırma ve hesaplanan toplam yapma aydınlatma gücü yer almaktadır.

Çizelge 5.4 : Öneri-1 ve Öneri-2 tasarımlarına göre konut hacimlerine ait şebekeden çekilen güç değerleri karşılaştırması.

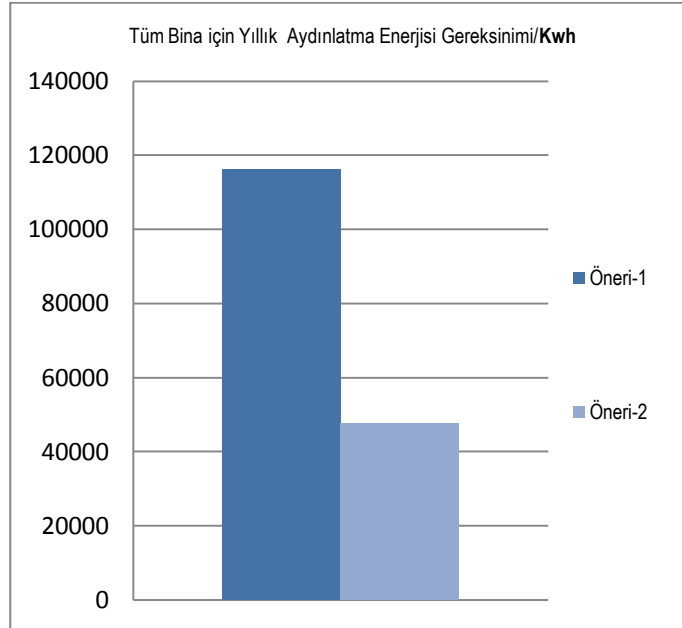
Oda Tipi	İşlev	Hesaplanan Aydınlık Düzeyi (Lux)	Lamba Tipi	P _{toplamlam} (Watt)
Banyo-WC	Genel	107	Kompakt Flüoresan Tüp Flüoresan	38
	Hazırlık-Ayna	305		
	Genel	114	LED	19
	Hazırlık-Ayna	302		
Ebeveyn Yatak odası	Genel-giyinme	104	Kompakt Flüoresan	126
	Genel-giyinme	102	LED	36
Mutfak	Genel	200	Kompakt Flüoresan	114
	HazırlıkTezgahı	303		
	Genel	209	LED	58
	Hazırlık Tezgahı	322		
Koridor-Antre	Genel	100	Kompakt Flüoresan	138
	Genel	112	LED	72
Salon	Genel	136	Akkor Telli/Halojen	780
	Yemek bölümü	102	Halojen	
	Genel	113	LED	75
	Yemek bölümü	105		
Yaşama Odası	Genel	104	Kompakt Flüoresan	89
	Zemin	47		
	Genel	115	LED	63
	Zemin	53		
Çocuk Odası	Genel	324	Kompakt Flüoresan	207
	Çalışma	500	LED	91
	Genel	323		
	Çalışma	503		
Öneri-1 için Konutun Toplam Aydınlatma Gücü –P _{Toplam}				1541
Öneri-2 için Konutun Toplam Aydınlatma Gücü –P _{Toplam}				435

Çizelge 5.5’de Şekil 5.2 ve 5.3’de belirtilen konutun Örnek-1 ve Örnek-2 tasarımlarına göre belirlenen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri yer almaktadır. Eşitlik 4.1 uyarınca yapılan bu hesaplamalarda, yapma aydınlatma yükü P_{Toplam} dışındaki değişkenler sabit tutulmuştur.

Çizelge 5.5 : Ele alınan konuta ilişkin yapma aydınlatma sistemi alternatiflerine göre yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri.

Yapma Aydınlatma Sistemi	Engel Durumu	Yön	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /kWh
Öneri-1	Yok	G+B	2139
Öneri-2	Yok	G+B	878

Binanın yıllık toplam aydınlatma enerji gereksinimi tüm dairelerin gereksinimine ek olarak sirkülasyon alanlarının aydınlatılması için gereksinim duyulan enerjinin eklenmesi ile elde edilmektedir. Sirkülasyon alanları için aydınlatma güç yoğunluğu değeri 5W/m² (ASHREA,2007) ve kullanım süresi de konut birimlerindeki antre hacimleri ile eşit alınmıştır. Ortak alanlar için farklı işlevlerdeki hacimlere ilişkin yokluk faktörü FA değeri olarak; bina sirkülasyon alanları için geçerli olan 0,9 kabul edilmiştir. Sonuç olarak, binanın yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi Öneri-1 için 116.086 kWh, Öneri -2 için 47.559 kWh olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.46’da hesaplanan değerlere ilişkin grafik yer almaktadır.



Şekil 5.46 : Tüm bina için hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.

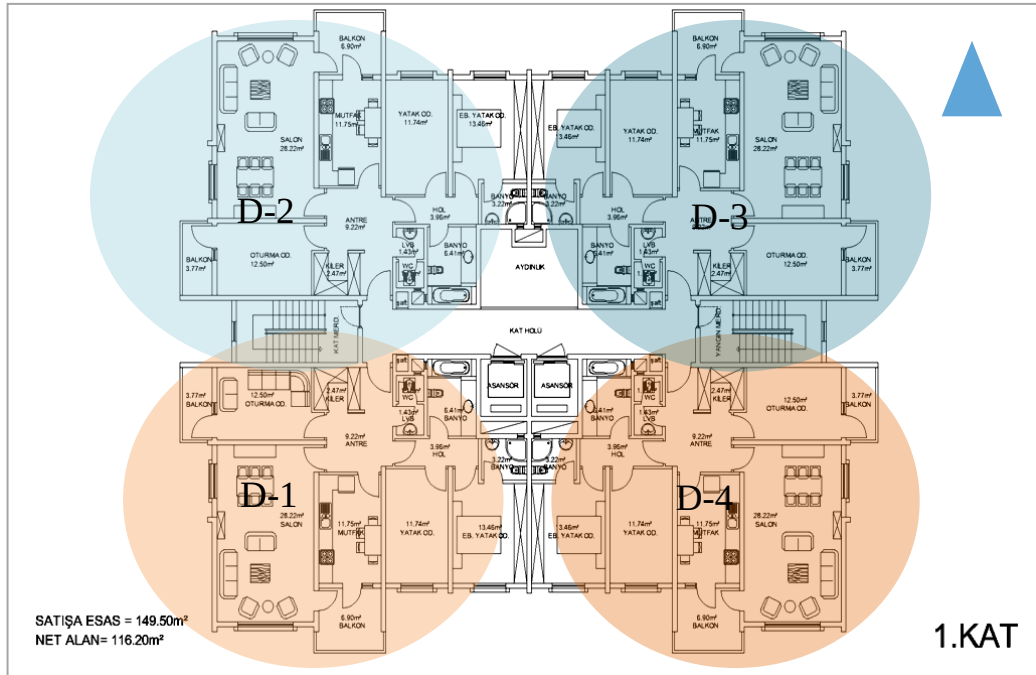
5.2 Güneşli Etkisinin Belirlenmesi

Bu adımda hacme güneşli alımını etkileyen değişkenler incelenerek, konutlarda aydınlatma enerjisi gereksiniminde güneşliğin etkisi F_D belirlenmektedir. Aşağıdaki bölümlerde engel durumu, gölgeleme elemanları, yönlenme ve coğrafi konum gibi güneşliğe ilişkin değişkenlerin ele alınan örnek konutun aydınlatma enerjisi gereksinimine etkisi hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda pencerelerde herhangi bir perde etkisi dikkate alınmamıştır. Pencere camının ışık geçirime katsayısının %80 olduğu kabul edilmiştir.

5.2.1 Engel etkisi

Bu bölümde Kayseri’de ele alınan örnek konut için engel durumunun aydınlatma enerjisi gereksinimine etkisi belirlenirken; güncel vaziyet planı mevcut durumu, Alternatif-1’de güney yönünde Z+3 katlı okul binası yerine Z+12 katlı konut binasının bulunması ve Alternatif-2 ‘de herhangi bir dış engel olmaması durumları olmak üzere 3 alternatif kabul edilmiştir.

Mevcut durum: Mevcut durum vaziyet planı Şekil 5.1 ve 5.2’de belirtilmektedir. Şekil 5.47’de; ele alınan örnek konut binasında katlarda bulunan daireler yönlenme durumlarına göre isimlendirilmiş ve Çizelge 5.6’da açıklanmıştır.



Şekil 5.47 : Farklı yönlenme durumlarına göre adlandırılan konut daireleri.

Çizelge 5.6 : Ele alınan dairelerin mevcut duruma göre yönlenme ve engel bilgileri.

Konut Tipi	Yönlenme Durumu	Yöne ilişkin engel durumu ve yaklaşık mesafeleri		
D-1	Güney ve Batı (G+B)	Güney Batı	- Z+3 Katlı İlkokul Binası -Z+12 Katlı Konut Binası	-57 m -48 m
D-2	Kuzey ve Batı (K+B)	Kuzey Batı	- Z+12 Katlı Konut Binası - Z+12 Katlı Konut Binası	-72 m -48 m
D-3	Kuzey ve Doğu (K+D)	Kuzey Doğu	- Z+12 Katlı Konut Binası - Engel Yok	-72 m
D-4	Güney ve Doğu (K+D)	Güney Doğu	- Engel Yok - Engel Yok	

Çizelge 5.7’de mevcut durum için D-1 konutu’nun her katta değişen engel durumuna göre yıllık aydınlatma enerjisi gereksiniminin Eşitlik 4.1 uyarınca hesaplanan sonuçları yer almaktadır. Konutta bulunma durumu orta olan ve 4 kişiden oluşan bir aile profili seçilerek; yapma aydınlatma sistemi Bölüm 5.1’de Öneri-1 olarak tanımlanan tasarıma göre oluşturulmuştur. Yapma Aydınlatma sistemi, aile profili ve yönlenme durumları sabit tutulup, katlarda değişen engel açılarına bağlı olarak I_o değeri hesaplanmış ve Eşitlik 4.1 aracılığı ile yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi elde edilmiştir.

Çizelge 5.7 : D-1 konutunun her katta değişen engel açısına bağlı yıllık aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri (kWh).

Kat Durumu	Güneşli alan Hacimler	Yön	Io değeri	Güneşli Sınıfı	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /kWh
Zemin Kat	Salon	G+B	0,82	Orta	2172
	Yatak Odası	G	0,96	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,96	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,215	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,048	Etkisiz	
1.Kat	Salon	G+B	0,83	Orta	2172
	Yatak Odası	G	0,98	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,98	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,229	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,049	Etkisiz	
2.Kat	Salon	G+B	0,87	Orta	2172
	Yatak Odası	G	0,99	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,99	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,255	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
3.Kat	Salon	G+B	0,89	Orta	2172
	Yatak Odası	G	0,99	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,99	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,266	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
4.Kat	Salon	G+B	0,91	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,285	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
5.Kat	Salon	G+B	0,93	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,303	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
6.Kat	Salon	G+B	0,95	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,307	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
7.Kat	Salon	G+B	0,96	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,329	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
8.Kat	Salon	G+B	0,97	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,340	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	

Çizelge 5.7.(devam): D-1 konutunun değişen engel açısına bağlı aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri (kWh).

Kat Durumu	Güneşli alan Hacimler	Yön	Io değeri	Güneşli Sınıfı	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /kWh
9.Kat	Salon	G+B	0,98	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,35	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
10.Kat	Salon	G+B	1	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,35	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
11.Kat	Salon	G+B	1	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,36	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
12.Kat	Salon	G+B	1	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,36	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	

D-1 Konutunda 3.kattan sonra aydınlatma enerjisi gereksiniminin azalmakta olduğu görülmektedir. Mevcut durumda güney yönündeki engel Z+3 kattan oluşmakta ve ele alınan konut örneği için 3.kattan itibaren engel etkisi azalmakta dolayısıyla hacimdeki güneşli etkisi artmaktadır. Çizelge 5.8’de D-2 konutunun engel durumuna göre belirlenen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri yer almaktadır.

Çizelge 5.8 : D-2 konutunun her kat için yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.

Kat Durumu	Güneşli alan Hacimler	Yön	Güneşli Sınıfı	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /kWh
Her Kat için	Salon	K+B	Orta	2238
	Yatak Odası	K	Zayıf	
	Çocuk Odası	K	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	Etkisiz	
	Mutfak	K	Etkisiz	

D-2 konutunda mevcut engel durumuna göre, yıllık aydınlatma enerjisi gereksiniminin katlara göre değişmediği görülmektedir. Engel açıları değişmesine rağmen, güneşli sınıfını değiştirecek etkide olmamış ve böylelikle aydınlatma

enerjisi gereksinimleri değişmemiştir. Çizelge 5.9’da D-3 konutunun engel durumuna göre belirlenen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri yer almaktadır.

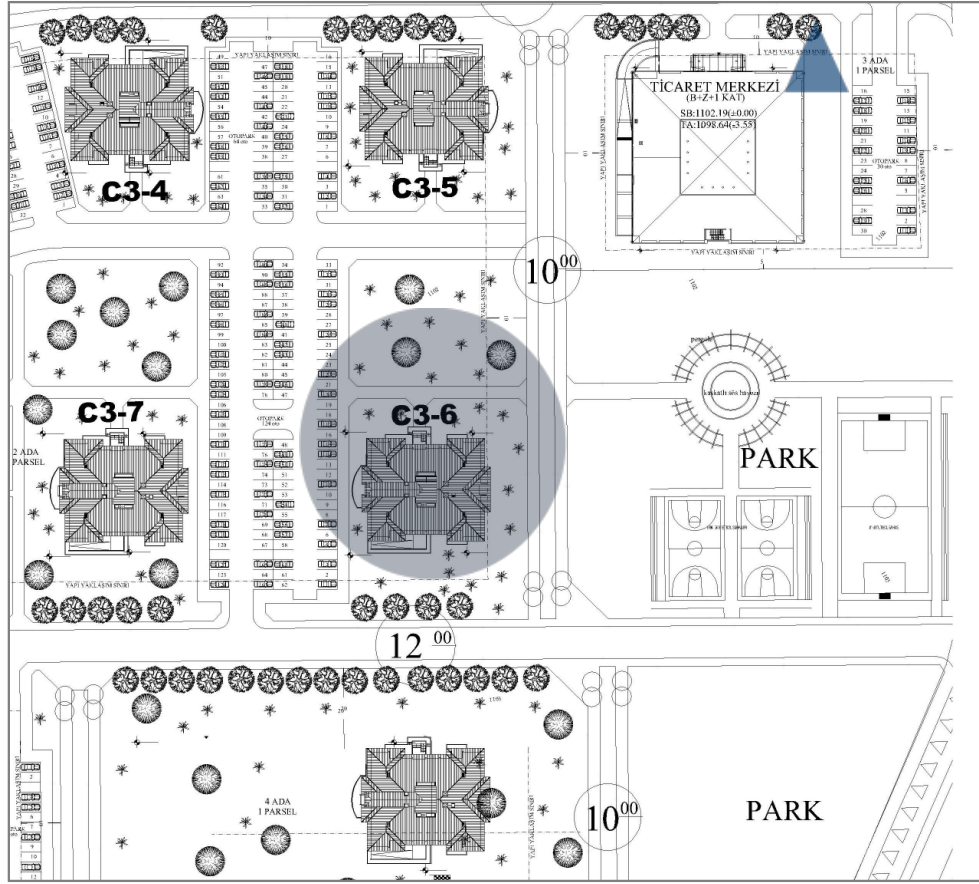
Çizelge 5.9 : D-3 konutunun her kat için yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.

Kat Durumu	Güneşliği alan Hacimler	Yön	Güneşliği Sınıfı	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /kWh
Her Kat İçin	Salon	K+D	Orta	2238
	Yatak Odası	K	Zayıf	
	Çocuk Odası	K	Zayıf	
	Yaşama Odası	D	Etkisiz	
	Mutfak	K	Etkisiz	

D-3 konutunda mevcut engel durumuna göre, yıllık aydınlatma enerjisi gereksiniminin katlara göre değişmediği görülmektedir. Engel açıları değişmesine rağmen, güneşliği sınıfını değiştirecek etkide olmamış ve böylelikle aydınlatma enerjisi gereksinimleri değişmemiştir.

D-4 konutunda, mevcut duruma göre herhangi bir dış engel bulunmadığı için, katlara göre aydınlatma enerjisi gereksiniminin değişmediği, tüm katlarda eşit ve 2139 kWh olduğu belirlenmiştir. Değişen engel açılarının, katlardaki aydınlatma enerjisi gereksinimlerine etkisini hesaplamak amacı ile, güney yönünde daha yüksek katlı bir engel olması düşünülerek Alternatif-1 durumu önerilmektedir.

Alternatif-1’de mevcut durumda, ele alınan konutun güney yönünde yer alan Z+3 katlı okul binasının yerine Z+12 katlı konut binası önerilmektedir. Alternatif-1 için önerilen vaziyet planı Şekil 5.48’de yer almaktadır.



Şekil 5.48 : Alternatif-1 için önerilen vaziyet planı.

Şekil 5.47’de konutun farklı yönlenme durumlarına göre adlandırılan dairelerin mevcut vaziyet planına göre yön ve engel bilgileri Çizelge 5.10’da yer almaktadır.

Çizelge 5.10 : Ele alınan dairelerin Alternatif-1’e göre yönlenme ve engel durumları.

Konut Tipi	Yönlenme Durumu	Yöne ilişkin engel durumu ve yaklaşık mesafeleri
D-1	Güney ve Batı (G+B)	Güney - Z+12 Katlı Konut Binası -57 m Batı - Z+12 Katlı Konut Binası -48 m
D-2	Kuzey ve Batı (K+B)	Kuzey - Z+12 Katlı Konut Binası -72 m Batı - Z+12 Katlı Konut Binası -48 m
D-3	Kuzey ve Doğu (K+D)	Kuzey - Z+12 Katlı Konut Binası -72 m Doğu - Engel Yok
D-4	Güney ve Doğu (K+D)	Güney - Z+12 Katlı Konut Binası -57 m Doğu - Engel Yok

Çizelge 5.11 'de Alternatif-1 için D-11 konutunun her katta değişen engel açısına göre yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi yer almaktadır.

Çizelge 5.11 : D-1 konutunun Alternatif-1 için her katta değişen engel açısına bağlı yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri (kWh).

Kat Durumu	Güneşliği alan Hacimler	Yön	Io değeri	Güneşliği Sınıfı	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /kWh
Zemin Kat	Salon	G+B	0,63	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,68	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,68	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	0,215	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,03	Etkisiz	
1.Kat	Salon	G+B	0,67	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,71	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,71	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	0,229	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,04	Etkisiz	
2.Kat	Salon	G+B	0,71	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,77	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,77	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	0,255	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,04	Etkisiz	
3.Kat	Salon	G+B	0,75	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,8	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,8	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	0,266	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,04	Etkisiz	
4.Kat	Salon	G+B	0,79	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,83	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,83	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	0,285	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,04	Etkisiz	
5.Kat	Salon	G+B	0,83	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,86	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,86	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	0,303	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,04	Etkisiz	
6.Kat	Salon	G+B	0,88	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,89	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,89	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	0,315	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,04	Etkisiz	
7.Kat	Salon	G+B	0,9	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,92	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,92	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	0,329	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	

Çizelge 5.11.(devam): D-1 konutunda her katta değişen engel açısına bağlı yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.

Kat Durumu	Güneşli alan Hacimler	Yön	Io değeri	Güneşli Sınıfı	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /kWh
8. kat	Salon	G+B	0,93	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	0,95	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,95	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,340	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
9. Kat	Salon	G+B	0,96	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	0,97	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,97	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,355	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
10. Kat	Salon	G+B	0,98	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	0,98	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,98	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,359	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
11. Kat	Salon	G+B	0,99	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	0,99	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,99	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,366	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
12. Kat	Salon	G+B	0,99	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	0,99	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,99	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,366	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	

Çizelge 5.11’de D-1 Konutundaki aydınlatma enerjisi gereksiniminin 7. kattan sonra azalmakta olduğu görülmektedir. Alternatif-1’e göre güney yönündeki engel Z+12 katlı konut binasından oluşmakta ve ele alınan konut örneği için ancak 8.kattan itibaren engel etkisi azalmakta dolayısıyla hacimdeki güneşli etkisi artmaktadır. Batı yönündeki engel mevcut durumda yer alan konut binasından oluşmaktadır. Çizelge 5.12’de Alternatif-1 için D-4 konutunun her katta değişen engel durumuna göre yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi yer almaktadır.

Çizelge 5.12 : D-4 konutunun Alternatif-1 için her katta değişen engel açısına bağlı yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri (kWh).

Kat Durumu	Güneşli alan Hacimler	Yön	Io değeri	Güneşli Sınıfı	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /kWh
Zemin Kat	Salon	G+D	0,78	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,68	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,68	Zayıf	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,03	Etkisiz	
1.Kat	Salon	G+D	0,81	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,71	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,71	Zayıf	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G+D	0,04	Etkisiz	
2.Kat	Salon	G+D	0,83	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,77	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,77	Zayıf	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,04	Etkisiz	
3.Kat	Salon	G+D	0,85	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,8	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,8	Zayıf	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,04	Etkisiz	
4.Kat	Salon	G+D	0,88	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,83	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,83	Zayıf	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,04	Etkisiz	
5.Kat	Salon	G+D	0,9	Orta	2238
	Yatak Odası	G	0,86	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,86	Zayıf	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,04	Etkisiz	
6.Kat	Salon	G+D	0,93	Güçlü	2205
	Yatak Odası	G	0,89	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,89	Zayıf	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,04	Etkisiz	
7.Kat	Salon	G+D	0,94	Güçlü	2205
	Yatak Odası	G	0,92	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,92	Zayıf	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	

Çizelge 5.12 (devamı): D-4 konutunun her katta değişen engel açısına bağlı yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.

Kat Durumu	Güneşli alan Hacimler	Yön	Io değeri	Güneşli Sınıfı	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /Kwh
8.Kat	Salon	G+D	0,97	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	0,95	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,95	Orta	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
9.Kat	Salon	G+D	0,98	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	0,97	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,97	Orta	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
10.Kat	Salon	G+D	0,99	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	0,98	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,98	Orta	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
11.Kat	Salon	G+D	0,99	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	0,99	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,99	Orta	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
12.Kat	Salon	G+D	0,99	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	0,99	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	0,99	Orta	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	

Çizelge 5.12’de D-4 konutundaki aydınlatma enerjisi gereksiniminin kademeli olarak azalmakta olduğu görülmektedir. 6 ve 8. kat itibari ile güneşli etkisinin artmakta ve aydınlatma enerjisi gereksiniminin azalmakta olduğu çizelgede görülebilmektedir. D-1 ile güney yönünde aynı engel durumuna sahip olan D-4 konutu, doğu yönünde herhangi bir engel bulunmadığı için D-1 konutuna göre gereksinim farklılıkları göstermektedir. Alternatif-1 önerisinde D-2 ve D-3 konutları için engel durumu değişmemekte ve buna bağlı olarak Çizelge 5.8 ve 5.9’da belirtilen değerler geçerli olmaktadır.

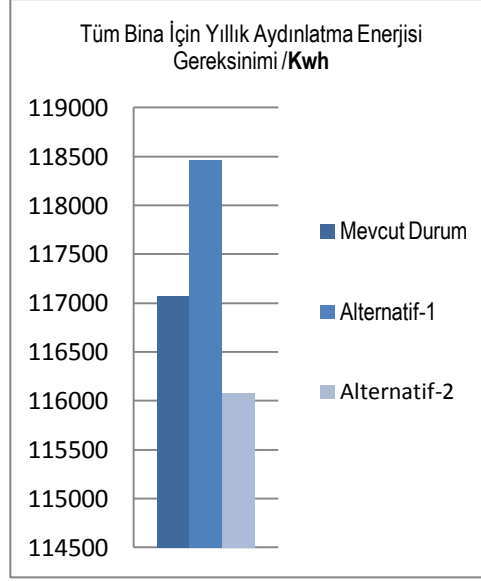
Alternatif-2’de ele alınan konut binasının çevresinde herhangi bir dış engel olmadığı kabul edilmiştir.Buna bağlı olarak, katlara göre aydınlatma enerjisi gereksinimi değişmemektedir. Şekil 5.47’de yer alan konut dairelerinin Alternatif-2 önerisine göre yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri Çizelge 5.13’de belirtilmektedir.

Çizelge 5.13 : Alternatif-2 önerisi için ele alınan konut dairelerinin her kat için yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri (kWh).

Konut Tipi	Güneşli alan Hacimler	Yön	I_o değeri	Güneşli Sınıfı	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /kWh
D-1	Salon	G+B	1	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
D-2	Salon	K+B	1	Güçlü	2205
	Yatak Odası	K	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	K	1	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	K	0,05	Etkisiz	
D-3	Salon	K+D	1	Güçlü	2205
	Yatak Odası	K	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	K	1	Zayıf	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	K	0,05	Etkisiz	
D-4	Salon	G+D	1	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	D	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	

Çizelge 5.13’de konutların aydınlatma enerjisi gereksinimlerinde kuzey ve güney yönlenme durumlarına göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Binanın; yıllık toplam aydınlatma enerji gereksinimi dairelerin gereksinimine ek olarak sirkülasyon alanlarının aydınlatılması için gereksinim duyulan enerjinin eklenmesi ile elde edilmektedir. Sirkülasyon alanları için, aydınlatma güç yoğunluğu değeri $5W/m^2$ (ASHREA, 2007) ve kullanım süresi de konut birimlerindeki antre hacimleri ile eşit alınmıştır. Ortak alanlar için farklı işlevlerdeki hacimlere ilişkin yokluk faktörü F_A değeri olarak; bina sirkülasyon alanları için geçerli olan 0,9 kabul edilmiştir.

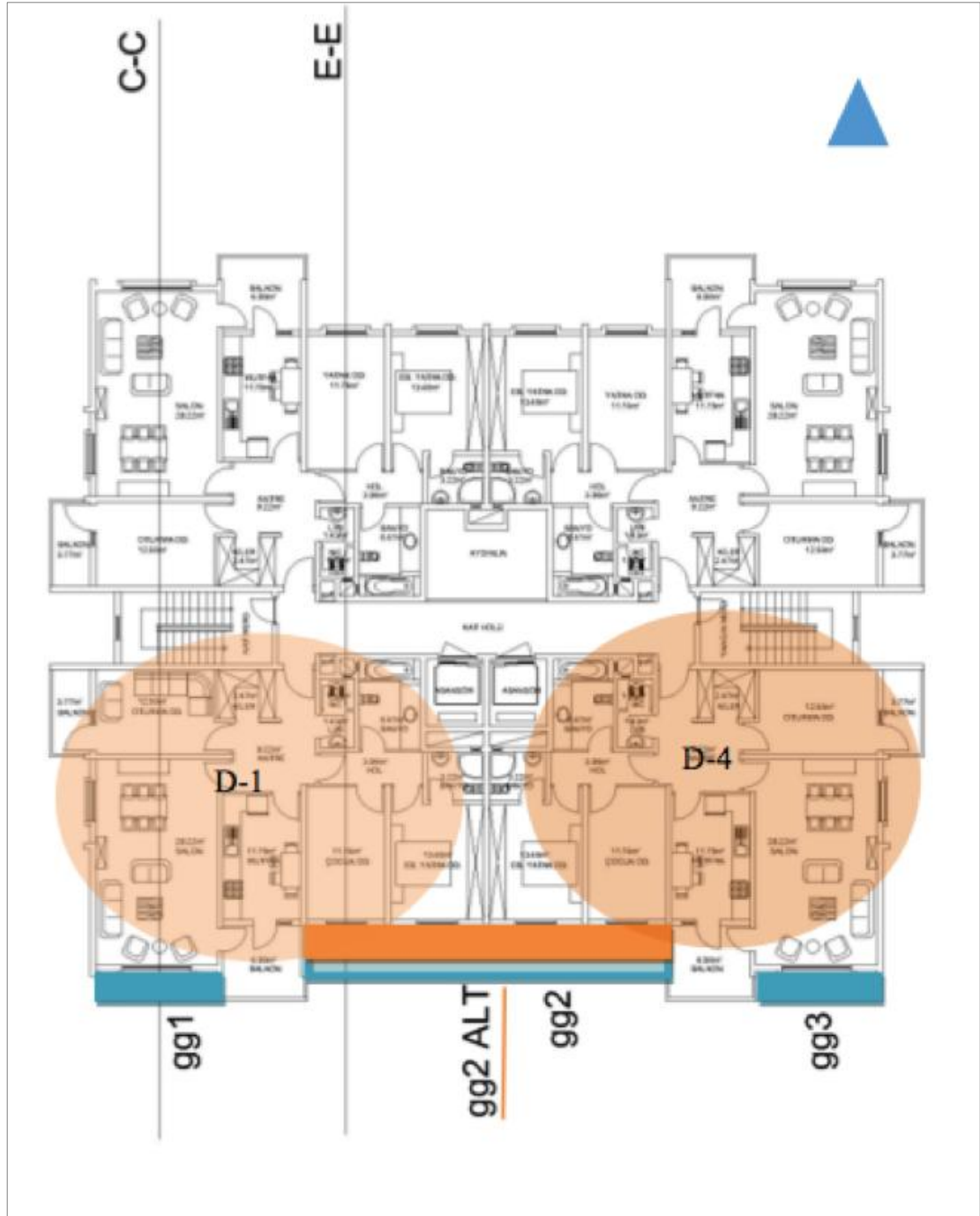
Sonuç olarak, binanın yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi mevcut durum için 117.076 kWh, Alternatif-1 için 118.462 kWh, Alternatif-2 için 116.086 kWh olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.49’da hesaplanan değerlere ilişkin grafik yer almaktadır.



Şekil 5.49 : Tüm bina engel durumuna göre yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.

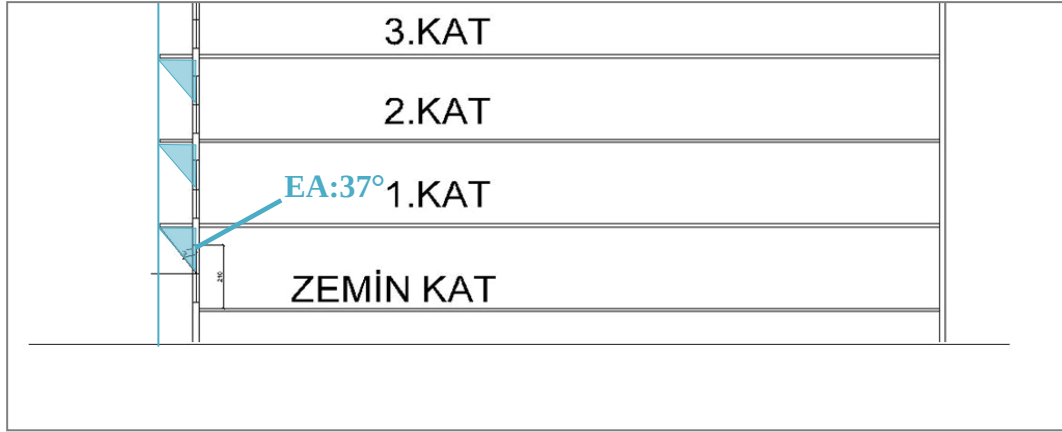
5.2.2 Gölgeleme elemanı etkisi

Bu adımda, binanın güney cephesinde uygulanan bir gölgeleme elemanının aydınlatma enerjisi gereksinimine etkisinin belirlenebilmesi amacı ile mevcut bina için Şekil 5.50’de belirtilen yatay bir gölgeleme elemanı önerilmektedir. Binanın mevcut formuyla uyumlu olabilmesi için balkon hizaları ve cephe hareketleri referans alınarak önerilen bu gölgeleme elemanı; salon, yatak odası, çocuk odası hacimlerini etkilemektedir.



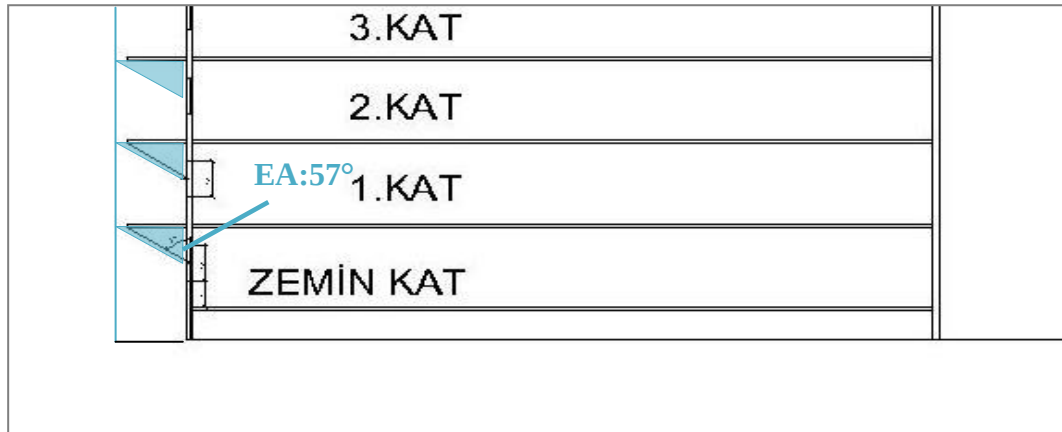
Şekil 5.50 : Mevcut bina güney cephesine uygulanan gölgeleme elemanı önerisi.

Şekil 5.51’de salon hacmi için önerilen gölgeleme elemanına ilişkin şematik kesit yer almaktadır. Gölgeleme elemanı-1’in yapı elemanı olarak (gg-1) yatay saçak işlevinde mutfak balkonu ve döşeme hizasını referans alarak hem plan düzleminde, hem de cephede uyumlu bir etki bırakması öngörülmektedir. Gölgeleme elemanı-1 için yatay saçak ölçüsü 105 cm olup, engel açısı değeri EA 37° dir.



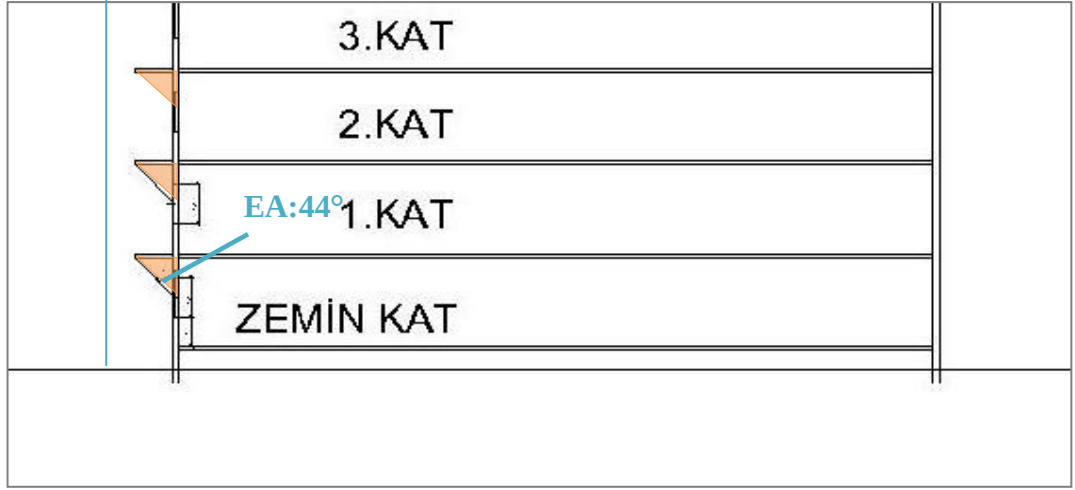
Şekil 5.51 : Binanın güney cephesinde salon için önerilen gg-1 şematik kesiti (C-C).

Şekil 5.52 'de güney cephesindeki ebeveyn yatak odası ve çocuk odası için önerilen gölgeleme elemanı-2 (gg-2) şematik kesiti yer almaktadır. Gölgeleme elemanı; yatay saçak işlevinde ve döşeme hizasında olup şekilde belirtilen cephedeki duvarla sınırlandırılmaktadır. Gölgeleme elemanı-2 için yatay saçak ölçüsü; 176 cm olup engel açısı değeri EA 57°'dir.



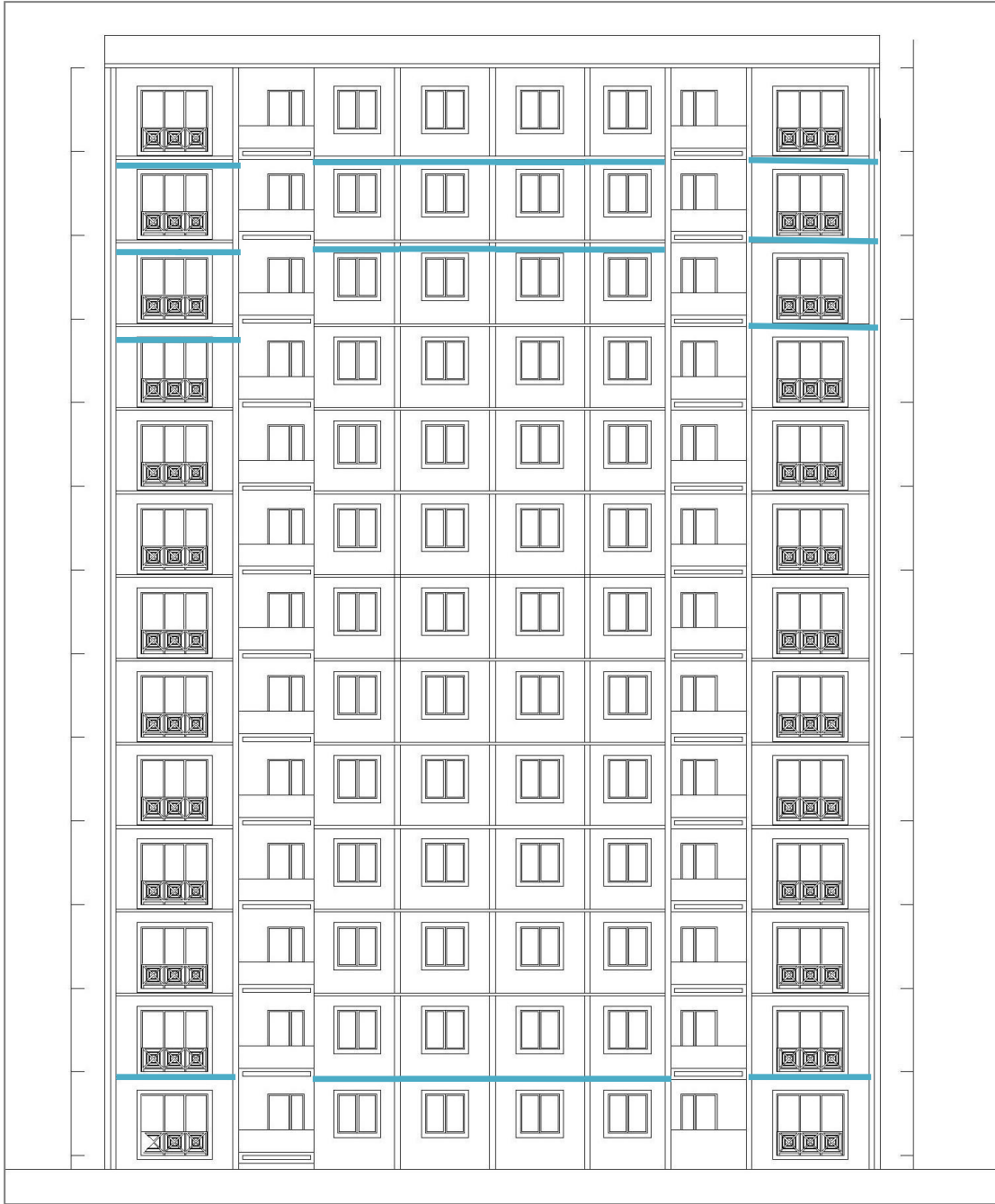
Şekil 5.52 : Binanın güney cephesinde yer alan yatak odası ve çocuk odası için önerilen gölgeleme elemanı gg-2 şematik kesiti (E-E).

Engel açısı EA'nın EN 15193 standardında yer alan yatay saçak engeli sınırı olan 67,5° değerinden az olması güneş ışığı etkisinin hesap yöntemine katılmasını sağlamaktadır. Gölgeleme elemanı-2'nin engel açısının ve yatay ölçüsünün yüksek olması nedeniyle saçak genişliği azaltılmış, gölgeleme-2 alternatifi önerilerek şematik kesiti Şekil 5.53'de belirtilmiştir.



Şekil 5.53 : Binanın güney cephesindeki ebeveyn yatak odası ve çocuk odası için önerilen gölgeleme elemanı gg-2 alt. şematik kesiti (EE).

Gölgeleme elemanı-2 alternatifinde yatay saçak ölçüsü 105 cm olup engel açısı EA değeri 44°'dir. Şekil 5.54'de önerilen gölgeleme elemanları ile mevcut binanın güney cephe görünüşü yer almaktadır.



Şekil 5.54 : Mevcut binanın gölgeleme elemanları uygulanan güney cephe görünüşü.

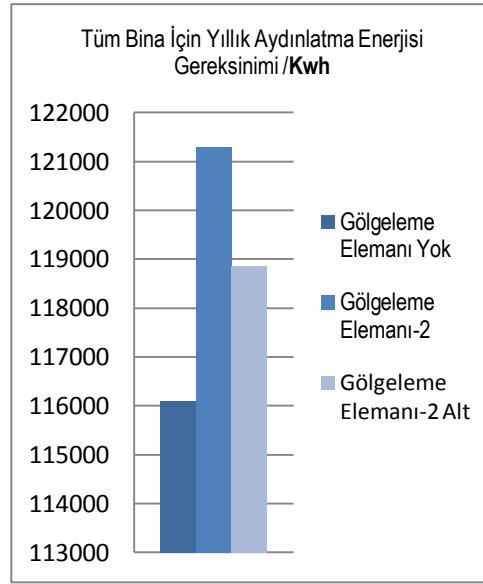
Gölgeleme elemanının aydınlatma enerjisi gereksinimine etkisinin belirlenmesi için mevcut binada güneye yönelen D-1 ve D-4 konutlarının önerilen gölgeleme elemanlarıyla başka bir dış engel olmadığı durumdaki gereksinimleri hesaplanmıştır. D-1 ve D-2 konutu gereksinim değerleri aynı olduğu için Çizelge 5.14’de D-1 konutu ele alınmaktadır.

Çizelge 5.14 : D-1 konutu için önerilen gölgeleme elemanlarının yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimine etkisi (kWh).

Gölgeleme Elemanı	Güneşliği alan Hacimler	Yön	Io değeri	Güneşliği Sınıfı	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /kWh
Yok	Salon	G+B	1	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
Gölgeleme Elemanı -2	Salon	G+B	0,77	Orta	2339
	Yatak Odası	G	0,24	Etkisiz	
	Çocuk Odası	G	0,24	Etkisiz	
	Yaşama Odası	B	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
Gölgeleme Elemanı-2 Alt	Salon	G+B	0,77	Orta	2246
	Yatak Odası	G	0,51	Etkisiz	
	Çocuk Odası	G	0,51	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	

D-1 konutunun aydınlatma enerji gereksinimleri karşılaştırıldığında; gölgeleme elemanının kullanıldığı durumlarda gereksinimin arttığı görülmektedir. Gereksinimdeki artış gölgeleme elemanı engel açısı ile ters orantılı, saçak genişliği ile doğru orantılı bir durumdadır. Binanın; yıllık toplam aydınlatma enerji gereksinimi dairelerin gereksinimine ek olarak sirkülasyon alanların aydınlatılması için gereksinim duyulan enerjinin eklenmesi ile elde edilmektedir. Binanın yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi gölgeleme elemanı kullanılmadığı durum için 116.086 kWh, Gölgeleme-2* kullanılan durum için 121.288 kWh Gölgeleme elemanı-2* Alternatifi kullanılan durum için 118.870 kWh olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.55’de hesaplanan değerlere ilişkin grafik yer almaktadır.

*Her iki alternatifte de salonda bulunan gölgeleme elemanı-1 değişmemektedir. Güney-doğu yönelimli konutta gölgeleme elemanı-3 (gg-3) olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 5.55 : Tüm bina için gölgeleme elemanı alternatiflerine göre belirlenen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri (kWh).

5.2.3 Yön parametresinin etkisinin belirlenmesi

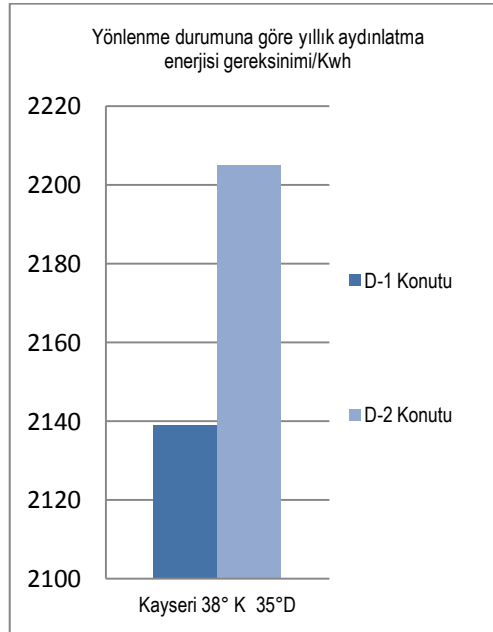
Farklı yönlenme durumlarının hacme alınan günışığı aydınlığında ve aydınlatma enerjisi gereksiniminde etkili olduğu, buna bağlı olarak da yaklaşıma dahil edilmesi önerilen yön katsayısı $R_{yön}$ Bölüm 4.2.3’de açıklanmıştır. $R_{yön}$ katsayısı; Türkiye’nin 3 farklı ilinde dört ana yön için belirlenmiş olup, bu bölümde ele alınan konutun aydınlatma enerjisi gereksinimine olan etkisi belirlenmektedir. Şekil 5.47’de belirtilen kuzey ve batı yönelimli D-2 konutu ile güney ve batı yönelimli D-1 konutu ele alınmıştır ve dış engelin olmadığı durum kabul edilmiştir. Hesaplamalar Türkiye’de farklı coğrafi konumlarda bulunan İstanbul (41°K 28°D), Kayseri (38°K 35°D) ve Antalya (36°K 30°D) illeri için yapılmıştır. Bu illere ait hesaplanan $R_{yön}$ katsayıları Çizelge 4.6’da yer almaktadır.

Kayseri (38°K 35°D) ilinde D-1 ve D-2 konutlarına ilişkin belirlenen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri Çizelge 5.15’de yer almaktadır. Ele alınan bu iki dairenin farklı yönlere bakan odalarından; çocuk odalarının gün ışığı sınıfı; D-1 konutunda güneye yönlendirilmiş olup orta, D-2 konutunda ise kuzeye yönlendirilmiş olup zayıf olarak belirlenmiştir. Bu durum yıllık aydınlatma enerjisi gereksiniminde farklılık yaratmıştır.

Çizelge 5.15 : Kayseri (38°K 35°D) ili için farklı yönlenme durumlarına göre belirlenen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.

Konut Tipi	Güneşli alan Hacimler	Yön	Io değeri	Güneşli Sınıfı	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /kWh
D-1	Salon	G+B	1	Güçlü	2139
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
D-2	Salon	K+B	1	Güçlü	2205
	Yatak Odası	K	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	K	1	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	K	0,05	Etkisiz	

Şekil 5.56’da D-1 ve D-2 konutlarının yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin karşılaştırılması yer almaktadır. Bu değerlere göre, güney-batı yönelimli D-1 konutunun aydınlatma enerjisi gereksiniminin kuzey-batı yönelimli D-2 konutuna göre daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 5.56 : Kayseri (38°K 35°D) ili için D-1 ve D-2 konutlarında belirlenen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri (kWh).

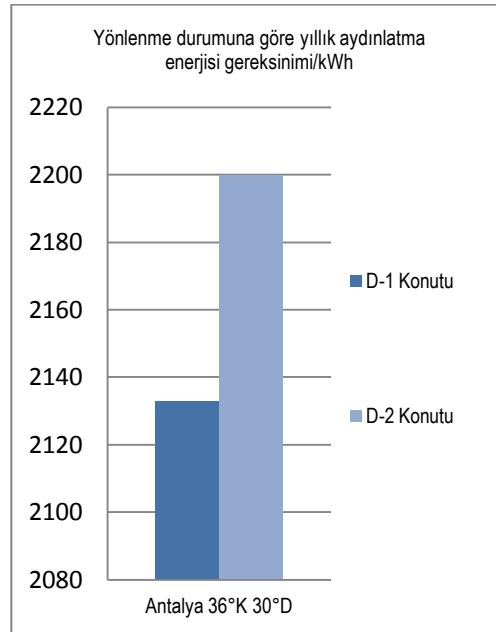
Antalya (36°K 30°D) ilinde D-1 ve D-2 konutuna ilişkin belirlenen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri Çizelge 5.16’da yer almaktadır. Ele alınan bu iki dairenin farklı yönlere bakan odalarından; çocuk odalarının gün ışığı sınıfı; D-1 konutunda güneye yönlendirilmiş olup orta, D-2 konutunda ise kuzeye yönlendirilmiş olup zayıf

olarak belirlenmiştir. Bu durum yıllık aydınlatma enerjisi gereksiniminde farklılık yaratmıştır.

Çizelge 5.16 : Antalya (36°K 30°D) ili için farklı yönlenme durumlarına göre belirlenen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.

Konut Tipi	Güneşli alan Hacimler	Yön	Io değeri	Güneşli Sınıfı	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /kWh
D-1	Salon	G+B	1	Güçlü	2134
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
D-2	Salon	K+B	1	Güçlü	2200
	Yatak Odası	K	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	K	1	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	K	0,05	Etkisiz	

Şekil 5.57’de D-1 ve D-2 konutlarının yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin karşılaştırılması yer almaktadır. Bu değerlere göre, güney-batı yönelimli D-1 konutunun aydınlatma enerjisi gereksiniminin kuzey-batı yönelimli D-2 konutuna göre daha az olduğu görülmektedir.



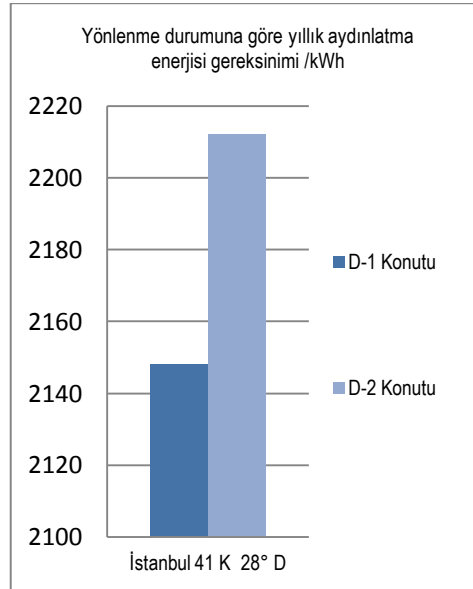
Şekil 5.57 : Antalya (36°K 30°D) ili için D-1 ve D-2 konutlarında belirlenen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri (kWh).

İstanbul (41°K 28°D) ilinde D-1 ve D-2 konutuna ilişkin belirlenen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri Çizelge 5.17’de yer almaktadır. Ele alınan bu iki dairenin farklı yönlere bakan odalarından; çocuk odalarının gün ışığı sınıfı; D-1 konutunda güneye yönlendirilmiş olup orta, D-2 konutunda ise kuzeye yönlendirilmiş olup zayıf olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.17 : İstanbul (41°K 28°D) ili için farklı yönlenme durumlarına göre belirlenen yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri.

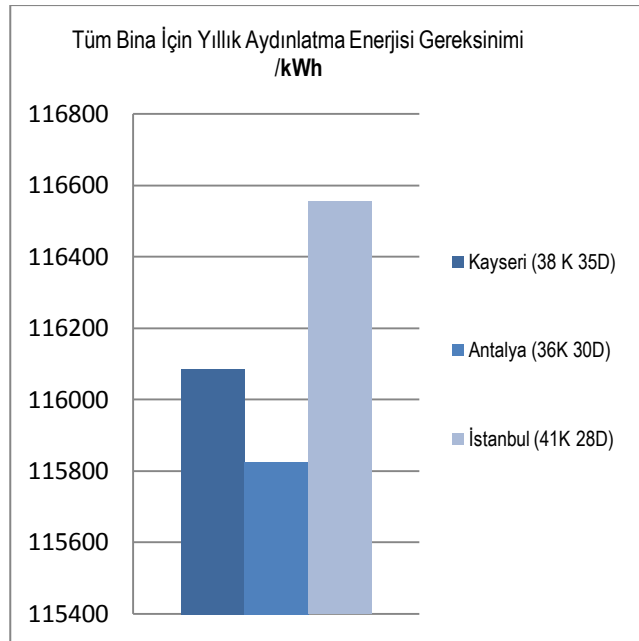
Konut Tipi	Güneşliği alan Hacimler	Yön	Io değeri	Güneşliği Sınıfı	Yıllık Ayd.Enerjisi Gereksinimi /kWh
D-1	Salon	G+B	1	Güçlü	2149
	Yatak Odası	G	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	G	1	Orta	
	Yaşama Odası	B	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	G	0,05	Etkisiz	
D-2	Salon	K+B	1	Güçlü	2213
	Yatak Odası	K	1	Zayıf	
	Çocuk Odası	K	1	Zayıf	
	Yaşama Odası	B	0,370	Etkisiz	
	Mutfak	K	0,05	Etkisiz	

Şekil 5.58’de D-1 ve D-2 konutlarının yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin karşılaştırılması yer almaktadır. Bu değerlere göre, güney-batı yönelimli D-1 konutunun aydınlatma enerjisi gereksiniminin kuzey-batı yönelimli D-2 konutuna göre daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 5.58 : İstanbul (41°K 28°D) ili için D-1 ve D-2 konutlarında belirlenen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi değerleri (kWh).

Örnek konutun farklı yönlenme durumları ve coğrafik konumlara göre aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin değişim göstermesine bağlı olarak Bölüm 4.2.3’de Türkiye’nin 3 farklı ili için hesaplanan $R_{yön}$ katsayılarının; farklı yönlenme durumlarını ifade eden bir günışığı değişkeni olarak yaklaşıma dahil edilmesinin sonuçlara etkisi görülmektedir. Binanın yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi coğrafi konuma bağlı olarak Antalya (36°K 30°D) ili için 115.826 kWh, Kayseri (38°K 35°D) ili için 116.086 kWh İstanbul ili için (41°K 28°D) 116.555 kWh olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.59’da hesaplanan değerlere ilişkin grafik yer almaktadır.



Şekil 5.59 : Tüm bina için farklı illerde bulunma durumuna göre belirlenen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri (kWh).

Bu bölümde ele alınan; bina dışı engeller, gölgeleme elemanları, yönlenme ve coğrafi konuma ilişkin hacimlere günışığı alımını etkileyen parametre değerlerinin aydınlatma enerji gereksiniminde etkili olduğu görülmektedir. Binaların aydınlatma enerji gereksiniminin günışığından yararlanabilme olanaklarıyla ilişkili olduğu ve günışığına bağlı kontrol sistemlerinin kullanılmasıyla sonuçların daha belirgin olacağı görülmektedir.

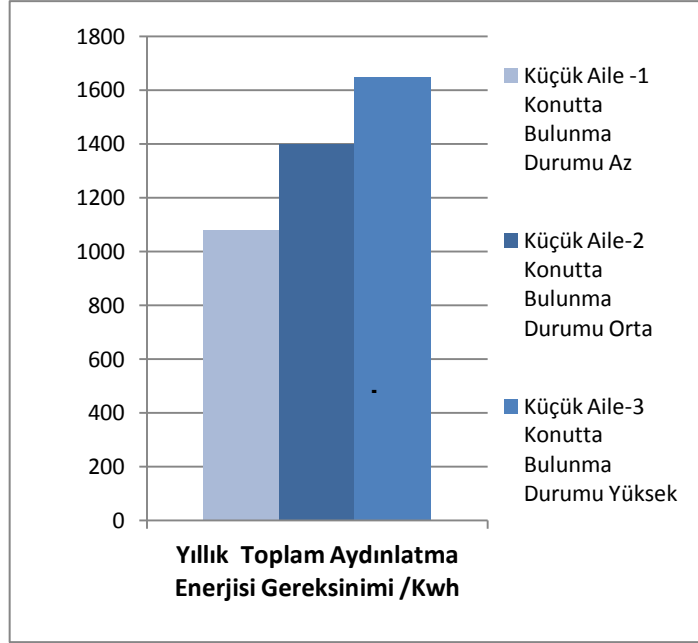
5.3 Konut- Kullanıcı-Mekan Modeli ile Belirlenen Konut Kullanım Sürelerinin Etkisi

Bu bölümde Bölüm 4.3’de detaylı olarak açıklanan Konut-Kullanıcı-Mekan Modeli’nin farklı aile tipolojileri ve değişen kullanıcı davranışlarına bağlı olarak aydınlatma enerji gereksinime olan etkisi incelenmektedir. Matlab Fuzzy Logic kural tabanlı sistemler yardımı ile oluşturulan model kapsamında; aile büyüklüğü, konutta bulunma durumu ve odanın uyku saatleri dışında (aktif) kullanımı girdilerine bağlı olarak çeşitli senaryolar geliştirilmiştir. Bu senaryolara göre belirlenen ve hacimlerin kullanım oranlarını ifade eden değerlerin $-F_A$; konutlarda aydınlatma enerji gereksiniminin etkisi incelenmiştir. Hesaplamaların yapılabilmesi için aşağıda detayları belirtilen 9 farklı aile profili oluşturulmuş ve Şekil 5.2 vaziyet planında belirtilen örnek binanın D-1 konutu ele alınmıştır. Konuttaki yapma aydınlatma sistemi için Bölüm 5.1’de açıklanan Öneri-1 kabul edilmiştir. Buna bağlı olarak; Konut-Kullanıcı-Modeli’ne ait değişkenler dışındaki değerler sabit tutularak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Konut-Kullanıcı-Mekan modeli; aile büyüklüğü, konutta bulunma durumu ve oda aktif kullanımı girdilerinden oluşmaktadır. Aile büyüklüğü; ailede bulunan kişi sayısını ifade etmekte olup küçük, orta, büyük olarak 3 sınıfa ayrılmıştır. Konutta bulunma durumu; aile profilinin gün saatleri içinde konutu kullanma sürelerini ifade etmekte ve az–orta–yüksek olarak tanımlanmaktadır. Oda aktif kullanım; her konut hacminin aile profiline bağlı olarak aktif kullanım (uyku saatleri dışında kullanım) sürelerini tanımlamaktadır. Gereksinim farklılıklarının belirlenebilmesi için; bu sınıflandırmalara bağlı olarak bulanık tabanlı kural sistemi ile geliştirilen 9 farklı aile profili senaryosu seçilmiştir. Çizelge 5.18’de 9 farklı senaryo için tanımlanan aile profilleri ve demografik özellikleri belirtilmektedir.

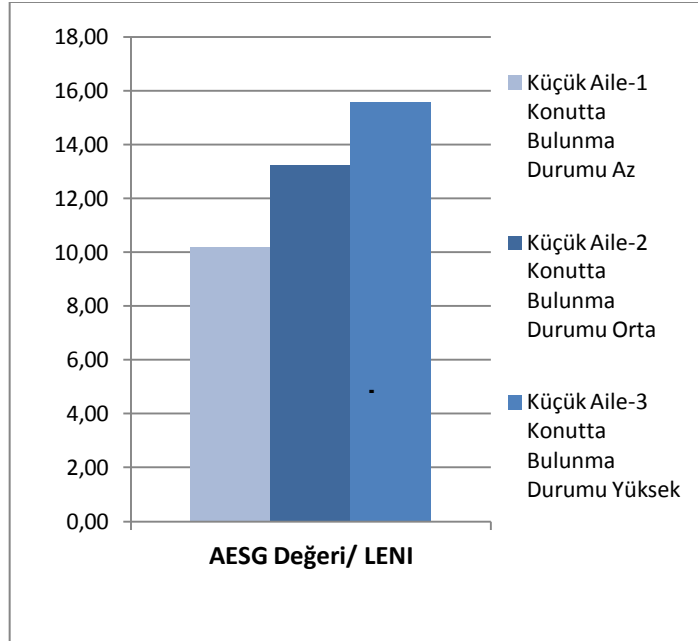
Çizelge 5.18 : Aile profillerine ilişkin tanımlamalar.

Aile Profili	Demografik özellik
Küçük Aile 1–Konutta bulunma durumu az	Mesai saatleri içinde konut dışında bulunan, çocuksuz çalışan çift Kişi sayısı :2
Küçük Aile 2–konutta bulunma durumu orta	Eşlerden biri mesai saatleri içinde yarı zamanlı evde bulunan , çocukları yarı zamanlı okula giden aile Kişi sayısı :3
Küçük Aile 3–konutta bulunma durumu yüksek	Eşlerden biri mesai saatleri içinde tam gün evde bulunan, okula gitmeyen, evde bakılan küçük çocukları olan aile Kişi sayısı :3
Orta Aile 1–konutta bulunma durumu az	Mesai saatleri içinde konut dışında bulunan, çocukları tam gün okula giden aile Kişi sayısı :4
Orta Aile 2–konutta bulunma durumu orta	Eşlerden biri mesai saatleri içinde yarı zamanlı evde bulunan, çocukları yarı zamanlı okula giden aile Kişi sayısı :4
Orta Aile 3–konutta bulunma durumu yüksek	Eşlerden birisi mesai saatleri içinde tam gün evde bulunan , okula gitmeyen evde bakılan küçük çocukları olan aile Kişi sayısı :4
Büyük Aile 1–konutta bulunma durumu az	Mesai saatleri içinde konut dışında bulunan, çocukları tam gün okula giden aile Kişi sayısı :5
Büyük Aile 2 –konutta bulunma durumu orta	Eşlerin mesai saatleri içinde konut dışında, çocuklardan birinin tam gün evde, diğerlerinin tamgün okulda olduğu ve yaşlı bir aile büyüğünün tam gün evde bulunabildiği aile Kişi sayısı :6
Büyük Aile 3 –konutta bulunma durumu yüksek	Eşlerden birisi mesai saatleri içinde tam gün evde bulunan, okula gitmeyen küçük çocukları olan ve yaşlı aile büyüklerinin tam gün evde bulunabildiği aile Kişi sayısı :7

Küçük aile olarak tanımlanan aile profilinin konutta bulunma durumlarına göre yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi ve AESG değeri Şekil 5.60 ve 5.61’deki grafiklerle ifade edilmiştir. Bu sonuçlara göre konutta bulunma durumu az olan Küçük Aile-1 ile konutta bulunma durumu yüksek olan Küçük Aile-3 arasında yaklaşık 568,28 kWh/5,39 LENI değerinde yıllık aydınlatma enerjisi gereksinim farkı belirlenmiştir. Küçük Aile-2 ile Küçük Aile-3’e ait gereksinim değerleri birbirlerine yakın olmakla beraber; konutta bulunma durumu yüksek olan Küçük Aile-3; gereksinimin en fazla olduğu aile profilini belirtmektedir.



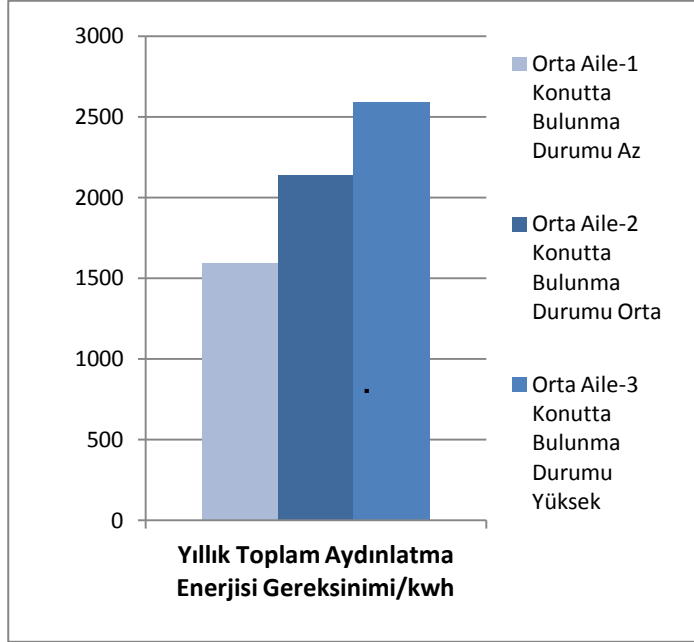
Şekil 5.60 : Küçük aile profilinin konutta bulunma durumuna göre değişen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri (kWh).



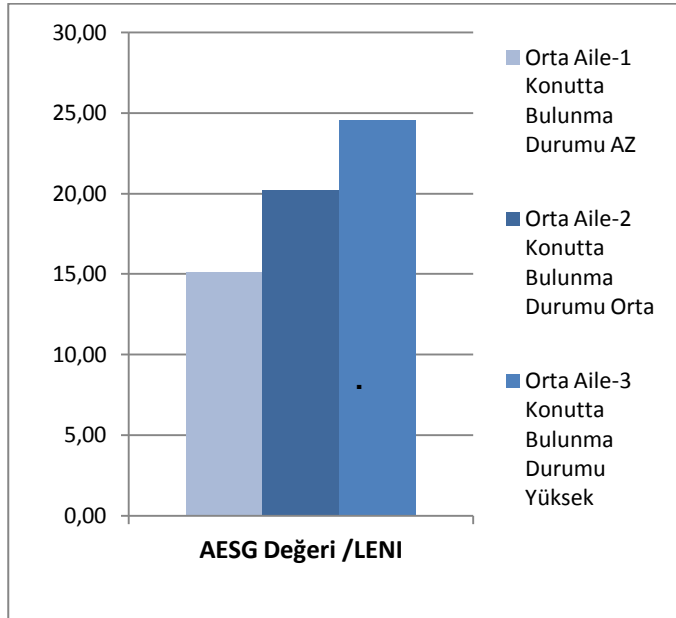
Şekil 5.61 : Küçük aile profilinin konutta bulunma durumuna göre değişen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri –AESG.

Orta aile profilinin konutta bulunma durumlarına göre yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi ve AESG değeri Şekil 5.62 ve 5.63’deki grafiklerle ifade edilmiştir. Bu sonuçlara göre konutta bulunma durumu az olan Orta Aile-1 ile konutta bulunma durumu yüksek olan Orta Aile-3 arasında yaklaşık 998 kWh/9,46 LENI değerinde yıllık aydınlatma enerjisi gereksinim farkı belirlenmiştir.

Orta Aile-2 ve Orta Aile-3'e ait gereksinim değerleri birbirlerine yakın olmakla beraber; konutta bulunma durumu yüksek olan Orta Aile-3; gereksinimin en fazla olduğu aile profilini belirtmektedir.

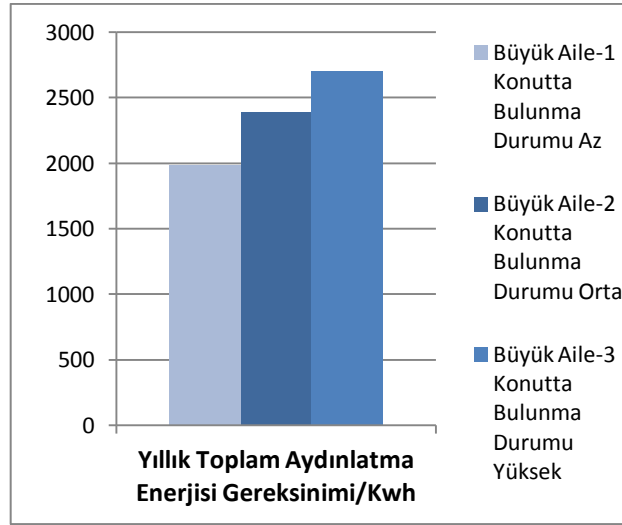


Şekil 5.62 : Orta aile profilinin konutta bulunma durumuna göre değişen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri / kWh.

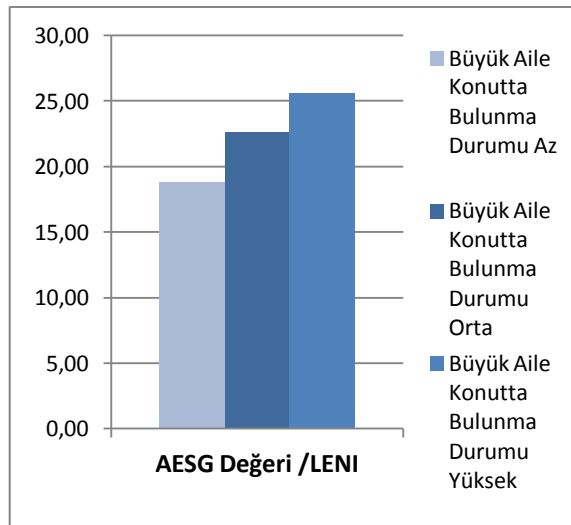


Şekil 5.63 : Orta aile profilinin konutta bulunma durumuna göre değişen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri-AESG.

Büyük aile profilinin konutta bulunma durumlarına göre yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi ve AESG değeri Şekil 5.64 ve 5.65’deki grafiklerle ifade edilmiştir. Bu sonuçlara göre konutta bulunma durumu az olan Büyük Aile-1 ile konutta bulunma durumu yüksek olan Büyük Aile-3 arasında yaklaşık 717,55 kWh/ 6,79 LENI değerinde yıllık aydınlatma enerjisi gereksinim farkı belirlenmiştir. Büyük Aile-2 ve Büyük Aile-3’e ait gereksinim değerleri birbirlerine yakın olmakla beraber; konutta bulunma durumu yüksek olan Büyük Aile-3; en yüksek gereksinim değerini belirtmektedir.



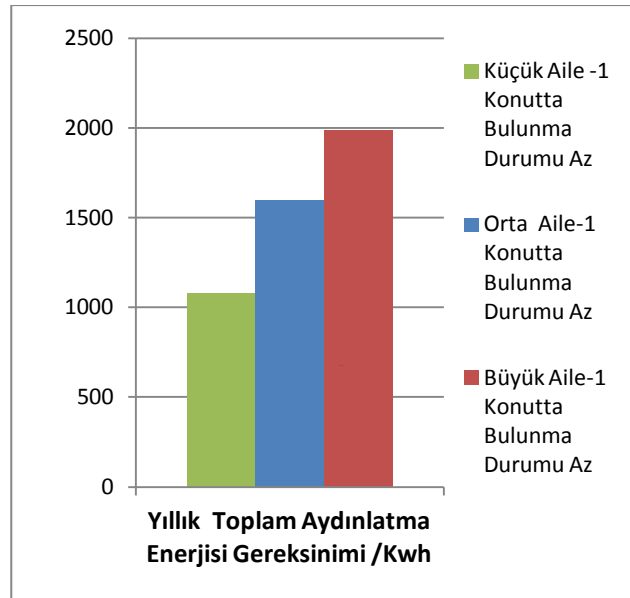
Şekil 5.64 : Büyük aile profilinin konutta bulunma durumuna göre değişen yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri /kWh.



Şekil 5.65 : Büyük aile profilinin konutta bulunma durumuna göre değişen yıllık toplam aydınlatma enerji gereksinim değerleri- AESG.

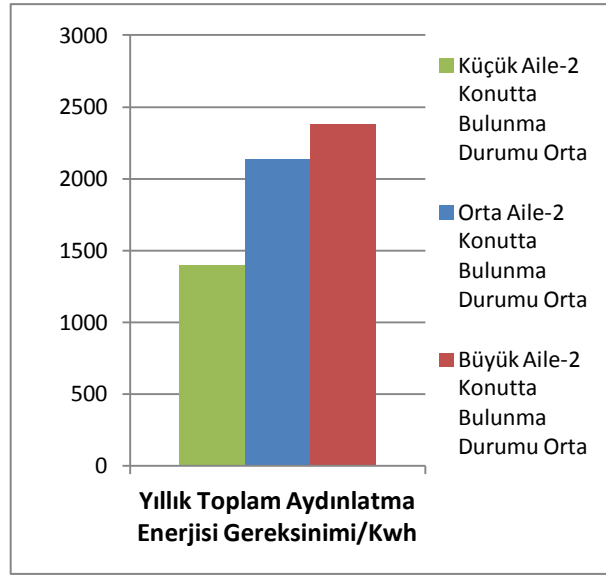
Kişi sayılarına bağlı olarak tanımlanan Küçük-Orta-Büyük Aile profillerinin konutta bulunma durumlarına göre enerji gereksinimleri bakımından kendi aralarında bir ilişki bulunmaktadır.

Şekil 5.66’da görüldüğü gibi kişi sayısı az olan Küçük Aile-1 ile kişi sayısı en yüksek olan Büyük Aile-1 arasında konutta bulunma durumları benzer olmasına rağmen 909 kWh değerinde yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi farkı belirlenmiştir. Konutta bulunma durumu az olup; kişi sayısı en yüksek olan aile profilini ifade eden Büyük Aile-1’in konutta bulunma durumları az olan diğer aile profilleri arasında en yüksek gereksinime sahip olduğu görülmektedir.



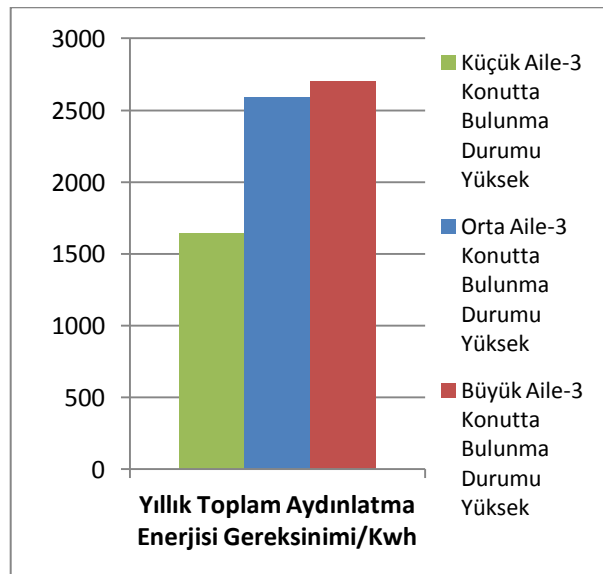
Şekil 5.66 : Konutta bulunma durumları “az” olan aile profillerinin yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri karşılaştırılması / kWh.

Şekil 5.67’de konutta bulunma durumları orta olan aile profillerinin yıllık aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri belirtilmektedir. Bu değerlere göre kişi sayısı az olan Küçük Aile-2 ile kişi sayısı en yüksek olan Büyük Aile-2 arasında; konutta bulunma durumları benzer olmasına rağmen 986 kWh değerinde yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi farkı belirlenmiştir. Konutta bulunma durumu orta olup kişi sayısı en yüksek olan aile profilini ifade eden Büyük Aile-2’nin; konutta bulunma durumları orta olan diğer aile profilleri arasında en yüksek gereksinime sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 5.67 : Konutta bulunma durumları “orta” olan aile profillerinin yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri karşılaştırılması / kWh.

Şekil 5.68’de Konutta bulunma durumları yüksek olan aile profillerinin yıllık aydınlatma enerjisi gereksinim gereksinim değerleri belirtilmektedir. Bu değerlere göre kişi sayısı az olan Küçük Aile-3 ile kişi sayısı en yüksek olan Büyük Aile-3 arasında, konutta bulunma durumları benzer olmasına rağmen 1058 kWh değerinde yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi farkı belirlenmiştir. Konutta Bulunma durumu ve kişi sayısı en yüksek olan aile profilini ifade eden Büyük Aile-3’ün; konutta bulunma durumları orta olan diğer aile profilleri arasında en yüksek gereksinime sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 5.68 : Konutta bulunma durumları yüksek olan aile profillerinin yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri karşılaştırması / kWh.

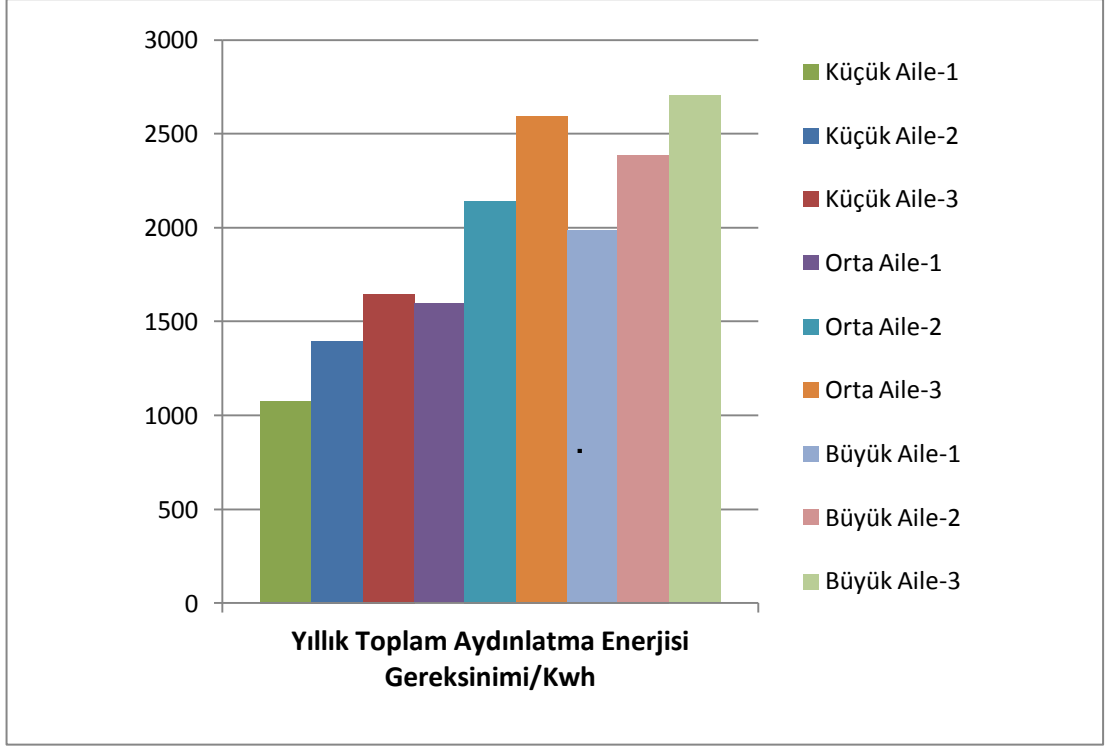
Tanımlanan 9 farklı aile profilinin hesaplanan yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri Çizelge 5.19’da belirtilmiştir.

Çizelge 5.19 : Ele alınan konutta aile profili-aydınlatma enerjisi gereksinimi ilişkisi.

Engel Durumu	Yön	Aile Profili	Yıllık Toplam Aydınlatma Enerjisi Gereksinimi /kWh	AESG/LENI
Mevcut / Sabit	G+B	Küçük Aile 1–konutta bulunma durumu az	1076,58	10,20
Mevcut / Sabit	G+B	Küçük Aile 2–konutta bulunma durumu orta	1398,81	13,25
Mevcut / Sabit	G+B	Küçük Aile 3–konutta bulunma durumu yüksek	1644,86	15,59
Mevcut / Sabit	G+B	Orta Aile 1–konutta bulunma durumu az	1594,13	15,10
Mevcut / Sabit	G+B	Orta Aile 2–konutta bulunma durumu orta	2139,71	20,26
Mevcut / Sabit	G+B	Orta Aile 3–konutta bulunma durumu yüksek	2593,67	24,56
Mevcut / Sabit	G+B	Büyük Aile 1–konutta bulunma durumu az	1985,74	18,81
Mevcut / Sabit	G+B	Büyük Aile 2–konutta bulunma durumu orta	2385,76	22,59
Mevcut / Sabit	G+B	Büyük Aile 3–konutta bulunma durumu yüksek	2703,29	25,60

Yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi (kWh) ve mevcut alana oranı ile belirlenen AESG/LENI değerlerinin; ailedeki kişi sayısı ve konutta bulunma durumuna bağlı olarak doğrusal bir şekilde artış gösterdiği görülmektedir. Aile profilinde kişi sayısı ve konutta bulunma durumu en az olan durumu ifade eden Küçük Aile-1 ve kişi sayısı konutta bulunmada en yüksek durumu ifade eden Büyük Aile-3 profilleri arasında 1626,71 kWh ve yaklaşık 15,4 LENI değerinde aydınlatma enerjisi gereksinimi farkı belirlenmiştir.

Şekil 5.69’da verilen grafikte; konutta bulunma durumları ve kişi sayılarına göre aile profillerinin aydınlatma enerjileri gereksinim değerleri bir arada görülmektedir.



Şekil 5.69 : Konutta bulunma durumları ve kişi sayılarına göre aile profillerinin yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri karşılaştırması.

Şekil 5.69’da görüldüğü üzere; kişi sayıları ve konutta bulunma durumları arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Kişi sayısı fazla olan aile profillerinin, konutta bulunma durumları benzer olan aile profilleri arasında en yüksek gereksinim değerine sahip olduğu; özellikle de Küçük Aile ve Büyük Aile profilleri arasında belirgin farklar olduğu görülmektedir. Diğer yandan konutta bulunma durumu benzer olan ailelerde, Orta Aile ve Büyük Aile için belirlenen değerlerin birbirine yakın olduğu, Küçük Aile profili ile Büyük Aile profili arasında oluşan farkların daha belirgin olduğu görülmektedir.

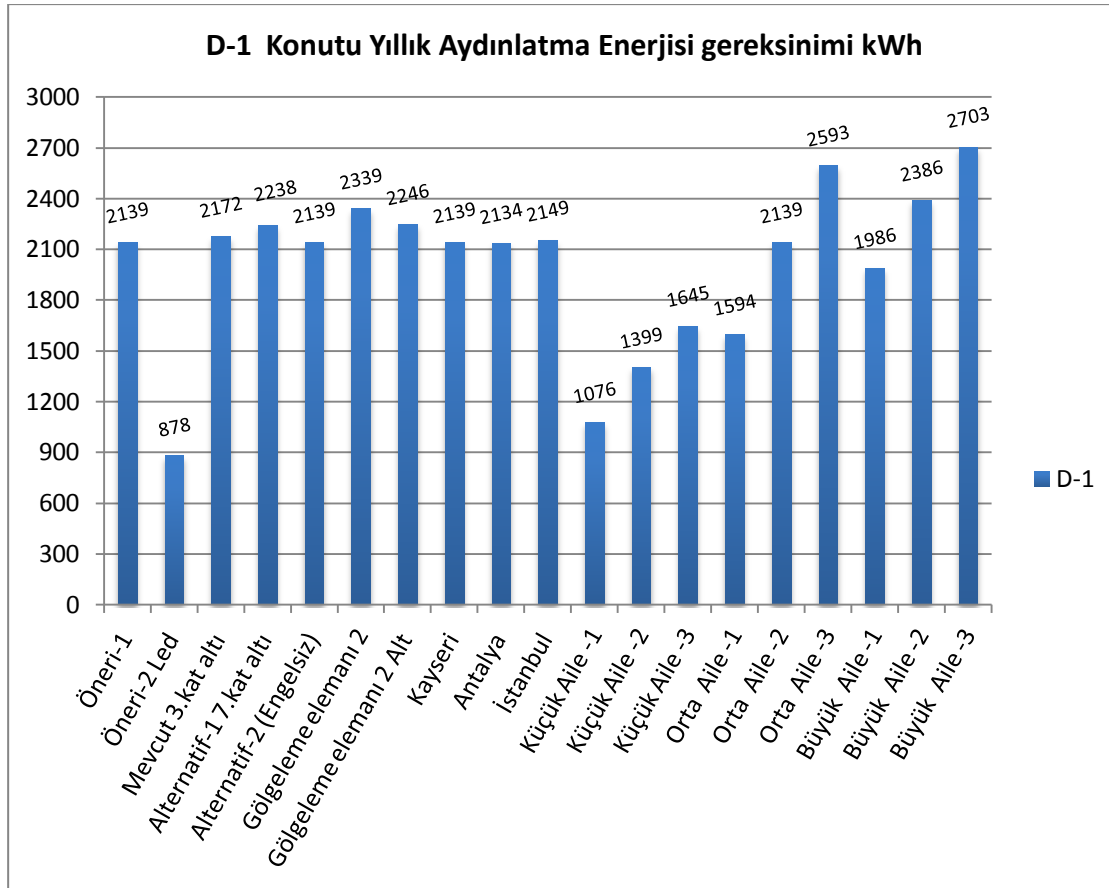
Bu durum, ele alınan konuttaki oda sayılarının sabit kalması ve kişi sayısının artmasına rağmen belirli bir değerden sonra odaların ortak kullanılması ile oluşmaktadır. Bu durum; bir konut hacminde katmanlaşma olarak tanımlanmakta ve belirli değerlerden sonra kişi sayısının fazlalaşmasının oda sayısı sabit kaldığı sürece aydınlatma enerji gereksinimi üzerindeki etkisinin azaldığını ya da etkisiz hale geldiğini göstermektedir.

Ele alınan konut örneğinde; aile profilleri değişkenlerine bağlı olarak; 1076,58 kWh ile 2703,29 kWh değerleri arasında yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin olduğu görülmektedir. Sonuçlardaki belirgin farklılıklar; Konut-Kullanıcı-Mekan

modeli ile ortaya konulan ve aile profili değişkenlerine bağlı olarak belirlenen değerlerin (F_A) yıllık aydınlatma enerjisi gereksiniminin belirlenmesine ilişkin önerilen yaklaşımda yer almasının geçerliliğini ve gerekliliğini ortaya koymuştur.

5.4 Sonuçların Değerlendirilmesi

Yaklaşımda önerilen hesap yöntemi ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde, yaklaşımda tanıtılan adımların yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimlerini farklı düzeyde etkilediği görülmektedir. Şekil 5.70’de D-1 konutunun, yapma aydınlatma sistemi, engel durumu, gölgeleme elemanı etkisi, coğrafi konum ve aile profili parametrelerine bağlı olarak değişen aydınlatma enerjisi gereksinimleri belirtilmiştir.

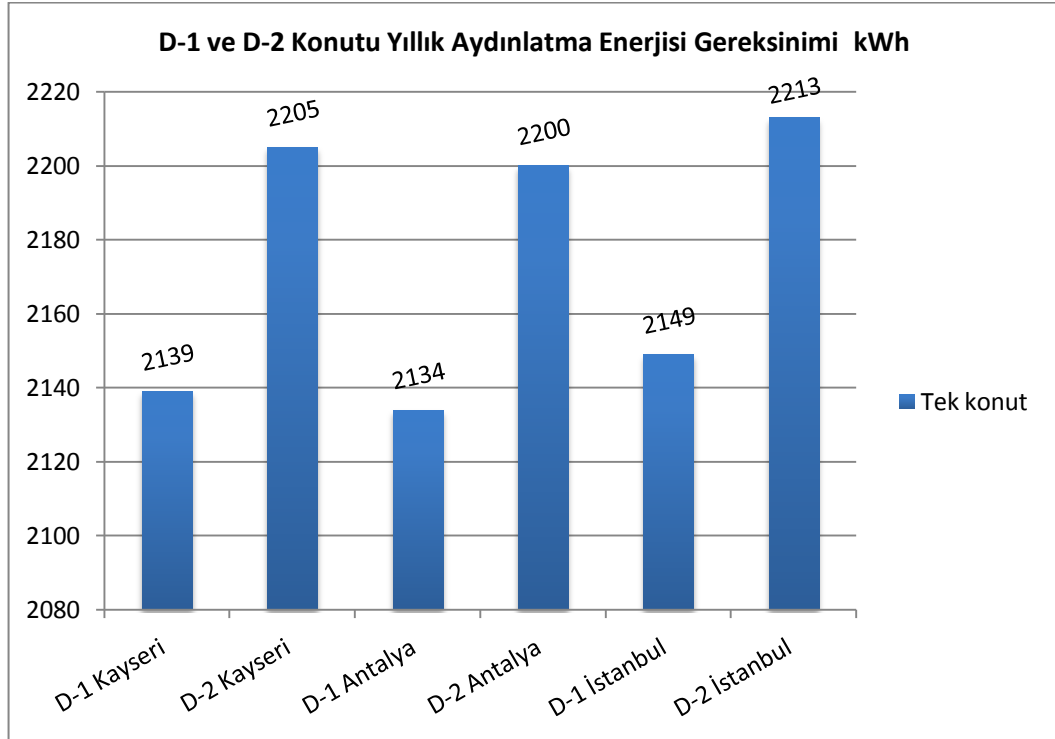


Şekil 5.70 : D-1 konutu yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri /kWh.

Sonuçlar incelendiğinde, yapma aydınlatma sistemi tasarımının led lamba kullanımı ile gerçekleştiği durumda yıllık aydınlatma enerjisi gereksiniminin tüm seçenekler içinde en düşük değerde (878 kWh) olduğu görülmektedir.

Konut-Kullanıcı-Mekan modeli yardımı ile yapılan hesaplamalara bağlı olarak, ailelerin kişi sayısı ve konutta bulunma durumlarının da yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimini önemli ölçüde etkilediği görülmektedir. Konutta bulunma durumu yüksek olan büyük ailenin yıllık aydınlatma enerjisi gereksiniminin tüm seçenekler içinde en yüksek değerde (2703 kWh) olduğu görülmektedir. Güneşliği etkisini belirleyen engel durumu, gölgeleme elemanı ve coğrafik konuma ilişkin parametrelerin yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimini daha düşük düzeyde etkilediği görülmektedir.

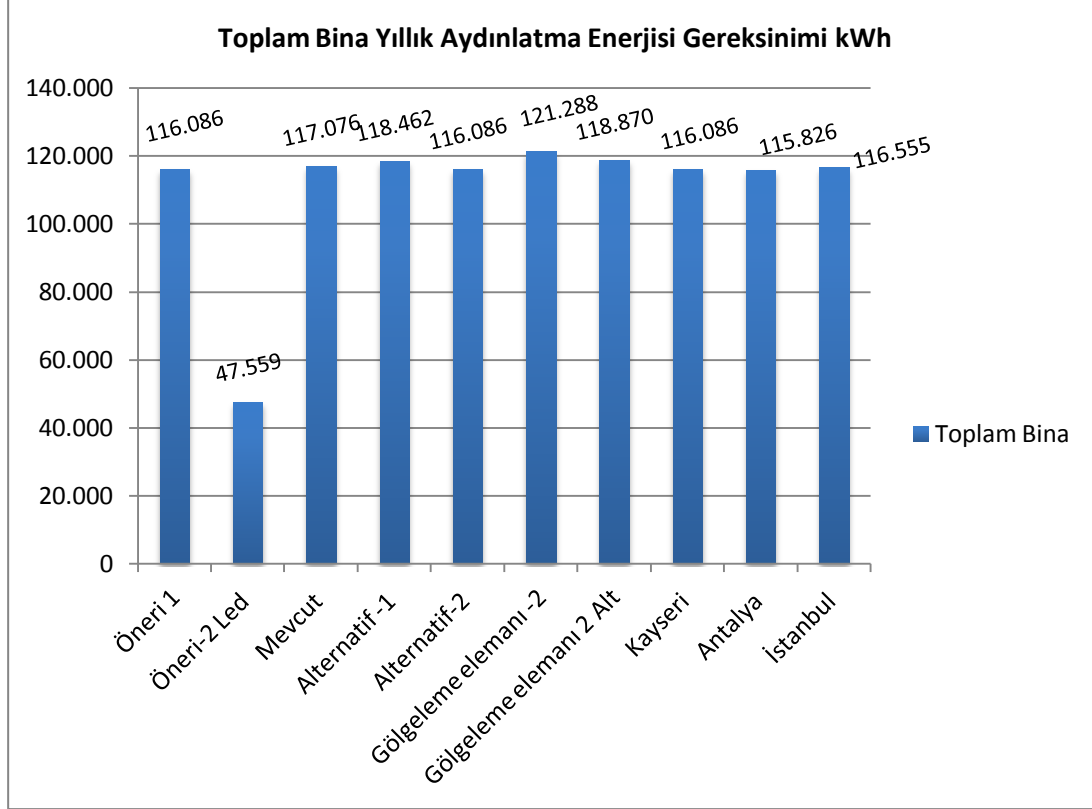
Şekil 5.71’de güney ve batı yönelimli D-1 konutu ile kuzey ve batı yönelimli D-2 konutları için yön etkisi ve coğrafi konuma bağlı olarak hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri yer almaktadır.



Şekil 5.71 : D-1 ve D-2 konutlarının yön etkisi ve farklı illerde bulunma durumuna bağlı olarak yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri / kWh.

Şekil 5.71’deki grafik incelendiğinde, D-1 konutunun yıllık aydınlatma enerjisi gereksiniminin her ilde D-2 konutundan daha düşük olduğu görülmektedir. Farklı illerde bulunan aynı yönelimdeki konutların ise yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri değişmekle beraber farkların düşük olduğu görülmektedir.

Şekil 5.72’de tüm bina için, yapma aydınlatma sistemi, engel durumu, gölgeleme elemanı etkisi ve farklı illerde bulunma durumuna bağlı olarak hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi gereksinim değerleri belirtilmektedir.



Şekil 5.72 : Tüm bina için hesaplanan aydınlatma enerjisi gereksinimleri / kWh.

Tüm bina için hesaplanan sonuçlar incelendiğinde, yapma aydınlatma sistemi tasarımının led lamba kullanımı ile gerçekleştiği durumda yıllık aydınlatma enerjisi gereksiniminin tüm seçenekler içinde en düşük değerde (47.559 kWh) olduğu görülmektedir. Güneş ışığı etkisini belirleyen engel durumu, gölgeleme elemanı ve coğrafik konuma ilişkin parametrelerin ise yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimini daha düşük düzeyde etkilediği görülmektedir. Bu parametreler içerisindeki en yüksek yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi (121.288 kWh) sabit gölgeleme elemanları ile güneş ışığı etkisinin düşük düzeyde gerçekleştiği durumdur.

6. SONUÇLAR

Günümüzde enerji kaynakların giderek azalması ve enerji maliyetlerinin artması ve buna bağlı olarak dünyada oluşan enerji krizi; binalarda enerjinin verimli kullanılmasına ilişkin çalışmaları gerekli kılmıştır. Konut binalarının aydınlatma enerjisi gereksinimindeki yeri ve önemi konutla ilgili enerji verimliliği çalışmalarına hız kazandırmıştır. Konut; kavram olarak uzun yıllardır farklı disiplinlerin birleşim ve ilgi noktasında yer alan bir araştırma konusu olmuş ve konuta özgü aile profili ve konut kullanıcıları farklılıkları konut binalarını diğer tipolojilerden ayıran belirgin özellikler olmuştur. Binalarda harcanan aydınlatma enerjisine yönelik ulusal ve uluslararası standart ve yönetmeliklerde konut binalarının aydınlatma enerji gereksinimine ilişkin ayrıntıları göz önüne alan çalışmalara yer verilmediği görülmektedir. Bu çalışmada; konuta özgü kullanıcı davranışları ve aile profili değişkenlikleri göz önüne alınarak Türkiye için Konut Binalarının Aydınlatma Enerjisi Gereksinimi Açısından Değerlendirilmesine ilişkin bir yaklaşım önerilmektedir.

AB tarafından 2002/91/EC yönetmeliğini takiben yayınlanan EN 15193 Binalarda Enerji Performansı–Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardında ofis, okul, hastane, otel, fabrika gibi kamusal işlevlere yer verilerek ve konut binaları kapsam dışı bırakılmıştır. Ülkemizde EN 15193 standardı temel alınarak Binalarda Enerji Performansı yönetmeliği BEP-TR yürürlüğe girmiştir. BEP-TR standardında tanıtılan yöntem, ofis, eğitim yapıları, hastane, otel, sanayi yapıları için uygulanabilmekte olup, konut binaları için de konut kullanıcı sayısı, kullanım süresi gibi demografik özellikler dahil edilmeden genel bir hesaplama yöntemi önerilmektedir. Tez çalışmasında önerilen yaklaşımda görsel konfor koşullarının sağlanması ön koşul olarak kabul edilmiş ve bu adımda ilgili literatürden yararlanılarak derlenen minimum aydınlık düzeyleri esas alınmıştır.

Yaklaşım; yapma aydınlatma sisteminin toplam gücünün belirlenmesi, günışığı etkisinin belirlenmesi ve Konut-Kullanıcı-Mekan Modeli ile konut kullanım sürelerinin belirlenmesi olarak tanımlanan 3 ana adımdan oluşmaktadır.

Geliştirilen yaklaşımda görsel konfor koşullarının sağlanması ön koşul olarak kabul edilmiş ve aydınlatma sisteminin niteliği göz önünde bulundurularak enerji verimliliği ve fizyolojik gereksinimler bağlamında optimizasyon sağlanması hedeflenmiştir. Yaklaşımda kullanıcı davranışlarını ve mekan kullanımını içeren bulanık kural tabanlı değişkenler sistemi ile senaryolar geliştirilmiş ve konuta özgü bu değişkenler yardımı ile aydınlatma enerjisi gereksiniminin gerçekçi bir biçimde belirlenmesi sağlanmıştır. Yaklaşımda ayrıca yönlere bağlı olarak hacimde oluşan günışığı aydınlığının farklılaşmasından ve günışığı sınıfını değiştirmesinden yola çıkılarak, Türkiye'nin 3 farklı enleminde bulunan iller için yön katsayısı $R_{yön}$ geliştirilmiştir. $R_{yön}$ katsayısının hesaplamalara katılması ile yönlenme farklılıklarının günışığı sınıfına ve aydınlatma enerjisi gereksinimine olan etkisi ortaya konmuştur. Yaklaşımın uygulanmasında;

Yapma aydınlatma sistemi toplam gücünün belirlenmesi sürecinde kompakt flüoresan ve halojen lambalardan oluşan Öneri-1 ve Led lambalardan oluşan Öneri-2 olarak tanımlanan aydınlatma sistemleri ele alınan konutta uygulanmış ve şebekeden çekilen güç değerleri karşılaştırılmıştır. Görsel konfor kriterlerine göre gereken değerleri sağlayan her iki öneri için ele alınan konutta hesaplanan yıllık aydınlatma enerji gereksinimleri arasında 1249 kWh değerinde bir fark ortaya çıkmıştır. Bina ölçeğinde ele alındığı zaman; Led kullanılan bina için aydınlatma enerjisi gereksinimi kompakt flüoresan ve halojen kullanılan bina için hesaplanan aydınlatma enerjisi gereksinimine oranla % 58 azalma göstermektedir. Bu durum, teknolojik gelişmelere paralel olarak üretilen enerji verimli ürünlerin aydınlatma enerjisi tasarrufundaki önemini ortaya koymaktadır.

Günışığı etkisinin belirlenmesi sürecinde: Kayseri ili, Melikgazi ilçesi TOKİ yerleşkesinde bulunan örnek konutun farklı katlarda ve yönlerde yer alan dairelerinde engel parametresi, gölgeleme elemanı ve coğrafi konuma bağlı yön parametresi değişkenlerine göre aydınlatma enerjisi gereksinimleri hesaplanmıştır.

Engel parametresi mevcut durum, Alternatif-1 olarak tanımlanan güney yönünde 4 katlı ilköğretim binası yerine 13 katlı konut binasının olduğu durum ve Alternatif-2

olarak tanımlanan herhangi bir dış engelin olmaması durumlarına göre değerlendirilmiştir. Her engel durumu için konut hacimlerinde katlara göre değişen engel açıları, günışığı sınıfı ve aydınlatma enerjisi gereksinimine olan etkisi hesaplanmıştır. Mevcut durum için güney-batı yönelimli D-1 konutunda aydınlatma enerjisi gereksinimi zemin kat için 2172 kWh, en üst kat için 2139 kWh olarak hesaplanmıştır. Alternatif-1 için D-1 konutunda zemin kat için aydınlatma enerjisi gereksinimi 2238 kWh, en üst kat için 2139 kWh olarak hesaplanmıştır. Güney-doğu yönelimli D-4 konutunda ise zemin kat ve en üst kat için hesaplanan değerler D-1 konutu ile aynıdır. Ancak güney yönü haricinde bir dış engel bulunmaması ara katlarda da günışığı sınıfında değişmelere sebep olmuştur. Aydınlatma enerjisi gereksiniminin 6. ve 7. katlarda 2205 kWh değerine azaldığı görülmektedir. 8.-12.katları arasında engelsiz durumu ile aynı etkiyi göstererek 2139 kWh değerinde aydınlatma enerjisi gereksinimi elde edilmiştir.

Konutun güney cephesi için önerilen gölgeleme elemanı alternatifleri D-1 ve D-4 konutları için aydınlatma enerjisi gereksinimini etkilemektedir. Gölgeleme elemanı-2 kullanıldığı zaman yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi 2339 kWh olarak hesaplanırken saçak genişliği azaltılan gölgeleme elemanı-2 kullanılan alternatifte 2246 kWh değeri hesaplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, engel durumu, gölgeleme elemanı gibi günışığı etkisini belirleyen parametrelerin yıllık aydınlatma enerjisi gereksiniminde etkili olduğu ancak farkların az olduğu görülmektedir.

Farklı yönlenme durumlarının hacme alınan günışığı aydınlığına ve aydınlatma enerjisi gereksinimlerine etkisinin belirlenmesi için geliştirilen yön katsayısının $-R_{yön}$ etkisi ele alınan konut örneğinde Türkiye'nin 3 farklı ili için hesaplanmıştır. Ele alınan konutun güney batı yönelimli dairesi D-1 için 2139 kWh hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi kuzey batı yönelimli D-2 dairesinde 2205 kWh olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde; yön farklılıklarının aydınlatma enerjisi gereksinimine olan etkisi görülmektedir. Toplam Bina aydınlatma enerjisi gereksinimi Kayseri ilinde 116.086 kWh Antalya ilinde 115.826 kWh İstanbul ilinde 116.555 kWh olarak hesaplanmıştır. Farklı coğrafi konumda ve aynı yönlenme durumuna sahip konutların yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimleri değişmekle beraber farkların düşük olduğu görülmektedir.

Konut-Kullanıcı-Mekan modeli ile farklı aile tipolojileri ve değişen kullanıcı davranışlarının aydınlatma enerji gereksinimine olan etkisi Matlab Fuzzy Logic kural tabanlı sistemler yardımı ile oluşturulan model kapsamında; aile büyüklüğü, konutta bulunma durumu ve odanın uyku saatleri dışında (aktif) kullanımı girdilerine bağlı olarak çeşitli senaryolar geliştirilmiştir. Bu senaryolara göre belirlenen ve hacimlerin kullanım oranlarını ifade eden değerlerin- F_A ; konutlarda aydınlatma enerji gereksinimine etkisi incelenmiştir. Bu durumda, ele alınan konut örneğinde; aile profili değişkenine bağlı olarak; kişi sayısı ve konutta bulunmanın en az olduğu durumu ifade eden Küçük Aile-1 için hesaplanan yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi 1076,58 kWh, kişi sayısı ve konutta bulunmanın en yüksek olduğu durumu ifade eden Büyük Aile-3 için yıllık aydınlatma enerjisi gereksinim değeri 2703,29 kWh olarak hesaplanmıştır. Konutlarda kişi sayısının ve konut kullanma sürelerinin aydınlatma enerjisi gereksinimine etkisi yapılan hesaplamalarda ortaya konmuştur. Yapılan hesaplamalara bağlı olarak, konutlarda oda sayısı sabit kaldığı sürece, kişi sayısının artmasının bir süre sonra gereksinim değerinde yüksek bir artışa sebep olmadığı görülmektedir. Oda aktiflik durumuna bağlı enerji gereksiniminin kişi sayısındaki artışa bağlı olarak değişmemesi katmanlaşma olarak nitelendirilmektedir.

Bu çalışmada geliştirilmiş olan modelle, Türkiye'deki aile profili güncel veriler doğrultusunda sınıflandırılmaya çalışılmış ve bu sınıflandırmanın konut binalarında aydınlatma enerji gereksiniminin gerçekçi bir biçimde belirlenmesi amacıyla kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Yapılan hesaplamalarla elde edilen ve yukarıda açıklanan sonuçlar; binaların birbirlerinin günışığı alımında engel etkisi yaratmasının aydınlatma enerji gereksinimindeki rolünün planlama aşamasından itibaren göz önünde tutulmasının önemini ortaya koymaktadır. Pencereleere gölgeleme elemanı tasarımında, günışığının etkin kullanımı hedeflenerek aydınlatma enerjisi gereksiniminin optimize edilmesi gerekmektedir. Hacimdeki günışığı aydınlığının farklı yönlenme durumlarına göre değişen etkisini hesaplara dahil etmek amacıyla Türkiye için geliştirilen modelde farklı enlemlerdeki yön farklılıklarının hacimdeki günışığı alımına ve aydınlatma enerji performansına olan etkisine dikkat çekilmiştir. Bunlara bağlı olarak; binaların tasarım sürecinde; günümüzde özellikle toplu konut ve apartman tasarımlarının başlıca sorunlarından biri olan standart plan çözümlerinin farklı yönlendirmelerle

kullanılması yerine, yönlere bağılı spesifik çözümlerin geliştirilmesi gerektiği ortaya konmuştur. Günışığından yararlanmanın enerji verimliliğine olan katkısının yanı sıra güneş ışınımının sağlık ve konfor açılarından olumlu etkileri de göz önüne alınarak, günışığına ilişkin parametrelerin tasarım sürecinde dikkate alınması önerilmektedir.

Günümüzde çeşitli olanaklar sunan simülasyon programları aracılığıyla bina tasarımı sürecinde günışığının etkin kullanımı ve yapma aydınlatma sistemlerinin enerji performansına ilişkin değerlendirilmeler yapılarak tasarımların optimize edilmesi gerçekleştirilebilmektedir. Bu tez çalışmasında geliştirilen “Türkiye için Konut Binalarının Aydınlatma Enerjisi Gereksinimi Açısından Değerlendirilmesine ilişkin Yaklaşım”ın yaygın olarak uygulanmasıyla Türkiye’de konutlarda aydınlatma enerjisi gereksiniminin gerçekçi bir biçimde hesaplanabilmesi ve buna bağılı olarak aydınlatma enerjisi tasarruf potansiyelinin belirlenebilmesi mümkün olacaktır.

Aydınlatma sistemlerinin enerji performansının belirlenmesine yönelik çalışmaların hızlandırılması, yasa ve yönetmeliklerle yaygınlaştırılması enerji verimli tasarımların gerçekleştirilmesine ve yenilenebilir enerji kaynaklarının aydınlatma amacıyla kullanılmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Alshamrani O. S., Galal K., Alkass S.** (2014). Integrated LCA-LEED sustainability assessment model for structure and envelope systems of school buildings. *Building and Environment*, 80, 61-70.
- An J. S.** (2004). Evaluation of Assumptions in Building- *Energy Standards: A Method for assessing the Lighting Provision*, Doktora Tezi, Harvard Design School, ABD.
- ANON.** (1992). *Handbuch für Beleuchtung*, Ecomed Verlag, Almanya.
- ANON.** (2005). *Housing*, World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, New York.
- ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007.** (2007). Energy standard for buildings except low-rise residential buildings, Atlanta, ABD.
- Ak N.** (2006). “*Geleceğin Konutu*” *Tasarımında Ortaya Çıkan Kavramların Belirlenmesi*, ‘(Yüksek Lisans Tezi), İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul .
- Akdur R.** (1998). *Konut ve İnsan Sağlığı Açısından Önemi*. Halk Sağlığı, Antıp A.Ş Yayınları, Ankara.
- Aydınlı S.** (1983). *The availability of Solar Radiation and Daylight*, Institut für Lichttechnik der Technischen Universität Berlin, Almanya.
- Aydınlı, S.** (1981). “*Über die Berechnung der zur Verfügung stehenden Solarenergie und des Tageslichtes*” VDI Verlag, Berlin.
- BEP-TR.** (2010). Binalarda enerji performansı ulusal hesaplama yöntemi, ısıtma ve soğutma için net enerji ihtiyacının hesaplanması, *Resmi Gazete*, 07 Aralık 2010 Perşembe, Sayı:27778.
- BEP-TR.** (2010). Binalarda enerji performansı ulusal hesaplama yöntemi, ek 05-aydınlatma, *Resmi Gazete*, 07 Aralık 2010 Perşembe, Sayı:27778.
- BEP-TR.** (2010). Binalarda enerji performansı ulusal hesaplama yöntemi, ek 07-referans bina belirleme, *Resmi Gazete*, 07 Aralık 2010 Perşembe, Sayı:27778.
- Berköz E., Küçükdoğu M.Ş. ve diğ.** (1995). *Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı*, Tübitak, INTAG201.
- Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği.** (2008). *Resmi Gazete*, 5 Aralık 2008, Sayı: 27075.
- Brasche S., Bischof W.** (2005) Daily time spent indoors in German Houses. Baseline data for the assesment of indoor exposure of German occupants, *Building and Environment*, 384, 93-105.

- BSR/ASHRAE/USGBC/IESNA Standard 189.1P.** (2007). Standard for the design of high-performance green buildings except low-rise residential buildings, Third Public Review, Atlanta, ABD.
- BS 8206-2:2008.** (2008). Lighting for buildings- Part 2: Code of practice for Daylighting, London.
- Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu.** (1987). Report of the world commission on environment and development:our common future, *Brundtland Report*, Kyoto.
- CIBSE Guide F** (2009). Code for lighting, the chartered institution of building services engineers, London.
- CIBSE Guide F** (2012). Energy efficiency in buildings, the chartered institution of building services engineers, London.
- CIBSE LG10: 1999** (1999). Daylighting and window design (lighting guide), the chartered institution of building services engineers, London.
- CIE Publication 22** (1973). Standardization of luminance distribution on clear skies, *CIE Standard General Sky*, Paris.
- CIE Publication** (2003). Spatial distribution of daylight - *CIE Standard General Sky*, CIE S011/E:2003, Viyana.
- Deamer, P.** (2004). *The Millenium House, Yale School of Architecture, Peggy Deamer Seminar/Studio 2000/2001*, Edited by Nina Rappaport, The Monacelli Pres, America, New York.
- DIN V 18599-4:2007-02** (2007). Energy efficiency of buildings - Calculation of the energy needs, delivered energy and primary energy for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting Part 4: Net and final energy demand for lighting.
- Dialux Version 4.12** (2012). The software standard for calculating lighting layouts, User Manual.
- Directive on Energy Performance of Buildings** (2002). 2002/91/EC, Brüksel.
- Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council** (2012). 4 July 2012 Waste electrical and electronic equipment (WEEE), Official Journal of the European Union.
- Directive 2011/65/EU European Parliament and of the Council** (2011). 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment- RoHS, Official Journal of the European Union.
- DOE.** (1992).Department of environment procedures to be followed and the standards to be applied in providing local authority dwellings, Ireland.
- Dülgeroglu Y.** (1995). *Konut Kavramının Tipolojik Temelleri*, İ.T.Ü. Yayınları, İstanbul.
- EN 12464** (2011). Light and lighting of workplaces: Part1-Indoor workplaces. *CEN/TC 169*, European Committee for Standardisation, Bruge.

- EN 15193** (2007). Energy performance of buildings- Energy requirements for lighting, *CEN/TC 169*, European Committee for Standardisation, Bruges.
- EN ISO 14040-14044** (2006). Environmental management- Life cycle assessment requirements and guidelines, European Committee for Standardisation.
- EN 15804** (2012). Sustainability of construction works- Environmental product declarations- Core rules for the product category of construction products, European Committee for Standardisation.
- EN 15643** (2010). Sustainability of construction works, sustainability assessment of buildings, general framework, European Committee for Standardisation.
- Fuzzy Logic Vol.5** (2010) *Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Notları* Vol.5 Kayseri .
- European Commission** (2011). Green public procurement indoor lighting, *Technical Background Report*, London.
- European Commission** (2011). Green paper: Lighting the future, accelerating the deployment of innovative lighting technologies. The European Commission, Brussels, 15.12.2011, COM 889.
- Hamilton, B.** (2004). *The Influence of Demographic Trends on Housing Demand in the United States: A Descriptive Analysis*, University of Florida, Department of Geography, Florida.
- Hellinga H ve Hordijk B.G.J.** (2009). *A new method for the analysis of daylight access and view out*, Lux Europa, İstanbul, Türkiye.
- Hoffman, H.** (1967) *One Family Housing Solutions to an Urban Dilemma*, Thames&Hudson, London.
- IESNA** (2000). *The IESNA Lighting Handbook: Reference & Application*, New York: Illuminating Engineering Society of North America, ABD.
- IESNA** (2011). *The IESNA Lighting Handbook: Reference & Application*, 10th Edition, New York: Illuminating Engineering Society of North America, ABD.
- Keighley E.C.** (1973). Visual requirements and reduced fenestration in offices: a study of window shape. *Building Science*, **8**, 311–320.
- Kellekçi Ö. L. ve Berköz, L.** (2006). Konut ve çevresel kalite memnuniyetini yükselten faktörler . *İtü dergisi*, **5**(2), 167-178.
- Karahan, E. ve Özüekren, Ş.** (2009) Konut Kariyerini Etkileyen Faktörler Üzerine Nitel Bir Araştırma Yöntemi. *İtü dergisi*, **8**(2), 69-76.
- Kutlu R.** (2008). *İlköğretim dersliklerinde aydınlatma enerjisi yönetimi açısından yönlere göre uygun cephe seçeneklerinin belirlenmesi üzerine bir yaklaşım*, (Doktora Tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Küçükdoğan M.Ş. ve diğ.** (1995). Enerji etkin konut ve yerleşme tasarımı *Araştırma Projesi Raporu*, Proje No: İNTAG 201, TÜBİTAK İnşaat Teknolojileri Araştırma Grubu, Ankara.

- Littlefair P. J.** (2011). *BRE Report Site Layout Planning For Daylight And Sunlight: A Good Practice*, Second Edition, Building Research Establishment, Watford, U.K.
- Littlefair P.J.** (1998). Predicting lighting energy use under daylight linked lighting controls. *Building Research Information*, **26**, 208-222.
- Mumin A. B; Khattab,O. ve Shridar G.** (2003) Occupants behaviour and activity patterns influencing the energy consumption in the Kuwaiti Residences, *Energy Policy* , **15** (2), 157-168.
- Papakostas A, B. ve Sotiropoulos, T.K** .(1996).Occupational and energy behavior patterns in Greek residences, *Energy And Buildings*, **3**, 25-32.
- Richardson, I. ve Thomson M.,** (2008). A high-resolution domestic building occupancy model for energy demand simulations, *Energy and Buildings*, **10** (5), 138-146.
- Richardson, I., Thomson M. ve Infield, D.** (2010). Domestic electricity use: A high-resolution energy demand model, *Energy and Buildings*, **42** (1), 1878-1887.
- Olgyay A. ve Olgyay V.** (1957). *Solar Control and Shading Devices*, Princeton University Press, New Jersey.
- Oral, G.K., Yener A.K. ve Bayazit, N. T.** (2001). İklim, ışık ve ses kontrolün açılardan bina kabuğu tasarımı, *II.Çevre ve Enerji Kongresi*, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO Yayın No: E/2001/289, ISBN 975-395-492-1, 63-69, İstanbul, 15-17 Kasım 2001.
- Osram** (2009). Executive summary: Life cycle assessment of illuminants-a comparison of light bulbs, compact fluorescent lamps and LED lamps, California.
- Özkaya, M.** (2004). *Aydınlatma Tekniği*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Rapoport, A.** (2001). Theory, Culture and Housing, *Housing, Theory and Society*, **17**, 145-165.
- Riley, T.** (1999). *The Un-Private House*, The Museum Of Modern Art, New York .
- Sirel Ş.** (1997). *Aydınlatma Sözlüğü*, Yapı Endüstri Merkezi Yayınevi, İstanbul.
- SLL** (2012). Society of Lighting and Lighting (SLL), The SLL lighting handbook. London: Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE), London.
- Şener H.** (1977). *Geleneksel Konutların Onarım Yenileme Çalışmalarına İhtiyaçsal Değerlendirme Yolu İle Bir Yaklaşım*, İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi İstanbul.
- Şener F. ve Uyan F.** (2011). Bina Aydınlatma Enerjisi Performansında Kullanıcı Davranışları. 8. *Aydınlatma Kongresi*, pp:171-180, İstanbul, 14-15 Nisan 2011.
- Url-1** <http://www.tedas.gov.tr/enerji_istatistik.pdf>, alındığı tarih: 15.06.2014
- Url-2**<<http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/>>, alındığı tarih: 05.12.2012

- Url-3** <[http:// www.epdk.gov.tr](http://www.epdk.gov.tr)>, alındığı tarih:07.11.2014
- Url-4** <[http://www.enerji.gov.tr/index.php/ yayinlar](http://www.enerji.gov.tr/index.php/yayinlar)>, alındığı tarih: 07.11.2014
- Url-5** <<http://www.globalenerji.com.tr/>>, alındığı tarih: 18.05.2014
- Url-6** <[http://ekutup.dpt.gov.tr /kavakk/enerji.pdf](http://ekutup.dpt.gov.tr/kavakk/enerji.pdf)) *Uzmanlık tezi* >,
alındığı tarih: 15.06.2014
- Url-7** <http://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler_iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi>,
alındığı tarih: 18.06.2014
- Url-8**<<http://enerjienstitusu.com/2012/02/27/enerji-verimlilik-strateji-belgesi>>,
alındığı tarih:25.04.2013
- Url-9** <<http://www.usgbc.org/leed>>, alındığı tarih: 13.02.2015
- Url-10** <<http://www.breeam.org/>>, alındığı tarih: 13.02.2015
- Url-11** <<https://www.gbca.org.au/green-star/>>, alındığı tarih: 13.02.2015
- Url-12** <<http://www.ibec.or.jp/>>, alındığı tarih: 15.06.2014
- Url-13**<<http://ailetoplum.aile.gov.tr/data/544f6ddd369dc328a057d01c/taya2011.pdf>,
Url-14<http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1029>,alındığı tarih: 05.10.2013
- Uslu, T.** (1996). *Ütopyaların toplu konut tasarımına etkisi*, (Yüksek Lisans Tezi), İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Yener A.K. ve Küçükdoğu, M.** (1999). “Energy conservation in office lighting”, *24th Session of the CIE*, Publication No.133, ISBN 3 900 734 93 3, ss:129-131, Varşova, 24-30 Haziran 1999.
- Yener A. K., Uyan F. ve Şener F.** (2009). Binaların sürdürülebilirliklerini belirlenmesinde aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi, *5.Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, 1-11, İstanbul, 7-10 Mayıs.
- Yener, A.K.** (1998) “Ein Modell zur Bestimmung natürlicher Beleuchtungsstaerken in Innenraeumen”, *Licht* 98, 3, ss: 190-197, Bregenz, Eylül 1998.
- Ünver, R. ve Yener, A.K.,** (2000) “Kapalı ve ortalama gök için, iç aydınlık düzeylerinin karşılaştırılması”, *3.Ulusal Aydınlatma Kongresi*, ss:41-46, İstanbul, 23-24 Kasım.
- Ünver. R. ve Yener, A.K.,** “Internal Illuminances in Istanbul for Overcast and Average Skies”, *Light & Lighting 2000 International Conference*, Bükreş, Romanya, 11-13 Mayıs.
- Yılmaz F.Ş. ve Yener A.K.** (2014). Lighting energy performance determination for Turkey. *Lighting Research and Technology*, 3(2), 1455-1463.
- Zahle, K.** (1996) *Kullanıcı Gözüyle Konut, Diğerlerinin Konut Sorunları*, TBMMOB Odası, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad :Özlem Sümengen
Doğum Yeri ve Tarihi : 07.11.1978
E-Posta :osumengen@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2000, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
- **Yükseklisans** : 2004, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, Fiziksel Çevre Kontrolü Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

2006- Devam Ediyor Araştırma Görevlisi: Erciyes Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı

Güray, C., Ayan Ç., Akkar, H., **Sümengen, Ö.**, Türk,E., “Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi Dicle Vadisi Peyzaj Planlama Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması Yarışması”, Satınalma Ödülü, Mart 2007, Diyarbakır, Türkiye.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Sümengen, Ö.**,Yener, A.; (2011). Akıllı Konutlarda Aydınlatma ve Örnekler, *8.ci Ulusal Aydınlatma Kongresi* ATMK, İstanbul, 14-15 Nisan.
- **Sümengen, Ö.**, Yener, A., (2013). Konutlarda Aydınlatma Enerjisi Performansı ve Görsel Konfor Koşulları, *TMMOB VII. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi*, İzmir, 21-24 Kasım.
- **Sümengen, Ö.**, Yener, A., 2015. Konut Binalarında Aydınlatma Enerjisi Performansının Belirlenmesinde Günışığına İlişkin Değişkenlerin İncelenmesi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **31(2)**, 196-208.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Parlak-Biçer, Ö., Şimşek, S., Kiraz, F., Salgın, B., Özer, S., **Sümengen, Ö.**; “Construction Technology I”, Architectural Education Forum IV, 26-29 Mayıs 2009, Kayseri, Türkiye (Özeti Basılmış Poster Sunumu).

Parlak-Biçer, Ö., Şimşek, S., Özer, S., **Sümengen, Ö.**, Kiraz, F., Salgın, B.; “Construction Technology II”, Architectural Education Forum IV, 26-29 Mayıs 2009, Kayseri, Türkiye (Özeti Basılmış Poster Sunumu).

Sümengen, Ö., Uyan, F., Yener, A.; “Sustainable Lighting in Retail Spaces-Case Study Evaluations”, Lighting Quality and Energy Efficiency International Conference of CIE, 14-17 March 2010, Vienna, Austria (Tam Metin Basılmış Poster Sunumu).

Sümengen, Ö., Salgın, B.; “The Design Principles Observation of a Traditional Sustainable Settlement Talas/Turkey as a Case Study”, “The 5th International Conference on Design Principles and Practices, 2-4 Şubat 2011, Sapienza University of Rome, Italy (Sözlü Bildiri Sunumu .)

Sümengen, Ö., Şener, F., Uyan, F., Yener, A.; “A Study On LandMark Lighting with Investigations From İstanbul” The 27th Session of CIE International Congress, 10-16 Temmuz , SunCity / South Africa.

Sümengen, Ö., Uyan, F., Şener, F., Yener, A.; “A study on lighting in Intelligent Residential Buildings in the Frame of EU Directive 2010/31/EU” Balkanlight2012, 3-5 October, Belgrad /Serbia

Sümengen, Ö.; “Kayseri Kız Olgunlaşma Enstitüsü Binası, Do.co.mo.mo.-tr, Türkiye Mimarlığında Modernizmin Yerel Açılımları IV, 26-27 Aralık 2008 Uludağ Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Bursa, Türkiye (Özeti Basılmış Poster Sunumu).

Özer, S., Parlak-Biçer, Ö., Salgın, B., **Sümengen, Ö.**; “Turizmde Önemli Yeri Olan Konaklama Yapılarının Kent Merkezi Kapsamında İncelenmesi, Örnek Alan: Kayseri Kent Otelleri”, İle birlikte, IV. Lisansüstü Turizm Öğrencileri Araştırma Kongresi, 23 – 27 Nisan 2008, Antalya, Türkiye (Tam Metin Basılmış Bildiri).

Yener, A., **Sümengen, Ö.**, Şener, F., Uyan, F.; “Konutlarda Sürdürülebilir Aydınlatma Tasarımı”, Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi, 4-5 Mart 2010 Y.T.Ü İstanbul, Türkiye (Tam Metin Basılmış Bildiri Sunumu).

Sümengen, Ö., Yener, A.; “Akıllı Konutlarda Aydınlatma ve Örnekler” 8.ci Ulusal Aydınlatma Kongresi ATMK, 14-15 Nisan 2011, İstanbul, Türkiye (Tam Metni Basılmış Bildiri Sunumu).

Parlak Biçer, Ö., **Sümengen Ö.**, “Nevşehir-Avanos Lisesi”, Bildiri, Do.Co.Mo.Mo. Türkiye Ulusal Çalışma Grubu, Türkiye Mimarlığında Modernizmin Yerel Açılımları VII, 16-18 Aralık 2011, sayfa:64, Mersin Üniversitesi.

