

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EĞİTİM YAPILARINDA CEPHE BOŞLUK ORANLARININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ
AÇISINDAN HESAPLANMASI: BİR UZMAN SİSTEM MODELİ

SERTAÇ KARSAN ERBAŞ

DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR ORTAMINDA MİMARLIK PROGRAMI

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ TOGAN TONG

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EĞİTİM YAPILARINDA CEPHE BOŞLUK ORANLARININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ
AÇISINDAN HESAPLANMASI: BİR UZMAN SİSTEM MODELİ**

Sertaç KARSAN ERBAŞ tarafından hazırlanan tez çalışması 29.05.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Mimarlık Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG

Yıldız Teknik Üniversitesi



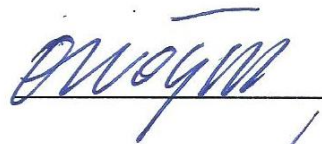
Prof. Dr. Meral ERDOĞAN

Yıldız Teknik Üniversitesi



Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi



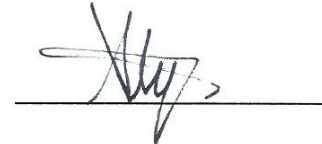
Doç. Dr. Şensin AYDIN YAĞMUR

Yıldız Teknik Üniversitesi



Doç. Dr. Tuğrul YAZAR

İstanbul Bilgi Üniversitesi



ÖNSÖZ

Tez çalışmasında, günümüz teknolojisi kullanılarak enerji verimliliği ile sayısal ortam ilişkisinin kurgulandığı bir kodlama modeli geliştirilmiştir. Bu model önerisi, Türkiye şartları ile uyum sağlaması açısından TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı doğrultusunda, T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu göz önüne alınarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen, görüşlerinden oldukça yararlandığım tez danışmanım Sn. Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG'a, tez çalışmamın ilerlemesinde büyük katkıları olan değerli jüri üyeleri Sn. Prof. Dr. Meral ERDOĞAN ve aynı zamanda bölüm başkanım olan Sn. Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU'na, değerli görüş ve yardımlarından dolayı Sn. Doç. Dr. Ümit IŞIKDAĞ'a, koşulsuz destek ve anlayışı için Sn. Dr. Kemal ŞAHİN'e, Sn. Osman ÖLGEN'e sabır ve anlayışlarından dolayı birlikte çalıştığım sevgili bölüm arkadaşlarıma ve her zaman yanımda olan, desteklerini hissettiğim sevgili aileme teşekkür ederim.

Mayıs, 2019

Sertaç KARSAN ERBAŞ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
ABSTRACT.....	xvii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Tezin Amacı	5
1.3 Hipotez	6
1.4 Yöntem.....	7
BÖLÜM 2	
YAPILARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ.....	10
2.1 Çevresel Faktörler	11
2.2 Enerji Verimliliği Üzerine Yürütülen Çalışmalar	16
2.3 Eğitim Yapılarında Enerji Verimliliği	19
2.4 Türkiye’de İlköğretim Yapıları	33
2.4.1 MEB.2014.08.İÖ Tip Proje	34
BÖLÜM 3	
SAYISAL ENERJİ MODELLERİ.....	39
3.1 Sayısal Tasarım Süreci	39
3.2 Sayısal Enerji Modeli	42
3.3 Sayısal Enerji Modeli İçin Kullanılan Ortamlar	45

BÖLÜM 4

UZMAN SİSTEM MODELİ ÖNERİSİ.....	54
4.1 Modelin Yöntemi: Kodlama	55
4.2 Modelin Algoritması.....	56
4.2.1 Model Algoritmasının Kuralları.....	58
4.2.2 Mekân Geometrisi Seçenekleri	61
4.2.3 Giriş Verileri - Değişkenler ve Sabitler	63
4.2.4 Bina Bileşen Özellikleri	68
4.3 Hesaplama Fonksiyonları ve Şemaları	72
4.3.1 Alan ve Hacim Değeri Hesaplama Fonksiyonu ve Şeması	74
4.3.2 Toplam Faydalı Kazançlar Hesaplama Fonksiyonu ve Şeması.....	75
4.3.3 Toplam Isıl Geçirgenlik Katsayısı Hesabı.....	84
4.3.4 Yapının Aylık Isı Kaybı Hesabı	87
4.3.5 Yıllık Isıtma Enerjisi Gereksinimi Hesabı	91
4.4 Kod Bloklarının Oluşturulması	92
4.5 Kod Bloklarının Farklı Ortamlarla İlişkisi: API	95
4.6 API'nin Model Önerisinde Kullanımı	98
4.7 Modelin Çalıştırılması	102
4.7.1 Modelin Yerel Sunucu Üzerinde Çalıştırılması.....	104
4.7.2 Modelin Web Sunucu Üzerinde Çalıştırılması	108
4.8 Çıkış Verileri	114
4.9 Çıkış Verilerinin Değerlendirilmesi.....	154

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER	159
KAYNAKLAR	167
EK-A	
GÜN BÖLGELERİNE GÖRE REFERANS ARALIĞI DEĞERLERİ	174
EK-B	
BÜTÜN FONKSİYONLARIN AKIŞ DİYAGRAMLARI VE BAĞLANTILARI.....	175
EK-C	
BÜTÜN FONKSİYONLARIN AKIŞ DİYAGRAMLARI VE BAĞLANTILARI (Kodlama amaçlı)	176
EK-D	
PHP KOD.....	177
ÖZGEÇMİŞ	196

SİMGE LİSTESİ

A	Yüzey alanı
A_d	Dış hava ile temas eden döşemenin alanı
A_D	Duvar alanı
A_{ds}	Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı
A_k	Dış kapı alanı
A_n	Yapının kullanılan alanı
A_p	Pencere alanı
A_T	Tavan alanı
A_t	Zemin döşeme alanı
A_{top}	Yapının ısı kaybeden yüzeylerinin toplamı
d	Duvar kalınlığı
H	Yapının özgül ısı kaybı
H_t	Yapıda iletim ile oluşan ısı kaybı
H_v	Yapıda havalandırma ile oluşan ısı kaybı
$I_{i,ay}$	Güneş ışınımı şiddeti
η_{ay}	Kazançlar için ortalama kullanım faktörü (aylık)
Θ_e	Aylık ortalama dış sıcaklık
Θ_i	Aylık ortalama iç sıcaklık
$\Phi_{i,ay}$	Ortalama iç kazançlar (aylık)
$\Phi_{s,ay}$	Ortalama güneş enerjisi kazancı (aylık)
Q_{ay}	Yapıya verilmesi gereken aylık ısı miktarı
$Q_{yıl}$	Yapıya verilmesi gereken yıllık ısı miktarı
R	Isıl geçirgenlik direnci
R_e	Dış yüzey ısı iletim direnci
R_i	İç yüzey ısı iletim direnci
$r_{i,ay}$	Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü
t	Zaman (aylık)
U	Isıl geçirgenlik katsayısı
U_D	Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı
U_d	Dış hava ile temas eden döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı
U_{ds}	Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı
U_k	Dış kapının ısı geçirgenlik katsayısı
U_p	Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı
U_T	Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı
U_t	Zeminin ısı geçirgenlik katsayısı

$V_{brüt}$
 λ_h

Yapının ısıtılan brüt hacmi
Isıl iletkenlik hesap değeri



KISALTMA LİSTESİ

2B	İki Boyutlu
3B	Üç Boyutlu
API	Uygulama Programlama Arayüzü
BEP-TR	Binalarda Enerji Performansı Yazılımı
BIM	Building Information Modeling
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology
CAD	Computer Aided Design
CO ₂	Karbondioksit
CPU	Central Processing Unit
DNS	Domain Name System
DXF	Drawing Exchange File
FTP	File Transfer Protocol
GB	Gigabyte
gbXML	Green Building Extensible Markup Language
HTML	Hyper Text Markup Language
IFC	Industry Foundation Classes
JSON	Java Script Object Notation
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MB	Megabyte
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
MVP	Minimum Viable Product
MySQL	My Structured Query Language
NURBS	Non Uniform Bi-Rational Splines
PHP	Hypertext Preprocessor
RAM	Random Access Memory
TFK	Toplam faydalı kazançlar
TS	Türk Standartları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
WSDL	Web Services Description Language
XAMPP	Apache-MariaDB-PHP-Perl
XML	Extensible Markup Language
YBM	Yapı Bilgi Modelleme
YPB	Yüksek Performanslı Bina

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1	Dünya iklim haritası..... 12
Şekil 2. 2	Türkiye için yağış etkinlik iklim özellikleri 13
Şekil 2. 3	İklim Değişikliği Eylem Planı Binalar sektörü amaç ve hedefleri..... 17
Şekil 2. 4	Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı Eylem Planı dördüncü bileşeni 18
Şekil 2. 5	Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı Eylem Planı dördüncü bileşeni devamı 18
Şekil 2. 6	Kış ve yaz mevsimleri için beklentiler 20
Şekil 2. 7	Verimlilik şeması 20
Şekil 2. 8	Örnek psikometrik diyagram..... 22
Şekil 2. 9	Allgemeine Gewerbeschule 'nin cephe düzeni görünümü 24
Şekil 2. 10	Klagshamn School cephe düzeni görünümü 25
Şekil 2. 11	Salvagny okul koridor görüntüsü 25
Şekil 2. 12	Anglo American School of Sofia kampüs görünümü..... 26
Şekil 2. 13	Bicester Zero Carbon Primary School giriş düzeni yandan görünümü 26
Şekil 2. 14	Bicester Zero Carbon Primary School giriş görünümü 26
Şekil 2. 15	Martinet Primary School dış cephe üzerinde yer alan seramiklerin görünümü..... 27
Şekil 2. 16	Martinet Primary School seramiklerin oluşturduğu cephe görünümü..... 27
Şekil 2. 17	Carnegie İlkokulu giriş görünümü 27
Şekil 2. 18	Cezeri Yeşil Teknoloji Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi dış görünümü 28
Şekil 2. 19	TED Rönesans Koleji kampüs genel görünümü..... 28
Şekil 2. 20	Bahriye Üçok Anaokulu çatı görünümü 29
Şekil 2. 21	Enerji tüketimlerinin bina türlerine göre dağılımı [50] 30
Şekil 2. 22	Taban geometrisi birinci seçeneği 36
Şekil 2. 23	Taban geometrisi ikinci seçeneği 37
Şekil 2. 24	Taban geometrisi üçüncü seçeneği..... 37
Şekil 2. 25	Taban geometrisi dördüncü seçeneği..... 37
Şekil 3. 1	Yapı Bilgi Modellemenin yararları 41
Şekil 3. 2	Yapı bilgi modelleme tasarım aşamaları 41
Şekil 3. 3	Hesaplama modeli için işlem sırası 45
Şekil 3. 4	Autodesk Revit ortamında örnek yönlenme görünümü 46
Şekil 3. 5	Autodesk Revit ortamında Eylül-Haziran dönemleri arası güneşin izlediği yol için zaman ayarı ekran görünümü..... 47

Şekil 3. 6	Autodesk Revit ortamında Eylül-Haziran dönemleri arası güneşin izlediği yol örnek görünümü	48
Şekil 3. 7	Autodesk Revit ortamında konum bilgisi seçimi ekran görünümü.....	48
Şekil 3. 8	Autodesk Revit ortamında bileşen özellikleri seçimi ekran görünümü	49
Şekil 3. 9	Autodesk Revit ortamında enerji modeli oluşturma ekran görünümü	49
Şekil 3. 10	Örnek enerji modeli görüntüsü.....	49
Şekil 3. 11	Design Builder ortamında ön ayarlar ekran görünümü	50
Şekil 3. 12	Design Builder ortamında konum bilgisi seçimi ekran görünümü.....	51
Şekil 3. 13	Design Builder ortamında bileşen özellikleri seçimi ekran görünümü	51
Şekil 4. 1	Giriş-çıkış verileri ve işlem şeması.....	54
Şekil 4. 2	Bir algoritmanın genel çalışma ilkesi.....	55
Şekil 4. 3	Model algoritmasının basamakları	57
Şekil 4. 4	Çalışmada kullanılan üç temel algoritma şeması	58
Şekil 4. 5	İkinci Gün Bölgesi İlleri [68].....	59
Şekil 4. 6	Birinci mekân seçeneği için tabanı çevreleyen duvarların özellikleri	61
Şekil 4. 7	İkinci mekân seçeneği için tabanı çevreleyen duvarların özellikleri	62
Şekil 4. 8	Üçüncü mekân seçeneği için tabanı çevreleyen duvarların özellikleri	62
Şekil 4. 9	Gruplandırılan giriş verileri	63
Şekil 4. 10	Duvar katmanları.....	68
Şekil 4. 11	Tavan katmanları.....	70
Şekil 4. 12	Taban katmanları	71
Şekil 4. 13	Modelin işleyiş şeması	73
Şekil 4. 14	Yapının boyut bilgileri	74
Şekil 4. 15	Yapının alan ve hacim hesabı şeması.....	74
Şekil 4. 16	Toplam faydalı kazançlar genel akış şeması.....	76
Şekil 4. 17	İç kazançlar şartlı akış şeması.....	77
Şekil 4. 18	Kazanç kayıp oranı akış şeması	78
Şekil 4. 19	Güneş kazancı hesabı genel akış diyagramı	81
Şekil 4. 20	Güneş enerjisi geçirme faktörü hesabı akış diyagramı	82
Şekil 4. 21	Güneş kazancı tüm akış diyagramı	83
Şekil 4. 22	Isıl geçirgenlik direnci akış diyagramı.....	84
Şekil 4. 23	Isıl geçirgenlik katsayısı akış diyagramı	86
Şekil 4. 24	Toplam ısıl geçirgenlik katsayısı hesabı şeması.....	87
Şekil 4. 25	Özgül ısı kaybı akış diyagramı.....	87
Şekil 4. 26	Özgül ısı kaybı varsayılan akış diyagramı	88
Şekil 4. 27	Isı kaybı fonksiyonu genel akış diyagramı	88
Şekil 4. 28	Isı kaybı fonksiyonu ayrıntılı akış diyagramı.....	89
Şekil 4. 29	Alan hacim hesabı ve özgül ısı kaybı hesabı bağlantı diyagramı.....	90
Şekil 4. 30	Isı ihtiyacı hesabı akış diyagramı	91
Şekil 4. 31	JAVA script kod bloğu görünümü.....	92
Şekil 4. 32	Kod blokları ana görünümü.....	93
Şekil 4. 33	Fonksiyonların ekran görünümü	94
Şekil 4. 34	Fonksiyonların ekran görünümü devamı	95
Şekil 4. 35	API genel çalışma şeması	95
Şekil 4. 36	Web API çalışma prensibi.....	98
Şekil 4. 37	Geliştirilen uygulama için web servis kullanımı	100
Şekil 4. 38	Dynamo node yapısı.....	100

Şekil 4. 39	Uygulamanın Dynamo görsel programlama dili ile ifadesi	101
Şekil 4. 40	Uygulamanın Python script ile ifadesi.....	102
Şekil 4. 41	XAMPP kontrol ekranı	103
Şekil 4. 42	Web üzerinde çalışma senaryo diyagramı	103
Şekil 4. 43	Mekân geometrisi seçenekleri ana ekranı tarayıcı görüntüsü.....	104
Şekil 4. 44	Birinci mekân geometrisi seçeneği kullanıcı seçimi tarayıcı görünümü ...	105
Şekil 4. 45	İkinci mekân geometrisi seçeneği tarayıcı görüntüsü ve kullanıcı seçimi	106
Şekil 4. 46	Üçüncü mekân geometrisi seçeneği tarayıcı görüntüsü ve kullanıcı seçimi	107
Şekil 4. 47	Ana sayfa giriş ekranı	110
Şekil 4. 48	Genel arayüz görüntüsü	110
Şekil 4. 49	Birinci mekân geometrisi seçeneği arayüz görünümü	111
Şekil 4. 50	İkinci mekân geometrisi seçeneği arayüz görünümü	112
Şekil 4. 51	Üçüncü mekân geometrisi seçeneği arayüz görünümü.....	112
Şekil 4. 52	Hesap sonuçları arayüz ekran görünümü	113
Şekil 4. 53	Tablo değerleri gösterimi arayüz ekran görünümü	113
Şekil 4. 54	Çizgi grafik gösterimi	114
Şekil 4. 55	Bar grafik gösterimi	114
Şekil 4. 56	Kuzey yönü kazanç-kayıp grafiği	118
Şekil 4. 57	Kuzey yönü gereken ısı miktarı grafiği	118
Şekil 4. 58	Doğu yönü kazanç-kayıp grafiği	119
Şekil 4. 59	Doğu yönü gereken ısı miktarı grafiği	119
Şekil 4. 60	Güney yönü kazanç-kayıp grafiği	120
Şekil 4. 61	Güney yönü gereken ısı miktarı	120
Şekil 4. 62	Batı yönü kazanç-kayıp grafiği	121
Şekil 4. 63	Batı yönü gereken ısı miktarı grafiği	121
Şekil 4. 64	Bütün yönler için %25 taban alanı-pencere oranına göre gereken ısı miktarı	122
Şekil 4. 65	Bütün yönler için %30 taban alanı-pencere oranına göre gereken ısı miktarı	123
Şekil 4. 66	Bütün yönler için %35 taban alanı-pencere oranına göre gereken ısı miktarı	124
Şekil 4. 67	Bütün yönler için %40 taban alanı-pencere oranına göre gereken ısı miktarı	126
Şekil 4. 68	Bütün yönler için %45 taban alanı-pencere oranına göre gereken ısı miktarı	127
Şekil 4. 69	Bütün yönler için %50 taban alanı-pencere oranına göre gereken ısı miktarı	128
Şekil 4. 70	Yönlere göre gereken ısı miktarı grafiği	130
Şekil 4. 71	Kuzey yönü pencere oranına bağlı kayıp-kazanç grafiği	136
Şekil 4. 72	Doğu yönü pencere oranına bağlı kayıp-kazanç grafiği	138
Şekil 4. 73	Güney yönü pencere oranına bağlı kayıp-kazanç grafiği	140
Şekil 4. 74	Batı yönü pencere oranına bağlı kayıp-kazanç grafiği	142
Şekil 4. 75	İkinci seçenek için yön ve oran değerlerine göre toplam güneş kazançları grafiği	143

Şekil 4. 76	İkinci seçenek için yön ve oran değerlerine göre sıralanmış toplam güneş kazançları grafiği	144
Şekil 4. 77	Kuzey yönü için pencere oranı gereken ısı miktarı grafiği	145
Şekil 4. 78	Doğu yönü için pencere oranı gereken ısı miktarı grafiği	146
Şekil 4. 79	Güney yönü için pencere oranı gereken ısı miktarı grafiği	147
Şekil 4. 80	Batı yönü için pencere oranı gereken ısı miktarı grafiği	148
Şekil 4. 81	Bütün yönlerde %13 pencere oranı için gereken ısı miktarı grafiği	149
Şekil 4. 82	Bütün yönlerde %16 pencere oranı için gereken ısı miktarı grafiği	150
Şekil 4. 83	Bütün yönlerde %20 pencere oranı için gereken ısı miktarı grafiği	151
Şekil 4. 84	Bütün yönlerde %23 pencere oranı için gereken ısı miktarı grafiği	152
Şekil 4. 85	Bütün yönlerde %27 pencere oranı için gereken ısı miktarı grafiği	153
Şekil 4. 86	Bütün yönlerde %30 pencere oranı için gereken ısı miktarı grafiği	154



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1	Türkiye’de kişi Başı CO ₂ emisyonu, 1990-2016. 14
Çizelge 2. 2	Çevresel etki değerlendirme araçları karşılaştırılması 23
Çizelge 2. 3	Yansıtma çarpanı değerleri 31
Çizelge 2. 4	Derslik sayılarına göre tip projeler 34
Çizelge 2. 5	MEB.2014.08.İO tip projede katların toplam alan ölçüleri 34
Çizelge 2. 6	Farklı ülkelerdeki derslik boyutları ve öğrenci sayıları 35
Çizelge 2. 7	İkinci seçenek taban geometrisi boyut bilgileri..... 38
Çizelge 3. 1	Gündönümü ve ekinoks tarihleri 2016 ve 2017 yılları 47
Çizelge 4. 1	Giriş verileri çizelgesi 65
Çizelge 4. 2	Veriler için kullanılan tanımlar ve birimleri 67
Çizelge 4. 3	Duvar katmanları kalınlık değerleri 69
Çizelge 4. 4	Duvar katmanları için ısı iletkenlik değerleri 69
Çizelge 4. 5	Tavan ve tabanın iç yüzeyi ve dış yüzeyi için ısı iletim direnç değerleri 70
Çizelge 4. 6	Tavan katmanları kalınlık ve ısı iletkenlik değerleri 71
Çizelge 4. 7	Taban katmanları kalınlık ve ısı iletkenlik değerleri 71
Çizelge 4. 8	Derece cinsinden aylık ortalama dış ortam sıcaklık değerleri..... 79
Çizelge 4. 9	Yönlere bağlı güneş ışınımı değerleri 81
Çizelge 4. 10	Cam malzeme seçenekleri..... 83
Çizelge 4. 11	Isı yalıtım malzeme seçenekleri ve ısı iletkenlik gruplarına göre ısı iletkenlik değerleri..... 85
Çizelge 4. 12	Birinci mekân seçeneği için duvar iç ve dış yüzeyleri ısı iletim dirençleri 85
Çizelge 4. 13	İkinci mekân seçeneği için duvar iç ve dış yüzeyleri ısı iletim dirençleri 86
Çizelge 4. 14	Üçüncü mekân seçeneği için duvar iç ve dış yüzeyleri ısı iletim dirençleri 86
Çizelge 4. 15	Parametre listesi 99
Çizelge 4. 16	Bütün yönler ve oranlar için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gerekli ısı miktarı 117
Çizelge 4. 17	Kuzey yönü kazanç-kayıp bilgileri..... 118
Çizelge 4. 18	Doğu yönü kazanç-kayıp bilgileri..... 119
Çizelge 4. 19	Güney yönü kazanç-kayıp bilgileri..... 120
Çizelge 4. 20	Batı yönü kazanç-kayıp bilgileri..... 121

Çizelge 4. 21	Bütün yönlerde %25 oranı için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gereken ısı miktarı.....	122
Çizelge 4. 22	Bütün yönlerde %30 oranı için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gereken ısı miktarı.....	123
Çizelge 4. 23	Bütün yönlerde %35 oranı için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gereken ısı miktarı.....	124
Çizelge 4. 24	Bütün yönlerde %40 oranı için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gerekli ısı miktarı	125
Çizelge 4. 25	Bütün yönlerde %45 oranı için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gerekli ısı miktarı	126
Çizelge 4. 26	Bütün yönlerde %50 oranı için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gerekli ısı miktarı	127
Çizelge 4. 27	Sıralanmış gerekli ısı miktarı.....	129
Çizelge 4. 28	Sıralanmış güneş kazançları	131
Çizelge 4. 29	Sıralanmış ısı kayıpları	132
Çizelge 4. 30	Gereken ısı miktarı, güneş kazancı ve ısı kaybı sıralı listesi.....	133
Çizelge 4. 31	Oranlar çizelgesi	134
Çizelge 4. 32	Kuzey yönü %30 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi	135
Çizelge 4. 33	Kuzey yönü %39 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi	135
Çizelge 4. 34	Kuzey yönü %49 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi	136
Çizelge 4. 35	Doğu yönü %30 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi	137
Çizelge 4. 36	Doğu yönü %39 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi	137
Çizelge 4. 37	Doğu yönü %49 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi	138
Çizelge 4. 38	Güney yönü %30 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi	139
Çizelge 4. 39	Güney yönü %39 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi	139
Çizelge 4. 40	Güney yönü %49 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi	140
Çizelge 4. 41	Batı yönü %30 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi	141
Çizelge 4. 42	Batı yönü %39 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi	141
Çizelge 4. 43	Batı yönü %49 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi	142
Çizelge 4. 44	İkinci seçenek için yön ve oran değerlerine göre toplam güneş kazançları tablosu.....	143
Çizelge 4. 45	İkinci seçenek için yön ve oran değerlerine göre sıralanmış toplam güneş kazançları çizelgesi.....	144
Çizelge 4. 46	Kuzey yönü için pencere oranına bağlı gereken ısı miktarı çizelgesi	145
Çizelge 4. 47	Doğu yönü için pencere oranına bağlı gereken ısı miktarı çizelgesi	146
Çizelge 4. 48	Güney yönü için pencere oranına bağlı gereken ısı miktarı çizelgesi... ..	147
Çizelge 4. 49	Batı yönü için pencere oranına bağlı gereken ısı miktarı çizelgesi.....	148
Çizelge 4. 50	Bütün yönlerde %13 pencere oranı için gereken ısı miktarı çizelgesi	149
Çizelge 4. 51	Bütün yönlerde %16 pencere oranı için gereken ısı miktarı çizelgesi... ..	150
Çizelge 4. 52	Bütün yönlerde %20 pencere oranı için gereken ısı miktarı çizelgesi... ..	151
Çizelge 4. 53	Bütün yönlerde %23 pencere oranı için gereken ısı miktarı çizelgesi... ..	152
Çizelge 4. 54	Bütün yönlerde %27 pencere oranı için gereken ısı miktarı çizelgesi... ..	153
Çizelge 4. 55	Bütün yönlerde %30 pencere oranı için gereken ısı miktarı çizelgesi... ..	154

EĞİTİM YAPILARINDA CEPHE BOŞLUK ORANLARININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN HESAPLANMASI: BİR UZMAN SİSTEM MODELİ

Sertaç KARSAN ERBAŞ

Mimarlık Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG

Enerji verimliliği, bütün disiplinler için hem maliyet hem de sürdürülebilirlik açısından ele alınması gereken en önemli kavramlardan birisidir. Yapı sektörü ve binalar enerji kaynak tüketiminde önemli bir paya sahip olduğundan bu sektör için de yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Dolayısıyla yapılar için enerji verimliliğinden bahsetmek önemlidir. Yapılarda enerji verimliliğinden söz edebilmek için ısı kayıpları minimum düzeyde, ısı kazançları maksimum düzeyde olmalıdır. Mevsimsel değişikliklere göre, kışın az ısıtma ve yazın az soğutma sağlayarak ısıya bağlı enerji kayıplarını en aza indirebilmek önemlidir. Isı kaybının en çok olduğu bölüm yapı yüzeyindeki mat ve saydam bileşenlerdir. Bu bileşenlerin fiziksel ve ısıl özellikleri yapının performansını etkilemektedir. Soğurma, geçirme ve yansıtma olarak sıralanan bu özellikler yapının türüne göre saydam bileşenin malzeme seçimini belirlemektedir. Tezin amacı, bir yapının enerji performansını belirli bir referans aralığında tutmaya yardımcı olacak bir kodlama model önerisi getirmektir. Bu model önerisinde ısı kayıp ve kazançlarının hesaplanması ve hesaplamalar sonucu bir hacim içinde yönlere bağlı olarak yüzeylerde en uygun saydam bileşen oranının taban alanına oranının belirlenmesi hedeflenmektedir. Model önerisi, ısı yalıtımı için referans olmayıp enerji performansını artırmak ve erken tasarım aşamasındayken tasarımcıya bir öngörü oluşturmak ve tasarım kararlarının alınmasını kolaylaştırmak amacını taşımaktadır. Hesaplamalarda ana yönler kullanılacak olup ara yönler kullanılmayacaktır. Hesaplama işlemleri, ısı kazanç ve kayıpları için bir algoritma oluşturulması ve şemalaştırılan algoritmanın PHP betik koda dönüştürülmesi ile yapılmıştır. Kodun çalışabilmesi için

bilgisayarda Apache web sunucusu, veri tabanı olarak ise MySQL kullanılmıştır. Model, farklı parametre seçenekleri ile hesaplama yapabilmektedir. Bu parametreler mekân boyutları, yalıtım malzemesi özellikleri ve saydam bileşen özellikleridir. Kod esnek yapıda düşünüldüğü için parametreleri artırmak da mümkündür. Hesaplama parametreleri olarak belirlenen ilk değerler mekân boyutları değerleridir. Duvarlarda kullanılan ısı yalıtım malzemesi için taş yünü ve XPS olarak iki tür seçenek tanımlanmıştır. Bu malzemeler kendi aralarında da ısıl iletkenlik değerlerine göre gruplandırılmışlardır. Taş yünü için dört adet gruplandırma, XPS için üç adet gruplandırma yapılmıştır. Isıl iletkenlik değerleri tablo olarak kodun içine yerleştirilmiştir. Her yalıtım malzemesi için kalınlık değeri verilebilmektedir. Saydam bileşen malzemesi ise, renksiz tek cam ve renksiz yalıtım camı olarak iki seçenektir. Bu cam malzemeleri, güneş enerjisi geçirme faktörü açısından farklılık göstermektedir. Duvar için U değerinin hesaplanması için duvar katmanları belirlenmiş ve bu katmanların her birinin ısıl iletkenlik değerleri tanımlanmıştır. Sonuç olarak; çalışma kapsamında, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ve T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu referans alınarak Türkiye 2. Gün bölgesi şartlarında en uygun pencere alanı-taban alanı oranı için bir algoritma geliştirilmiştir. Algoritmayı oluşturabilmek için akış diyagramlarından yararlanılmıştır. Oluşturulan akış diyagramına göre PHP kod yazılmış ve algoritma çalıştırılmıştır. Algoritmanın çalışmasına ek olarak pencere alanı duvar alanı hesaplayan bir modül de eklenmiş ve bütün algoritma hem yerel sunucuda hem de web sunucuda çalışacak şekilde düzenlenmiştir. Ayrıca kodun farklı ortamlarla veri alış verişi için bir API geliştirilmiş ve bu API ile birlikte kod yerel sunucu ve web sunucu üzerinde çalıştırılmıştır. Web sunucu üzerinde çalıştırılan kodun erişilebilir olabilmesi için bootstrap önyüz çatısı kullanılmış ve bütün tema ayarları için tasarım şablonlarından yararlanılmıştır. Elde edilen veriler düzenlenerek üzerinde işlem yapılır durumda sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Algoritma, enerji verimliliği, kodlama

**COMPUTING OF WINDOW TO FLOOR RATIO IN TERMS OF ENERGY
EFFICIENCY IN EDUCATIONAL BUILDINGS: AN EXPERT SYSTEM**

Sertaç KARSAN ERBAŞ

Department of Architecture

Ph.D. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Togan TONG

Energy efficiency is one of the most important concepts which should be taken into consideration with regard to both cost and sustainability for any and all disciplines. Due to the fact that the building sector and the buildings have a considerable share in the energy consumption, it is also compulsory for this sector to use renewable energy resources. Therefore, it is important to talk about energy efficiency regarding the buildings. In order to talk about energy efficiency regarding the buildings, the losses of heat should be at minimum level and the heat gains should be at maximum level. It is important to minimize the losses of heat dependent on the heat by ensuring low heating in winters and low cooling in summers according to the seasonal changes. The physical and thermal characteristics of the transparent components on the surface of the building where the highest loss of heat is observed are the characteristics affecting the performance of the building. These characteristics enumerated as absorption, transmission and reflection determine the material selection of the transparent component depending on the type of the building. The purpose is to bring a coding model proposal which will help that the energy performance of a building is kept at a definite reference interval. In this model proposal, it is targeted to calculate the losses of heat and the heat gains and to determine the most appropriate transparent component / floor area ratio on the surfaces depending on the directions within the volume as a result of these calculations. The model proposal is not a reference, but it

aims to increase the energy performance and to provide the designer with a foresight at the early design phase, as well as aiming the facilitation of taking design decision. Not the intercardinal points, but the cardinal points will be used in the calculations. An algorithm has been established for the heat gains and the losses of heat and the calculation transactions have been carried out by converting this algorithm schema into PHP script code. In order to ensure the functionality of the code, the numerical medium has been used as web server. In the computer used as Apache server, MySQL has been used as database. Calculation may be made based on different parameter alternatives. These parameters consist of the space sizes, insulating material characteristics and transparent component characteristics. The first values determined as calculation parameters are the values of space sizes. Two types of variable such as stone wool and XPS have been determined as heat insulating material used on the walls. These materials are also grouped among themselves according to their thermal conductivity values. There are four groupings for the stone wool and three groupings for XPS. The thermal conductivity values have been embedded within the code as a table. A thickness value may be given for each insulating material. The transparent component material has two alternatives as follows: clear single-glazing and clear insulating glass. These glass materials are different with regard to solar energy transmission factor. For the calculation of the U value regarding the layers of the wall, the thermal conductivity values of each one of these layers have been defined. As a result, an algorithm has been developed for the most appropriate window area / floor area ratio under the conditions of the 2nd region of Turkey taking the TS 825 Thermal Insulation Requirements in Buildings and the Minimum Building Guide for the Education Buildings issued by the Ministry of National Education as basis. In order to establish the algorithm, the flow charts have been used. A PHP code has been written and the algorithm has been operated according to the flow chart so established. In addition to the functionality of the algorithm, a module calculating the window area – wall area has been added and the entire algorithm has been regulated so that it is functional both in the local server and the web server. Furthermore, an API has been developed for the data exchange in different environments and the code has been operated both as local and web server together with this API. In order to ensure that the code operated through web is accessible, the Bootstrap roof has been used, as well as making use of the design templates for all of the theme adjustments. The data obtained has been arranged and presented in such a condition allowing execution of transaction thereon.

Keywords: Algorithm, energy efficiency, coding

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Bir yapının tasarlanma sürecinde, tasarımcının kullandığı bir takım parametreler vardır. Bu parametreler, yapının teknik özelliklerinden yapının bulunduğu yerdeki sosyolojik özelliklere kadar geniş bir yelpaze içinde sıralanabilmektedir. İklim parametreleri de aynı zamanda tasarımcı için belirleyici olmaktadır. Konum bilgisi içinde yer alabilecek olan iklim parametreleri yapının biçimini ve yerleşim düzenini etkilemektedir. Gelişen teknoloji, bu parametrelerin tasarım sürecine dahil edilmesini kolaylaştırmıştır. Erken tasarım aşamasında yapılabilecek analizler ve benzetimler sayesinde ısı ve güneş ışığı değerleri verimli olarak düzenlenebilmekte ve yenilenebilir enerji kaynaklarından maksimum yararlanma sağlanabilmektedir. Dolayısıyla, tasarım süreci boyunca tasarımcının kontrol edemediği iklim parametresine uyum sağlayabilen yapılar tasarlanabilmekte ve bu tasarımlar uygulanabilmektedir. Sabit olarak düşünemeyeceğimiz ve değişken olarak tanımlayacağımız iklim parametreleri beraberinde çevre dostu tasarımları da getirmektedir. Çevre dostu tasarımın temelini enerji, enerji kullanımı, enerji verimliliği oluşturmaktadır. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method), CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) gibi sertifika sistemleri, farklı kategorilerde belirlediği ölçütler sayesinde eğitim yapıları da dâhil bütün yapıların sürdürülebilirlik kavramına uyumunu sağlayabilmekte ve çevre dostu tasarımlar yapılmasına olanak tanımaktadır [1]. Dolayısıyla bu çalışma, Türkiye'de de çevre dostu eğitim yapıları için bir öngörü oluşturmak amacıyla yapılmıştır.

Tezin birinci bölümünde; konunun araştırılma nedeni ve gerekliliği belirtilmiş, bu amaçla literatür araştırması yapılmış ve çalışmanın özgünlüğü anlatılmıştır.

İkinci bölümünde; enerji ve enerji verimliliği ile ilgili kavramlara yer verilmiş, iklim parametresinin verimlilik açısından incelenmesi yapılmıştır. Tezin öneri model çalışmasına altlık oluşturması açısından, seçilen eğitim yapıları ve bu yapılar için gerekli şartnameler incelenmiştir.

Üçüncü bölümünde; sayısal enerji modelleri incelenmiş, sayısal enerji modeli oluşturmak için kullanılan yöntemlerin bir kısmı üzerinden denemeler yapılmıştır. Bu yöntemlerden tezin hipotezini de oluşturacak yönetime geçiş yapılmıştır.

Dördüncü bölümünde; öneri model oluşumu için yöntem belirlenmiş, belirlenen yönetime göre kullanılacak araçlar ve parametreler düzenlenmiştir.

Beşinci bölümünde; çalışma sonucu ortaya çıkan bulgular değerlendirilmiş, bulgulara dayalı sonuçlar belirlenmiş ve öneriler geliştirilmiştir.

1.1 Literatür Özeti

Tez çalışması boyunca, basılı kaynaklardan ve elektronik ortam kaynaklarından yararlanılmıştır. Konu ile ilgili tezler ve makaleler incelenmiş, konu detaylı bir şekilde ortaya konmuştur. Türkiye’de yapılan tezler için Ulusal Tez Merkezi web sayfasından Mimarlık, Elektronik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dallarında yapılmış tezler anahtar sözcükler verilerek taranmıştır. İncelenen çalışmalarda, sürdürülebilirlik ve çevre şartları kavramlarının ele alınarak çeşitli model önerilerinin geliştirildiği, özellikle güneş enerjili etken sistemler ve tasarımlarına yer verildiği, bu model önerileri için hazır bilgisayar yazılımlarından sıklıkla yararlanıldığı görülmüştür.

tez kapsamında araştırılan konulardan bir diğeri de enerji verimliliği ve eğitim yapıları tasarımı ilişkisidir. Ayrıca güneş kazançlarının önemi ve günüşiği kullanımının artırılması için tasarım önerileri geliştirilmiştir. Eğitim yapılarının tasarımının iklim parametresine göre şekillenmesi, enerji kazanımları, duvar seçenekleri, derslik yerleşimleri, enerji verimliliği için gereken parametrelerin belirlenmesi ve tasarım sürecinde bu parametrelerin rolü, pencere açıklık oranlarının belirlenmesi araştırılan konulardır. Araştırılan konu başlıklarına göre yapılan çalışmalar aşağıdaki şekildedir:

- 1995 yılında yapılan bir çalışmada eğitim ve öğretimin başarılı olabilmesi için dersliklerde olması istenilen ısı konforun sağlanması amacıyla edilgen bir ısıtma

sisteminin değerlendirilmesini amaçlayan bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada bu amaca yönelik bir değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. [2]

- 2010 yılında yapılan bir çalışmada doğal işığın önemi ortaya konularak, gnişıği karakteristiğinin belirlenmesine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucu enerji verimliliği açısından en uygun aydınlatma sisteminin belirlenmesi amaçlanmıştır. [3]
- rnek alışma olarak bir yaşlı evi bina tasarımıının ele alındığı 2014 yılında yapılan bir çalışmada uygun pencere tipi seçiminin enerji tüketime etkisi araştırılmış ve bu seçimin önemi ortaya konmuştur. Bu araştırmada paket enerji modelleme yazılımları kullanılmıştır. [4]
- 2004 yılında yapılan bir çalışmada bir eğitim yapısının tasar ltlerinin enerji tasarrufuna yönelik olarak belirlenmesi amaçlanmış ve enerji hesaplamaları için kullanılan TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı irdelenmiştir. [5]
- ilköğretim yapılarında derslikler için iklim koşullarına uygun, görsel konforun sağlandığı en uygun cephe yönlenmesinin araştırıldığı 2008 yılında yapılan bir çalışmada aynı koşullar için en uygun kabuk seçenekleri de sorgulanmıştır. [6]
- 2017 yılında Dubai'de yapılan bir çalışmada yeşil bina derecelendirme sistemlerinin sürdürülebilir gelişmeye sağladığı katkı irdelenmiş, analiz yöntemi ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan derecelendirme sistemleri için bazı parametrelerin Türkiye iklimsel şartları ve yönetmelikleri ile uyum sağlayamadığı görülmüştür. [7]
- Norveç'te yapılan bir çalışmada Avrupa'daki farklı iklim tiplerine göre, bir yapıdaki en uygun açıklık oranını bulmak amaçlanmıştır. Bu çalışmada pencerenin en st düzey teknoloji ile yapılacağı varsayılmıştır. [8]
- 2012 yılında yapılan bir çalışmada, yeşil yapı tasarımıının eğitim binalarına uygulanabilirliği ve bunun sonucunda ğrenci başarisına olan etkisi incelenmiştir [9].

- 2006 yılında yapılan bir çalışmada, örnek bir eğitim binası üzerinde enerji verimliliği açısından aydınlatma sistemleri incelenmiş ve alternatif tasarım önerisi geliştirilmiştir[10].
- 2009 yılında yapılan bir çalışmada, yine örnek bir eğitim binası üzerinden farklı iklim tipleri göz önüne alınarak enerji etkin dönüşümün önemi incelenmiştir. Hesaplamalar, bu iklim tipleri göz önüne alınarak yapılmıştır. [11].
- 2009 yılında yapılan bir çalışmada, tip proje bir ilköğretim binası için enerji hesaplamaları yapılmış ve bu hesaplamaların referans alındığı enerji kazanımı ile ilgili bir bakış açısı geliştirilmiştir[12].
- 2006 yılında yapılan bir çalışmada, ilköğretim binası için duvar bileşenleri üzerinden ısıtma enerjisi tüketimi hesaplamaları değerlendirilerek enerji kazanımı, ekonomi, çevre kirliliği parametreleri üzerinden fayda analizi yapılmıştır[13].
- 2009 yılında yapılan bir çalışmada, enerji performansı üzerinden tasarım sürecinin başında kontrol edilebilen parametrelerin tasarım sürecine etkisi incelenmiştir[14].
- Sayısal teknolojiler yardımıyla yapay zekâ modelini referans alarak betonarme yapılar için enerji performans sınıfları tahmini çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada, yalıtımın öneminden bahsedilmiş ve enerji kimlik belgesi alınabilmesi için gereken süreci zaman ve maliyet açısından küçültecek bir yapay zekâ öneri model geliştirilmiştir [15].
- 2010 yılında yapılan bir çalışmada, Türkiye’de farklı iklim bölgelerindeki konutlar için pencere seçim modeli geliştirmiştir. Bu modelde enerji ve maliyet parametreleri dikkate alınmıştır [16].
- 2015 yılında yapılan bir çalışmada, seçilen bir bina için enerji modeli oluşturulmuş ve bu bina için yönlenebilir ve saydam bileşen oranına göre analizler yapılarak uygun değeri bulmaya yönelik araştırma yapılmıştır [17].

Isıl konfor için yapılan çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda var olan standartların karşılaştırılması yapılarak farklı modeller üzerinden konfor parametreleri incelenmiştir.

Bu incelemeler sonucu, araştırmacıların yararlandığı paket yazılımlarda kullanılan enerji modeli için gereken parametrelerin ve derecelendirme sistemlerinin Türkiye şartları

için kısıtlamalar gösterebildiği görülmüştür. Önerilen modellerin bir çoğunda ASHRAE Guidline referans olarak alınmıştır. Bu sistem çalışmasında kısıtlamaları en aza indirebilmek için, Türkiye’de kullanılan TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı referans alınmıştır. Bu standartla ilgili literatürde yer alan çalışmalarda, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardının farklı ülkelerde kullanılan standartlar ile karşılaştırması yapıldığı, standart hesaplamalarına göre parametre uygunluk değerleri belirlendiği görülmüştür.

Tez çalışmasının özgünlüğünü, önerilen modelin Türkiye çevresel şartlarında enerji odaklı akış şeması içermesi, bütün hesaplamaların TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre belirlenen ve tanımlanan parametre düzenine göre kurgulanması oluşturmaktadır.

1.2 Tezin Amacı

Tezin amacı; bir yapının enerji verimliliğini belirli bir referans aralığında tutmaya yardımcı olacak bir destek sistemi için model önerisi getirmektir. Bu model önerisinde ısı kayıp ve kazançlarının hesaplanması amaçlanmaktadır. Hesaplamalar sonucu, bir hacim içinde yönere bağlı olarak yüzeylerde en uygun pencere alanının taban alanına oranının belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu oran T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu’nda belirtilen değer aralığı içinde en uygun oran değerinin hesaplanması için yapılmıştır. Erken tasarım aşamasını hedefleyen bu model önerisinde duvar katmanları ve yalıtım özellikleri dikkate alınmıştır. Model önerisi, ısı yalıtımı için referans olmayıp enerji verimliliğini artırma ve erken tasarım aşamasında tasarımcıya bir öngörü oluşturma hedefini taşımaktadır. Tasarımcının kolay karar alması ve tasarım için altlık oluşturulması amaçlanmaktadır. Ayrıca, çalışmada oluşturulacak model; sürdürülebilir teknolojilerin günlük hayatla ve Türkiye şartlarıyla uyumlu bir form içinde uygulanması örneği şeklinde düzenlenmiştir. Elde edilecek modelin BIM¹ sürecine nasıl ekleneceği ve sürecin kontrolüne nasıl katkı sağlayacağı da incelenecektir. Model için eğitim yapıları referans olarak alınmıştır. Model, ilköğretim okulu tip projelerinin erken tasarım aşamasında performans değerlendirmesi yaparak

¹ Building Information Modeling

pencere alanı oranlarının uygun değerinin sayısal ortamda sorgulamasını yapacaktır. Tasarım kararları için uygun değerlendirmelerin yapılması açısından Türkiye iklim şartları için bu tür bir yaklaşımın gerekli olduğu düşünölmektedir. Tez sonucunda bu uygun oranın belirlenmesi hedeflenmektedir. Model öneri çalışmasında, yönlenme parametresi de kullanılacaktır. Yapının tüm enerji analizi hesaplamaları yapılmayacaktır. Elde edilen modelde yeni bir yapıya ait parametreler kullanılmıştır. Ancak, modelin esnek ve uyarlanabilir olması nedeniyle parametre değişiklikleri ile eski yapılar için de kullanılabilir duruma getirilebilmesi mümkündür.

Yapı kabuğu üzerinde bulunan saydam bileşenlerin fiziksel özellikleri, yapının performansını etkileyen özelliklerdir. Soğurma, geçirme ve yansıtma olarak sıralanan bu özellikler yapı kabuğunun ısısal performansını belirlemektedir. Özellikle güneşe bakan yönlenmelerde bulunan saydam bileşenlerin opak bileşenlere oranının uygun değer aralığında olması beklenmektedir. Bu durum, güneşten maksimum düzeyde yararlanmayı sağladığı gibi ısıtma yükünü de azaltmaktadır.

Güneşten yararlanmak için kullanılan farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerin bir tanesi Türkiye'deki iklim koşullarına ve güneşlenme açılarına uyum sağlaması amacıyla saydam bileşenlerin yer alacağı yüzeyin yönünün belirlenmesidir. Model çalışmasında, bu yönlenme ve bu yönlenmedeki en uygun oran değeri elde edilmesi hedeflenmektedir.

1.3 Hipotez

Eğitim yapısı için enerji verimliliğini hesaplayacak bir enerji modeli, sayısal ortamda, paket yazılımlardan bağımsız, sadece Türkiye şartlarında geçerli olacak şekilde düzenlenebilir. Geliştirilecek bu sistemin, T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu ve TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında yer alan tasarım ölçütlerine uyum sağlayabilmesi temel olarak alınacaktır. Kontrol edilebilir bir sistem olarak ortam ve araçtan bağımsız düşünölüp her ortama uyarlanabilir ve erişilebilir olabilmesi hedeflenmektedir.

Dolayısıyla, bu tür özelliklere sahip bir sistemin oluşabilmesi için, çalışmanın amacı ile bağlantılı aşağıdaki sorulara cevap aranmaktadır:

- Tasarımın ilk aşamalarında performansa dayalı kararların verilmesi önemli midir?
- Bir ilk eğitim yapısı için enerji verimliliğinden bahsedilebilir mi?
- Bir ilk eğitim yapısı için ısı kayıp ve kazanç hesapları paket yazılımlar dışında kodlama ile yapılabilir mi?
- TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında belirtilen hesap yöntemlerinin algoritması çıkarılabilir mi?
- Bu algoritmanın metin tabanlı kod ile ifadesi nasıl elde edilir?
- Türkiye şartlarına uyum sağlamak için hazırlanan bu kod herkesin erişebileceği bir uygulamaya dönüştürülebilir mi?
- Kod farklı ortamlarla veri alışverişi yapabilir mi?
- Metin tabanlı olarak hazırlanan kod farklı ortam iş birliği için görsel tabanlı program koduna dönüşebilir mi?

1.4 Yöntem

Model, tasarım süreci için gerekliliğine inanılan ve bu süreci başından destekleyen algoritma tabanlı akış diyagramlarına dayalı bir bilgi sistemi olarak düşünülmüştür. Belirlenen parametreler üzerinden esnek yapıda çalışabilecek bir sistem modeli önerisidir. Enerji modeli oluşturmaya olanak tanıyacak, farklı sayısal enerji analiz ortamları ile veri alışverişine uygun olacaktır. Türkiye çevresel şartları ve yerel yönetmelikleri esas alınacaktır.

Sayısal ortamda, çizim, modelleme ve analizlerin aynı anda yapıldığı yazılımlar mevcuttur. Bu yazılımların bazıları aynı zamanda yapı bilgi modelleme yazılımları olarak da kullanılmaktadırlar. Bu yazılımlar her ülkenin şartları ve her ülkenin yönetmelikleri için uygun olmayıp, genel ilkeler göz önüne alınarak hazırlanmışlardır. Dolayısıyla bu tür yazılımlar, Türkiye çevresel şartları için enerji verimliliği hesaplamaları ve enerji modeli oluşturma konusunda her zaman yeterli ve uyumlu olamamaktadır. Tez çalışmasında önerilen modelin, aşağıdaki seçeneklerde belirlenen özellikleri sağlaması beklenmektedir:

- Açık kaynak olmalıdır.
- Parametre tanımlamaya uygun olmalıdır.
- Algoritması olmalıdır.

- Ortam ve araçtan bağımsız, her ortam ve araç için uyarlama yapılabilirdir.
- Tasarım süreci için gereken ve bu süreci destekleyen bilgi sistemi olmalıdır.
- Her aşamada kontroller yapılabilirdir.
- Veri akışı ve paylaşımı için uygun olmalıdır.
- Doğrulama üzerine kurulmalı, sorgulamaya olanak tanımalıdır.
- Türkiye çevresel şartları ile uyum sağlamalıdır.
- Türkiye için oluşturulmuş yönetmeliklere uygun olmalıdır.
- Sayısal ortamdaki erişilebilir olmalıdır.

Yukarıdaki seçenekleri sağlayacak bir sistemin geliştirilmesi için, hesaplamalı tasarım ilkeleriyle uyumlu bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem, algoritma tabanlı bir matematiksel model geliştirme yöntemidir. Sistemin algoritmasının olması sürecin izlenebilmesi, tekrarlara açık olması ve geri dönüşlere olanak sağlaması açısından önemlidir. Modelin ortam ve araçtan bağımsız olarak çalışması düşünüldüğünden açık kaynak kullanımlı üst seviye bir programlama dili kullanılarak kod blokları hazırlanmıştır. Değişken sıcaklık ve yönlenme değerlerine göre kurgulanan sistem ile bir matematiksel model oluşturulması hedeflenmektedir. Modeli oluşturan kodlar paylaşım, internet uygulamaları ve diğer kodlarla birlikte çalışabilme özellikleri nedeniyle PHP ortamında yazılmıştır. Açık kaynak olması seçim ölçütlerinden birisidir. Kodun PHP programlama dili ile yazılması sonraki aşamalarda kodun uygulama düzeninde web üzerinde çalışabilmesine olanak sağlayacaktır. Sistem doğrulama üzerine kurulmuştur ve sorguya olanak tanımaktadır. Algoritma, akış diyagramları ile temsil edilmektedir. Mekânsal standartların kontrolü için de bir model önerisi olarak kullanılabilir. Bu kod çalışmasının Türkiye’de 2. Gün Bölgesi içinde yer alan İstanbul ili çevre şartlarında ve ilk eğitim yapıları için yapılması çalışmanın özgün değeridir. Çalışma verilerinin kodlama ile elde ediliyor olması, hazır yazılımlardaki bazı hesaplama değerlerinin TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ile uyumunun sağlanabilmesi nedeniyledir. Bu değerlerin hazır yazılımlardaki gibi otomatik olarak farklı bir standartta karşımıza çıkıyor olmasının uygun olmadığı düşünülmektedir. Bu standart, eğitim binalarını da kapsamaktadır. Dolayısıyla yeni yapılacak binalar için uygun enerji performansını sağlamak için gereken seçenekleri ortaya koymayı amaçlamaktadır. Önerilen yöntem, mevcut binalar için de parametrelerin

değiştirilmesi ile kullanılabilir. Kodlama yöntemine göre hesaplanan bu değerler, binaların güneş panelleri içermesi durumunda geçerli değildir. Güneş panelleri için farklı hesap yöntemleri bulunmaktadır. Yönetmelikte yer alan gün bölgeleri binaların konumları için tanımlanmıştır. Kullanımda olan yönetmeliğe göre Türkiye için 5 farklı gün bölgesi bulunmaktadır ve bu gün bölgelerine göre belirlene sabit ve değişken değerler hesaplamalara etki etmektedir. Bu tez çalışmasında hesaplamalar için gereken verilerin büyük bir kısmı kullanılmıştır. Kullanılmayan ve göz ardı edilen değerler gerekçeleri ile açıklanmıştır. Önerilen yöntem kayıp ve kazanç sistemi esas alınarak geliştirilmiştir. Eğitim yapılarını oluşturan hacimlerdeki dersliklere ait yüzeyler dikkate alınmıştır. Derslik dışındaki hacimler için; yöntem içinde kullanılan bazı parametrelerin değiştirilmesi yöntemin bu hacimlerin yüzeyleri için de uyarlanmasını sağlayacaktır. Bu parametreler duvar özellikleri ve hesaplamalarda bu duvar özelliklerine bağlı olarak kullanılan katsayı değerleridir.

Model oluşturulduktan sonraki uygulama aşaması iki kısımda gerçekleştirilecektir;

- 1) Yerel sunucu üzerinde uygulama
- 2) Web sunucusu üzerinde uygulama

Düzenlemeler bu iki kısım içinde farklı seçenekler üzerinden yapılacaktır. Kod yapısı değişmediği için elde edilen çıktılar her iki bölüm için de aynı değerlerdir. Seçeneklerin görülebilmesi için farklı sorgulamalar, tablolar ve grafikler kullanılmıştır. Hesap değerlerinde farklılık yoktur.

Çalışmada bu tür bir yaklaşım kullanılmasının tasarımcı için kolaylık sağlayacağı, uygulama öncesi verimlilik ile ilgili belirgin kararların alınması için bir zemin oluşturacağı düşünülmektedir. Bu yaklaşım ile yönetmelik bilgisine ihtiyaç duymadan bileşenlerle ilgili kararların erken aşamalarda alınarak zaman ve maliyet tasarrufu sağlayacağı öngörülmektedir.

YAPILARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Enerjinin etkin kullanımı, dünya üzerindeki yenilenemeyen enerji kaynakları olarak nitelendirilen petrol, doğal gaz gibi kaynakların tükenme riski oluşturmasından dolayı önemlidir. Yenilenemeyen enerji kaynakları olarak nitelendirilen bu kaynaklar aynı zamanda çevre için de tehlike oluşturmaktadır. Dolayısıyla yenilenebilir temiz enerji kaynaklarının kullanımının her geçen gün artmaktadır. Yenilenebilir kaynaklar doğaya zarar vermedikleri gibi tükenme riski olmayan kaynaklardır. Güneş, rüzgâr ve su, bu enerji kaynaklarından bazılarıdır.

Yapılar buldukları çevre ile birlikte düşünülerek tasarlanmalıdır. Bulduğu yere uyum sağlayan bir yapının sürdürülebilirliğinden bahsedilebilir. Bu sürdürülebilirlik sosyal ve fiziksel açıdan olabileceği gibi ekonomik ve teknolojik açıdan da olabilir [18].

Yapının kullanım amacı ve işlevi tasarımın ana parametrelerinden birisidir. Bir işleve uygun olarak diğer parametrelerin tanımlanması gerekmektedir. Biçim de bu parametrelerden birisidir. Yapının biçimi için farklı teknikler, farklı malzemeler kullanılarak elde edilen strüktürü de farklılık gösterebilmektedir. Bu durumda yapının biçiminin de değişmesi mümkündür. Dolayısıyla elde edilen biçim en baştan istenilen biçim olmayabilmektedir[19].

1990 yılında Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA), Çevre Komitesi (COTE) adında bir komite kurarak sürdürülebilir tasarım ve bina performansı çevre ilişkisi alanlarında çalışmalar yapmaya başlamıştır. İlk kez 1995 yılında Şikago'da sürdürülebilirlik temalı ulusal bir kongre ile sürdürülebilir tasarım üzerinde durulmuştur. Günümüze kadar süregelen bu çalışmalar kapsamında 2015 yılında ulusal bir girişim olarak AIA 2030 Committee adı altında bir tanıtım yapılır. Bu girişimin amacı belirli standartlar dâhilinde

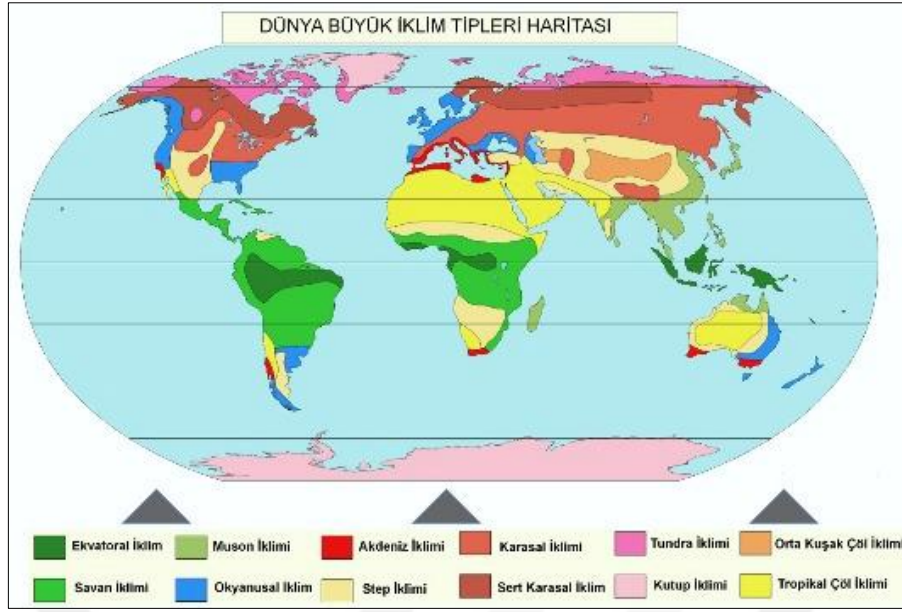
yapı ve mimarlık alanlarında çalışan firmaların bilgi paylaşımı ile sürdürülebilir tasarımlar yaparak sıfır karbon binaya ulaşmaktır [20].

Yapıların tasarımında sözü edilen konum, yönlenme, kabuk gibi parametreler süreç boyunca tasarımcı tarafından kontrol edilebilmektedir. Bu kontrol sayesinde süreçte enerji verimliliği açısından uygun düzenlemeler yapılabilmektedir.

2.1 Çevresel Faktörler

Nüfus artışı ve şehirleşme barınma ihtiyacı artışı da beraberinde getirmiştir. Doğa ve çevre şartlarına uyum sağlamamak iklim değişikliğine ve dolayısıyla yaşanılabilir çevrenin değişmesine, insan konforundan uzak yaşama şartları oluşmasına neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması teknolojinin gelişmesiyle birlikte yeniden gündeme gelmeye başlamıştır. En büyük yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş sürdürülebilir tasarımların en önemli parametresi olmuştur. Güneş enerjisinden yararlanma olarak ele alabileceğimiz bu parametreyi sıcak bölgelerde ve yaz aylarında güneşten korunma olarak da kullanabiliriz. İster yararlanma olsun, ister korunma olsun bu işlevlerin tasarım sürecinin erken aşamasında kullanılması daha yararlı olacaktır. Yenilenebilir bu kaynak, sadece güneş ışınımı olarak dikkate alınmamalıdır. Gökyüzü modeline etki etmesi ve dalga boyu olarak da karşımıza çıkabilecek olan güneşi, parametre olarak kullanmak için özelliklerinin iyi anlaşılması gerekmektedir [21]. Dünyanın farklı bölgeleri için güneşten yararlanma ve korunma olarak çeşitlendirme yapmak mümkündür.

Şekil 2.1 'deki dünya iklim haritasından görüldüğü üzere dünya sıcak bölgeler ve soğuk bölgeler olarak kısımlara ayrılmış ve iklim tipleri tanımlanmıştır. Bu iklim tipleri farklı yöntemler kullanılarak tanımlanmışlardır.

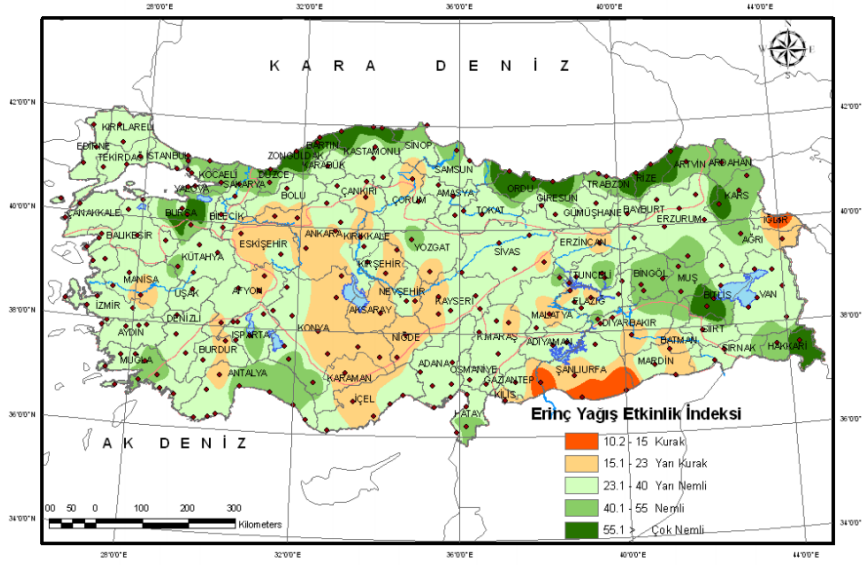


Şekil 2. 1 Dünya iklim haritası [22]

Türkiye için iklim tipleri sınıflandırması da bulunmaktadır. Bu sınıflandırma için Aydeniz, De Martonne, Erinç, Thornthwaite, Köppen, Köppen-Trewartha yöntemleri kullanılmış ve haritalar oluşturulmuştur. Bu sınıflandırmanın amacı nemli ve kurak bölgelerin belirlenerek sınırların elde edilmesidir. İklim parametresinin kullanıldığı tasarımlar için bu sınıflandırma önem taşımaktadır [23].

Şekil 2.2'de Erinç¹ yöntemi ile sınıflandırılan Türkiye haritası görülmektedir. Bu harita 2016 yılında Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmıştır. Haritada yağış etkinlik indeksine göre kuru ve nemli bölgeler belirlenmiştir.

¹ Erinç Yöntemi: İklim sınıflandırmasında kullanılan yöntemlerden birisidir. Bu yöntemde buharlaşmaya bağlı olarak oluşan su kaybı ve yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerleri veri olarak kullanılmıştır [23].



Şekil 2. 2 Türkiye için yağış etkinlik iklim özellikleri [23]

“İklim sistemi, atmosfer, kara yüzeyleri, kar ve buz, okyanuslar ve diğer su kütleleri ile canlıları kapsayan karmaşık ve etkileşimli bir sistemdir” [24]. Bu karmaşık sistem zamanla farklı etmenlere bağlı olarak değişmektedir. Bu etmenlerin bir kısmı doğal etmenler olup bir kısmı insan ve yaşamdan kaynaklanan etmenlerdir. İnsan kaynaklı etmenler, sanayinin gelişmesiyle birlikte fosil yakıt kullanımının artması, orman arazilerinin azalması olarak sayılabilir. Bu etmenler atmosferdeki sera gazının¹ artışına neden olmakta ve dolayısıyla yerküre üzerinde oluşması istenen doğal sera etkisinde² de artış görülmektedir. Bu artış yerkürenin daha fazla ısınmasına yol açmaktadır. Nisan 2015’de yayımlanan Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği-TR2015-CC raporuna göre; en önemli sera gazı olan karbondioksitin-CO₂ atmosferdeki birikimi sanayi öncesi dönemde yaklaşık 280 ppm³ iken, 2014 yılında 398 ppm’e yükselmiştir. Binalarda kullanılan klimalar ise kloroflorokarbon(CFC) üretimini

¹ Su buharı (H₂O), karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂ O), ozon (O₃) vb. gazları sera gazı olarak isimlendirilir [24].

² Yeryüzünde ve atmosferde tutulan ısı enerjisi, atmosfer ve okyanus dolaşımıyla Yeryüzünde dağılır ve uzun dalgalı yer radyasyonu olarak atmosfere geri verilir. Bunun bir bölümü, bulutlarca ve atmosferdeki sera etkisini düzenleyen sera gazlarınca soğurularak atmosferden tekrar geri salınır. Bu sayede Yerküre yüzeyi ve alt atmosfer ısınır. Yerkürenin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan ve ısı dengesini düzenleyen bu sürece doğal sera etkisi denmektedir [24].

³ Eser miktardaki çözeltilerin derişimini belirtmek amacıyla kullanılan milyonda bir ifade eden kimya terimi [25].

artırmaktadır. Yine aynı raporda yer alan IPCC¹ 4. Ve 5. Değerlendirme Raporlarına göre yüzey sıcaklıklarında görülen artışın %90'lık bölümünün insan kaynaklı sera gazı salımındaki artıştan kaynaklandığı belirtilmektedir. Dolayısıyla yeryüzündeki bu ısınmanın enerji ve enerji verimliliği üzerindeki etkisi büyüktür.

Türkiye 2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesini, 2009 yılında da Kyoto Protokolü'nü imzalamıştır. Türkiye İstatistik Kurumunun hazırladığı ve 1990- 2016 yılları arasını kapsayan Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri Raporuna göre Çizelge 2.1'den de görüldüğü üzere kişi başı CO₂ emisyonu gittikçe artış göstermektedir.

Çizelge 2. 1 Türkiye'de kişi Başı CO₂ emisyonu, 1990-2016. [26]

Yıl	CO ₂		Yıl	CO ₂
1990	146,5		2004	241,9
1991	153,5		2005	260,9
1992	159,1		2006	281,5
1993	167,3		2007	312,9
1994	163,8		2008	310,4
1995	178,3		2009	316,8
1996	195,8		2010	319,5
1997	208,0		2011	344,7
1998	208,0		2012	354,1
1999	203,9		2013	346,8
2000	226,0		2014	357,6
2001	209,5		2015	380,9
2002	217,7		2016	402,8
2003	233,0			

Bu tablodaki verilerin birimi milyon ton olarak verilmiştir ve veriler sera gazına karşılık gelen CO₂ miktarlarıdır.

İklim verilerinin elde edilmesi, bu verilerin yapı performans değerlendirmesinde kullanılacak olması açısından önem taşımaktadır.

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change-Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli.

Günümüzde bir yapının sürdürülebilir ve enerji verimliliği açısından uygun düzeyde olması bu yapıdan beklenen ve istenen bir durumdur. Bu durumun nedenleri; enerji maliyetlerinin artması ve çevre ile ilgili kirlilik yaşanmaya başlamasıdır.

Sürdürülebilir bir bina için, önemli etkenlerden bir tanesi yere uygunluk ve adapte olabilmektir. Bu nedenle tasarım öncesi çevre şartları ve iklim analizlerinin yapılması gereklidir. Bir binanın sürdürülebilirlik ve konfor düzeyi bakımından kabul edilebilir olması bazı iç ve dış etmenlere bağlıdır. Bu etmenlerin kontrol edilmesi binanın performansını artırması açısından önemlidir

Sürdürülebilirlik bağlamında mimaride kullanılan ve pasif sistemler olarak isimlendireceğimiz birtakım parametreler vardır. Yapının konumu, yapının yönlenmesi, yapının kütle formu bu parametrelerden bir kısmıdır. Tez kapsamında incelenecek ve kurallar kısmında belirlenecek parametreler de sözü edilen parametrelerdir. Bu parametreler dışında, model önerisi için kullanılacak saydam bileşen oranları da bu parametreler arasındadırlar.

Enerji kavramı, fizik biliminde, maddede var olan ve ısı, ışık şeklinde ortaya çıkan güç olarak tanımlanmaktadır [27]. Enerji, değişen çevre şartları ile birlikte günümüz dünyası için en önemli konulardan birisidir. Aynı şekilde enerji verimliliği de bütün disiplinler için hem maliyet hem sürdürülebilirlik için ele alınması gereken önemli kavramlardan birisidir. Enerji verimliliğinin mimarlık alanındaki uygulamaları, teknoloji ile paralel gelişmiş ve çevresel etkenlerin parametre olarak kullanılması ile ölçülebilir ve kontrol edilebilir duruma gelmiştir. Kullanılan elemanların ve malzemelerin yapısı çevresel etkilere duyarlı ve adapte olabilen sistemler yapılmasını da gerekli kılmıştır. Bu sistemler durağan olabileceği gibi belirlenecek bazı parametrelere göre hareketli de olabilmektedir. Binaların sürdürülebilirliği için mekanik destekli doğal kaynaklardan yararlanmak binanın performansını artırıcı işlev görmekte ve bu sistemler kinetik sistemlere de uyarlanabilmektedir.

Bir yapı için enerji bilançosunu enerji kazanımı ve enerji kaybı olarak değerlendirilmektedir. Enerji kazanımı, doğal kaynak kullanımı için uygun yöntemlerin seçilmesi ile mümkündür. Enerji kaybı ise yapının boşlukları pencereleri, duvarları ve çatısından gerçekleşmektedir. Bu durumda yapının geometrisinin enerji bilançosunu direk olarak etkilediği görülmektedir.

Binalarda oluşan ısı kayıpları ve güneş kazançları pencerenin tipine, büyüklüğüne bağlı olarak da değişebilmektedir. Dolayısıyla bu parametreler iç ortam konforu ve enerji verimliliği açısından önem kazanmaktadır. Bir yapıda pencere, ortama doğal ışık sağladığı gibi görsel olarak da zenginlik katmaktadır [28]. Erken tasarım aşaması için değerlendirilebilecek bu parametreler tasarımın şekillenmesine de yardımcı olabilmektedir.

Sonuç olarak; yapılarda enerji verimliliği ısı kayıp ve kazançlarına göre değerlendirilmektedir. Bu kayıp ve kazançlar verimlilik için belli bir paya sahip olabilmektedir. Yapılardaki enerji verimliliğini etkileyen en önemli konu ısı kayıpları ve bu kayıplara bağlı olarak gereken ısıtma enerjisidir. Enerji tüketiminin artması ısı kayıpları ile doğru orantılıdır.

2.2 Enerji Verimliliği Üzerine Yürütülen Çalışmalar

Gelişen teknoloji ve çevre koşulları Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde olduğu gibi ülkemizde de sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği çalışmalarının artışına neden olmuştur. Türkiye'de binalar için yapılan enerji verimliliği çalışmaları devlet ve bazı özel sivil toplum kuruluşlarınca yürütülmektedir. Hedef enerji tüketiminin azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynak tüketiminin artırılmasıdır. Bu amaçla 2007 yılında Çevre Dostu Binalar Derneği (ÇEDBİK) kurulmuş, Haziran 2012'de ise "Dünya Yeşil Binalar Konseyi (WGBC) Tam Konsey Statüsü" kazanmıştır [29]. Dernek enerji ve çevre duyarlılığının yapı sektörünün bir parçası olması hedefiyle çalışmalarına devam etmektedir.

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltma ve bu etkilere uyum sağlama amacı çerçevesinde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2011 yılında, 2011-2023 yılları arasında kapsayan İklim Değişikliği Eylem Planı (İDEP) hazırlanmıştır. Bu planda enerji verimliliği ve sera gazı salımının azaltılmasına yönelik çalışmalar yer almaktadır. Planda sözü edilen sektörlerden birisi de Binalar Sektörü'dür. Şekil 2.3'te planın Binalar Sektörü amaç ve hedefleri görülmektedir. Plan 2017 yılından itibaren belli bir alanın üzerindeki yeni yapılacak binaların yıllık enerji gereksiniminin en az %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması şartını içermektedir. Ayrıca tüm binalara enerji kimlik belgesi verilmesi hedeflenmektedir.

3.3.2 BİNALAR

AMAÇLAR	HEDEFLER
AMAÇ B1. Binalarda enerji verimliliğinin artırılması	HEDEF B1.1. 2023 yılında en az 1 milyon konut ile toplam kullanım alanı 10 bin metrekarenin üzerindeki ticari ve kamu binalarında belirlenmiş standartları sağlayan ısı yalıtımı ve enerji verimli sistemlerin oluşturulması
	HEDEF B1.2. 2017 yılına kadar bütün binalarda, Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği ve diğer enerji verimliliği yönetmeliklerinin etkin olarak uygulanması
	HEDEF B1.3. Binalarda 2013 yılı sonuna kadar enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve BEP ile ilgili olarak gerekli finansal desteği sağlayacak araçların geliştirilmesi
	HEDEF B1.4. 2017 yılına kadar tüm binalara "Enerji Kimlik Belgesi" verilmesi
	HEDEF B1.5 Kamu kuruluşlarının bina ve tesislerinde, yıllık enerji tüketiminin 2015 yılına kadar %10 ve 2023 yılına kadar %20 azaltılması
AMAÇ B2. Binalarda yenilenebilir enerji kullanımının artırılması	HEDEF B2. 1. 2017 yılından itibaren yeni binaların yıllık enerji ihtiyacının en az %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi
AMAÇ B3. Yerleşmelerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması	HEDEF B3.1. 2023 yılına kadar yeni yerleşmelerde yerleşme ölçeğinde sera gazı emisyonunun (pilot olarak seçilen ve sera gazı emisyon miktarı 2015 yılına kadar belirlenen) mevcut yerleşmelere göre en az % 10 azaltılması

Şekil 2. 3 İklim Değişikliği Eylem Planı Binalar sektörü amaç ve hedefleri

Kasım 2014'te T.C. Kalkınma Bakanlığının, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Program koordinatörlüğünde Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) kapsamında Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı Eylem Planı hazırlanmıştır. Planda sözü edildiği üzere; dünyadaki gelişmiş ülkelere göre enerji yoğun ekonomi olarak görülen Türkiye'deki enerji yoğunluğunun düşürülmesini amaçlanmaktadır. Bu programla belirlenen bazı sektörlerde enerji verimliliği ile ilgili çalışmalar yapılması öngörülmüştür. Bu sektörlerin birisi de yapı sektörüdür. Program bileşenleri içinde dördüncü sırada Binalarda Enerji Verimliliğinin İyileştirilmesi bulunmaktadır. Planın bu bileşene ait bölümleri Şekil 2.4 ve devamı Şekil 2.5'te verilmiştir.

4. Bileşen: Binalarda enerji verimliliğinin iyileştirilmesi					
Politika 1: Yalıtımı düşük ve/veya yetersiz yalıtıma sahip eski binalarda, binayı çevreleyen dış yapı zarfının ve ısıtma sistemlerinin yürürlükteki standartları sağlayacak şekilde ısı yalıtımlı niteliğe dönüştürülmesi					
No	Eylem Adı	Eylemden Sorumlu Kuruluş	Eyleme İlgili Kuruluşlar	Başlangıç-Bitiş Tarihi	Açıklama
1	Mevcut binaların enerji verimliliği konusunda hâlihazırda uygulamalara ilişkin bilgiler derlenecek ve değerlendirilecektir.	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı, TÜİK, Yerel Yönetimler, Belediyeler Birliği	Kasım 2014 - Eylül 2015	Bina Enerji Performansı (BEP-TR) yazılım portalı üzerinden anket ve benzeri araçlar kullanılarak belediyeler, ETKB uzmanları ve malzeme üreticilerinden ve diğer paydaşlardan veri alınarak kapsamlı fizibilite raporu hazırlanacaktır.
2	Mevcut durum değerlendirme raporu hazırlanacak ve ihtiyaç analizi yapılacaktır.	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı, TÜİK, Yerel Yönetimler, Belediyeler Birliği	Kasım 2014 - Aralık 2015	Mevcut binaların enerji verimliliği dönüştürülmesi konusunda 1. Eylemden elde edilen kapsamlı rapora ve geri bildirimlere göre kapasite oluşturma ve iyileştirme çalışmaları yapılacaktır.
3	Isı Yalıtım Uygulama Kılavuzu hazırlanacaktır.	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, TSE, Belediyeler Birliği, Meslek Odaları, İZODER	Kasım 2014 - Eylül 2015	Yalıtımı düşük ve/veya yetersiz yalıtıma sahip eski binaları ısı yalıtımlı niteliğe dönüştürme işlemlerinde, bina sahiplerinin, uygulayıcıların, yerel yönetimlerin faydalanabileceği, binayı çevreleyen dış yapı zarfında ve ısıtma sistemlerinde kullanılacak ürünlerin seçiminde standartlara uygunluğu, uygulamada dikkat edilmesi gereken hususları içeren el kitabı niteliğinde yalıtım kılavuzu hazırlanacaktır.
4	Isı yalıtımı yaptıran binaların tadilat ruhsat işlemlerinin yerel yönetimlerce vergi, resim ve harçtan muaf tutulması sağlanacaktır.	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	İçişleri Bakanlığı, Belediyeler Birliği, Yerel Yönetimler	Kasım 2014 - Aralık 2015	3194 sayılı İmar Kanununun 21 inci maddesine göre; ruhsat alınmış yapılarda herhangi bir değişiklik yapılmaması yeniden ruhsat alınmasına tabidir. Ancak yapılan değişiklik bağımsız bölümlerin brüt alanını artırmıyorsa ve binanın niteliğini değiştirmiyorsa tadilat ruhsatı, hiçbir vergi, resim ve harca tabi değildir. Buna göre; ısı yalıtımı olmayan mevcut binalarda yalıtım uygulaması için gerekli ruhsat işlemlerinin vergi, resim ve harca tabi tutulmasını sağlayan ikincil düzenleme yapılacaktır.
5	Büyükşehir Belediye Başkanlıkları ve Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, İçişleri	Kasım 2014 - Mart 2015	Başlangıç olarak Büyükşehir Belediye Başkanlıkları ve Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri bünyesinde olmak üzere, mevcut binalarda enerji verimliliği ile ısı yalıtımı tedbirleri ve tadilat projesi hazırlanması

Şekil 2. 4 Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı Eylem Planı dördüncü bileşeni [30]

	bünyesinde "Enerji Verimliliği Destek Masası" oluşturulacaktır.		Bakanlığı		konusunda bilgi almak isteyen bina sahiplerini ve uygulayıcıları bilgilendirmek üzere enerji verimliliği ile ilgili birimler oluşturulacaktır.
6	Yapı Ruhsatı Formu ve Yapı Kullanma İzin Belgesi Formuna Yeni Enerji Performansı bilgileri eklenecektir.	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	İçişleri Bakanlığı, TSE, Belediyeler Birliği, Yerel Yönetimler	Kasım 2014 - Haziran 2016	TS 8737 Yapı Ruhsat Formu ve 10970 Yapı Kullanma İzin Belgesi Formuna ait standartların revize edilerek formların üzerinde yapının enerji performansı ile ilgili bilgilerin yer alacağı Yapı Enerji Performansı bölümü ilave edilecektir.

Şekil 2. 5 Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı Eylem Planı dördüncü bileşeni devamı [30]

Bu bileşende yalıtımı yetersiz mevcut yapıların iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu iyileştirmenin o gün için yürürlükte bulunan standartlara uygun yapılması beklenmektedir. Ayrıca Yapı enerji performansı bilgilerinin yapı ile ilgili formlara eklenmesi hedeflenmektedir.

Ocak 2018'de Resmî Gazetede yayımlanan 2017-2023 yılları arasını kapsayan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı ile Türkiye'nin enerji tüketiminin mevcut duruma göre %14 oranında azaltılması hedeflenmektedir. Bu planda Bina ve Hizmetler bölümünde tanımlanan 12 eylem ile bu hedefe ulaşılması öngörülmektedir. Bu eylemler malzeme, mevcut binaların iyileştirilmesi, yeni binalarda enerji verimliliği, mevcut binaların enerji kimlik belgeleri vb. konulara değinmektedir.

Yapılarda enerji verimliliği için gereken ısı yalıtım kuralları ve ısıtma enerjisi hesaplamaları TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında yer almaktadır. Bu standart ilk kez 1998 yılında yürürlüğe girmiştir [31]. Kuralların amacı enerji tasarrufu sağlamak için gereken hesaplamaların yapılmasıdır. Bu yönetmelik kayıp ve kazançların hesaplama yöntemini içermekte, bina tiplerine ve konumlarına göre hesaplamaları yapmaktadır.

5627 Sayılı Enerji verimliliği Kanunu bu yönde yapılan çalışmalar sonucu Nisan 2007 tarihinde kabul edilmiştir. Kanunun amacı, enerjinin etkin kullanımını sağlamak, çevreyi korumak, enerji tasarrufu sağlamaktır. Bu kanun ile endüstriyel işletmeler ve binalar için enerji yöneticisi atanması uygun görülmüştür. Enerji yöneticisinin Milli eğitim Bakanlığına bağlı okullarda görevlendirilmesine ilişkin yönetmelik ise 2009 yılında 5627 Sayılı Enerji verimliliği Kanununa dayanarak hazırlanmıştır.

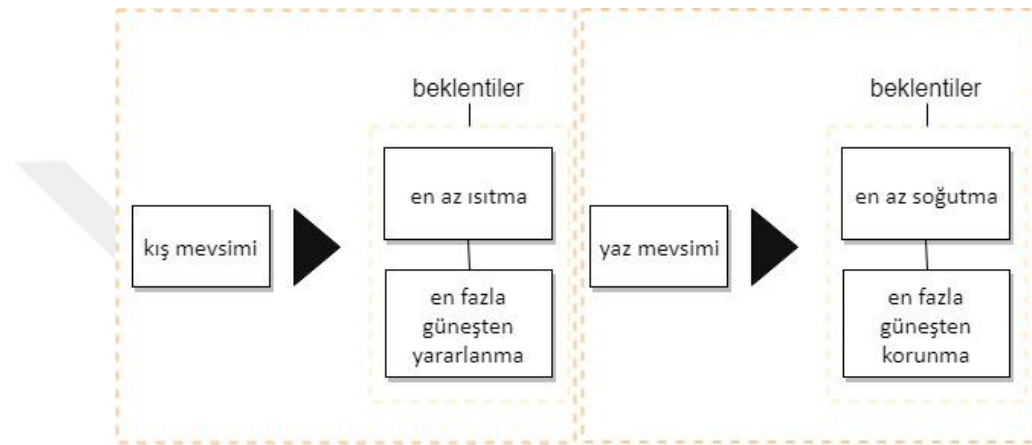
Geleneksel yapı tasarımında yerel şartlara uyum sağlamak; iklim şartlarına uyumlu malzeme kullanılarak veya malzeme kullanımında yere uygunluk aranarak yapılmaktadır. Bununla birlikte yereldeki kültürel şartlar, sosyolojik oluşumlar da tasarımı etkileyen faktörlerdir. Günümüzde ise, yapı tasarımında etken faktörler enerji verimliliği ve CO₂ salımının en aza indirilmesi olarak tanımlanmaktadır ve sürdürülebilirlik üzerine yoğunlaşmaktadır. Yeni teknolojilerin kullanımı, yapım metotları ve malzeme farklılığı yapıların daha esnek ve çevre şartlarına uyumlu olmasını sağlamıştır. Dolayısıyla iklim değişikliğine uyum sürecini de kolaylaştırmıştır. Bu uyum gün boyu ve mevsim boyu olacak şekilde düzenlenebilmektedir. Düşük enerji tüketimli ve iklim şartlarına uyum sağlama yeteneği olan yapı yeni tasarım stratejisi olarak kabul görmektedir.

2.3 Eğitim Yapılarında Enerji Verimliliği

Yapı tasarımında enerji verimliliğini gerektiren nedenler olarak, nüfus artışına bağlı enerji tüketimi ve çevre kirliliğine bağlı karbon salımındaki artış sayılabilir. Bu nedenlere rağmen yapı maliyetindeki artış nedeniyle verimlilik hesaplamaları bazen göz ardı edilmektedir. Ancak uzun vadede ekonomi sağlayacağı ve çevre dostu olacağı açıktır. Güneş ışınları en büyük enerji kaynağımızdır. Bu enerji kaynağını kontrol ederken kaybetmemek gerekmektedir. Isıtma sağlamak için kullanılan güneş ışınları yaz

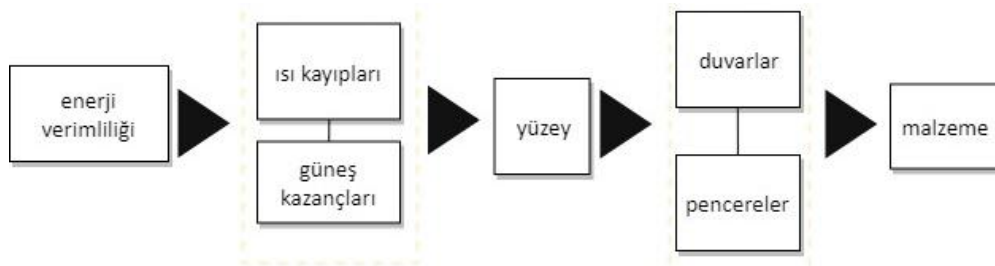
döneminde geliş açısına bağlı olarak kontrol edilme durumu oluşturmaktadır. Bu kontrol aynı zamanda doğal yoldan soğutma işlemi için de yarar sağlayabilmektedir. Ayrıca bu kontrolün doğal aydınlatmaya da engel olmaması gerekmektedir. Örnek olarak, güneşten korunma amaçlı tasarlanacak bir güneş kırın sisteminin aynı zamanda soğutmaya da yardımcı olabilecektir [32].

Dolayısıyla kış mevsimi için oluşan iklim şartlarına karşı yapıdan beklentilerimiz en az ısıtma enerjisi gerektirmesi ve güneş kazançlarının en fazla olmasıdır.



Şekil 2. 6 Kış ve yaz mevsimleri için beklentiler

Enerji verimliliği bütün disiplinler için hem maliyet hem de sürdürülebilirlik açısından ele alınması gereken en önemli kavramlardan birisidir. Yapı sektörü ve binalar enerji kaynak tüketiminde önemli bir paya sahip olduğundan bu sektör için de yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Dolayısıyla yapılar için de enerji verimliliğinden bahsetmek önemlidir.



Şekil 2. 7 Verimlilik şeması

Yapılarda enerji verimliliğinden söz edebilmek için ısı kayıplarının minimum düzeyde, güneş kazançlarının maksimum düzeyde olması beklenmektedir. Amaç mevsimsel değişikliklere göre kışın az ısıtma, yazın az soğutma sağlayarak ısıya bağlı enerji

kayıplarını minimum değere indirebilmektir. Isı kaybının en çok olduğu elemanlar pencerelerdir. Kışın ısıtma gereksinimi olup soğutmaya çok nadir ihtiyaç duyulmaktadır. Hesaplanacak değer ısıtma enerjisi değeridir.

Yapı kabuğunun dolu bölümlerinde kullanılan ısı yalıtım malzemesinin özellikleri de ısı kayıplarına büyük oranda etki etmektedir. [33]

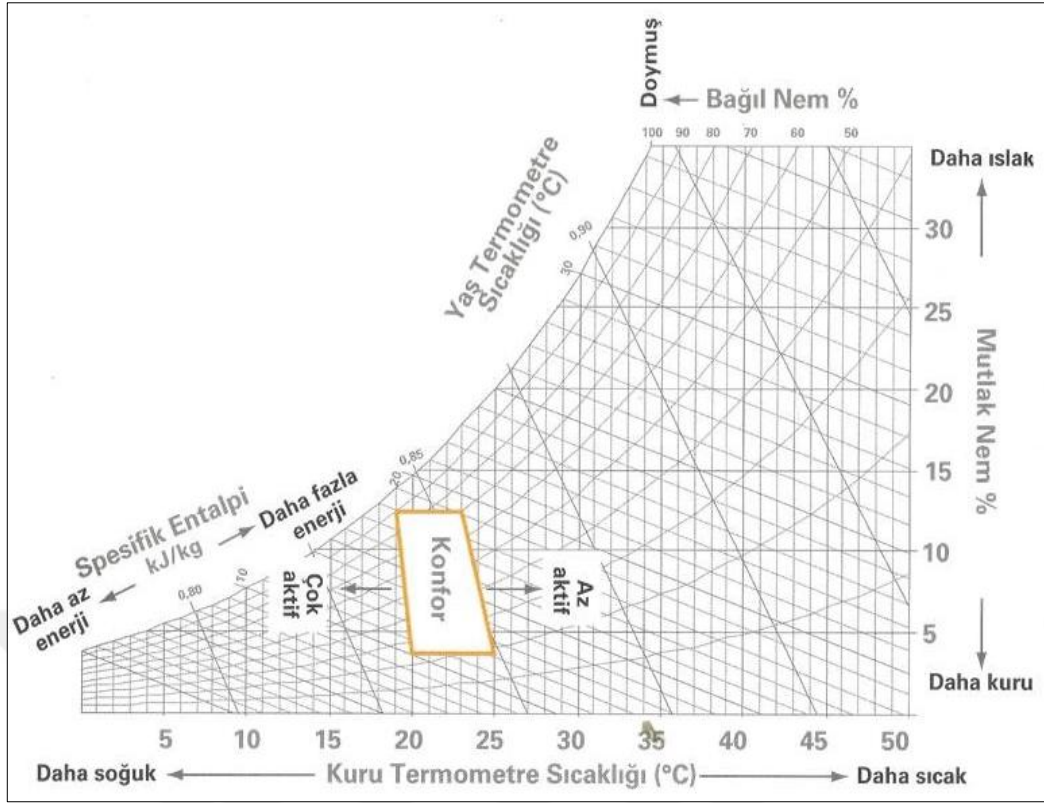
Yalıtım malzemesinin kalınlık değeri ısı kayıpları açısından önemlidir. Farklı malzemelere göre farklı kalınlık değerleri kullanılabilir. En uygun kalınlık değeri için yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Aynı şekilde en uygun yalıtım malzemesi seçimi için de yapılmış çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda iklim öncelikle belirlenen parametredir. Farklı bölgelere göre kullanılacak malzemeler ve kalınlıkları değişkenlik gösterecektir.

Yapıların iklim şartlarına uyum sağlayabilmesi ve iklim kontrolü için gereken yerel şartları gösteren psikometrik diyagramlar kullanılır. Şekil 2.8’de örnek bir diyagram verilmiştir. Psikometrik diyagram sıcaklık ve nem arasındaki bağlantıyı gösteren grafiklerdir. Grafik üzerinde havanın sıcaklık, nem, yoğunluk gibi değerleri yer alır. Bu diyagramlar üzerinde en uygun bölüm çerçeve içine alınan konfor bölümüdür. Bu bölümün kapladığı alanın çok büyüklüğü önemlidir. Diyagramlar aynı zamanda nemli havanın sabit basınç altındaki termodinamik değişkenlerini de göstermektedir [34]. Bu diyagramlar psikometrik tablolar kullanılarak hazırlanmaktadır. Tablo değerlerinin hesaplanması formüller aracılığı ile yapılmaktadır. Diyagramlar tabloda yer alan değerleri kullanarak oluşturulmaktadır.

Bu diyagramların hazırlanması için online¹ ve açık kaynak kodlu olarak çalışan ve Energy Design Tools başlığı altında HEED-Home Energy Efficient Design, SBEED-Small Building Energy Efficient Design, Climate Consultant gibi pek çok yazılım bulunmaktadır. Bu yazılımlar Kaliforniya Üniversitesi tarafından geliştirildikleri için iklim ve giriş verileri o bölge için tanımlıdır. İşlemlerin Türkiye iklim verileri kullanılarak yapılması için geliştirilen excell² tabanlı hesap programları da bulunmaktadır.

¹ Çevrimiçi.

² Excell: Microsoft firması tarafından yazılan tablo ve grafik oluşturmaya yardımcı olacak yazılım.



Şekil 2. 8 Örnek psikometrik diyagram [34]

Yapılardaki enerji tüketiminin azaltılması iklim şartlarına uyum sağlayabilen hacimlerin oluşturulması ile mümkündür. İklim kuşağı açısından Türkiye güneş enerjisinden oldukça faydalanabilecek konumdadır. Özellikle eğitim yapılarının, ısıtma giderleri bakımından uygun düzenlenecek hacimleriyle hem enerji verimliliğine hem de eğitime katkısı sağlanabilmektedir. Amaç kışın güneşten ısısal olarak yararlanırken doğal aydınlatmayı da ihmal etmemektir. Yazın ise, güneşin zararlarından korunmak, güneşi kontrol edebilmektir. Bu çalışma, Bölüm 4'te açıklanacağı üzere, Türkiye'de eğitim öğretim dönemi olan Eylül ve Haziran ayları arasındaki dönemi kapsadığı için güneşten korunmak ve güneş kontrolü ile ilgili düzenlemeler yapılmayacaktır.

Dünyada kullanılan çevresel etki değerlendirme araçları BREEAM, CASBEE, DGNB-Seal, EcoEffect, Green Globes, Green Star, HQE, BEAM, LEED, VERDE vb. sıralanabilir. Bu araçların bir kısmı eğitim yapıları ile ilgili ek araca sahiptir. Çizelge 2.2'de ek araca sahip olan değerlendirme araçları görülmektedir.

Çizelge 2. 2 Çevresel etki değerlendirme araçları karşılaştırılması [35]

Değerlendirme Aracı	Çevresel Gereksinimleri	Ekonomik Gereksinimleri	Sosyal Gereksinimleri	Okul Yapıları İçin Ek Araç*
BREEAM	X		X	X
CASBEE	X			X
DGNB-Seal	X	X	X	X
EcoEffect	X	X		X
Green Globes	X			X
Green Star	X		X	
HQE	X		X	X
BEAM	X		X	
LEED	X			X
VERDE	X	X	X	

* Okul binalarının sürdürülebilirliğini değerlendirmek için araç.

Eğitim yapısı, okuma- yazmadan, bilim, sanat ve teknolojiye kadar her türlü öğretimin yapıldığı yerdir. Dolayısıyla bir eğitim yapısı ekosistemin de bir parçası olabilmektedir. Yapının fiziksel özellikleri ve çevre ile olan ilişkisi ve bağlantısı akademik başarıyı etkilemektedir. Diğer yapı türlerinden farklı olarak eğitim yapısı tasarımı için gereken bazı özel ölçütler vardır. Bu ölçütler yapı içinde çalışan kişiden, öğrenciye kadar herkesin konfor düzeyini ilgilendiren ölçütlerdir. Zamanının büyük bölümünü yapı içinde geçiren insanların psikolojik olarak da kendilerini rahat hissetmeleri gerekmektedir. Örneğin, gün ışığından yararlanma amacı ile aydınlatma tasarımının yapılması enerji tasarrufu sağladığı gibi öğrenciler üzerinde de olumlu etki oluşturmaktadır.

Eğitim yapıları için eğitim-öğretim yılı aralığı sonbahar başı – yaz başı aralığı olduğu için dikkat edilecek ölçüt ısı kayıpları ve bu aralıkta güneşin gökyüzündeki konumundan dolayı doğal aydınlatmanın azlığıdır [36].

Enerji verimliliği olan bir eğitim yapısı içindeki öğrenciler de çevreye karşı duyarlı bireyler olarak yetişeceklerdir. Dolayısıyla bu tip bir okulda okumak davranışları için olumlu etki de yaratabilecektir [37].

Yapım aşamasındaki fiziksel süreçte oluşan parametrelerden dolayı bilgisayar ortamındaki modelin fiili yapı ile birebir aynı olması beklenemez. Enerji tahminlerinin

yapılması bir öngörü oluşturmak amacını taşımaktadır. Modelin oluşumunu sağlayan yönergeler ve kılavuzlar ile bazı yaklaşımlarda bulunmak mümkündür. İnşaat aşamasına geçiş sürecinden önce yapılan tahminler proje ile ilgili kararların yeniden gözden geçirilmesini ve gerekiyorsa düzenlenmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla eğitim yapıları için verimliliğin önemi en başından itibaren vurgulanabilmektedir [38].

Güneşin enerji etkin yapı tasarımında en önemli parametrelerden biri olduğu düşünüldüğünde özellikle güneşlenme saati az olan kuzey ülkelerinde enerji verimliliği konusu daha fazla önem taşımaktadır. Verimli okul yapılarının büyük kısmı bu ülkelerde yapılmaktadır. Bu tür yapılara ilişkin örnekler aşağıda verilmiştir:

1) İsviçre'nin Basel kentinde bulunan Allgemeine Gewerbeschule yüksek okul ve eğitim merkezi olarak kullanılmaktadır. Şekil 2.9'da görülen eğitim yapısı 1950'lerde yapılmış olmasına rağmen cephe üzerinde yapılan değişiklikler ve iç mekân düzenlemeleri ile verimlilik artışı sağlanmıştır. Bu düzenlemeler ile yapının dış ortam şartlarına uyum sağlaması amaçlanmış ve malzemeler bu uyuma göre düzenlenmiştir. Sensor seçenekleri ile etkin kullanıma geçilmiş ve bu sayede %15 oranında elektrik enerjisi kazanımı oluşmuştur. Doğal aydınlatma ile eğitim ortamının konfor düzeyi ayarlanmıştır [39]. Bu okul güçlendirme ve yeniden düzenleme ile enerji verimliliğini geliştirmeyi amaçlamaktadır.



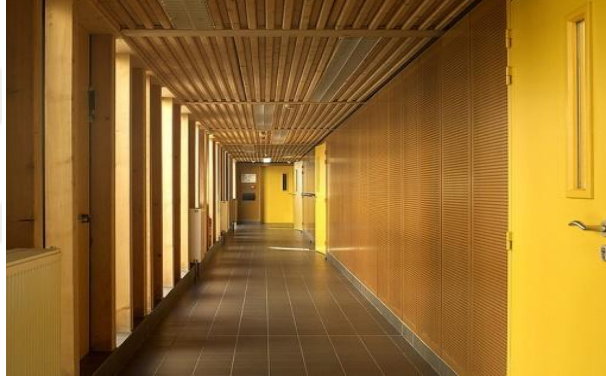
Şekil 2. 9 Allgemeine Gewerbeschule 'nin cephe düzeni görünümü

2) Kuzey İsveç bölgesindeki Klagshamn School enerji etkin okul yapısı olarak, pasif ev ölçütlerine göre tasarlanmıştır. Bu okul İsveç Çevre dostu sertifikasına da sahiptir. Şekil 2.10'da görülen yapının kabuğu ve yalıtımı %100 yenilenebilir malzemedir yapılmıştır. Yapının ısıtma ihtiyacı İsveç standartlarına göre %87 azaltılmıştır [40].



Şekil 2. 10 Klagshamn School cephe düzeni görünümü

- 3) Salvagny Şehir Okulu Fransa'da bulunmaktadır. Bu okul binası SARA¹ projesi kapsamında yapılmıştır. Elektrik üretimi güneş pilleri ile sağlanmakta ve yağmur suyu geri dönüştürülerek kullanılmaktadır. Okul içinde aydınlatma enerjisini azaltmak için düzenlemeler yapılmıştır[41]. Şekil 2.11'de ahşap malzeme ile düzenlenmiş koridor görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2. 11 Salvagny okul koridor görüntüsü

- 4) Anglo American School of Sofia, 2006 yılında En İyi Ekolojik Yapı ödülü almış olup en önemli özelliği ısıtma için güneş panellerinin yerleştirilmesi, derslikler ve okulun diğer kullanım alanlarında doğal aydınlatmanın bolca kullanılıyor olmasıdır[42].

¹ SARA (Sustainable Architecture Applied to Replicable Public-Access Buildings) Projesi: Sürdürülebilir, enerji performansı yüksek binalar inşa etmeyi amaçlayan bir projedir. Bu proje kapsamında sekiz farklı ülkede sekiz bina projesi bulunmaktadır[10].



Şekil 2. 12 Anglo American School of Sofia kampüs görünümü

- 5) Bicester Zero Carbon Primary School, Oxfordshire’da bulunan okul sıfır karbon kavramı üzerine kurulmuştur. Bu okulda elektrik enerjisi üretilmekte ve doğal havalandırma kullanılmaktadır. Isıtma gereksinimi için ortak çözümler bulunmaktadır [43].



Şekil 2. 13 Bicester Zero Carbon Primary School giriş düzeni yandan görünümü



Şekil 2. 14 Bicester Zero Carbon Primary School giriş görünümü

- 6) Martinet Primary School, İspanya Barselona’da bulunmaktadır. Bu okulun en önemli özelliği cephesinde bulunan petek şeklindeki seramiklerdir. Seramiklerin oluşturduğu dış cephe, binayı güneş ışınlarından koruduğu gibi, doğal havalandırmayı da sağlamaktadır. Seramiklerin renkleri farklılık göstermektedir ve bu seramikler birbirleriyle dik açı oluşturacak şekilde dizilmişlerdir. Seramiklerin

batıya bakan yüzeyleri yeşil tonlarına, doğuya bakan yüzeyleri toprak tonlarına sahiptir. [44]. Seramiklerin görünümü Şekil 2.15'te verilmiştir.



Şekil 2. 15 Martinet Primary School dış cephe üzerinde yer alan seramiklerin görünümü

Seramiklerin güney yönünde oluşturduğu görüntü Şekil 2.16'da gösterilmektedir.



Şekil 2. 16 Martinet Primary School seramiklerin oluşturduğu cephe görünümü

7) İskoçya'da bulunan Carnegie İlkokulu, doğal havalandırma ve doğal ışık kullanımına sahiptir. Aynı zamanda ısı konfor şartlarını sağlayacak şekilde tasarlanmış ve malzemeler konfor şartlarına uyumlu seçilmiştir. Okul, BREEAM sertifikasına sahiptir [45].



Şekil 2. 17 Carnegie İlkokulu giriş görünümü

- 8) Etimesgut-Eryaman'da bulunan Cezeri Yeşil Teknoloji Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi, Türkiye'deki ilk sürdürülebilir okul olarak açılmıştır. Okul, güneş yönelimlerine göre düzenlenerek ısı kayıplarının en aza indirilmesi esasına göre tasarlanmıştır. Yapımında yenilenebilir enerji teknolojileri kullanılmıştır [46].



Şekil 2. 18 Cezeri Yeşil Teknoloji Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi dış görünümü

- 9) İstanbul Maltepe bölgesinde bulunan TED Rönesans Koleji, Türkiye’de LEED Gold sertifikası alan ilk eğitim binasıdır. Enerji tüketiminin azaltılması ve yenilenebilir enerji kullanımı öncelikli amaçlardır. Şekil 2. 19’da kolejin genel görünümü bulunmaktadır. [47]



Şekil 2. 19 TED Rönesans Koleji kampüs genel görünümü

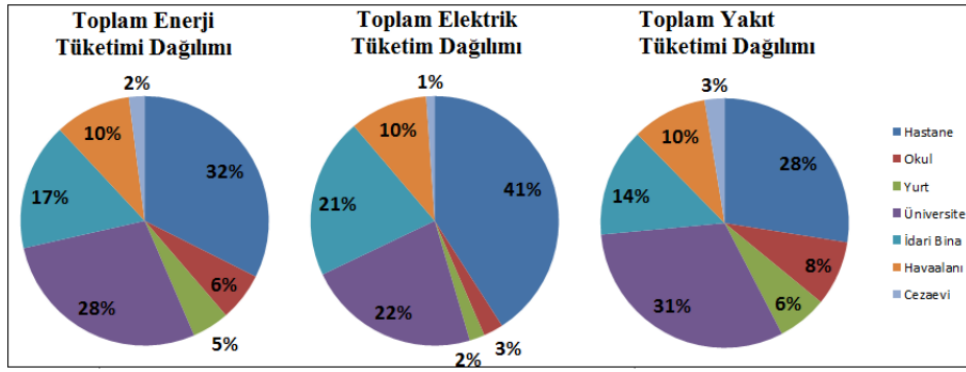
- 10) Kadıköy Belediyesi Bahriye Üçok Anaokulu, Türkiye’nin ilk ekolojik çocuk yuvası olup LEED Platin sertifikasına sahiptir. Çevreci tasarım ilkeleri benimsenerek tasarımı ve inşaatı yapılmıştır. Doğal aydınlatma kullanılarak elektrik tüketimi azaltılmıştır. Güneş kırıcılar güneşin geldiği yöne doğru hareket edebilmektedirler. Şekil 2. 20’de görüldüğü üzere okulda yeşil çatı uygulaması yapılmıştır[48].



Şekil 2. 20 Bahriye Üçok Anaokulu çatı görünümü

Eğitimdeki gelişmelere ve değişimlere bağlı olarak Türkiye’de de eğitim yapılarının gelişmesi ve değişmesi zorunlu hal almaktadır. Bu amaçla T.C. Millî Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu ile bu gelişime paralel olarak yapı tasarım ölçütleri belirlenmiştir. Yapının uygulanacağı arazinin geometrik olarak kare veya dikdörtgen formda olması önemlidir [49]. Tezde önerilen modelde, taban alanının dörtgen geometrik şekli seçilmesi de bu amaçlardır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı da bu kılavuzda yer alan önemli maddelerden birisidir. Kullanıcı konforu eğitim için en gerekli şartlardan birisidir. Aydınlatma, ısıtma ve ışık açısından parlamayan mekânlar, tasarımı yönlendiren parametrelerden olmalıdırlar. Dolayısıyla enerji verimliliği de önem kazanmaktadır. İklim şartlarının analizi, eğitim yapıları tasarımına da yön vermesi açısından önemlidir. Eğitim yapısının yapılacağı yerdeki çevresel şartlar belirlenmelidir.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından yaptırılan ve 2013 yılına ait verileri içeren Türkiye genelinde 166 adet kamu binasına ait enerji verimliliği etüt çalışması değerlendirme sonuç raporuna göre; 72 okul binası toplam enerji tüketiminde %6’lık, toplam elektrik tüketiminde %3’lük, toplam yakıt tüketiminde ise %8 oranlarda dağılımlara sahiptir. Bu dağılım değerleri Şekil 2.21’de görülmektedir.



Şekil 2. 21 Enerji tüketimlerinin bina türlerine göre dağılımı [50]

Yapının kullanıcı sayısı ve kullanım amacı yapının boyutlandırılması açısından da önem taşımaktadır. Dolayısıyla, bir eğitim yapısının boyutu için öğrenci sayısı analizlerinin yapılmış olması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında tip proje referans olarak alınacağı için boyutlandırma için ek bir çalışma yapılmayacaktır.

Bir hacim içindeki kullanıcı konforunu etkileyen bileşenlerin birisi opak bileşenler yani duvarlardır. Konfor koşullarını sağlarken aynı zamanda enerji verimliliğinin de dikkate alınması gerekmektedir. Dolayısıyla bir eğitim yapısı içindeki dersliklerin duvarlarında enerji tasarrufu standartları gereği ısı yalıtımı yapılmalıdır. Ayrıca güvenlik standartları gereği yangına dayanıklı malzemeler kullanılmalıdır. Malzemelerin REI 120¹ olması gerekmektedir [51]. Dış duvar malzemesi olarak gaz beton, tuğla iç duvar malzemesi olarak da tuğla, doğal taş önerilmektedir [49]. İç duvarlarda ses yalıtımı da yapılması zorunludur.

Konforu etkileyen bir diğer bileşen ise saydam bileşenler, pencerelerdir. Pencereler, doğal aydınlatmanın temel bileşenidir. Isı ve ışık geçişleri saydam oldukları için daha kolaydır. Isı kayıpları bu nedenle oldukça fazladır. Havalandırma açısından da önemli olan bu bileşenlerin oranının iyi ayarlanması gerekmektedir. Hem ısıl hem de görsel konfor için belirleyici özelliğe sahiptir.

Kullanıcı konforu kavramını ele alırken, ortam ısı ve vücut ısı birlikte düşünmek gerekmektedir. Ayrıca, ortam konforunu etkileyen faktörler olarak, ısı, nem, hava akımı ve hava akımına bağlı olarak havalandırma, güneş parametreleri sıralanabilmektedir.

¹ Yapı bileşeninin yangın sırasında bazı özelliklerini belli süre koruması beklenir. Bu özellikler; yük taşıma (R), bütünlük (E) ve yalıtkanlık (I) olarak sıralanır. Dakika cinsinden süreyi ifade eder [51].

Bir eğitim yapısındaki en önemli eylemin okuma-yazma eylemi olduğu düşünülürken, aydınlatmanın da konfor kavramının içinde yer aldığı görülmektedir. Aydınlatma, görsel konfora etki etmektedir. Görsel konforun sağlanabilmesi için doğal ışık kullanımı gerekmektedir. Bu amaçla, saydam ve opak bileşen oranları iyi dengelenmelidir. Doğal ışık kullanımı özellikle gün içinde aktif olarak çalışan ofisler, kamu binaları için önemlidir. Aydınlatma için harcanan elektrik enerjisi minimuma indirilerek verimlilik sağlanması da mümkündür. Eğitim yapıları da gündüz saatlerinde aktif olarak çalıştığı için doğal ışık dengesinin kontrol edilmesi enerji verimliliğine olumlu yönde etki edecektir. Örneğin, 21.03. 2013 tarihinde kabul edilen TS EN 12464-1 numaralı Işık ve Aydınlatma başlıklı standarda göre Türkiye’de bir eğitim yapısı için dersliklerin aydınlık düzeyi en az 300 lux¹ olmalıdır. Ortamdaki saydam ve opak bileşenlerin malzeme özelliklerine bağlı olarak oluşan yansıma konforu etkileyen bir parametredir. Bu yansımanın oluşumunda bileşenlerin yansıtma çarpanı belirleyicidir. Bu değerler aşağıdaki tablodaki gibidir [52].

Çizelge 2. 3 Yansıtma çarpanı değerleri [52]

İç Yüzey	Yansıtma Çarpanı
Tavan	0.70 ve daha fazla
Duvarlar	0.50-0.70
Pencereli duvar	0.60 ve daha fazla
Perde vb. elemanlar	0.40-0.60
Döşeme	0.10-0.30
Çalışma düzlemi	0.30 ve daha fazla
Mobilyalar	0.20-0.50

Yüzeylere gelen güneş ışınımı yüzey üzerinde üç farklı davranışla karşılaşır.

- 1) Yansıtılan ışınım
- 2) Yutulan ışınım
- 3) Geçirilen ışınım

Dolayısıyla yüzey üzerinde meydana gelen bu durumların her biri için tanımlanmış çarpanlar vardır. Bu çarpanlar;

¹ Lux: Aydınlanma düzeyini ifade etmek için kullanılan birimdir. Yüzey üzerindeki ışık şiddetini gösterir.

- 1) Yansıtma çarpanı
- 2) Yutma çarpanı
- 3) Geçirme çarpanıdır.

Bu katsayılar yüzey üzerindeki ısı kazancının hesaplanmasında da kullanılırlar. Yüzey üzerindeki saydam ve opak bileşenler bu kazanca etki etmektedirler. Opak bileşenin yutma çarpanı ile saydam bileşenin geçirme çarpanı önemlidir.

Ortam sıcaklığı, nemi gibi etkenlerin birleşimi ısı konforu belirler. Kişiden kişiye değişiklik gösterebileceği varsayılmaktadır. TS EN ISO 7730 numaralı 25.04.2006 tarihinde kabul edilen, 20.06.2016 tarihinde tercüme edilen standarda göre genel ısı algısını ve ısı memnuniyetsizliği öngören yöntemleri içerir.

Isı konforunun hesaplanması için en çok kullanılan iki model vardır:

- 1) Gagge modeli: Bu modelde insan vücudu içinde ve insan vücudu üzerinden dış ortama ısı transferi olduğu varsayılmaktadır. 1971 yılında Gagge tarafından ortaya konmuştur [53].
- 2) Fanger modeli: Bu modelde insan vücudundaki enerji depolanmasının ihmal edilebileceği varsayılmaktadır. İnsan vücudu tek alan olarak düşünülmüştür. Fanger tarafından geliştirilmiştir [53].

Yapı bileşeninin ısı geçirme çarpanı, ısı kazancı hesaplamaları için kullanılmaktadır. Bu katsayı ısı konfor koşullarını etkileyen bir değerdir. Bu değer hesaplanması daha önce sözü edildiği gibi Türk Standartları Enstitüsünün TS 825 numaralı Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardına göre yapılmaktadır. Bu standart 2013 yılında revize edilmiş ancak resmî gazetede yayımlanmamıştır.

Sonuç olarak; bir yapının enerji tüketimi iklim koşulları, yönlenme, yapı biçimi, opak ve saydam bileşenlerin özelliklerine bağlıdır. Dolayısıyla bu tüketim miktarı hesaplanırken yapıyı tanımlayan bütün özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Soğutma sistemlerinin kullanımı da tüketime etki etmektedir ancak bu çalışmada kullanılan zaman aralığından dolayı soğutma sistemleri dikkate alınmayacaktır. Sayısal ortamda hesaplamalar yapılırken kullanılan yazılımların bazıları ön tanımlıdır, bazılarında ise veri girişi yapmak gereklidir. Eğitim yapısı tasarlanırken bazı yönetmelik bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapının bu yönetmelik bilgilerine uygun olması gerekmektedir.

2.4 Türkiye’de İlköğretim Yapıları

2017-2018 akademik yılı itibariyle, Milli Eğitim istatistik verilerine göre Türkiye’de örgün eğitim yapan 24.967 adet ilköğretim okulu bulunmaktadır. Bu okullarda öğrenim gören öğrenci sayısı ise 5.104.599’dur [54]. Bu rakam Türkiye nüfusunun yaklaşık olarak % 6’sını oluşturmaktadır. Çocuklardan oluşan bu yüzde, zamanlarının büyük bir bölümünü okul binalarında geçirmektedirler. Dolayısıyla çocukların enerji verimliliği yüksek binalarda, konfor koşulları uygun iç ortamlarda eğitim görmeleri eğitim kalitesine olumlu yönde etki etmektedir.

Yapım maliyetlerinin yüksekliği göz önüne alındığında verimlilik hesaplarının en baştan yapılarak yapım sürecine eklenmesi, zaman ve işgücü tasarrufu açısından önem taşımaktadır.

Tez çalışmasında referans eğitim yapısı olarak ilköğretim yapıları ele alınmıştır. Model önerisi için tip projeler seçilmiştir. Tip projeler Türkiye'nin her bölgesi için uygulanmakta, iklim ve malzeme verileri gün bölgelerine göre düzenlenmektedir.

MEB Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzuna göre Türkiye’de yer alan ilkokul tip projeleri Çizelge 2.4’te verildiği üzere derslik sayılarına göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmalara göre yapılacak ilköğretim yapıları için bazı parametrelerin iklime bağlı olarak değişmesi gerekmektedir. Dolayısıyla Türkiye’nin her bölgesi düşünüldüğünde pencere alanı ve taban alanı oranının da bu parametrelerden birisi olması gerektiği düşünülmektedir.

Çizelgede;

- B: Bodrum Kat
- Z: Zemin Kat
- 1: 1.Kat
- 2: 2.Kat olarak kısaltılmıştır.

Çizelge 2. 4 Derslik sayılarına göre tip projeler

Derslik Sayısı	8	12	16	20	24
Kat Sayısı	B+Z+1	B+Z+1	B+Z+1+2	B+Z+1+2	B+Z+1+2
Öğrenci Sayısı	240+20	360+40	480+40	600+60	720+60
Derslik	8	12	16	20	24
Fen Dersliği	1	2	2	2	2
Resim-Müzik Dersliği	1	1	1	1	1
Çok Amaçlı Oda	1	1	1	1	1
Kütüphane	1	1	1	1	1
Kantin	1	1	1	1	1
Çok Amaçlı Salon	1	1	1	1	1
Mescit	2	2	2	2	2
Beden Eğitimi Salonu	1	1	1	1	1
İdari Birimler	8	7	9	10	11
Faaliyet ve Oyun Odası	1	2	2	3	3
Yemek Salonu	1	1	1	1	1

2.4.1 MEB.2014.08.İO Tip Proje

Eğitim yapısı olarak seçilen model önerisinde hesaplamalı tasarım ilkeleri Millî Eğitim Bakanlığı Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzuna ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğine göre belirlenmiştir. Model önerisinde referans yapı olarak Proje numarası MEB.2014.08.İO olan tip proje seçilmiştir. MEB.2014.08.İO tip proje 8 derslikli ilkokul projesi olup, bodrum, zemin ve birinci kattan oluşmaktadır. Yapının taban alanı 1349 m², bodrum, zemin ve birinci kat ile birlikte toplam alanı 3879 m²'dir. Zemin ve birinci katın alanları eşittir. Çizelge 2.5'te bu ölçüler gösterilmiştir.

Çizelge 2. 5 MEB.2014.08.İO tip projede katların toplam alan ölçüleri

Kat	Toplam Alan (m ²)
Bodrum	1349
Zemin	1265
Birinci	1265

Kat yükseklikleri bodrum kat için 4,5 m, zemin ve birinci kat için 4 m olarak tanımlanmıştır.

Bu tip projede tez çalışması için kullanılacak iki farklı parametre bulunmaktadır. Bu parametreler derslikler ve taban geometrisidir.

1) Derslikler

Derslik bir eğitim yapısı içinde en önemli eylem olan öğrenme eyleminin yapıldığı yerdir. Isı kayıp ve kazançlarının etkili olacağı en önemli mekân olarak seçilmiştir. Taban alanı ve pencere alanı oran değeri bu hacim için önem taşımaktadır. Hacimde iç konforu, kayıp-kazanç hesaplamalarını ve dolayısıyla verimliliği etkileyen parametreler şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Hacmin boyutları
- Hacmin yönlenmeye bağlı konumu
- Hacim içindeki saydam ve opak bileşenlerin kullanımı

Derslik yönelimi saydam bileşen yönelimidir. Doğal aydınlatma için ışığın öğrenci oturma düzenine göre sol taraftan gelmesi uygundur. Dolayısıyla saydam bileşen oranının hesaplanması için bu durum önem taşımaktadır. Dersliklerde öğrenim görecekt öğrenci sayısı kılavuzlarda belirtildiği şekilde olacağından boyut hesaplamaları bu sayıya göre düzenlenebilmektedir.

Çizelge 2. 6 Farklı ülkelerdeki derslik boyutları ve öğrenci sayıları [52]

Şehir-Ülke	Öğrenci Sayısı	Hacim (m ³)	Taban Alanı (m ²)	Yükseklik (m)	Öğrenci Başına Düşen Alan (m ²)	Öğrenci Başına Düşen Hacim (m ³)
Prusya-Almanya	48-54	173	54	3.20	1.00-1.20	3.50-4.00
Leipzig-Almanya	38-40	200	55	3.50	1.50	5.50
Hamburg-Almanya	25	187	52	3.60	2.08	7.50
İsviçre	48	231	68	3.40	1.42	4.82
A.B.D	40	292	80	3.65	2.00	7.30
Türkiye	30	144	48	3.00	1.60	4.80

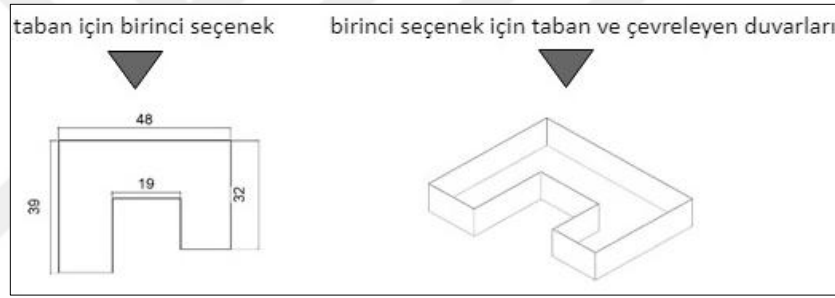
Çizelge 2.6'da farklı ülkelerdeki ve Türkiye'deki derslik boyutları gösterilmiştir. Türkiye için çizelgede bulunan alan değerleri, öngörülen öğrenci sayısına göre hesaplanarak belirlenmiştir.

2) Taban Geometrisi

Taban geometrisi taban alanının hesaplanması açısından önem taşımaktadır. Taban alanı tanımlanan geometri için, aynı hacmi elde edecek farklı geometri seçenekleri mevcuttur. Bu seçenekler aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir¹ [55]:

- Birinci Seçenek:

Bu seçenek, taban geometrisi için simetrik olmayan bir geometri seçeneğidir. Şekil 2.22'de gösterilmektedir. Boyutlar, verilen alan değerini karşılayacak şekilde düzenlenmiştir. Bu düzenleme işlemi için de farklı seçenekler mevcuttur.

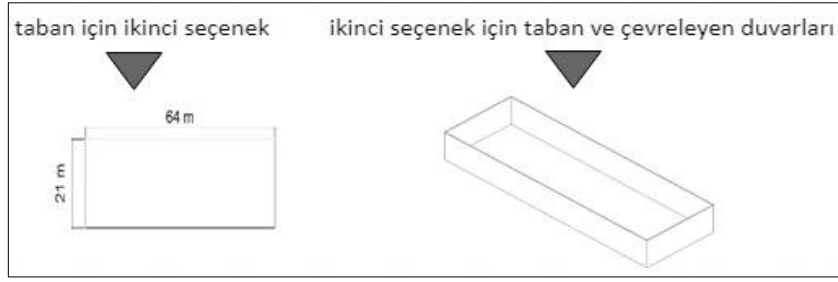


Şekil 2. 22 Taban geometrisi birinci seçeneği

- İkinci seçenek:

Bu seçenek, taban geometrisi için dikdörtgen bir geometri seçeneğidir. Şekil 2.23'te gösterilmektedir. Boyutlar, birinci seçenekte olduğu gibi verilen alan değerini karşılayacak şekilde düzenlenmiştir.

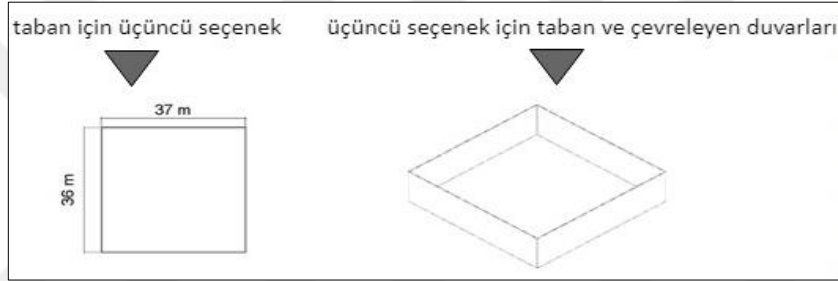
¹ Bu seçeneklerin tamamı referans verilen kaynaktan yararlanılarak çizilmiştir ve geometrilerin şekilleri aynı şekilde alıntılanmıştır. [55]



Şekil 2. 23 Taban geometrisi ikinci seçeneği

- Üçüncü seçenek:

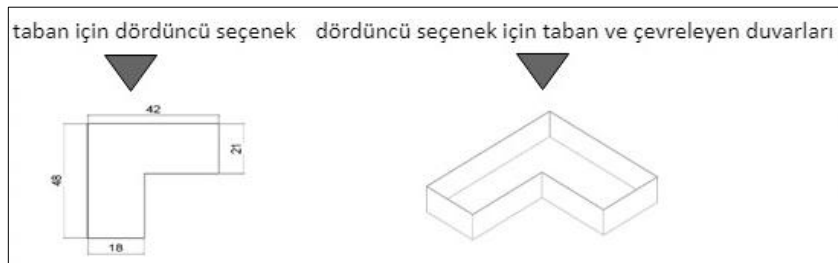
Bu seçenek, taban geometrisi için kare bir geometri seçeneğidir. Şekil 2.24'te gösterilmektedir. Boyutlar, birinci ve ikinci seçenekte olduğu gibi verilen alan değerini karşılayacak şekilde düzenlenmiştir.



Şekil 2. 24 Taban geometrisi üçüncü seçeneği

- Dördüncü seçenek:

Bu seçenek, birinci seçenekte olduğu gibi, taban geometrisi için simetrik olmayan bir geometri seçeneğidir. Şekil 2.25'te gösterilmektedir. Boyutlar, birinci, ikinci ve üçüncü seçenekte olduğu gibi verilen alan değerini karşılayacak şekilde düzenlenmiştir. Bu düzenleme işlemi için de farklı seçenekler mevcuttur.



Şekil 2. 25 Taban geometrisi dördüncü seçeneği

Yapının taban geometrisi ikinci seçenek; dikdörtgen olarak seçilmiştir. Boyutlandırma kılavuzda yer alan MEB.2014.08.İÖ tip projeye göre düzenlenmiştir. Ancak boyutlar

Bölüm 4'te sözü edildiği üzere değişken giriş verisi olarak seçilebilmektedir. Kullanıcı seçimi doğrultusunda işlem yapılabilir. Taban geometrisi seçeneklerinden elde edilen uygun boyutlar Çizelge 2.7'deki gibidir.

Çizelge 2. 7 İkinci seçenek taban geometrisi boyut bilgileri

En (m)	Boy (m)	Yükseklik (m)
63	20	4
60	21	4

Bütün taban geometrisi seçenekleri için tabanı çevreleyen duvarların yükseklikleri aynı değerdedir. Dersliklerin zemin kat ve 1. Katta oldukları varsayıldığından kat yüksekliği 4 metre olarak belirlenmiştir. Bu değer T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Eğitim Yapıları için Asgari Tasarım Kuralları Kılavuzunda yazılan değerdir ancak en ve boy değerlerinde olduğu gibi yükseklik değeri de kullanıcı seçimine bırakılabilmektedir. En ve boy değerleri mekân seçeneklerine göre uygun değer alabilmektedir. Tabanı çevreleyen duvarlar dış ve iç duvarlar olarak belirlendiğinde en ve boy değerleri için farklı değerler vermek gerekecektir.

SAYISAL ENERJİ MODELLERİ

Bir binanın sürdürülebilirliği ile ilgili kararların tasarım sürecinin başlangıcında alınması gereklidir. Alınan bu kararlar binanın performansını etkiler ve belirler. Bu aşama erken tasarım aşamasıdır. Erken tasarım ile başlayan bu süreç doğrusal bir süreç olmayıp geri dönüşleri olan bir süreçtir [56]. Bütün parametreler bir araya geldiğinde bütün bu sürecin yönetilebilmesi için teknoloji ve bilgisayar sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Enerji modeli oluştururken genellikle iç ve dış ortam sıcaklıkları ile bu sıcaklıklara bağlı olarak oluşan nem değerlerinin ölçülmesi, güneş ışınlarının dikkate alınması gerekmektedir. İklim bilgilerinin, kullanılacak yazılım ile veya oluşturulacak yöntem ile bütünleştirilmesi beklenmektedir. Modelin oluşturulması ile fiziksel özelliklerin belirlenmesi, iç ve dış kazançların hesaplanması yazılım veya yöntem ile yapılmaktadır. Parametrelerle yöntemin uyumlu çalışması enerji modelinin gerçekçi olmasını sağlayacaktır. Bu tür çalışmalar yeni yapılacak binalar için kullanılmaktadır. Eski binalar için farklı yöntemler bulunmaktadır.

Teknoloji sayesinde farklı seçenekler oluşturularak her seçeneğin sınanması olasıdır. Sınama sonucu uygun seçenek bulunması da yine bilgisayar sistemleri sayesinde yapılmaktadır [57].

3.1 Sayısal Tasarım Süreci

Tasarımda gereksinimler ve işlevler arasındaki bütünlüğün sağlanması birçok şekilde tartışılırken, tasarımın değişen koşullara göre yeniden üretilmesi zaman almaktadır. Bilgisayar teknolojisinin tasarım sürecinin bir parçası olarak düşünülmesi, bilgisayar programlarının giderek gelişmesi sayesinde özellikle mimari tasarım sürecinin

kısalması, alternatif çizim ve önerilere fırsat vermesi, maliyet vb. hususların çok kısa sürede hesap edilmesi de mümkün hale gelmiştir.

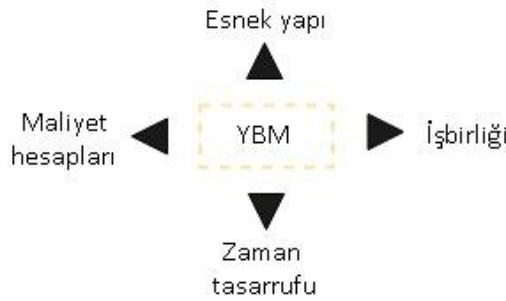
Enerji etkin yapı tasarımı için yapı ile ilgili giriş değerleri veya parametreleri belirlemek gereklidir. Bu başlangıç değerleri, yapının işlevi ve iklim değerleri olarak belirlenebilir. Sonrasında ayrıntılı veriler olarak güneş ışınımı değerleri, güneşlenme miktarları gibi veriler kullanılarak erken tasarım aşamasında yapının boyut, yönlenme gibi değerleri elde edilebilir. Bu erken tasarım aşamasında yapı ile ilgili farklı seçenekler belirlenerek bu farklı seçenekler için performans analizleri yapılabilir. Performans analizleri bazı özel yazılımlar kullanılarak yapılabilir. Bu analizler sonucunda biçim ve yönlenme bilgileri kesinleştirilerek tasarım aşamasına geçilebilir. Ancak sayısal ortamda performatif tasarım süreci olarak isimlendirilen süreçte aşamaların hepsi birbirleriyle bağlantılı olarak işlemektedir. Geçişler geleneksel süreçte olduğu gibi kesin sınırlarla çevrelenmemiştir ve her aşama bir sonraki aşamanın hem giriş verisi hem de çıkış verisi olabilmektedir.

Teknoloji gelişimi ile birlikte iki boyutlu çizim ve tasarım ortamından üç boyutlu çizim ve tasarım ortamına geçilmiş her iki boyuttaki çalışmalar paralel olarak ilerlemiştir. Ancak bu geçişten sonra tasarımcılar zaman ve maliyet olarak ifade edeceğimiz dördüncü ve beşinci boyutu da düşünmek zorunda kalmışlardır. Yapı Bilgi Modelleme¹ üç boyutlu bir modelin dört ve beşinci boyutları olarak zaman ve maliyet veri ve hesaplarını kullanarak model oluşturulmasını sağlamaktadır.

Genel olarak Yapı Bilgi Modelleme yeni bir tasarım yaklaşımıdır. Tasarım sürecinin tamamını kontrol edebilmektedir. Sürecin esnek olmasını sağlamakta, yapılacak değişikliklerin hızlıca sürece yansımaya yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda yapı ile ilgili bütün kişileri bir araya getirebilmekte ve ortak çalışma platformu oluşturmaktadır. Yapı Bilgi Modelleme yapı geometrisini üç boyutlu olarak ifade etmekte, geometri ile birlikte yapının işlevsel özelliklerini ve bilgilerini de içinde barındırmaktadır. Malzeme bilgisi, enerji verimlilik bilgisi gibi veriler, yapı bilgi modelleme araçları sayesinde bina performans analizi modeli oluşturulup yapının kavramsal tasarım aşamasında yeniden şekillendirilmesi için veri sağlayabilmektedir.

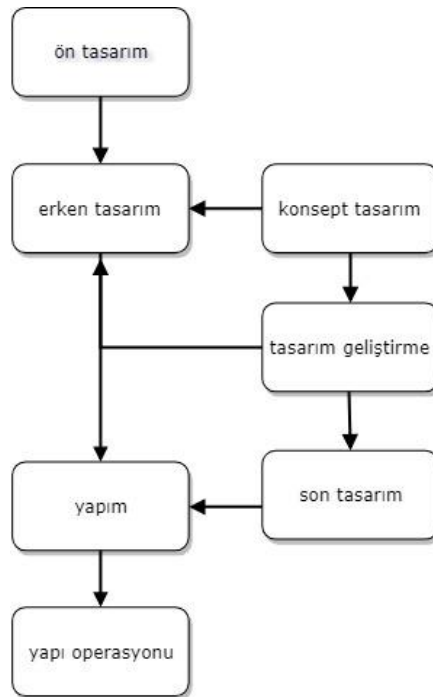
¹ Building Information Modeling.

Dolayısıyla çizim ve tasarım için kullanılacak araçların değişimi ve güncellenmesi de gündeme gelmiştir. Yapı Bilgi Modelleme araçları olarak çeşitli yazılımlar kullanılmaktadır. Bu yazılımları Arazi Etütleri, Tasarım, Taşıyıcı Sistem Analizi, Çevresel Analiz, Optimizasyon, İnşaat şeklinde sıralayabiliriz [58]. Yapı bilgi modeli oluştururken kullanılacak veriler daha önce de sözü edildiği gibi yapının geometrisi, yapı tipi, yapının yüzeyi iklim ve çevre şartları ve konum bilgisidir. Dolayısıyla bu sistem, yapının bütün süreçlerinin görülebildiği, yönetilebildiği bir sistemdir. Sonuçların öngörülmesini de sağlamakta iş akışı ve verilerin yönetilmesine de yardımcı olmaktadır [59]. Bu yararlar Şekil 3.1’de şema düzeninde görülmektedir.



Şekil 3. 1 Yapı Bilgi Modellemenin yararları

Yapı Bilgi Modelleme başlığı altında tasarım sürecinin aşamaları altı başlık altında toplanmaktadır. Bu aşamalar düzenlenerek Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3. 2 Yapı bilgi modelleme tasarım aşamaları

Yapı bilgi modelleme aşamalarının tasarım süreci aşamalarını kapsayacak şekilde olduğu görülmektedir.

Bina performansının belirlenmesi açısından Yapı bilgi Modelleme önemlidir. Verilerin toplanması ve kullanılması daha az hata oluşturacağı için hem tasarım hem de inşaat aşaması için belirleyici rol oynamaktadır. Kullanılan yerel yönetmeliklere uygun bina yapımı için gereklidir. Dolayısıyla yapı bilgi modelleme enerji verimliliğini destekleyen uygun bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Erken tasarım aşamasında yapı için alınan kararlar yapının verimliliği üzerinde etkili olduğu için yapı bilgi modellemenin kullanılması yararlı olmaktadır. Çizim ve tasarım amaçlı kullanılan yazılımlar ile yapı bilgi modelleme yazılımları arasında ortak bir veri paylaşımının olması kullanım kolaylığı ve kullanım yaygınlığı açısından gereklidir. Yapı bilgi modelleme yazılımlarının gelişmesi ile tasarımların yönetmeliklerle uyumu da sağlanabilmektedir. Ancak yerel özelliklerin uygulanması her zaman mümkün olmayabilmektedir. Dolayısıyla, ortak çalışma ve paylaşma platformu olarak IFC¹ kullanılmaktadır. IFC modeli oluşturularak yapılabilecek işlemlerde genel özellikler dikkate alınmaktadır. Yönetmeliklerin tanımlanmış özelliklerinden yola çıkılarak yapılacak bu uyumlaştırma farklı yönetmeliklerde kullanılan farklı terminoloji ve karmaşıklıklar nedeniyle henüz çok fazla yaygınlaşmamıştır. Amaç bilgi paylaşımının veri tabanı üzerinden araç ve yazılımdan bağımsız olarak yapılabilmesidir. Bazı açık kaynak standartlarla yapılabilen bu işlemler gbXML² IFC ile daha kapsamlı olarak yapılabilmektedir [60]. Oluşturulan model yazılımlar arası bilgi paylaşımında kullanılan bir şema yapısı olan gbXML dosya biçiminde kayıt edilmelidir. Model önerisinde sonraki aşamalarda bu uyumun yapılabilmesi için algoritma kurgusu esnek yapıda belirlenmiştir.

3.2 Sayısal Enerji Modeli

Enerji modeli bir yapının enerji bilançosunu çıkarmaktan alternatif çözümler üretmeye kadar çok amaçlı kullanılabilir. Bu modelleme bilgisi yapı yerleşimi, yönlendirilmesi, malzeme seçimini de içeren tasarım süreci boyunca alınacak mimari tasarım kararlarına

¹ Industry Foundation Classes

² Green Building Extensible Markup Language [61].

da etki etmektedir. Bilgisayar benzetim yazılımları ile yapılabilen bu enerji modeli giriş bölümünde de sözü edilen sertifikasyon sistemleri ile uyumlu çalışabilmektedir. Erken tasarım aşamasında yapılacak bu benzetim ve analizler sayesinde yapının enerji performans ve verimlilik değerleri elde edilebilmektedir.

Enerji benzetim, analiz ve uygun değer ve koşulları elde etme ortamları olarak sınıflandırabileceğimiz bu ortamlar parametrik yöntemlerin uzantısı olarak geliştirilmişlerdir. Çeşitli dönemlerde ortaya çıkan yazılımlar sayesinde hem modelleme ile birlikte sözü edilen bu işlemlerin hepsi yapılabilmektedir. Farklı firmaların ürünleri son kullanıcılar için de alternatifler sunmaktadır. Tasarımda olduğu gibi benzetim ve analizde de görsel programlama dillerini kullanmanın bazı avantajları vardır. Rhinoceros yazılımı için Grasshopper eklentisi, Revit yazılımı için Dynamo eklentisi bu tür eklentiler içinde şu anda en yaygın olarak kullanılmaktadır. CAD ortamında kullandığımız betik¹ dilleri biraz daha fazla programlama bilgisi gerektirdiği için görsel programlama dillerinin kullanımı daha çok yaygınlaşmıştır. Grasshopper ve Dynamo gibi açık kaynak eklentiler, tasarımcıların kendi tasarımlarını şekillendirmelerine yardımcı olarak süreç kontrolünü de sağlamaktadır. Ancak bazı durumlarda kullanıcı sınırlandırması, sağlıklı sonuçların alınmasına engel olabilmektedir. Bu tür durumlar için algoritmaya dayalı kodlama yöntemine başvurmak ve bu yöntemi kullanmak tercih edilebilmektedir. Autodesk Revit gibi yazılımlar tasarımların kavramsal tasarım aşamasında parametreler belirlenerek oluşturulmasına olanak tanımakta aynı zamanda yapı bilgi modelleme aracı olarak da kullanılabilirler.

Yukarıdaki bölümde sözü edildiği üzere, erken tasarım aşamasından tasarım geliştirmeye kadar tasarımın her aşamasında enerji analizi yapabilmek enerji etkin yapı tasarımı için önem taşımaktadır ve sayısal ortamda bu analizlerin yapılabilmesi için enerji modeli oluşturmak gerekmektedir. Enerji modeli hem kavramsal tasarım aşamasında hem de yapı bileşenlerinin eklendiği tasarım aşamasında oluşturulabilir. Enerji modeli oluştururken kullandığımız bazı yöntemler vardır. Bu yöntemler sayısal ortamda kullanılan yöntemlerdendir. Teknolojinin gelişimi ile bulut üzerinden yapılabilmektedir. Ancak bu model oluşturma işlemi araştırma aracı olarak

¹ Script.

kullanılmaktadır. Amaç yapının tasarım kalitesini artırmak, enerji planlamasına yardımcı olmak ve iklim değişikliğine uyum sağlamaktır [62].

Enerji modeli terimi bir dizi programı içermektedir. Bu programlar sonucu, yapının tüm enerji simülasyonu¹, gün ışığı analizi, aydınlatma analizi, akustik, rüzgâr analizi gibi çıktılar elde edilebilmektedir. Dolayısıyla bu çıktıların elde edilebilmesi başlangıçta karar verilecek yapının biçimi, opak ve saydam bileşenlerinin özellikleri gibi parametrelere ve değiştiremeyeceğimiz iklim koşullarına bağlı olmaktadır. Ancak yapının geometrisinin basit veya karmaşık olması enerji modellemesini kolaylaştırıp zorlaştırmamaktadır. Amaç hızlı ve uygun bir şekilde bu modellemenin yapılabilmesi olmasıdır. Yazılımlarda dikkat edilmesi gereken nokta giriş-input verilerinin doğru olarak belirlenip çıkış-output verilerinin elde edilmesidir. Bu verilere göre yapının erken tasarım ve tasarım geliştirme süreçlerinde enerji modelinin oluşturulması mümkündür. Modelin bu süreçlerde oluşturulması geri dönüşler açısından önem taşımaktadır. Geometri oluşturulduktan sonra tanımlanan ve belirlenen bütün elemanların veya bölümlerin yapının gerçek haline dönüşümünü sağlayacak şekilde değişikliklerin yapılması mümkün olmaktadır. Elde edilen modelin çalıştırılması işleminin ardından çıkan sonuçlara göre değişiklik yapılan aşamaya dönüş gerçekleştirilebilmektedir. Dolayısıyla elde edilecek hesaplama modelinin çalışabilmesi için düzenlenecek işlem basamaklarının Şekil 3.3'teki gibi olması beklenmektedir.

¹ Benzetim.



Şekil 3. 3 Hesaplama modeli için işlem sırası

Bu işlem sırası model önerisi için algoritmanın kurgulanması ve şemaların oluşturulması açısından önem taşımaktadır. Geometri ve üzerindeki yüzeyler, ısı kayıpları ve ısı kazançları hesaplarında malzeme değişkenleri ile birlikte hesaplamalara katılmaktadır.

3.3 Sayısal Enerji Modeli İçin Kullanılan Ortamlar

Sayısal ortamda enerji modeli oluşturmak için kullanılan yazılımlar ve eklentiler mevcuttur. Bu yazılımların bazıları üç boyutlu modelleme ile birlikte enerji modelini oluşturmada, bazıları ise üç boyutlu modeli başka bir yazılımdan alarak analizini yapmakta ve enerji modelini oluşturmaktadır.

Sayısal ortamda enerji modelini oluşturmak için kullanılan bazı ortamlar ve çalışma ilkeleri şu şekildedir:

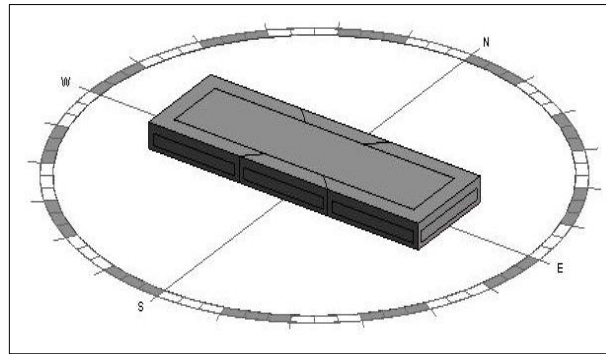
Autodesk Revit: Revit ortamında enerji modeli oluşturup analiz yapabilmek için üyelik gerekmektedir. Bu analizlerin bir kısmı çalışılan ortamda eş zamanlı olarak yapılmakta bir kısmı ise bulut sistemi üzerinde yapılmaktadır. Bir eklenti ile aynı firmanın Green Building Studio ortamına veya Autodesk Insight ortamına bağlanarak işlem yapılmaktadır. Green Building Studio enerji analizi için kullanılan bir servistir. Aynı zamanda EnergyPlus için giriş verisi oluşturmamızı da sağlamaktadır. Enerji modeli yapının geometrisine bağlı olarak oluşturulmaktadır. Simülasyon için kullanılan bazı motorlar vardır. Bu motorlar DOE2 ve EnergyPlus olarak sıralanırlar. İşlem basamakları şu şekildedir:

- 1) Kavramsal tasarım için form geometrisi oluşturulur.
- 2) Enerji ile ilgili ayarlar yapılır.
- 3) Enerji modeli oluşturulur ve görüntülenir.
- 4) Oluşturulan enerji modeli simülasyon ve analiz için bulut sistemine¹ gönderilir.
- 5) Sonuçlar görüntüledikten sonra geometri üzerinde veya ayarlarda gereken değişiklikler yapılır.
- 6) Değişiklikler yapıldıktan sonra 3 ve 4 numaralı şıklar tekrarlanır.
- 7) Elde edilen sonuçlar karşılaştırılır.

Analiz ortamında ışık analizi, güneş ve gölge analizleri, ısıtma, soğutma ve havalandırma analizleri yapılabilmektedir. Bu analizlerin bir kısmı çalışılan ortamda eş zamanlı olarak yapılmakta bir kısmı ise bulut sistemi üzerinde yapılmaktadır. Autodesk Insight olarak sözü edilen ortamda enerji performans bilgilerine ve çevre şartlarına ve tasarım seçeneklerine ulaşmak da mümkündür.

Geometri içine yerleşecek alanları belirlemek için biçim grameri yöntemi kullanılması da olasıdır. Alanların geometrilerine bağlı olarak biçim grameri yöntemi değişkenleri de değişecektir.

Şekil 3.4'te dikdörtgen geometride bir modelin Autodesk Revit ortamında yönlenmesi görülmektedir. Güneşin geliş açısına göre yönlenme düzenlenebilmektedir. Bu yönlenme pencerenin boyutu ve yerleşimi açısından önemlidir.



Şekil 3. 4 Autodesk Revit ortamında örnek yönlenme görünümü

¹ Bulut: Cloud-Online depolama hizmeti olarak tanımlanır.

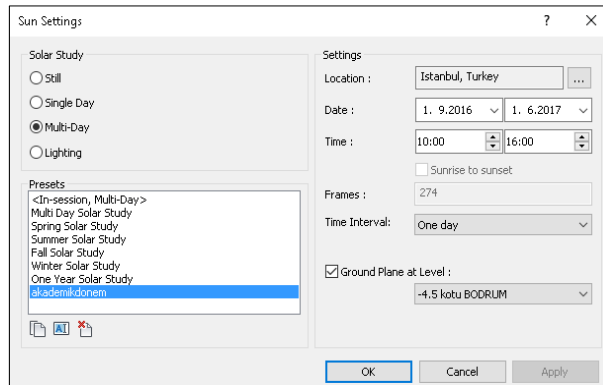
Eylül-Haziran dönemleri arası güneşin izlediği yolun diyagramları çıkarılarak yerleşimin üzerindeki etkisi incelenebilmektedir. Bunun için yazılımın menülerinde bulunan güneş ayarları seçeneği ile yere ve zamana özel tanımlama yapılabilmektedir.

Güneş analizleri için kullanılacak, önemli olan gün ve tarihler gündönümü tarihleri ve ekinoks tarihleridir. Gündönümü yılda iki kez olur ve güneşin dünyaya en uzak mesafede olduğu tarihi gösterir. Bu tarihler kuzey-güney yarımküre için yaz ve kış dönemlerinin başlangıcı sayılırlar. Ekinoks ise gece-gündüz eşitliği olarak bilinir. Bu tarihlerde gece ve gündüz saatleri birbirine eşittir. Sonbahar ve ilkbahar olmak üzere yılda iki kez tekrarlanır.

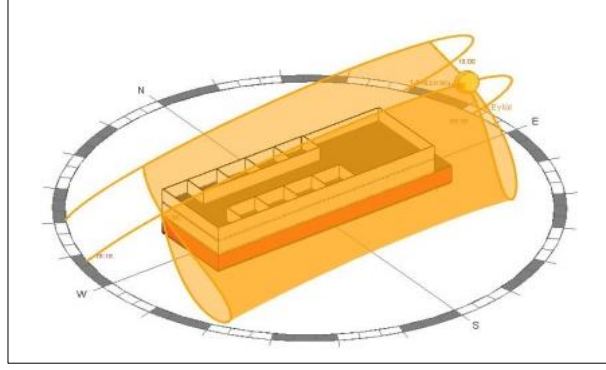
Çizelge 3. 1 Gündönümü ve ekinoks tarihleri 2016 ve 2017 yılları [63]

Yıl	Ekinoks (İlkbahar)	Gündönümü (Yaz)	Ekinoks (Sonbahar)	Gündönümü (Kış)
2016	20 Mart	20 Haziran	22 Eylül	21 Aralık
2017	20 Mart	21 Haziran	22 Eylül	21 Aralık

Bu günler de dikkate alınarak güneşin izlediği yol, zaman ayarları yapılarak elde edilebilmektedir. Zaman ayarları ekran görünümü Şekil 3.5'teki gibidir. Ayarlar yapıldıktan sonra elde edilen güneşin izlediği yolu gösteren görünüm Şekil 3.6'daki gibidir.

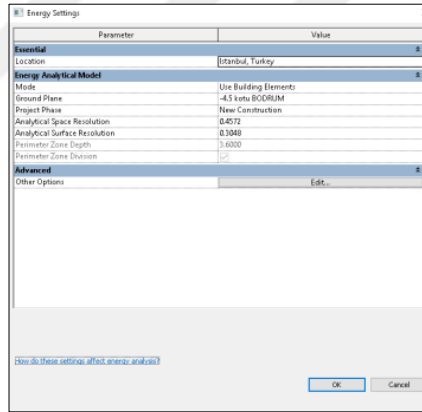


Şekil 3. 5 Autodesk Revit ortamında Eylül-Haziran dönemleri arası güneşin izlediği yol için zaman ayarı ekran görünümü



Şekil 3. 6 Autodesk Revit ortamında Eylül-Haziran dönemleri arası güneşin izlediği yol örnek görünümü

Enerji modeli oluşumu için yapının bulunduğu konum ve konuma bağlı olarak iklim bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Öncelikle yapılması gereken konum seçimidir. Bu seçim sadece Autodesk Revit ortamı için değil, bütün yazılımlar ve eklentiler için geçerlidir. Revit için konum bilgisinin işaretleneceği ekran görünümü Şekil 3.7’de gösterilmektedir.



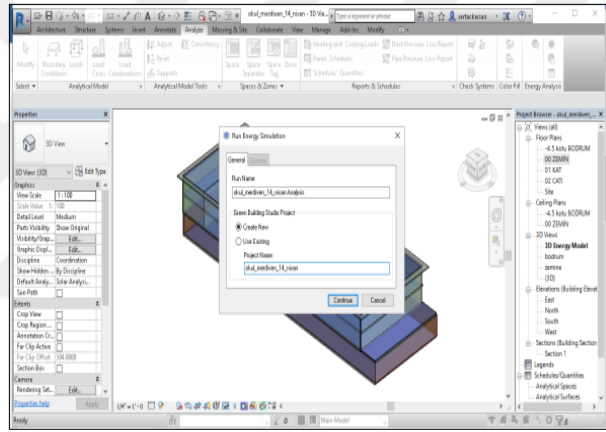
Şekil 3. 7 Autodesk Revit ortamında konum bilgisi seçimi ekran görünümü

Konum bilgisi seçimi ile enerji modeli oluşturmak için gereken iklim verileri otomatik olarak alınmaktadır. Konum bilgisi seçiminden sonra gelişmiş ayarlardan bina bileşenleri malzeme özellikleri girişi yapılacaktır. Bileşen özellikleri ekran görünümü Şekil 3.8’de gösterilmektedir.

Parameter	Value
Detailed Model	
Target Percentage Glazing	40%
Target Sill Height	0.7500
Glazing is Shaded	<input type="checkbox"/>
Shade Depth	0.6000
Conceptual Types	
Mass Model	Constructions
Mass Exterior Wall	Lightweight Construction – Typical Mild Climate Insulation
Mass Interior Wall	Lightweight Construction – No Insulation
Mass Exterior Wall - Underground	High Mass Construction – Typical Mild Climate Insulation
Mass Roof	Typical Insulation - Cool Roof
Mass Floor	Lightweight Construction – No Insulation
Mass Slab	High Mass Construction – No Insulation
Mass Glazing	Double Pane Clear – No Coating
Mass Skylight	Double Pane Clear – No Coating
Mass Shade	Basic Shade
Mass Opening	Air

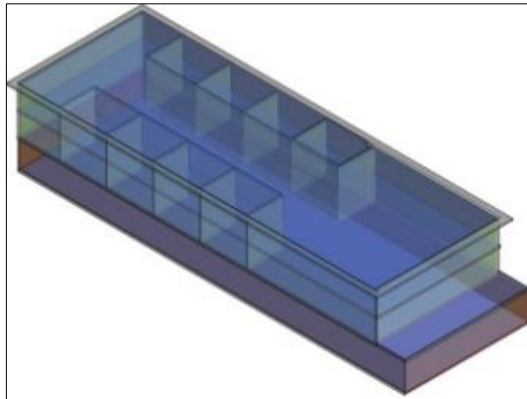
Şekil 3. 8 Autodesk Revit ortamında bileşen özellikleri seçimi ekran görünümü

Konum ve bileşen özellikleri seçimi sonucu enerji modeli oluşmaktadır. Son aşama ekran görünümü Şekil 3.9'daki gibidir.



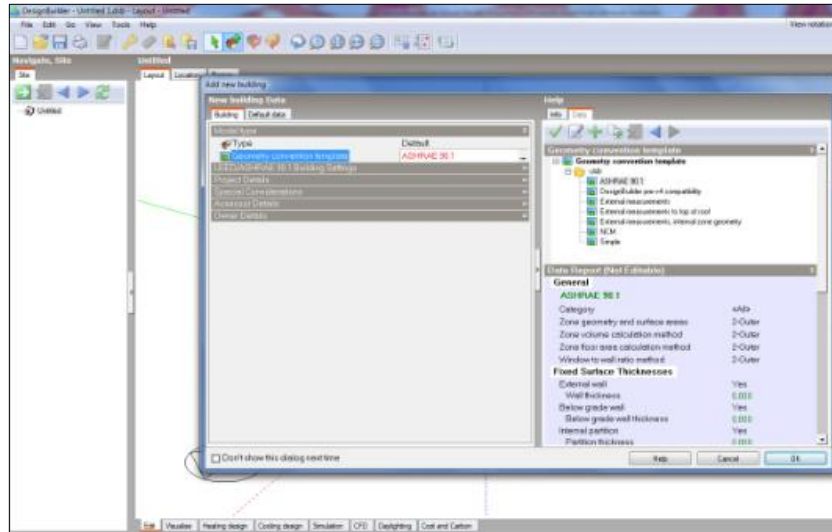
Şekil 3. 9 Autodesk Revit ortamında enerji modeli oluşturma ekran görünümü

Revit ortamında oluşan enerji modeli Şekil 3.10'daki görüntüdedir. Model ile ilgili teknik bilgiler çeşitli başlıklar halinde görüntülenebilmektedir.



Şekil 3. 10 Örnek enerji modeli görüntüsü

DesignBuilder: Design Builder, yapıyı görselleştiren ve benzetim kolaylığı sağlayan bir yazılımdır. İçeriğindeki komutlarla geometri oluşturulur ve hesaplamalar yapılabilir. Geometri oluştururken veya geometriyi başka bir yazılımdan eklerken kullanılan standart biçim DXF biçimi olduğu için bütün çizim ve model yazılımları ile bağlantılı çalışabilmektedir. Yazılımın hesaplama ve analiz yaparken kullandığı değer U değeridir. Bu değer Bölüm 4'te açıklandığı üzere ısı geçirgenlik katsayısı olarak tanımlanır. Kesit katmanlarının kalınlık ve ısıl iletkenlik katsayılarına bağlı olarak toplam ısı geçirgenliği ifade eder. DesignBuilder yazılımı öğrenci sürümü olmadığından, tam özellikleri ile çalışmayan ve bazı özelliklerinin kısıtlandığı sürümü kullanıldığı için bir geometrik formun enerji analizlerinin çıktılarını internet üzerinden erişilebilmektedir. Baskı almak için gereken bir yazdırma komutu veya düzeni de bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu analizlerin çıktılarını sadece web sayfalarından erişilebilmektedir. Elde edilen verilere erişim zorluğu mevcuttur. DesignBuilder ortamı EnergyPlus kod sistemini kullanarak analiz yapmak ve görsel model oluşturmak için kullanılmaktadır. Enerji modeli seçeneği olarak ASHRAE standardı referans alınarak işlem yapılmaktadır. Bu model seçeneği, geometrinin yapı türü tanımlaması öncesi belirlenmelidir. Bu ayarların yapıldığı ekran görünümü Şekil 3.11'de gösterilmektedir.



Şekil 3. 11 Design Builder ortamında ön ayarlar ekran görünümü

Enerji modeli ile ilgili temel ayarlar yapıldıktan sonra DXF¹ formatında bir geometri, görselleştirmenin ve analizlerin yapılacağı modelin taban planı olarak yazılıma import² edilmektedir. Revit ortamında yapılan düzenlemelerde olduğu gibi konum bilgisi seçilmektedir. Seçilen konum bilgisine bağlı olarak iklim bilgilerinin içinde yer aldığı Weather File³ aktif olmaktadır. Konum bilgisi seçim ekran görünümü Şekil 3.12’te görülmektedir.

General	
	Value
Program Version and Build	EnergyPlus, Version 8.5.0-c87e61b44b, YMD=2016.12.08 14:06
RunPeriod	UNTITLED (01-06:31-08)
Weather File	ISTANBUL - TUR IWECC Data WMO#=170600
Latitude [deg]	40.97
Longitude [deg]	28.82
Elevation [m]	37.00
Time Zone	2.00
North Axis Angle [deg]	0.00
Rotation for Appendix G [deg]	0.00
Hours Simulated [hrs]	2208.00

Şekil 3. 12 Design Builder ortamında konum bilgisi seçimi ekran görünümü

Revit ortamında olduğu gibi bina bileşenleri özellikleri belirlenmekte ve bu özelliklere göre enerji modeli oluşturulmaktadır. Şekil 3.13’te bina bileşen özellikleri seçim ekran görünümü gösterilmektedir.

Window-Wall Ratio					
	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	1965.25	492.19	492.20	488.71	492.15
Above Ground Wall Area [m2]	1965.25	492.19	492.20	488.71	492.15
Window Opening Area [m2]	589.57	147.66	147.66	146.61	147.64
Gross Window-Wall Ratio [%]	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Conditioned Window-Wall Ratio					
	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area [m2]	1965.25	492.19	492.20	488.71	492.15
Above Ground Wall Area [m2]	1965.25	492.19	492.20	488.71	492.15
Window Opening Area [m2]	589.57	147.66	147.66	146.61	147.64
Gross Window-Wall Ratio [%]	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Above Ground Window-Wall Ratio [%]	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00

Şekil 3. 13 Design Builder ortamında bileşen özellikleri seçimi ekran görünümü

¹ DXF: Drawing Exchange File

² Import: Bir yazılım içinde yazılımın formatından farklı formattaki bir dosyayı açma işlemi.

³ Weather File: Güneş, nem gibi parametrelerin yer aldığı dosya.

Design Builder ortamında analiz için gerekli tanımlardan bir tanesi zone-alan tanımının yapılmasıdır. Bu alanlar sıcaklık farklarının olmadığı alanlar olarak ifade edilmektedir. Konfor koşullarına ve binanın tanımına göre değişiklik göstermektedir.

3ds MAX: 3ds MAX yazılım ortamında basitçe çevre oluşturmak için kullanılan Daylight System ile güneş ve atmosfer şartları modele eklenebilmektedir. Bu benzetimde güneşin direk ışınları görülebileceği gibi model üzerinden veya etraftaki modellerden yansıyan güneş ışınları da görülebilmektedir. Yazılımda kodlama kullanılarak yapılacak benzetim ve analizler için çeşitli komutlar mevcuttur. Bu komutlar yazılımın içinde bulunan Daylight System'in bir parçası olarak çalışmaktadırlar. Ayrıca Sunlight System nesnelere olarak çalışan ve kontrol edilebilen güneş tarih ve saati, enlem, boylam verilerini içeren komutlar da kullanılmaktadır.

EnergyPlus: EnergyPlus yapıların ısıtma ile ilgili tüm sistemlerinin modellenmesini sağlayan açık kaynak bir benzetim yazılımıdır. Windows işletim sistemi altında çalışmaktadır. Giriş dosyası ve hava-iklim dosyası olarak iki farklı dosyayı başlangıç aşaması için okumaktadır. Bu ortamda yapılacak analizler için dikkat edilmesi gereken durumlar yüzeylerin ne tip olacağına karar vermek ve bu yönde düzenlemeleri yapmaktır. EnergyPlus yazılımının algoritma yapısı yüzeyleri iki farklı şekilde tanımlamıştır. Birisi ısıyı geçiren veya ileten diğeri ise ısıyı depolayan yüzeylerdir. Dolayısıyla hesaplamalar yapılırken bu yüzey tanımlarının doğru olarak yapılması gerekmektedir. Yüzeylerin hesaplamalara katılacak değerleri bu tanımlara göre belirlenecektir. EnergyPlus yazılımı hem mühendislerin hem de mimarların kullandığı bir enerji modeli yazılımıdır. Bu yazılımla ısıtma, soğutma, havalandırma modellenmesi yapılabilmektedir. Açık kaynak bir yazılım olup Windows, Mac, Linux işletim sistemleri ile çalışabilmektedir. ASHRAE standart 140 referans alınarak düzenlenmiştir. Bilgi girişi yavaş olmakla birlikte hızlı çalışan bir yazılım olup enerji simülasyonu için de kullanılmaktadır. Görsel konfor ve ısıl konfor için gereken hesaplamaları ve güneş enerjisi hesaplamaları için modülleri mevcuttur. Giriş ve çıkış dosyalarını kontrol ederek karşılaştırmalar yapabilmekte ve grafikler oluşturabilmektedir. Girişlerin daha hızlı yapılabilmesi için farklı ara yüz yazılımları ile birlikte çalışabilmektedir. Bu ara yüzlerin bazıları açık kaynak bazıları internet tabanlı bazıları ise lisanslı olarak kullanılmaktadır. Bu yazılımlardan en sık kullanılanı Design Builder yazılımıdır. Design Builder kolay

kullanımlı bir ara yüze sahiptir açık kaynak olmayıp lisans gerektirmektedir. Üç boyutlu bileşenlerle çalışma sağlamaktadır. Modeli kendi ortamında oluşturabildiği gibi farklı yazılımlarda oluşturulmuş modeli de işleyebilmektedir. Bütün bileşenlerle ilgili ısıtma, soğutma ve geçirgenlik hesapları yapabilmektedir [64].

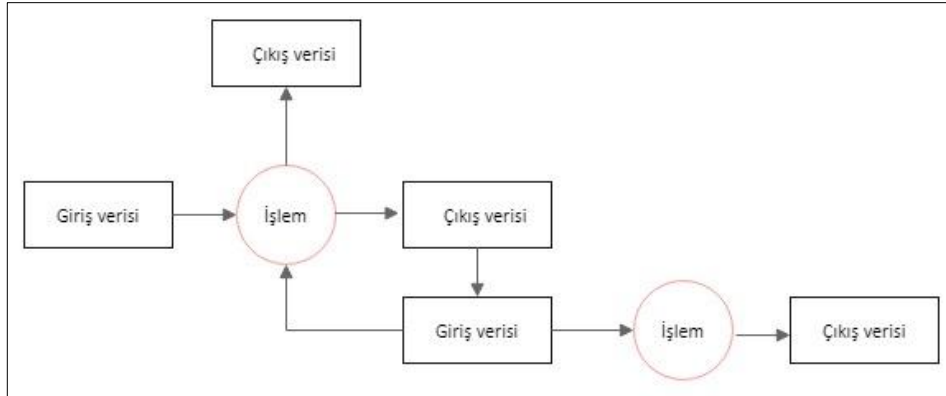
Green Building Studio: Green Building Studio ve Open Studio olarak farklı enerji modelleme ortamları mevcuttur. Bu ortamlar yapı bilgi modelleme özellikleri taşımakla birlikte farklı enerji modelleme süreçleri için de kullanılabilirler. IFC ve gbXML şemaları ile yapılabilen paylaşımlarda bazen veri kaybı olabilmektedir[61]. Autodesk firması tarafından geliştirilen yazılımı ile yapı bilgi modelleme özellikleri kullanılabilir. Open Studio ile bina enerji modelleme araçları da vardır.

Rhinoceros: Rhinoceros yazılım ortamında çevre parametreleri ile enerji modeli oluşturabilecek bir sistem mevcut değildir. Yazılım içinde çalışan Grasshopper eklentisi ile bu tür çalışmalar yapmak mümkündür. Grasshopper eklentisine ilave edilecek bazı uygulamalar sayesinde enerji analizleri ve benzetimler yapılabilmektedir. Açık kaynaklı uygulamalar oldukları için gelişmeye ve geliştirmeye açıktırlar. Bu uygulamalar aynı zamanda Grasshopper ile EnergyPlus gibi yazılımları birleştirmek ve veri alışverişi için de kullanılabilirler. Ayrıca Revit yazılımı ile çalışan Dynamo eklentisi için de altlık oluşturabilmektedirler. Geometrinin Rhinoceros yazılım ortamında açılarak, Grasshopper-Ladybug-Honeybee eklentilerinin aktif hale getirilmesi işlemler açısından önemlidir. Alan tanımlamaları için yazılımın kodlaması ile ilgili bir kısım ayarlamalara da ihtiyaç duyulmaktadır. Alan tanımlamaları olmadan kendi içinde çalışamayacağı gibi EnergyPlus yazılımı için gereken giriş verileri de elde edilemeyecektir.

Autodesk Vasari: Autodesk Vasari ise enerji modeli oluştururken güneşin durumuna göre yapının yerleşimi için gereken tasarım seçeneklerini sunabilmekte ve güneşe bağlı olarak yapılabilen bu analiz arazi yerleşimi için altlık oluşturabilmektedir. Ancak bir süre önce Autodesk firması bu ürünü piyasadan çekme kararı almıştır. Diğer yazılımlarda olduğu gibi bu yazılım sayesinde güneşin izlediği yol görülebilmekte ve bu yolun her anı için gölge ayarları yapılabilmektedir. Bu işlemler aynı zamanda Revit yazılımı içinde bulunan analiz işlemleri menüsünden yapılabilmektedir.

UZMAN SİSTEM MODELİ ÖNERİSİ

Bir problemin veya bir problem kategorisinin çözümü için yapılması gereken işlem basamakları veya izlenmesi gereken bir süreç olan algoritmanın tez çalışması model önerisinde kurgusunun yapılması ve akış diyagramlarının oluşturulması için problemi ayrıntılı bir şekilde ortaya koymak ve problemin çözümü için gereken verileri düzenlemek gerekmektedir. Bu veriler giriş verileri ve çıkış verileri olarak iki başlıkta toplanmaktadır. Çıkış verilerinin doğruluğu giriş verilerinin uygun bir şekilde ifade edilmesine bağlıdır. Bir çıkış verisi aynı işlemin veya başka işlemlerin giriş verisi olarak kullanılabilir. Şekil 4.1’de şema gösterilmektedir.

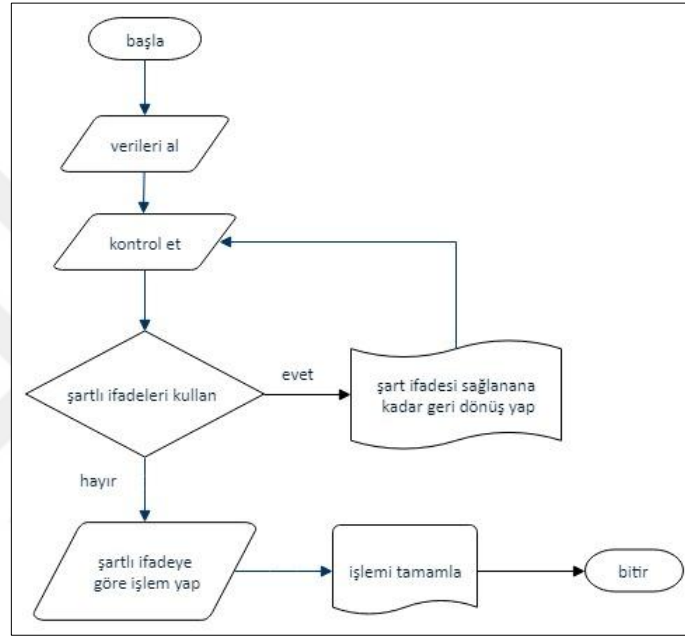


Şekil 4. 1 Giriş-çıkış verileri ve işlem şeması

Kullanılacak yöntem olan kodlama algoritmayı ve programlama dilini içeren geniş bir kavramdır. Algoritmanın bilgisayar diline dönüşümünün yapılmasıdır ve bir süreci ifade etmektedir.

4.1 Modelin Yöntemi: Kodlama

Bir algoritmanın genel çalışma ilkesi ise yukarıda sözü edildiği üzere süreci ifade eden işlem basamaklarına dayanmaktadır. Bu basamaklar başla, veriyi al, işlemi yap, sonucu göster ve bitir olarak ifade edilmektedir. İşlemin içinde kurgulanan algoritmaya bağlı olarak karar, gecikme, döngü şeklinde basamaklar da bulunmaktadır. Bu basamaklar programlama dillerinde bulunan komutlar ve fonksiyonlar ile gerçekleştirilmektedir. Bir algoritmanın çalışma ilkesini gösteren akış diyagramı Şekil 4. 2’de görülmektedir.



Şekil 4. 2 Bir algoritmanın genel çalışma ilkesi

Bu diyagramdan da görüldüğü üzere, algoritmanın adım adım sonuca giden bir yapısı vardır. Hesap yapan talimatlar dizisi olarak ifade edebileceğimiz program ile bu işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Dolayısıyla bir program için algoritmanın belirleyeceği giriş bilgilerine, matematik işlemlerine, algortmada tanımlanan belirli şart ifadelerine ve yine algortmada tanımlanan tekrar işlemlerine ve döngülere gerek duyulmaktadır. Şart ifadeleri işlemlerin tamamlanması veya geri dönüşlere olanak sağladıkları için kullanılmaktadır. Bu diyagramda belirtilen ifadeler kodun yazılması için altlık olarak kullanılmakta ve fonksiyonlarla desteklenmektedir.

Algoritmanın işleyebilmesi ve bilgisayarın verilecek komutları algılayıp işlem yapabilmesi için programlama yapmak gerekmektedir. Programlama genel olarak programın yazılmasından test edilmesine kadar olan aşamaları içermektedir. Görsel

tabanlı programlama ve metin tabanlı programlama olarak, görsel tabanlı programlama da kendi içinde node-based ve block based olarak çeşitlendirilmektedir.

- 1) Metin tabanlı programlama
- 2) Görsel tabanlı programlama
 - a) Block-based programming
 - b) Node-based programming

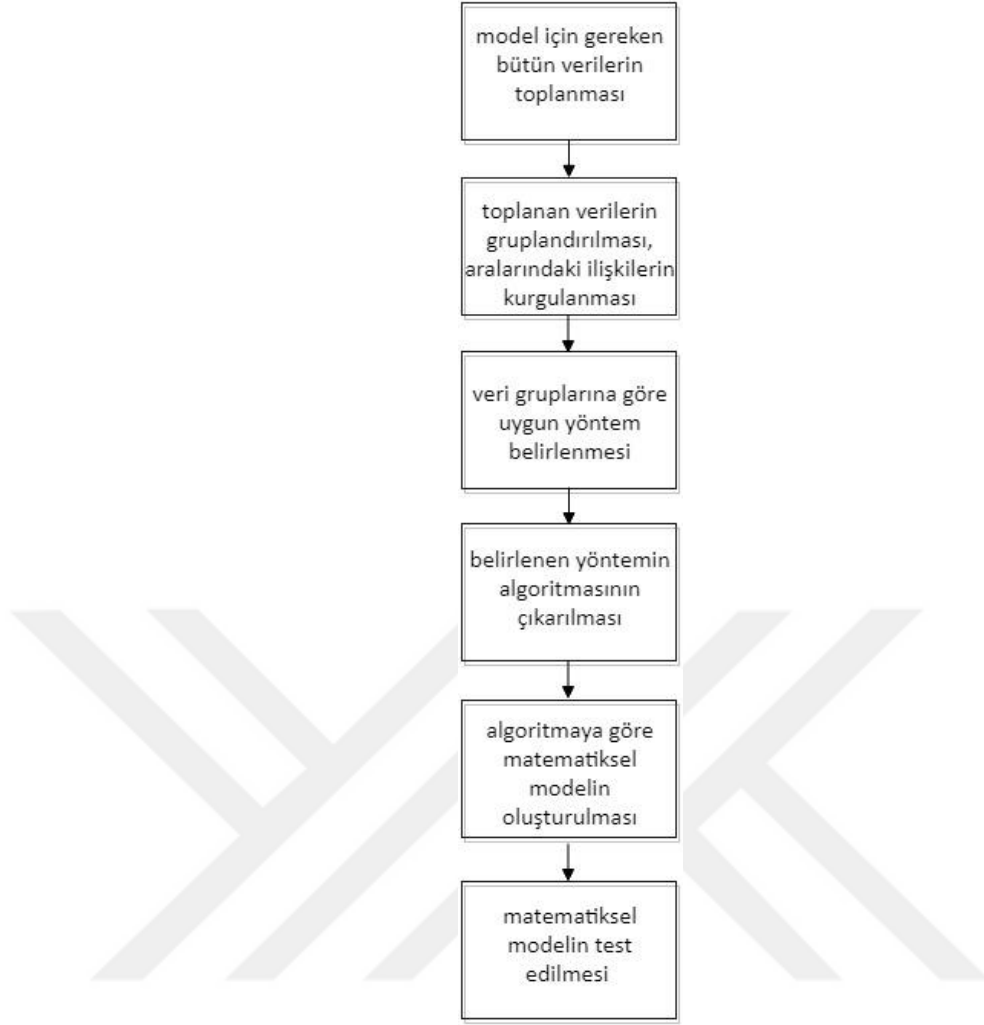
Metin tabanlı programlamada metinlerle kod yazılmakta ve syntax¹ kuralları geçerli olmaktadır. Görsel programlamada ise kod blokları simgelerle ifade edilmektedir. Bloklar kablo bağlantısı şeklinde birbirleriyle ilişkilendirilmektedir.

Bu tez kapsamında yapılan model önerisinde MVP aşamasında metin tabanlı programlama çözümü olarak PHP program dili kullanılmıştır. İlerleyen aşamalarda bu çözümün görsel tabanlı programlama çözümüne dönüşümü ve veri alış verişi uygulaması kurgulanmıştır. Bu amaçla Revit yazılımı eklentisi olarak çalışan Dynamo görsel programlama dili kullanılmıştır. Dynamo node tabanlı bir görsel programlama dilidir.

4.2 Modelin Algoritması

Algoritmanın ve kod yazma basamaklarının belirlenmesi tez çalışmasının model kısmı için çok önem taşımaktadır. Bu basamaklar öncelikle problemin tanımı ile başlamaktadır. Problem tanımı yapıldıktan sonra çözüm arama işlemi içinde değişkenler tanımlanarak algoritma kurgusu içine yerleştirilir. Algoritmanın detaylandırılması akış diyagramlarının elde edilmesi ile sağlanmaktadır. Akış diyagramları sonrası seçilen uygun bir programlama dili ile kod yazma gerçekleştirilmektedir. Öncelikle problemin çözümü için gereken veriler toplanacaktır. Bu veriler gruplandırılarak parametreler belirlenecek ve aralarındaki ilişkiler tanımlanacaktır. Bu ilişkiler kullanılacak yöntemin algoritmasının oluşturulması için referans olmaktadır. Oluşturulan matematiksel modelin test basamağını ve sonuçlarının elde edilmesi son basamağı oluşturmaktadır. Şekil 4.3'te bu akış görülmektedir.

¹ Syntax: Sözdizim [65]



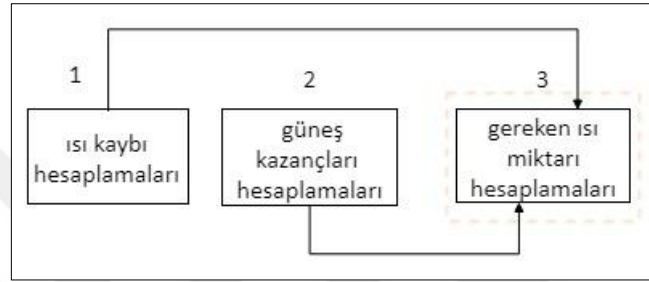
Şekil 4. 3 Model algoritmasının basamakları

Tez çalışmasında geliştirilecek algoritma; ısı kaybı ve kazançları ile bu kayıp ve kazançlara bağlı olarak ısıtma enerjisi gereksiniminin belirleneceği bir kod yazılmasını sağlayacak bir algoritmadır. Algoritma yapısı içinde giriş verileri dışında parametreler bulunmaktadır ve algoritma kurgusu birden fazla algoritma kurgusunun birleşiminden oluşmaktadır. Giriş verilerinin ve parametrelerin nicelik ve nitelik farklılıkları göstermesinden dolayı bu tür bir kurgunun uygun olduğu düşünülmektedir. Arayüz ekranında bu parametreler görülmekte, kullanıcı isteği doğrultusunda seçenekler belirlenebilmektedir.

Çalışmada temel olarak kurgulanan üç farklı algoritma bulunmaktadır:

- 1) Isı Kaybı Hesabı Algoritması
- 2) Güneş Kazançları Hesabı Algoritması
- 3) Gereken Isı Miktarı Hesabı Algoritması

Bu algoritmalar Şekil 4.4'te görülmektedir. Isı kaybı ve güneş kazancı algoritmaları, kendi içlerinde birbirinden farklı algoritmalar barındırmaktadırlar. Kod blokları yazılırken bu farklı algoritmalar da dikkate alınmıştır. Her iki algortmadan elde edilen sonuç verileri, gereken ısı miktarı algoritması için giriş verisini oluşturmaktadır. Dolayısıyla üçüncü algoritmanın çalışma ilkesi diğer iki algoritmanın çalışma ilkelerine bağlıdır. Isı kaybı algoritmasının ve güneş kazancı algoritmasının belirleyeceği değerler gereken ısı miktarı değerinin belirlenmesinde kullanılacaktır. Aralarındaki ilişkiler fonksiyon ve denklemlerle tanımlanmıştır.



Şekil 4. 4 Çalışmada kullanılan üç temel algoritma şeması

1 numaralı ısı kaybı hesaplamaları algoritması ve 2 numaralı güneş kazançları hesaplamaları algoritması, 3 numaralı gereken ısı miktarı algoritması için giriş verisi üretecek şekilde düzenlenmiştir. Kod blokları yazılırken bu düzenlemeye dikkat edilmiştir.

Referans yapı olan MEB.2014.08.İO tip projede yapının açık alanları dikkate alınmayacaktır. Giriş kapısı yönüne yerleşecek tören alanı, basketbol sahası gibi alanların algortmada ve veri girişlerinde uygun olmayacağı düşünülerek bu karara varılmıştır.

4.2.1 Model Algoritmasının Kuralları

Model algoritması kurgulanırken TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları ve MEB Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu referans olarak alınmıştır. Yöntem kısmında sözü edildiği üzere, modelin Türkiye şartları için bir öneri olmasından dolayı bu referanslama işlemi yapılmıştır.

Türkiye'de coğrafi bölgeler dışında ısıtma ve soğutma gereksinimi hesaplamaları için farklı çevre koşullarına sahip gün bölgeleri tanımlamaları mevcuttur. Isı yalıtımı için de

referans olarak kullanılmakta olan gün bölgeleri uzun süreli çalışmalar sonucu tanımlanmıştır. Bu tanımlamada derece-gün yöntemi kullanılarak çevresel şartların özellikleri belirlenmiştir. Bu yöntemde amaç ısıtma veya soğutma gereksinimi olmayacak sıcaklığı belirlemektir. Bu sıcaklık değeri denge noktası sıcaklığı olarak isimlendirilmektedir. Analizler ve hesaplamalar bu denge noktası sıcaklığı üzerinden yapılarak gün bölgeleri belirlenmektedir. Gün bölgelerine göre ortalama dış sıcaklık değerleri farklılık göstermektedir[66]. Model önerisi İstanbul ili için düşünülmüştür. İstanbul 2. Gün bölgesi içinde olduğu için giriş verileri bu bölgeye göre düzenlenmiştir. Şekil 4.5'te ikinci gün bölgesi içinde yer alan iller görülmektedir.

2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AYDIN	BURSA	GİRESUN	KARAMAN	SİNOP
AYVALIK (Balıkesir)	ÇANAKKALE	İSTANBUL	MUĞLA	ŞIRNAK
ADİYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	ORDU	ŞANLIURFA
AMASYA	DİYARBAKIR	KOCAELİ	RİZE	TEKİRDAĞ
BALIKESİR	DÜZCE	MARAŞ	SAMSUN	TRABZON
BARTIN	EDİRNE	MANİSA	SAKARYA	YALOVA
BATMAN	GAZİ ANTEP	MARDİN	SİİRT	ZONGULDAK

Şekil 4. 5 İkinci Gün Bölgesi İlleri [67]

Dış ortam sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığı arasındaki fark hesaplamalar için önem taşımakta, yapı için gereken ısıtma gereksinimini etkilemektedir. Bu fark özgül ısı kaybı hesabında kullanılmakta ve gereken ısı miktarının elde edilmesi için veri sağlamaktadır. Dolayısıyla aynı ısıl konfor düzeyinde aynı işleve sahip bir yapının farklı gün bölgelerindeki ısıtma gereksinimi de farklı olmaktadır[66].

Algoritmanın genel mantığı gereği tanımlanacak kural ve kural setleri bu kılavuzlardan elde edilmiştir. Yapının enerji performansının belirlenebilmesi için öncelikli olarak yapı ile ilgili ısı kayıplarının ve ısı kazançlarının hesaplanması gerekmektedir. Kayıp ve kazanç hesaplamaları yapının ısıtma enerjisi gereksinimi hesaplamalarında kullanılmaktadır. Sonuçta ısıtma enerjisi gereksinimi değerlerinin yapının hacmine bağlı olarak hesaplanacak bir aralık değerinde olması beklenmektedir. Amaç enerji tasarrufu sağlamaktır. Yapı eğitim yapısı olarak seçildiği için zaman dilimi Eylül ve Haziran ayları arasındaki on aylık zaman dilimidir. Bu zaman diliminde ısıtma enerjisi gereksiniminden bahsedilmektedir. Soğutma sistemlerinin kullanımı da tüketime etki etmektedir ancak

soğutma enerjisi gereksinimi kullanılan zaman dilimi için geçerli değildir ve dolayısıyla soğutma sistemleri dikkate alınmayacaktır. Algoritmanın ilk kuralı budur.

- Kural 1 : Enerji hesaplamaları ısıtma ve kazanç sistemleri üzerinden yapılacaktır.
- Kural 2 : Yapının ısıtma enerjisi gereksinimi hacim ile formüle edilen belirli değer aralığında olmalıdır.
- Kural 3 : Yapının ısı kayıplarının en az düzeyde tutulması ve ısı kazançlarının en yüksek düzeyde tutulması enerji gereksinimini belirlenen aralık değeri içinde en aza indirecektir. Sorgulamaların tamamı bu kural üzerinden yapılmaktadır.
- Kural 4 : Yapının Kural 2 ve Kural 3'te sözü edilen hesaplamaları on aylık zaman diliminde yapılacağından sonuç hesap değeri aylık hesap değerlerinin toplamı şeklinde ifade edilecektir.
- Kural 5 : Yapının konfor düzeyi nedeniyle iç ortam sıcaklığı değişmeyecektir.
- Kural 6 : Yapının bulunduğu bölgedeki iklim şartlarından dolayı Eylül-Haziran ayları arasındaki bütün aylar için dış ortam sıcaklığı farklı değerlerde olacaktır.
- Kural 7 : Yapının tamamı için iç ortam sıcaklığının aynı olmasından dolayı bütün hesaplamalar tek hacim üzerinden yapılacaktır.
- Kural 8 : Yapının bulunduğu bölgedeki dış ortam sıcaklık değerinin yapının iç ortam sıcaklık değerinden büyük olduğu aylarda hesap sonuçları negatif değerlerde çıkacağından ısıtma enerjisi gereksinimi dikkate alınmayacaktır.
- Kural 9 : Yapının doğal ve mekanik havalandırma sistemleri ile oluşacak ısı kayıpları hesaplamalara katılmayacaktır.
- Kural 10 : Yapıdaki nem, buhar geçişi ve yoğuşma hesaplamaları yapılmayacaktır.
- Kural 11 : Bacalar ve tesisat boruları hesaplamaların yapılacağı geometrilerin üzerinde bulunmayacaktır. Dolayısıyla bu tesisatların etkileri dikkate alınmayacaktır.
- Kural 12 : Estetik olarak güzel veya güzel değil kavramları model önerisi için geçerli verilerden değildir ve dikkate alınmayacaktır.

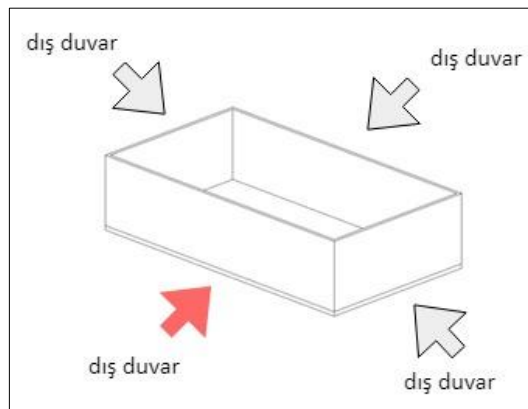
Kural 13 : Yapı bir eğitim yapısıdır. Giriş verileri tanımlanırken eğitim yapısı verileri kullanılacaktır.

Kural 14 : Yapının etrafındaki diğer yapılarla olan aralıkları dikkate alınmayacaktır.

4.2.2 Mekân Geometrisi Seçenekleri

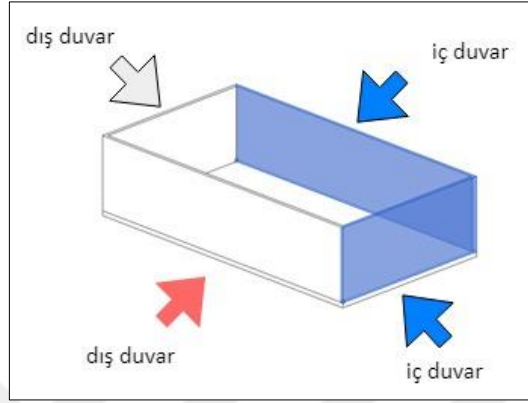
Kullanıcı kolaylığı ve kodun farklı ortamlarla uyumunu sağlamak amacıyla model önerisindeki mekân için üç farklı seçenek düzenlenmiştir. Bu seçeneklerin her birinde algoritma aynı şekilde kurgulanmış, algoritma yapısı içindeki veriler aynı tutulmuştur. Ancak duvar parametreleri farklılık gösterdiğinden bu parametrelerin veri olarak kullanıldığı hesaplamalarda her bir parça için kendi parametreleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Kod esnek yapıda geliştirildiği için kullanıcı istekleri doğrultusunda duvar parametreleri değiştirilerek daha farklı mekân seçeneklerine ulaşmak mümkündür. Yerel çalışırken de web üzerinde çalışırken de bu mekân seçenekleri belirtilmiş ve kullanıcıya seçebilmesi için imkân tanınmıştır. Köşe oluşturan mekânlarda pencerenin tek bir duvarda yer alması ısı kaybının azaltılmasına yardımcı olabilmektedir. Bu nedenle yön durumuna göre pencereler tek duvarda yer almaktadır. Belirlenen bu seçenekler aşağıdaki gibidir:

Seçenek 1: Birinci mekân seçeneğinde tabanı çevreleyen bütün duvarlar dış duvar olarak tanımlanmıştır. Yönlenme açıları kırmızı ok ile işaretlenen duvarın açılarıdır. Kurgu ve veriler bu duvar üzerinden ele alınmıştır. Bütün duvarların yalıtım ve malzeme özellikleri aynıdır. Şekil 4.6'da birinci mekân seçeneği duvar özellikleri gösterilmektedir.



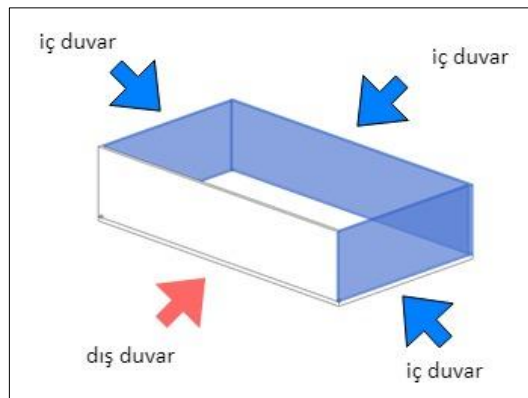
Şekil 4. 6 Birinci mekân seçeneği için tabanı çevreleyen duvarların özellikleri

Seçenek 2: Tabanı çevreleyen duvarların ikisi dış duvar, ikisi iç duvar olarak tanımlanmıştır. Mavi ile taranmış duvarlar iç duvarlardır. Yönlenme açıları kırmızı ok ile işaretlenen dış duvarın açılarıdır. İç ve dış duvarların yalıtım ve malzeme özellikleri farklıdır. Farklı olan bu özellikler kodun içine tek veya tablo şeklinde sabit veri olarak yerleştirilmişlerdir. Şekil 4.7’de ikinci mekân seçeneği duvar özellikleri gösterilmektedir.



Şekil 4. 7 İkinci mekân seçeneği için tabanı çevreleyen duvarların özellikleri

Seçenek 3: Tabanı çevreleyen duvarların biri dış duvar, üçü iç duvar olarak tanımlanmıştır. Mavi ile taranmış duvarlar iç duvarlardır Yönlenme açıları kırmızı ok ile işaretlenen dış duvarın açılarıdır. İç duvarların ve dış duvarın yalıtım ve malzeme özellikleri farklıdır. Farklı olan bu özellikler kodun içine tek veya tablo şeklinde sabit veri olarak yerleştirilmişlerdir. Şekil 4.8’de üçüncü mekân seçeneği duvar özellikleri gösterilmektedir.



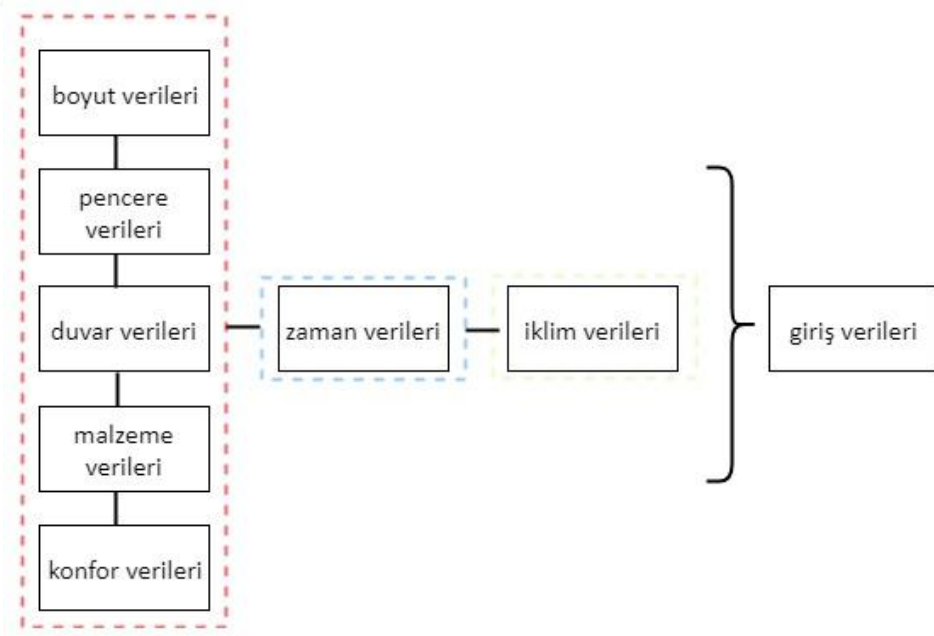
Şekil 4. 8 Üçüncü mekân seçeneği için tabanı çevreleyen duvarların özellikleri

4.2.3 Giriş Verileri - Değişkenler ve Sabitler

Tanımlanan kurallara bağlı olarak akış diyagramlarının oluşabilmesi ve kod yapısının kurgulanabilmesi için kullanılacak giriş verileri belirlenmiştir. Bütün giriş verileri aşağıdaki başlıklar halinde sıralanmaktadır.

- Yapının boyut verileri
- Pencere verileri
- Duvar verileri
- Kapı verileri
- Malzeme verileri
- Konfor verileri
- İklim verileri
- Zaman verileri

Bu giriş verileri öncelikle yapıya ait veriler, zaman ve iklim verileri olarak gruplandırılabilirler. Bu gruplandırma sonrası bütün veriler belli bir düzende kodun içine yerleştirilmektedirler.



Şekil 4. 9 Gruplandırılan giriş verileri

Sıralanmış ve gruplandırılmış bu giriş verilerinin kodlama mantığına göre düzenlenebilmesi için sabit veri ve değişken veri olarak ayırımlarının yapılması gerekmektedir. Sabit giriş verileri kod yazılırken tablo veya değer olarak kodun içine

yerleştirilmişlerdir. Değişken veriler ise formüller aracılığı ile kurgulanarak kodun içine çıkış verilerini oluşturacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Sabit verilerin değerleri ile değişken verilerin formülleri hesaplama fonksiyonları ve akış diyagramlarının içeriğinde belirtilmektedir.



Çizelge 4. 1 Giriş verileri çizelgesi

Veri Başlıkları	Veriler	Veri Türü	
		Sabit	Değişken
Boyut Verileri	En		X
	Boy		X
	Yükseklik	X	
	Dış kapının yüzey alanı	X	
Pencere Verileri	Pencerenin yüzey alanı		X
Duvar Verileri	Dış duvarın yüzey alanı		X
	İç duvarın yüzey alanı		X
Kapı verileri	Kapının yüzey alanı	X	
Malzeme Verileri	Dış duvar iç yüzey ısı iletim direnci	X	
	Dış duvar dış yüzey ısı iletim direnci	X	
	İç duvar iç yüzey ısı iletim direnci	X	
	İç duvar dış yüzey ısı iletim direnci	X	
	Tavan yalıtım malzemesi kalınlığı	X	
	Taban yalıtım malzemesi kalınlığı	X	
	Tavan iç yüzey ısı iletim direnci	X	
	Tavan dış yüzey ısı iletim direnci	X	
	Taban iç yüzey ısı iletim direnci	X	
	Taban dış yüzey ısı iletim direnci	X	
	Isı yalıtım malzemesi cinsi		X
	Isı yalıtım malzemesi kalınlığı		X
	Malzemenin ısı iletkenlik değeri		X
	Cam tipi		X
	Cam için ortalama gölgelenme faktörü	X	
	Cam için güneş enerjisi geçirme faktörü		X
Konfor Verileri	İç ortam sıcaklığı	X	
İklim Verileri	Dış ortam sıcaklığı		X
	Güneş ışınımı değeri		X
Zaman Verileri	Aylar		X

Algoritma oluşumu ve kodlama için hesaplamalarda kullanılacak bütün veriler ve birimleri izelge 4.2’de verilmiştir. Akış diyagramları ve çizelgelerde verilerin isimleri ve kısaltmaları uygunluk açısından TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında belirtilen şekilde değiştirilmeden kullanılmıştır. Ancak kod yapısı içinde programlama dili mantığı gereği bazı isimler farklılıklar gösterebilmektedir.



Çizelge 4. 2 Veriler için kullanılan tanımlar ve birimleri [67]

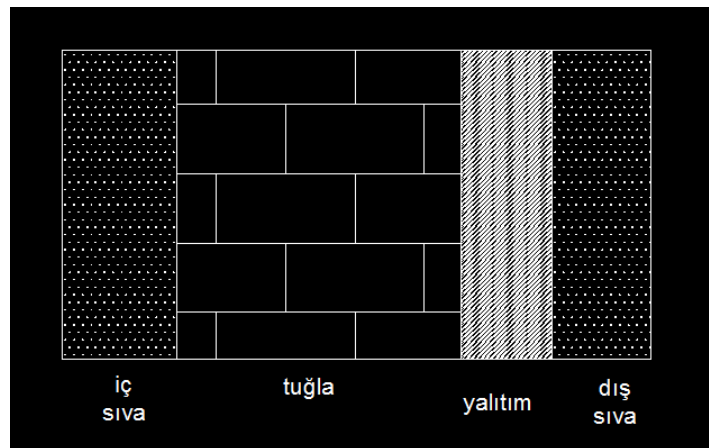
Kısaltma	Açıklama	Birim
A_{top}	Yapının ısı kaybeden yüzeylerinin toplamı	m^2
$V_{brüt}$	Yapının ısıtılan brüt hacmi	m^3
U	Isıl geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
H	Yapının özgül ısı kaybı	W/K
A	Yüzeyin alanı	m^2
Θ_i	Aylık ortalama iç sıcaklık	$^{\circ}C$
U_D	Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
A_D	Dış duvar alanı	m^2
U_p	Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
A_p	Pencere alanı	m^2
U_k	Dış kapının ısı geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
A_k	Dış kapı alanı	m^2
U_T	Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
A_T	Tavan alanı	m^2
U_t	Zemine oturan döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
A_t	Zemine oturan döşemenin alanı	m^2
U_d	Dış hava ile temas eden döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
A_d	Dış hava ile temas eden döşemenin alanı	m^2
U_{ds}	Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
A_{ds}	Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı	m^2
A_n	Yapının kullanılan alanı	m^2
λ_h	Isıl iletkenlik hesap değeri	$W/m.K$
R	Isıl geçirgenlik direnci	$m^2.K/W$
d	Kalınlık	m
R_i	İç yüzey ısı iletim direnci	$m^2.K/W$
R_e	Dış yüzey ısı iletim direnci	$m^2.K/W$
$r_{i,ay}$	Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü	
Θ_e	Aylık ortalama dış sıcaklık	$^{\circ}C$
$I_{i,ay}$	Güneş ışınımı şiddeti	W/m^2
t	Zaman (aylık)	Saniye
$Q_{yıl}$	Yapıya verilmesi gereken yıllık ısı miktarı	Joule
Q_{ay}	Yapıya verilmesi gereken aylık ısı miktarı	Joule
H_v	Yapıda havalandırma ile oluşan ısı kaybı	W/K
H_t	Yapıda iletim ile oluşan ısı kaybı	W/K
$\Phi_{i,ay}$	Ortalama iç kazançlar (aylık)	W
$\Phi_{s,ay}$	Ortalama güneş enerjisi kazancı (aylık)	W
η_{ay}	Kazançlar için ortalama kullanım faktörü (aylık)	-

4.2.4 Bina Bileşen Özellikleri

Kodun içine yerleştirilecek hesaplama değerleri için bina bileşenlerinin özellikleri tanımlanmalıdır. Bu bileşenler; dış duvarlar, iç duvarlar, pencereler, kapı, tavan ve tabandan oluşmaktadır. Isı kayıpları yapının dış kabuk özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Dış kabuk yapıyı çevresel etkenlerden koruyarak ısı kaybının azaltılmasını, ısı kazancının artmasını sağlamaktadır. Dış kabuk malzeme seçimi ısı direnç açısından önemlidir. Duvarlar bina kabuğunun büyük bir bölümünü oluşturmaktadır ve ısı kaybının oluşmasında önemli bir paya sahiptir. Malzemenin ısı direncinin yüksek olması kayıpları azaltmaya yardımcı olmaktadır. Isıl direnç, ısı iletkenlik katsayısı ile hesaplanmaktadır. Malzemenin katsayısının sabit olduğu düşünüldüğünde direncin artabilmesi için malzemenin kalınlık değerinin artırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır [68].

- Dış Duvarlar:

Isı kayıp hesaplamalarında kullanılmak üzere giriş verisi olarak hesaplanacak bazı değerler vardır. Bu değerlerden bir tanesi ısı geçirgenlik katsayısı değeridir. Bu değer, dış duvarlar için duvarı oluşturan katmanların ısı geçirgenlik değerlerinin toplamıdır. Dolayısıyla dış duvar katmanlarının belirlenmesi ve bu katmanların her birinin ısı iletkenlik değerleri ile kalınlıklarının tanımlanması gerekmektedir. Çalışma kapsamında kabul edilen dış duvarların katmanları iç sıva katmanı, tuğla katmanı, yalıtım katmanı ve dış sıva katmanı sıralaması şeklindedir. Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4. 10 Duvar katmanları

Seçilen bu katmanların kalınlık değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere yalıtım katmanı kalınlık değeri malzemeye göre deęiŖeceęi için deęiŖken veri olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 4. 3 Duvar katmanları kalınlık değerleri[67]

Katman	Kalınlık (cm)
İç sıva katmanı	0,8
Tuğla katmanı	24
Yalıtım katmanı	DeęiŖken
Dış sıva katmanı	2

Katmanların sayısının ve özelliklerinin deęiŖtirilmesi mümkündür. Ancak kodun içine sabit ve deęiŖken veri olarak yeniden tanımlarının yapılması gerekir. (4. 8) formülünde ifade edildiği gibi ısıl geçirgenlik değerinin hesaplanması duvarın ısıl direnci değerinin hesaplanması ile bağlantılı olduğundan bu ısıl direnç değerlerinin öncelikle hesaplanması gerekmektedir.

Çizelge 4. 4 Duvar katmanları için ısıl iletkenlik değerleri [67]

Katman	Isıl İletkenlik Değeri (λ)
Dış sıva katmanı	1
İç sıva katmanı	0,35
Tuğla katmanı	0,5
Yalıtım katmanı	DeęiŖken

Çizelge 4.4'te gösterilen değerler kodun içine dizin olarak yerleŖtirilmiŖ ve hesaplamalar bu değerlere göre yapılmıştır.

Duvarın ısı yalıtım katmanı için kalınlık ve malzeme cinsi kullanıcının seçimine bırakıldığı için kod bu deęiŖken değerleri arayüzden almaktadır. Dolayısıyla toplam ısıl iletkenlik direnci değeri duvarı oluŖturan katmanların her birinin iletkenlik direnç değerlerinin toplamı ile hesaplandığı için bu değer önem taşımaktadır.

- Tavan ve Taban:

Tavan yalıtım kalınlığı 12 cm, taban yalıtım kalınlığı 6 cm olarak belirlenmiştir. Hesaplamalara sabit giriŖ verisi olarak katılmaktadır. Tavanın ve tabanın iç yüzeyi ve dış yüzeyi için ısıl iletim direnç değerleri Çizelge 4.5'deki gibidir.

Çizelge 4. 5 Tavan ve tabanın iç yüzeyi ve dış yüzeyi için ısı iletim direnç değeri [67]

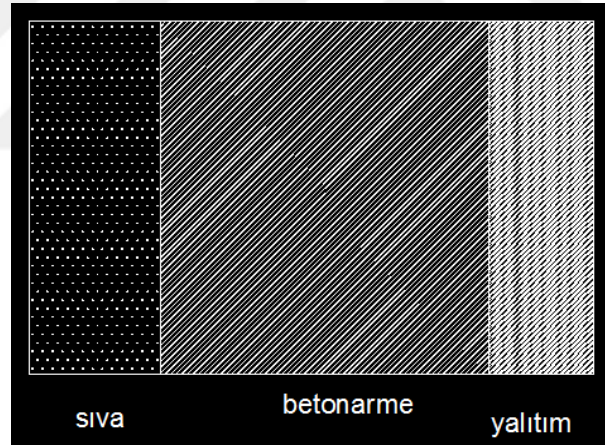
Bileşen	İç Yüzey ısı iletim direnci R_i ($m^2.K/W$)	Dış yüzey ısı iletim direnci R_e ($m^2.K/W$)
Tavan	0,13	0,08
Taban	0,170	0

$$\text{Tavan Alanı } (A_T) = \text{en} * \text{boy} \quad (4. 15)$$

$$\text{Taban Alanı } (A_t) = \text{en} * \text{boy} \quad (4. 16)$$

Tavan ve tabanın alanları yapının boyut verileri girişleri yapıldığında kod tarafından hesaplanmaktadır. Kullanılan formüller (4.15) ve (4.16)'da verilmiştir.

Duvar hesaplamalarında olduğu gibi tavan için de katmanlarının belirlenmesi ve bu katmanların her birinin ısı iletkenlik değeri ve kalınlıklarının tanımlanması gerekmektedir. Tavan katmanları sıva katmanı betonarme katmanı ve yalıtım katmanı sıralaması şeklindedir. Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



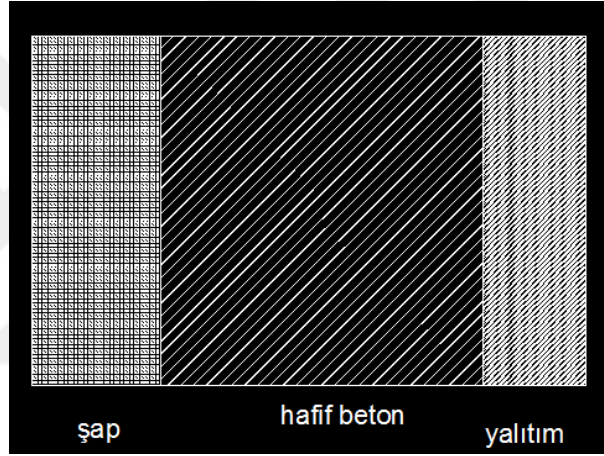
Şekil 4. 11 Tavan katmanları

Tavanı oluşturan bu katmanların kalınlık ve ısı iletkenlik değeri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Bu değerler, kodun içine dizin olarak yerleştirilmiştir ve sabit veri olarak işlemlere katılmaktadırlar. Bu değerlerin içinde bulunduğu fonksiyonlar çalışıkça diğeri fonksiyonlar için gereken giriş verileri üretilmektedir.

Çizelge 4. 6 Tavan katmanları kalınlık ve ısı iletkenlik değeri [67]

Tavan Katmanları	Kalınlık (cm)	Isıl İletkenlik Değeri (λ)
Sıva katmanı	2	1
Betonarme katmanı	12	2,5
Yalıtım katmanı	12	0,04

Taban katmanları da tavan katmanlarında olduğu gibi hesaplamalara etki ettiği için belirlenerek kalınlık ve ısı iletkenlik değeri kodun içine yerleştirilmiştir. Taban katmanları sıralaması şap katmanı, hafif beton katmanı ve yalıtım katmanı şeklindedir. Tabanı oluşturan katmanlar Şekil 4.12’de, bu katmanların kalınlık ve ısı iletkenlik değeri Çizelge 4.8’de görülmektedir.



Şekil 4. 12 Taban katmanları

Çizelge 4. 7 Taban katmanları kalınlık ve ısı iletkenlik değeri [67]

Taban Katmanları	Kalınlık (cm)	Isıl İletkenlik Değeri (λ)
Şap katmanı	3	1,4
Hafif beton katmanı	10	1,1
Yalıtım katmanı	6	0,03

- Pencere ve Kapı:

Kural 7’de belirtildiği üzere tek hacimli yapı olarak düşünölen yapı için kapı alanı 2,2 m², ısı geçirgenlik değeri (u, w/m²K) 4 olarak tanımlanmıştır. Bu değeri sabit veri olarak kodun içinde bulunmaktadır.

Pencereler için ısı geçirgenlik değeri (u, w/m²K) çok katlı cam olduğu varsayılarak 2,4 olarak belirlenmiştir [67]. Pencere alanı daha önce de sözü edildiği üzere parametrik olarak hesaplanacaktır. Kalınlık için bir parametre veya bir değeri tanımlanmamıştır.

Tezin amacını oluşturan pencere alanının taban alanına oranının %25 -%50 aralığında da bir uygun değer oranının bulunabileceği varsayımından yola çıkarak bu değerler fonksiyonlara bilinmeyen olarak atanmış ve denklem çözümü yöntemine başvurulmuştur. Bu oranlar arasındaki değişkenliğin yön ve gün bölgesine göre farklılık göstermesi beklenmektedir. Denklem çözümünden sonra pencere alanı hesabı yapılabilmekte ve açıklık değeri belirlenebilmektedir. Kod bu aralıktaki bütün tamsayı değerleri için hesaplama yapmaktadır. Karşılaştırmalar, çapraz sorgular ve düzenlemeler için %5 'lik artışlar dikkate alınmıştır.

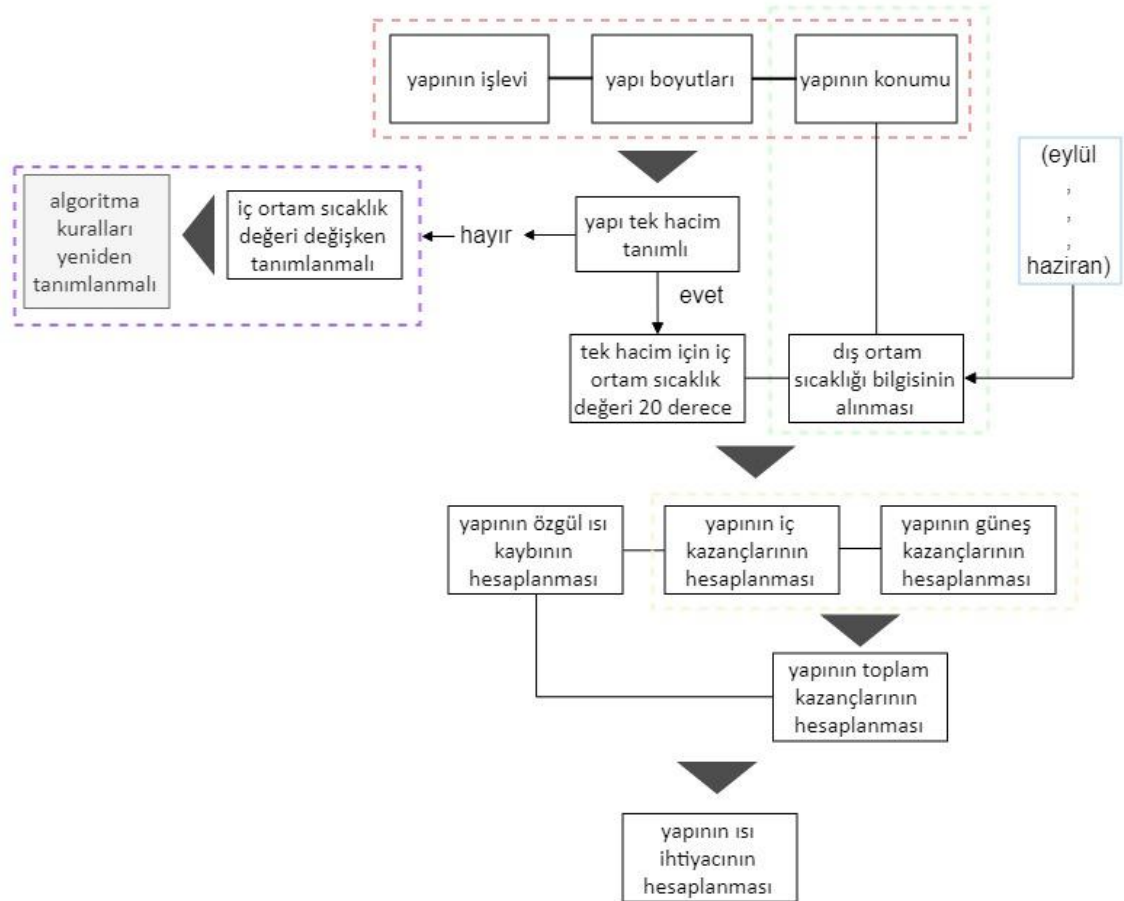
4.3 Hesaplama Fonksiyonları ve Şemaları

Algoritma kurgusu birden fazla algoritmanın birleşimi ile oluşturduğu için şemalar oluşturulurken de birden fazla akış diyagramı kullanılmış ve son aşamada tüm akış diyagramları aralarındaki ilişkiler göz önüne alınarak birleştirilmişlerdir. Algoritma akış diyagramlarının oluşturulması ve birleştirilmesi işlemleri kuralların belirlenmesi işleminde olduğu gibi TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı referans alınarak düzenlenmiş ve geliştirilmiştir.

Bu doğrultuda yapının yıllık ısı enerjisi gereksinimi hesaplamaları için geliştirilen algoritmanın işlem basamakları aşağıdaki gibidir:

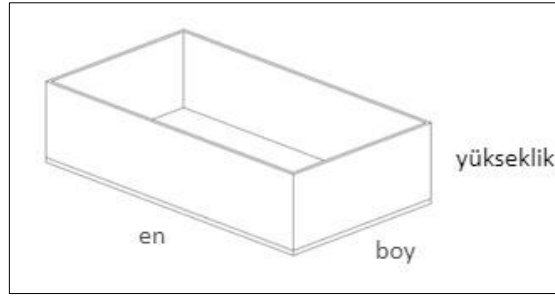
- Yapının boyutlarının belirlenmesi
- Yapının tek hacim veya çok hacim olması kararının verilmesi
- Yapının iç ortam sıcaklığının belirlenmesi
- Aylık ortalama dış sıcaklıkların veri girişlerinin yapılması
- Yapının aylık özgül ısı kaybının hesaplanması
- Yapıdaki aylık iç ısı kazançlarının hesaplanması
- Aylık güneş ışıması değerlerinin veri girişlerinin yapılması
- Aylık ortalama güneş kazançlarının hesaplanması
- Isı kaybı ve kazançlara bağlı olarak kazanç kayıp oranı değerinin hesaplanması
- Hesaplanan bu değerlere göre yapının aylık ısı ihtiyacının hesaplanması
- Yapının yıllık ısı ihtiyacının hesaplanması

Modelin işleyiş şeması aşağıda gösterilmiştir. Bu işleyiş şemasında yapının tek hacim olmaması durumunda konfor özelliklerinden dolayı iç ortam sıcaklık değerleri değişkenlik gösterecektir. Bu durumda algoritma kurallarının yeniden tanımlanması ve kodun yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.



Şekil 4. 13 Modelin işleyiş şeması

Şekil 4.13'teki modelin işleyiş şemasından görüldüğü üzere, modelin ana kurgusu kayıp-kazanç hesaplamalarına dayanmaktadır. Bu kayıp ve kazanç hesaplamaları yapının hacmine, ısı kaybeden yüzeyleri ile ısı kazancı sağlayan yüzeylerinin boyutuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla ilk olarak yapının boyutları (en-boy-yükseklik) belirlenerek gereken verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Boyut bilgileri kodlamanın içinde Şekil 4.14'te çizildiği gibi tanımlanmıştır.

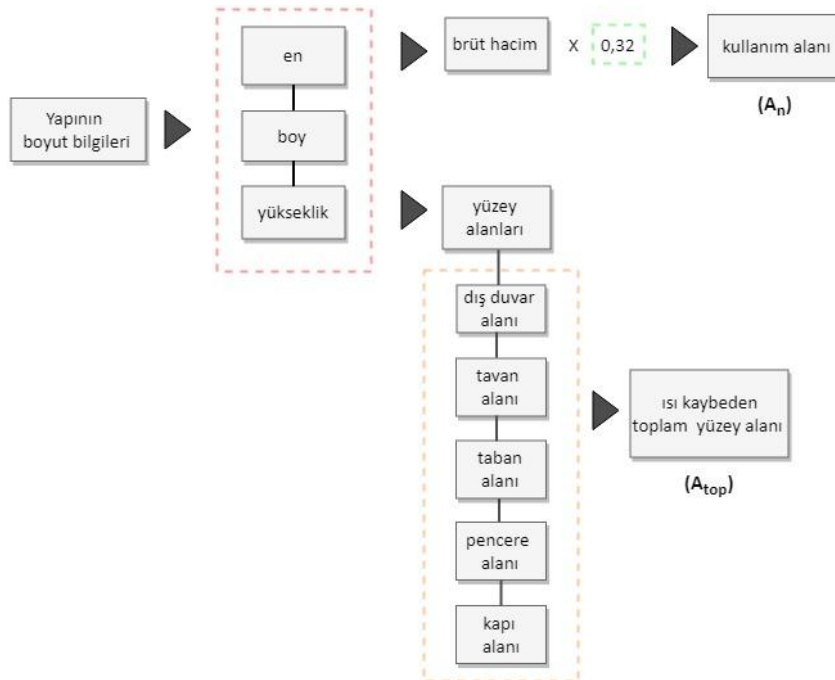


Şekil 4. 14 Yapının boyut bilgileri

Tabanı çevreleyen uzun kenarın uzunluğu en, kısa kenarın uzunluğu boy olarak belirlenmiştir.

4.3.1 Alan ve Hacim Değerleri Hesaplama Fonksiyonu ve Şeması

Bu fonksiyon ile belirlenen en, boy, yükseklik değerlerine göre yapının hacmi, ısı kaybeden yüzey alanı ve yapının kullanım alanı değerleri hesaplanır. Bu değerler arayüz üzerinden belirlenebilmektedir. Kullanıcı tarafından belirlenen en, boy ve yükseklik değerleri değişken veri olarak kodun içinde yer almaktadırlar. Yükseklik değeri de arayüz üzerinde seçilebilmektedir ancak yapının eğitim yapısı olduğu göz önüne alındığında değerin 4 metre olması önerilmektedir.



Şekil 4. 15 Yapının alan ve hacim hesabı şeması

Alan-hacim hesabı şeması ve tüm fonksiyon şemasındaki yeri Şekil 4.15'te gösterilmektedir. Yapının brüt hacmi (4.1) denkleminde görüldüğü üzere, verilen en, boy ve yükseklik değerlerinin çarpımı ile hesaplanmaktadır. Brüt hacim ifadesi kodun içinde $V_{brüt}$ olarak ifade edilmiştir.

$$V_{brüt} = en * boy * yükseklik \quad (4.1)$$

Yapının net kullanım alan değeri A_n , kılavuzda belirtildiği üzere; 0,32 katsayı değeri ile brüt hacmi çarpılarak bulunmaktadır [12].

$$A_n = 0,32 * V_{brüt} \quad (4.2)$$

(4. 2) formülünde yer alan ifade akış şemasında yeşil çizgilerle gösterilmiştir.

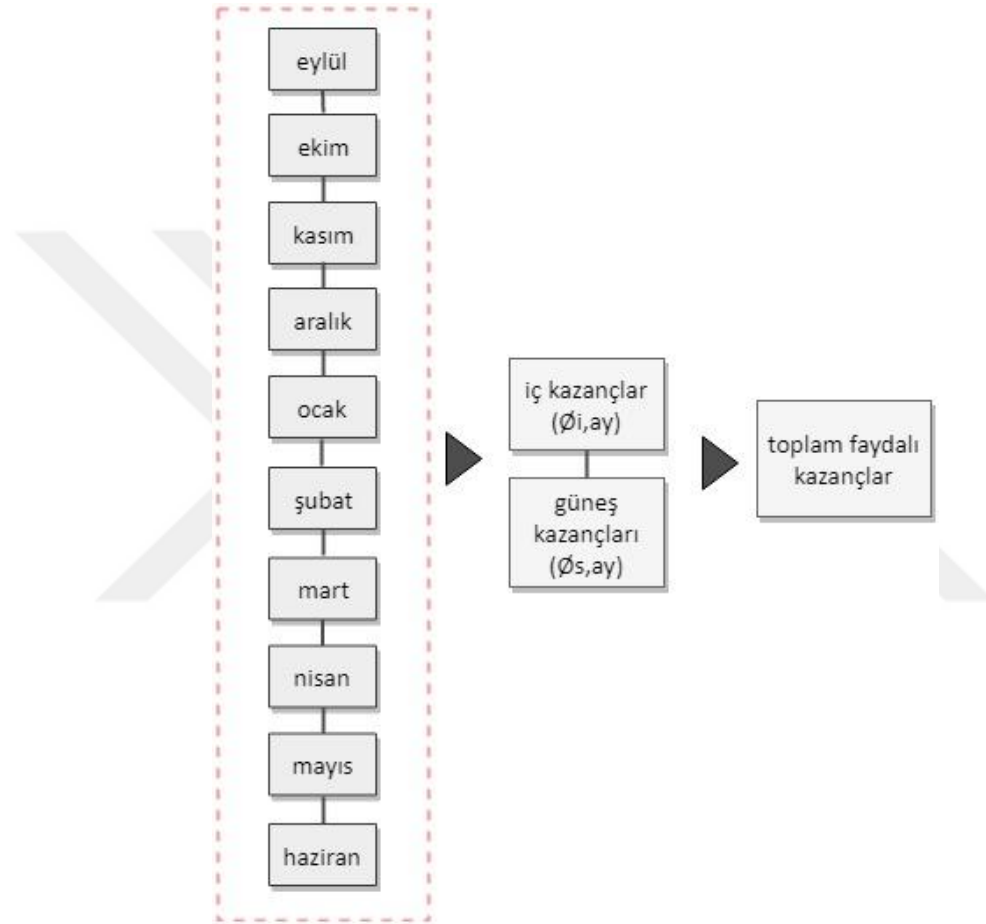
Isı kaybeden yüzey alanı A_{top} değeri, dış duvar alanı, taban alanı, tavan alanı, kapı alanı ve pencere alanı toplamı ile elde edilmektedir. Boyut değerleri ile değişecek olan bu toplam değer değişken giriş verisi olarak iç kazançlar ile güneş kazançlarının hesaplanmasında da kullanılmaktadır.

Isıtma enerjisi gereksiniminin belli bir referans aralığında olması beklenmektedir ve bu enerjinin belirli bir referans aralığında tutulabilmesi için yapının brüt hacminin ısı kaybeden yüzey alanı ile oranlanarak hesaplamalara katılması gerekmektedir. Isı kaybeden yüzey alanı / brüt hacim, simgesel ifade ile $A_{top} / V_{brüt}$ oranı, hesaplamalar sonucu elde edilecek yıllık ısıtma enerjisi gereksiniminin istenilen referans aralığı içinde olup olmadığının belirlenmesi için yapılmakta olan sorgulama işleminde kullanılmaktadır. Sorgulama sonrası yapının enerji gereksinimi açısından uygun değerlere sahip olup olmadığı belirlenebilmektedir. Yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi brüt hacim değeri ile oranlanarak birim hacim için gereken ısıtma enerjisi miktarı belirlenir. Referans aralığı değeri her gün bölgesi için farklıdır. Bu belirlenen değer $Ek-A'$ da verilen ve her gün bölgesi için tanımlanan farklı eşitliklerde yerine konularak yapı için olması gereken en büyük ısı kaybı bulunur. Gereken ısı miktarı ile karşılaştırılan bu değer ile performans uygunluğu belirlenir.

4.3.2 Toplam Faydalı Kazançlar Hesaplama Fonksiyonu ve Şeması

Genel olarak toplam faydalı kazançlar TFK değeri iç kazançlar ve güneş kazançlarının toplamı olarak ifade edilir. Şekil 4.16'da genel akış şeması görülmektedir. Bu şemaya

göre Eylül ve Haziran arasındaki bütün aylar için iç kazançlar ve güneş kazançları hesaplamaları yapılmakta ve her ay için elde edilen değerler toplam değere eklenmektedir. Dolayısıyla giriş verisi olarak iç kazanç $\emptyset_{i,ay}$ ve güneş kazancı $\emptyset_{s,ay}$ bilgilerinin aylık olarak hesaplanması gerekmektedir. Sonuçta her ay elde edilen değerler toplanarak faydalı kazancın toplam yıllık değeri elde edilmektedir. Bu amaçla kodun içine sayaç fonksiyonu eklenerek toplam değer hesaplaması yapılmıştır.



Şekil 4. 16 Toplam faydalı kazançlar genel akış şeması

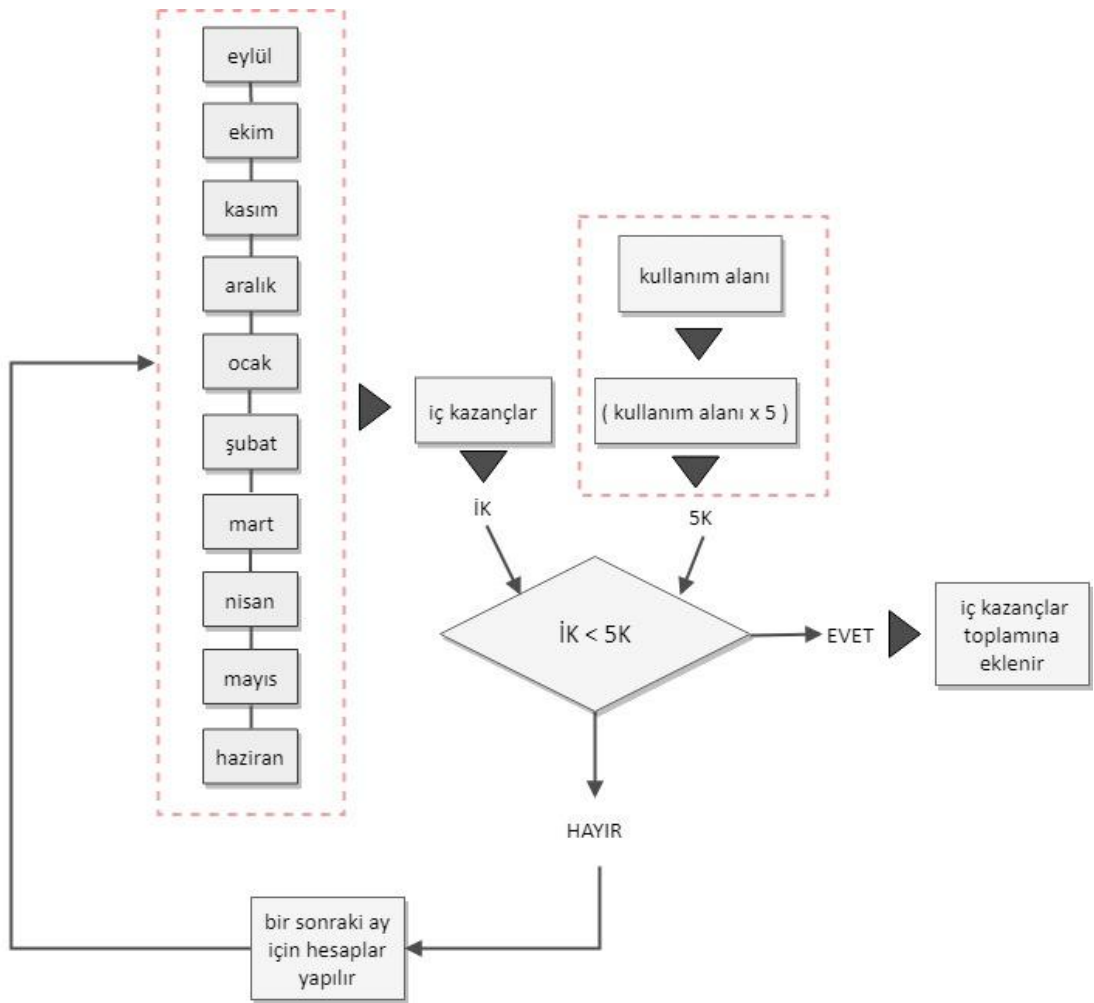
Toplam faydalı kazançlar hesaplama fonksiyonu içinde dört farklı fonksiyon tanımlanmıştır. Bu fonksiyonlar çalışma sırasına göre; aylık iç kazançları hesapla, kazanç-kayıp oranı hesapla, kazanç kullanım faktörü hesapla ve güneş kazançları hesapla fonksiyonları olarak isimlendirilmişlerdir. Her bir fonksiyon kendi içinde bağımsız çalışmakta ve birbirlerine veri girişi sağlamaktadırlar.

- İç Kazançlar

İç kazançlar bütün yapılar için yapının kullanım alanına bağlı olarak belirli bir değerin üzerine çıkamamaktadır. Bu değer okul yapıları için standartta belirtildiği üzere birim kullanım alanı başına en fazla 5 W/m^2 olup kod içindeki şart ifadesi yine TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre (4.3)'teki gibi düzenlenmiştir.

$$\phi_{i, ay} \leq 5 * A_n \quad (4.3)$$

Bu şart ifadesine göre hesaplanan $\phi_{i, ay}$ iç kazançlar değeri kullanım alanının 5 katsayısı ile çarpılması ile elde edilen değerden küçük ise hesaplamalara katılmaktadır. Bu şartlı akış şeması Şekil 4.17'de görülmektedir.



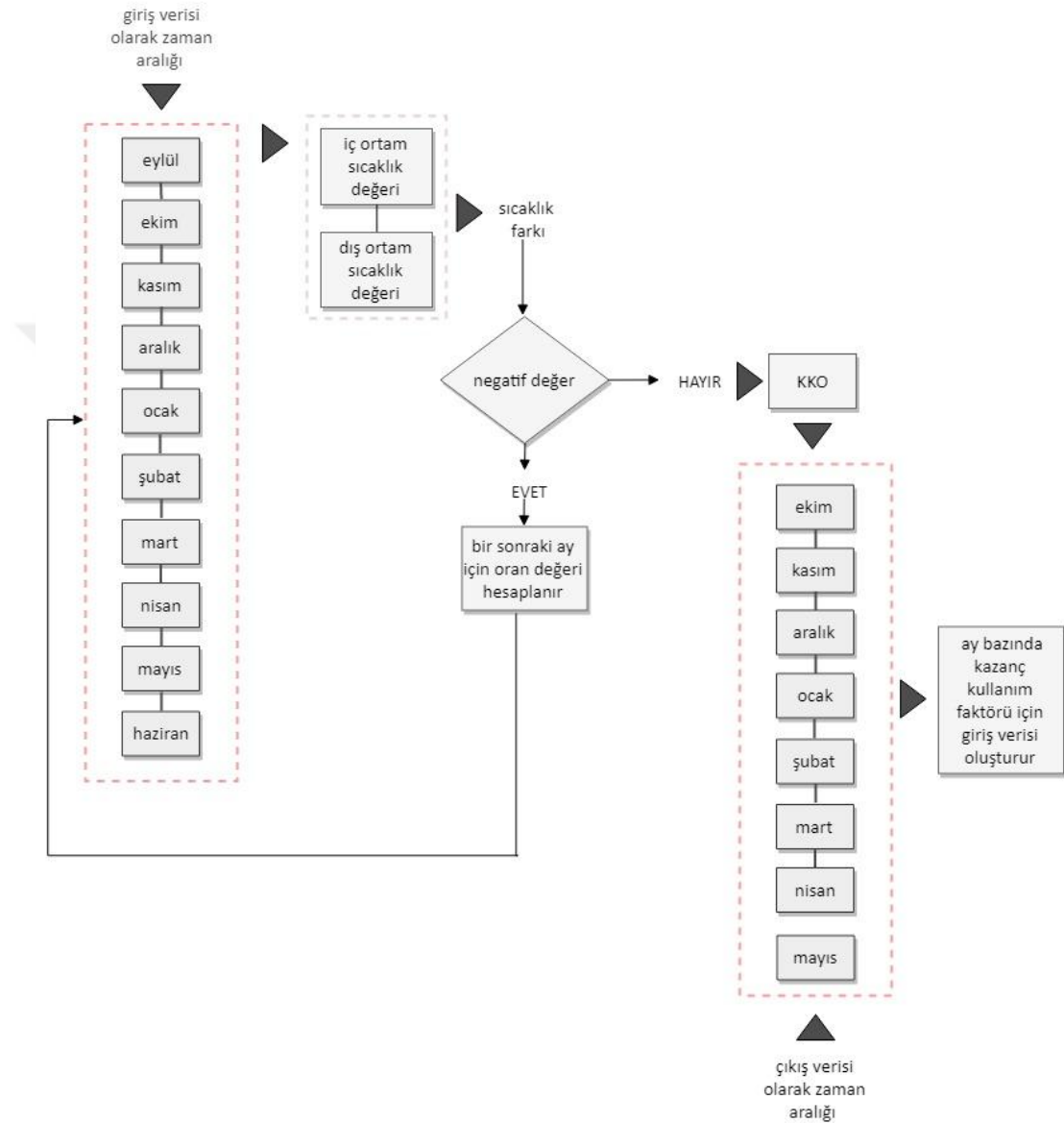
Şekil 4. 17 İç kazançlar şartlı akış şeması

- Kazanç-Kayıp Oranı

KKO olarak gösterilen ifade, kazanç kayıp oranı olarak isimlendirilmiştir ve TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre (4.5) formülü ile hesaplanmaktadır.

$$KKO = (\phi_{i, ay} + \phi_{s, ay}) / H * (\theta_i - \theta_e) \quad (4.5)$$

Bu formülde geçen H ifadesi yapının özgül ısı kaybını, Θ_i ifadesi ortalama iç sıcaklık değerini, Θ_e ifadesi ortalama dış sıcaklık değerini göstermektedir. H değerinin hesaplanması ısı kayıplarının ve yıllık ısı gereksiniminin hesaplanması bakımından önemlidir. Bu değer yıllık ısı kaybı hesabı akış diyagramında incelenmiştir.



Şekil 4. 18 Kazanç kayıp oranı akış şeması

Kural 5 ve Kural 7'ye göre yapının aylık ortalama iç ortam sıcaklığı her alanda ve her ayda aynı olacak şekilde sabit giriş verisi olarak kodun içine yerleştirilmiştir. Konfor düzeyini belirleyen bu değer öğretim yapıları için $20^{\circ}C$ 'dir [67].

Aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri aylara göre değişkenlik göstermektedir ve dizin şeklinde değişken veri olarak kodun içine yerleştirilmiştir. Yapının 2. Gün bölgesi içinde,

İstanbul ilinde olduğu varsayılmaktadır. Bütün sıcaklıkların birimi °C'dir. Aylık ortalama dış ortam sıcaklıkları Çizelge 4.8'de gösterilmektedir. Eğitim yapısı olduğundan Eylül ve Haziran ayları arasındaki on aylık akademik dönem dikkate alınmıştır.

Çizelge 4. 8 Derece cinsinden aylık ortalama dış ortam sıcaklık değerleri [67]

Aylar	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge
Ocak	8,4	2,9	-0,3	-5,4	-10,5
Şubat	9,0	4,4	0,1	-4,7	-9,1
Mart	11,6	7,3	4,1	0,3	-2,9
Nisan	15,8	12,8	10,1	7,9	5,3
Mayıs	21,2	18,0	14,4	12,8	10,6
Haziran	26,3	22,5	18,5	17,3	14,6
Temmuz	28,7	24,9	21,7	21,4	18,6
Ağustos	27,6	24,3	21,2	21,1	18,6
Eylül	23,5	19,9	17,2	16,5	14,1
Ekim	18,5	14,1	11,6	10,3	7,8
Kasım	13,0	8,5	5,36	3,1	0,6
Aralık	9,3	3,8	1,3	-2,8	-6,7

- Kazanç Kullanım Faktörü

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, toplam faydalı kazanç hesabında, kazanç kullanım faktörü η_{ay} kullanılmasını önermektedir. Bu faktör, kazanç hesaplamaları sırasında oluşacak uygun olmayan kazançların azaltılması amacı ile kullanılmaktadır. Bu faktörün hesaplanması işlemi yapının boyut ve yalıtım özellikleri ile bağlantılıdır. Kazanç kullanım faktörü hesaplaması da ay bazında TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre (4.4)'deki denklem ile yapılabilmektedir.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (4.4)$$

η_{ay} : Aylık kazanç kullanım faktörü

KKO_{ay} : Aylık kazanç kayıp oranı

Bu değer toplam faydalı kazançlar hesaplamasında akış diyagramında gösterilmiştir. Kodun içine sayaç fonksiyonundan yararlanılarak yerleştirilmiştir.

- Güneş kazançları

Aylık ortalama güneş kazancı değeri hesaplaması kendi içinde algoritma barındırmaktadır. Model önerisi algoritması içinde sorgulama ögesi olarak yer almaktadır.

Aylık ortalama güneş kazancı hesaplamaları için TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardında bulunan değerler kullanılarak veriler oluşturulmuş ve hesaplamalar yapılmıştır. Bu veriler iki fonksiyon aracılığı ile elde edilmiş ve formüller aracılığı ile fonksiyonlar arası ilişkiler tanımlanmıştır.

Ana fonksiyon olarak (4.6) formülünü gerçekleştiren fonksiyon kullanılmıştır.

$$\sum r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i \quad (4.6)$$

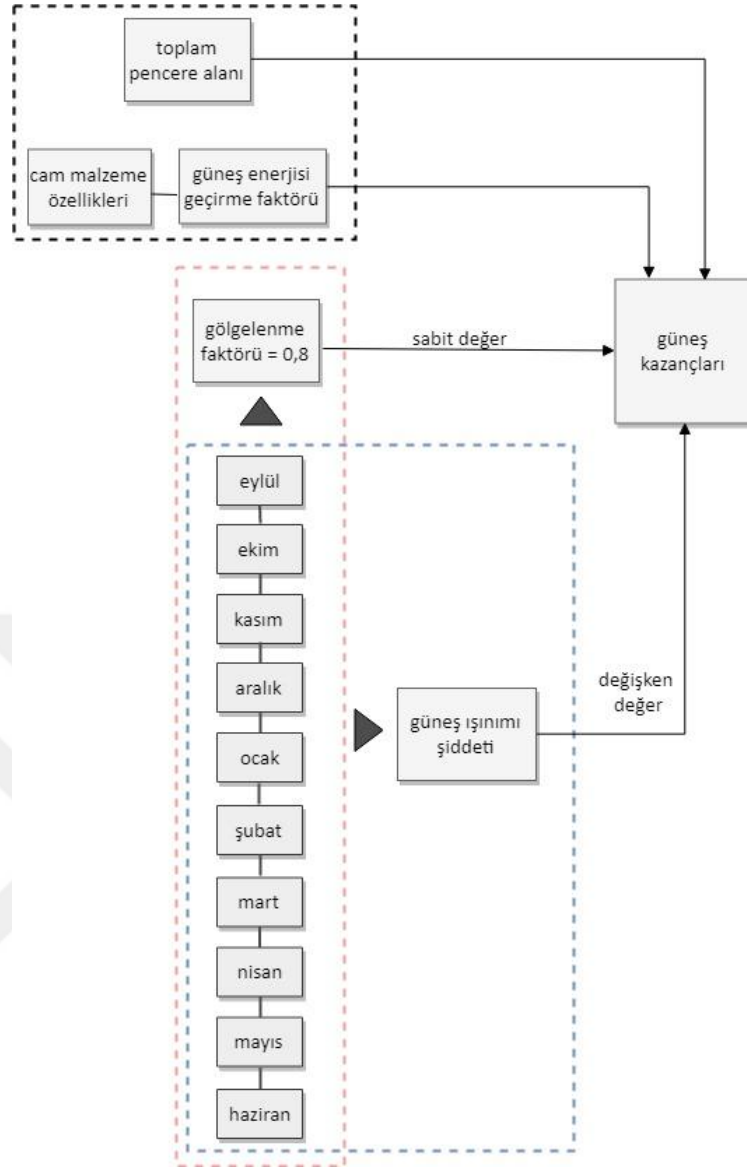
$r_{i,ay}$: Camın aylık gölgelenme faktörü

$g_{i,ay}$: Camın aylık güneş enerjisi geçirme faktörü

$I_{i,ay}$: Aylık güneş ışınımı şiddeti

Bu fonksiyon içinde tanımlanan $r_{i,ay}$ yönlenmeye bağlı olarak camın gölgelenme faktörünü göstermektedir. Bu değer aylık ortalama değer olarak hesaplamalara katılmaktadır. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre model önerisinde kullanılan eğitim yapısı için değeri sabittir ve 0,8'dir. Bu değer yapının kat sayısı ile ilişkili olarak hesaplanmaktadır.

Yönlenmeye göre hesaplanacak toplam pencere alanı A_i değeri yapının boyutlarına göre belirlenecek ve hesaplamalara katılacaktır. Değişken giriş verisi olarak kodun içine yerleştirilmiştir. Kullanıcı seçimi doğrultusunda işaretlenecek mekân özelliğine göre değişiklik göstermeyecektir. Bütün mekân seçimleri için pencerenin yerleşeceği duvar aynı duvar olacak şekilde varsayılmıştır. Kodun esnek yapısı daha sonraki çalışmalarda bu değişikliğe izin verecek şekilde düzenlenmiştir. Güneş kazancı hesabı için oluşturulan akış diyagramı Çizelge 4.19'da sunulmuştur. Bu akış diyagramında yer alan cam malzeme özellikleri verisi içinde cama dik gelen ışınlar için düzeltme faktörü ve sabit düzeltme faktörü verileri bulunmaktadır.



Şekil 4. 19 Güneş kazancı hesabı genel akış diyagramı

Güneş ışınımı şiddeti $I_{i,ay}$ değeri de aylık değer olarak hesaplanmaktadır. Güneş enerjisi kazançları için kullanılacak ve eşitlikte yer alan aylık ortalama güneş ışınımı değerleri 2. derece gün bölgesi için yönlere bağlı olarak w/m^2 biriminden aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

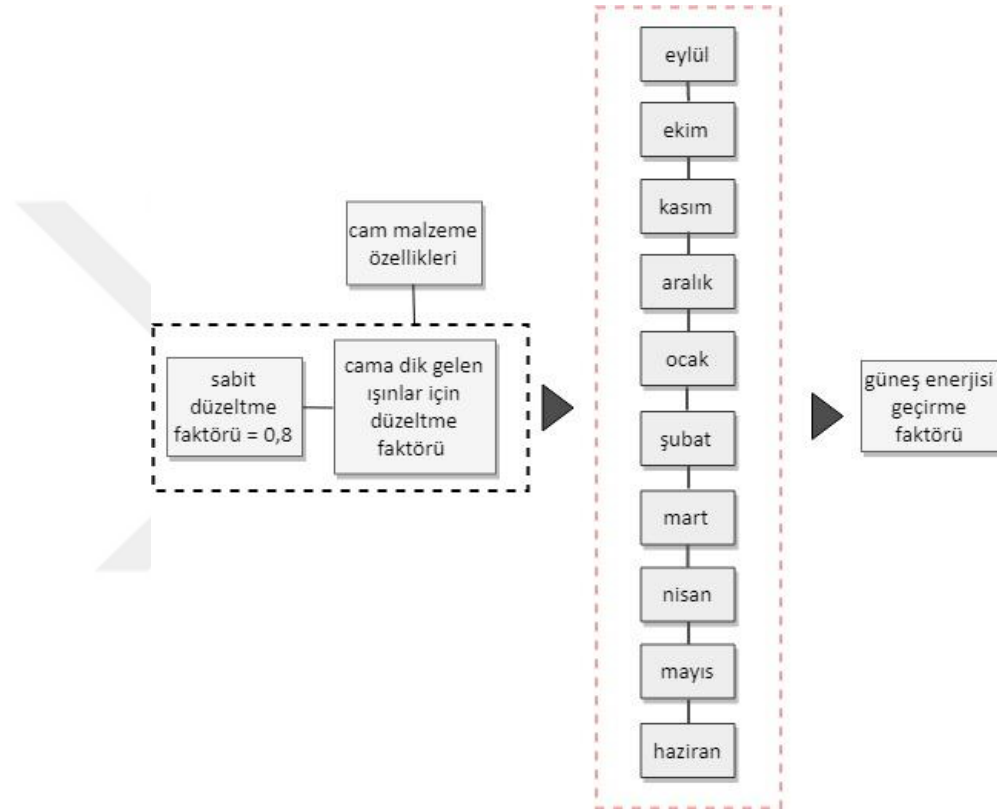
Çizelge 4. 9 Yönlere bağlı güneş ışınımı şiddeti değerleri (w/m^2)[67]

Yön	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
$I_{güney}$	89	82	67	64	72	84	87	90	92	95
I_{kuzey}	57	40	27	22	26	37	52	66	79	83
$I_{doğu}$	81	59	41	37	43	57	77	90	114	122
$I_{batı}$	81	59	41	37	43	57	77	90	114	122

Camın güneş enerjisi geçirme faktörü $g_{i,ay}$ yukarıda sözü edildiği üzere kendi içinde fonksiyon barındırmaktadır. Bu fonksiyonda sabit veri olarak F_w düzeltme faktörü kullanılmaktadır ve bu faktör 0,8'dir. Fonksiyon (4.7) eşitliğini çalıştırmaktadır [67].

$$g_{i,ay} = F_w \cdot g_{dik} \quad (4.7)$$

Bu eşitlik her ay için yeniden hesaplanmakta ve sonuç verisi olarak akış diyagramında yer almaktadır. Akış diyagramı Şekil 4.20'de görülmektedir.



Şekil 4. 20 Güneş enerjisi geçirme faktörü hesabı akış diyagramı

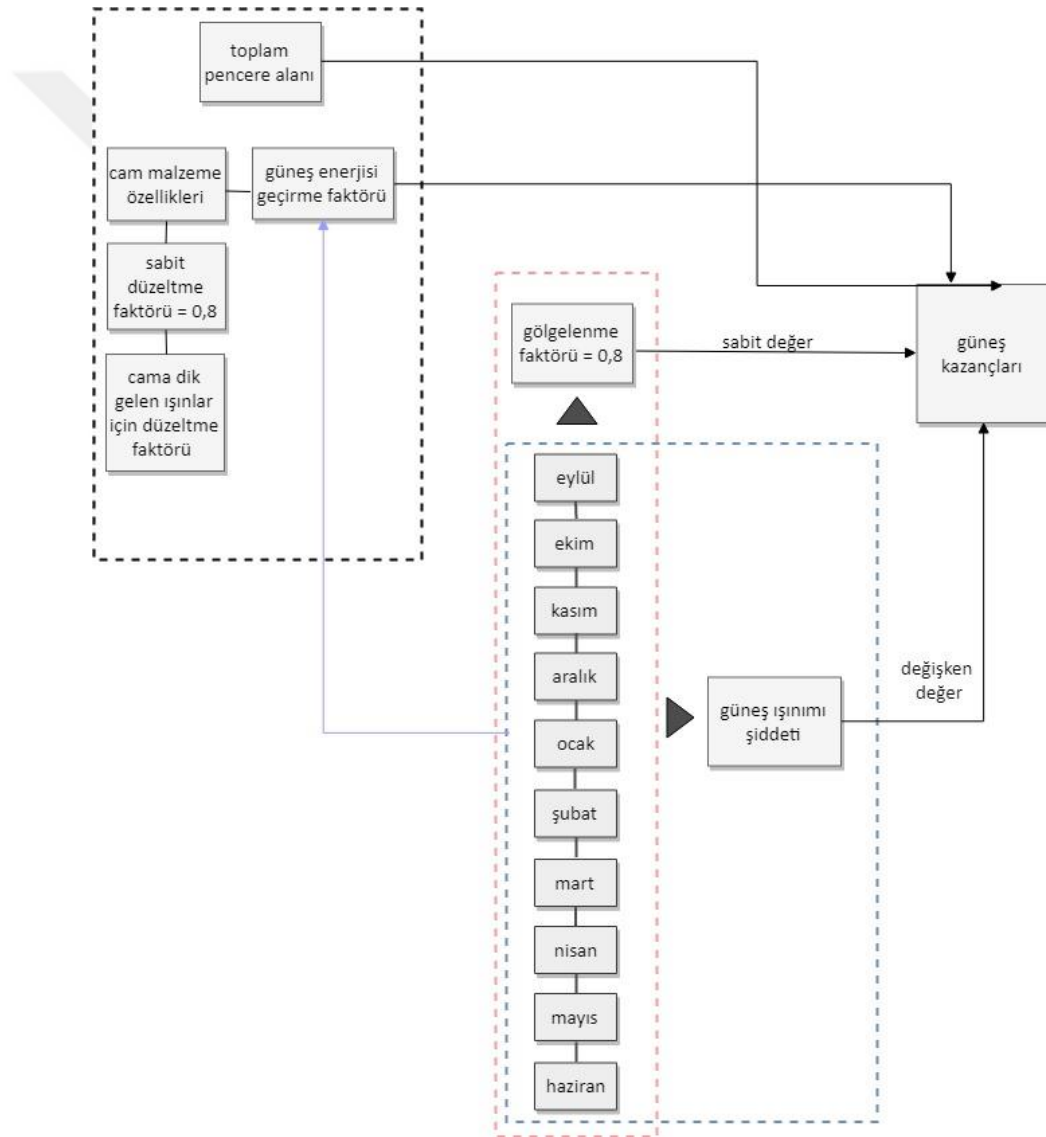
Düzeltilme faktörü ile kullanılan camlara dik gelen güneş ışınları için güneş enerjisi geçirme faktörü g_{dik} laboratuvar şartlarında ölçülerek standart kılavuzunda belirtilmiştir. Bu değer kullanılan camın üreticisi tarafından da belirlenebilir [67].

Cam malzemesi renksiz tek cam ve renksiz yalıtım camı olarak iki seçenektir. Bu cam malzemeleri güneş enerjisi geçirme faktörü açısından farklılık göstermektedir. Bu değerler de kodun içine izin olarak yerleştirilmiştir.

Çizelge 4. 10 Cam malzeme seçenekleri [67]

Cam Tipi	Yüze Dik Gelen Işın İçin Güneş Enerjisi Geçirme Faktörü
Renksiz tek cam	0,85
Renksiz yalıtım camı	0,75

Yukarıda sözü edilen bütün fonksiyonların ve cam malzeme özelliklerinin ve düzeltme faktörlerinin yer aldığı tüm fonksiyon ve bağlantılarının gösterildiği akış diyagramı Şekil 4.21'de gösterilmiştir. Bu fonksiyonlar her ay için işlem yapacak son aşamada bütün ayların değerleri toplanacaktır.



Şekil 4. 21 Güneş kazancı tüm akış diyagramı

Güneş kazancı hesabı fonksiyonu toplam faydalı kazançlar hesabı fonksiyonu için değişken giriş verisi sağlamaktadır.

Bütün bu akış diyagramları birbirleriyle bağlantılı olarak çalışmaktadırlar ve veri alışverişi yapmaktadırlar. Bir fonksiyonun çıkış verileri diğer fonksiyon veya fonksiyonların giriş verileri olarak karşımıza çıkmaktadır.

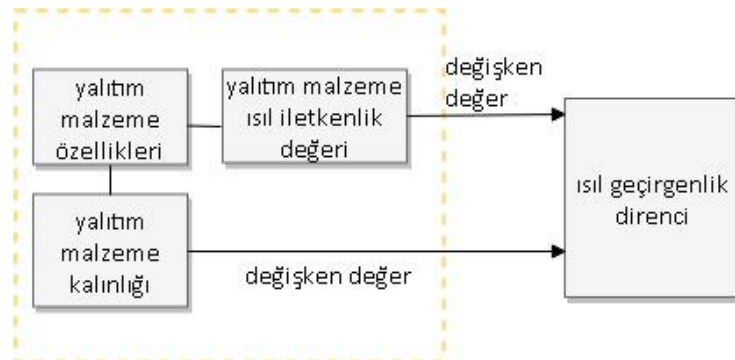
Toplam faydalı kazançlar algoritması için iç kazançlar ve güneş kazançlarının yer aldığı fonksiyonların akış diyagramları ve diyagramların birbirleriyle bağlantıları Ek-B'de sunulmuştur.

4.3.3 Toplam Isıl Geçirgenlik Katsayısı Hesabı

Toplam ısı geçirgenlik katsayısının hesaplanması için gerekli giriş verilerinden bir tanesi ısı geçirgenlik direncidir. Dolayısıyla bu hesaplama için iki farklı fonksiyon tanımlanmıştır. Isıl geçirgenlik direnci **R**, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre (4.8)'deki formülle elde edilmektedir.

$$R = d / \lambda_h \quad (4.8)$$

Bu formülde yer alan **d** ifadesi kullanılan yalıtım malzemesinin kalınlığını, λ_h değeri ısı iletkenlik hesap değerini göstermektedir. λ_h değeri yalıtım malzemesi cinsine göre değiştiği için değişken veri olarak tanımlanmıştır. Isıl geçirgenlik direnci ve bu direnç değerine bağlı olarak hesaplanan ısı geçirgenlik katsayısı hesap yöntemi bileşenin bütün katmanları için tek tek yapılmalıdır. Bu katmanların her birinin değeri hesaplanarak toplam bulunmalıdır. Fonksiyonların giriş verisi olarak kullanılacak değer bu toplam değerdir.



Şekil 4. 22 Isıl geçirgenlik direnci akış diyagramı

Duvarlarda kullanılan ısı yalıtım malzemesi cinsi taş yünü ve XPS olarak iki tür tanımlanmıştır. Bu malzemeler kendi aralarında da ısıl iletkenlik grubu değerlerine göre gruplandırılmışlardır. Taş yünü için dört adet gruplandırma, XPS için üç adet gruplandırma yapılmıştır. Isıl iletkenlik değerleri dizin olarak kodun içine yerleştirilmiştir. Her yalıtım malzemesi için kalınlık değeri verilebilmektedir. Bu tanımlar ve değerler kodun farklı ortamlarla ilişkisi için yapılan Web API uygulamasında uygulamanın çalışma ilkesi gereği aynı isimle kullanılmaktadır.

Çizelge 4. 11 Isı yalıtım malzeme seçenekleri ve ısıl iletkenlik gruplarına göre ısıl iletkenlik değerleri [67]

Isı Yalıtım Malzemesi Cinsi	Isıl İletkenlik Grubu	Isıl İletkenlik Değeri- λ_h
Taş yünü	035	0,035
	040	0,040
	045	0,045
	050	0,050
XPS	030	0,030
	035	0,035
	040	0,040

Isıl geçirgenlik direnci hesaplama fonksiyonunun değişken çıkış verisi, toplam ısıl geçirgenlik katsayısı hesaplama fonksiyonunun değişken giriş verisidir. Bu fonksiyonda yer alan R_i iç yüzey ısıl iletim direnci ve R_e dış yüzey iletim direnci değerleri duvar tipine göre belirli değerler almaktadır. Bu değerler mekân tipi birinci seçenekteki gibi tabanı çevreleyen bütün duvarların dış duvar olması durumunda kodun içine Çizelge 4.13'teki dizin içeriğinde yerleştirilmiştir.

Çizelge 4. 12 Birinci mekân seçeneği için duvar iç ve dış yüzeyleri ısıl iletim dirençleri [67]

Bileşen	İç Yüzey İçin R_i ($m^2.K/W$)	Dış Yüzey İçin R_e ($m^2.K/W$)
Dış duvar	0,13	0,04

Bu değerler mekân tipi ikinci seçenekteki gibi tabanı çevreleyen iki duvarın dış, iki duvarın iç duvar olması durumunda kodun içine Çizelge 4.14'teki dizin içeriğinde yerleştirilmiştir. İç duvar için iç yüzey ısıl iletim direnci ve dış yüzey iletim direnci değerleri aynı olarak alınmaktadır [12].

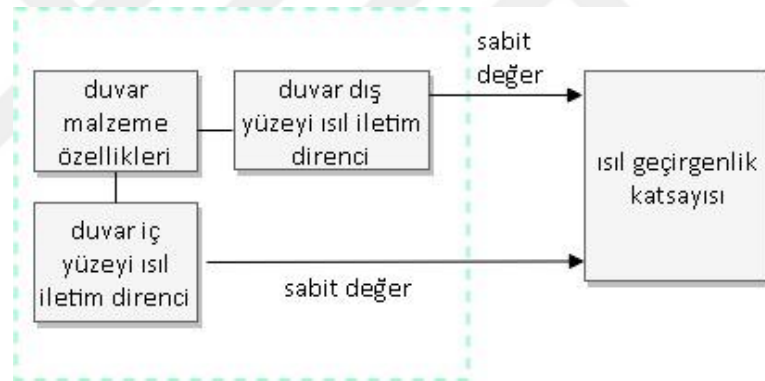
Çizelge 4. 13 İkinci mekân seçeneği için duvar iç ve dış yüzeyleri ısı iletim dirençleri [67]

Bileşen	İç Yüzey İçin R_i ($m^2.K/W$)	Dış Yüzey İçin R_e ($m^2.K/W$)
Dış duvar	0,13	0,04
İç duvar	0,13	0,13

Bu değerler mekân tipi üçüncü seçenekteki gibi tabanı çevreleyen bir duvarın dış, üç duvarın iç duvar olması durumunda kodun içine Çizelge 4.15'teki dizin içeriğinde yerleştirilmiştir. İç duvar için iç yüzey ısı iletim direnci ve dış yüzey iletim direnci değerleri aynı olarak alınmaktadır [12].

Çizelge 4. 14 Üçüncü mekân seçeneği için duvar iç ve dış yüzeyleri ısı iletim dirençleri [67]

Bileşen	İç Yüzey İçin R_i ($m^2.K/W$)	Dış Yüzey İçin R_e ($m^2.K/W$)
Dış duvar	0,13	0,04
İç duvar	0,13	0,13



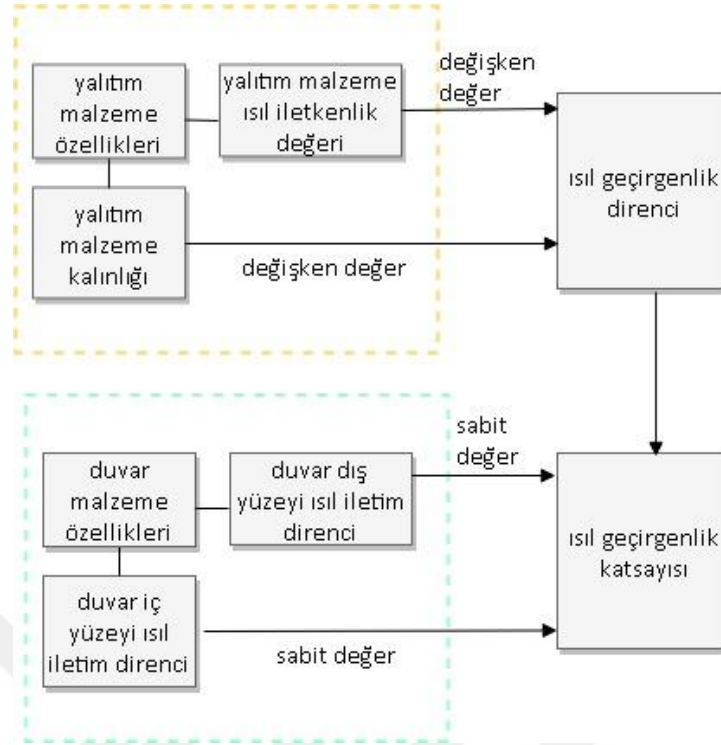
Şekil 4. 23 Isıl geçirgenlik katsayısı akış diyagramı

Bu fonksiyon ile hesaplanan ısı geçirgenlik katsayısı **U** değeri ısı kaybı hesaplamaları ve ısı gereksinimi hesaplamaları için gereken giriş verisidir. Değişkendir. Ana formül (4.8)'deki gibidir [12].

$$U=1 / (R_i + R + R_e) \quad (4.8)$$

Bu değer yapının bütün bileşenleri için hesaplanacak ve ayrı ayrı ve toplam şekilde fonksiyonlara veri olarak atanacaktır.

Toplam ısı geçirgenlik katsayısı hesabı, yapının aylık ısı kaybı hesabı fonksiyonu için giriş verisi oluşturmaktadır. Fonksiyon bağlantıları Şekil 4. 24'te görülmektedir.

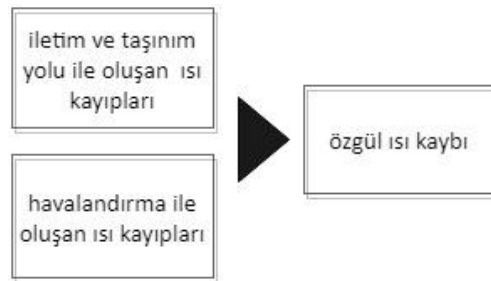


Şekil 4. 24 Toplam ısı geçirgenlik katsayısı hesabı şeması

4.3.4 Yapının Aylık Isı Kaybı Hesabı

Yapının özgül ısı kaybı, iletim ve taşınım yoluyla oluşan ısı kayıpları ile doğal ve mekanik havalandırma sistemleri ile oluşacak ısı kayıplarının toplamından oluşmaktadır. Dolayısıyla akış diyagramı oluşturulurken iletim ve taşınım yoluyla oluşan ısı kaybı H_T hesabı, doğal ve mekanik havalandırma sistemleri ile oluşacak ısı kaybı H_V hesabı fonksiyonları kullanılmıştır. Fonksiyonların formül ile ifadesi (4.9)'daki gibidir [12].

$$H = H_T + H_V \quad (4.9)$$



Şekil 4. 25 Özgül ısı kaybı akış diyagramı

H_V doğal ve mekanik havalandırma kayıpları hesabı Kural 9 ile tanımlandığı üzere dikkate alınmayacak ve hesaplamalara katılmayacaktır. Dolayısıyla fonksiyon

(4.10)'daki akış diyagramını da Şekil 4.26'daki şekli ile ifade edilecektir. İletim ve taşınım yolu ile oluşan ısı kaybı özgül ısı kaybı değerini belirleyecektir.

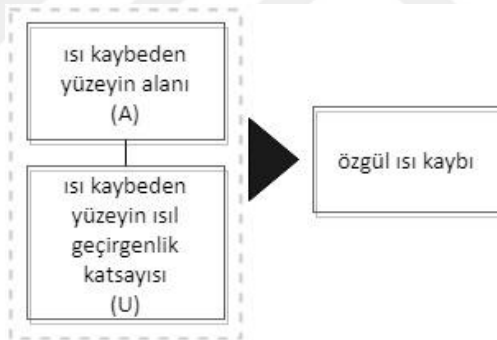
$$H = H_T \quad (4.10)$$



Şekil 4. 26 Özgül ısı kaybı varsayılan akış diyagramı

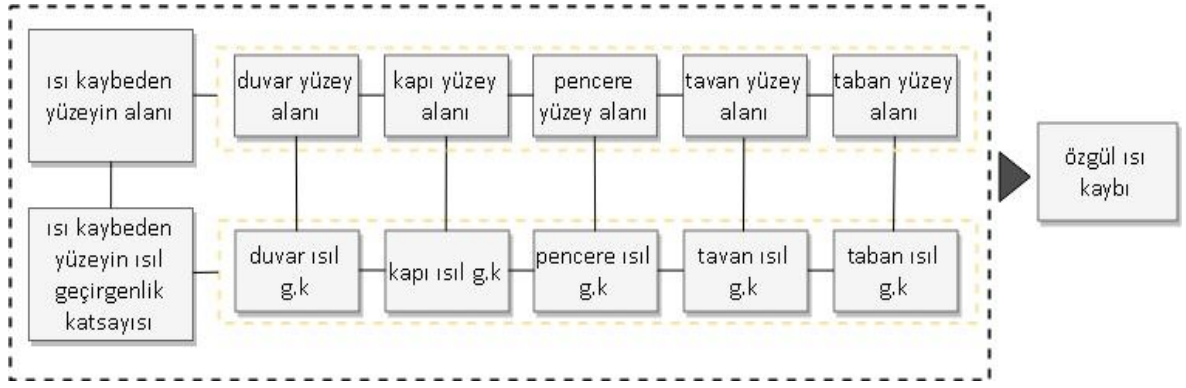
H değerini hesaplayan fonksiyonun çalışması H_T iletim ve taşınım yoluyla oluşan ısı kaybı değerini hesaplayan fonksiyonun çalışmasına bağlıdır. Bir fonksiyonun çıkış verisi diğer fonksiyonun giriş verisini oluşturmaktadır.

Isı kaybı fonksiyonu içinde hem iletim hem de taşınım kayıpları bulunmaktadır. Taşınım kayıpları ısı köprüsünün etkisini de içermektedir. Bu etki göz ardı edilecek ve hesaplamalara ilave edilmeyecektir. Dolayısıyla özgül ısı kaybı, iletim yoluyla oluşan ısı kaybına eşit olacaktır.



Şekil 4. 27 Isı kaybı fonksiyonu genel akış diyagramı

Bu akış diyagramı fonksiyonları toplam ısıl geçirgenlik katsayısı hesabı fonksiyonunun çıkış verisi olan ısıl geçirgenlik katsayısı U değerini giriş verisi olarak kullanmaktadır. Yüzey alanı ve U değerinin çarpımı ile elde edilen ısı kaybı değeri aynı zamanda ısı enerjisi gereksinimi için de kullanılacaktır.



Şekil 4. 28 Isı kaybı fonksiyonu ayrıntılı akış diyagramı

Duvar bileşeni, pencere bileşeni, kapı bileşeni, taban ve tavan bileşenleri için yapılacak bu çarpım hesaplamaların toplamı yapının toplam ısı kaybı değerini verecektir. Yapının tipine göre bu bileşenlerin sayısını artırmak mümkündür. Ancak model önerisi için kullanılacak bileşenler isimleri sayılan bileşenler olduğu için TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında yer alan ve (4.11)'de gösterilen ana formülde diğer bileşenler hesaplamalara katılmayacaktır.

$$\sum AU = H_T = U_D A_D + U_p A_p + U_k A_k + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_t A_t + U_d A_d + 0.5 U_{ds} A_{ds} \quad (4.11)$$

Bu formülde yer alan A_d , A_{ds} değerleri yapının dış ortamla temas eden tabanı ve farklı sıcaklık değeri ile temas eden yapı bileşeni olmadığı için dikkate alınmamış sıfır olarak kabul edilmiştir.

Formülde hesaplamalara katılan sabit katsayı değerleri vardır. Bu değerler TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında tanımlanan katsayı değerleri olup bileşenler için aynı şekilde kullanılmıştır.

Dış duvarın ısı kaybeden yüzey alanını hesaplamak için mekân seçenekleri dikkate alınmıştır. Üç farklı mekân seçeneği için bu hesaplamalar şu şekilde yapılmaktadır:

- Dış duvarın ısı kaybeden yüzey alanı A_D hesaplama yöntemi birinci mekân seçeneğine göre dört dış duvarın alanı toplamından pencere alanının çıkarılması işlemidir (4.12)'de gösterilen formül ile ifade edilmiştir.

$$A_D = 2 * (en * yükseklik + yükseklik * boy) - pencere alanı \quad (4.12)$$

- Dış duvarın ısı kaybeden yüzey alanı A_D hesaplama yöntemi ikinci mekân seçeneğine göre iki dış duvarın alanı toplamından pencere alanının çıkarılması işlemidir.(4.13)'te gösterilen formül ile ifade edilmiştir.

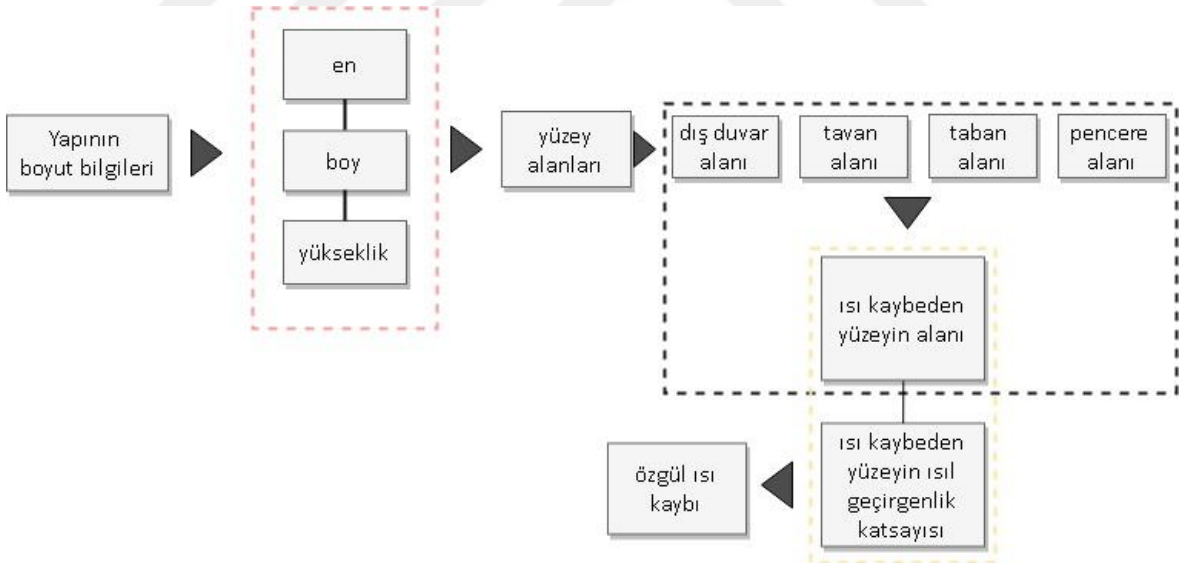
$$A_D = (en * \text{yükseklik} + \text{yükseklik} * \text{boy}) - \text{pencere alanı} \quad (4.13)$$

- Dış duvarın ısı kaybeden yüzey alanı A_D hesaplama yöntemi üçüncü mekân seçeneğine göre bir dış duvarın alanı toplamından pencere alanının çıkarılması işlemidir. (4. 14)'te gösterilen formül ile ifade edilmiştir.

$$A_D = (en * \text{yükseklik}) - \text{pencere alanı} \quad (4.14)$$

Formüllerde görülen pencere alanı ifadesi sabit bir değer değildir. Pencere alanının taban alanına oranı, %25-%50 aralığında değişken olduğu için bu yüzey alanı da değişkendir ve parametrik olarak hesaplanacaktır. Dolayısıyla kodun içinde hem duvar alanı hem de pencere alanı değişken veri olarak tanımlanmıştır. Ayrıca pencere alanı hesabı iki bilinmeyenli denklem kullanılarak kodun içine yerleştirilmiştir.

Yapının aylık ısı kaybı fonksiyonu alan ve hacim değeri hesaplama fonksiyonundan elde edilen verileri kullanmaktadır. Her iki fonksiyonun bağlantı diyagramı Şekil 4.29'da verilmiştir. Bu şemaya göre hesaplanan alan değerler özgül ısı kaybı hesabında giriş verisi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4. 29 Alan hacim hesabı ve özgül ısı kaybı hesabı bağlantı diyagramı

Aynı şekilde özgül ısı kaybı hesabı fonksiyonu bileşen özellikleri ile ilişkili olması ve toplam faydalı kazançlar hesabı fonksiyonu için değişken giriş verisi sağlaması açısından önemlidir.

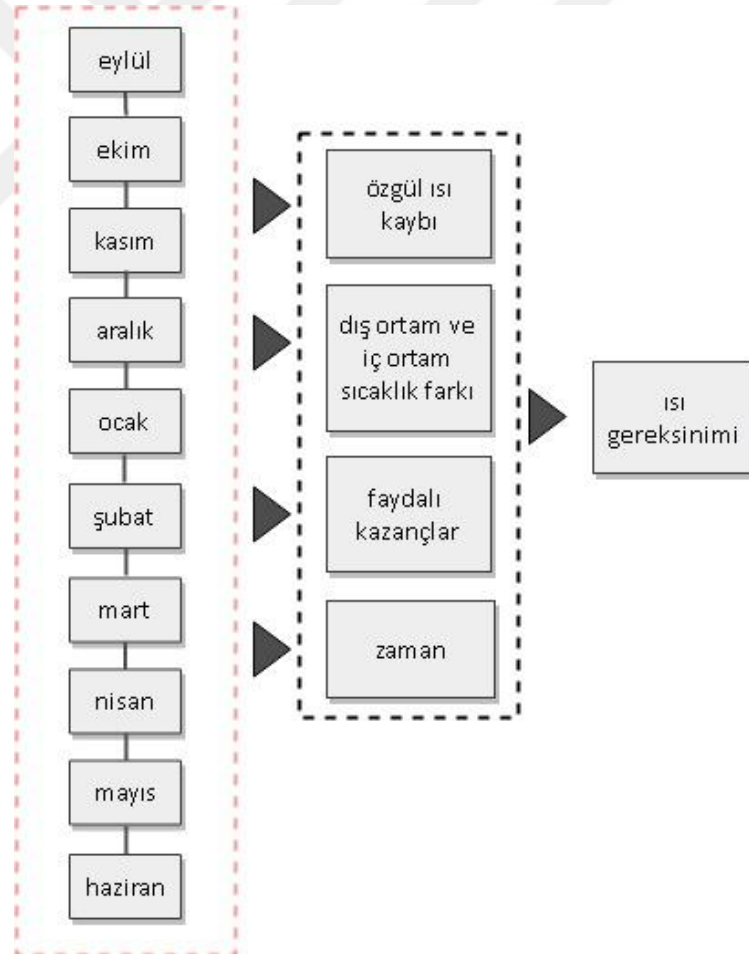
4.3.5 Yıllık Isıtma Enerjisi Gereksinimi Hesabı

Bir yapının yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi aylık ısıtma enerjisi gereksinimlerinin toplamıdır.

Aylık ısıtma enerjisi gereksinimi (4.17)'deki formül ile ifade edilmektedir [68].

$$Q_{ay} = [H(\Theta_i - \Theta_e) - \eta_{ay}(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t \quad (4.17)$$

Bu formülde dış ortam ve iç ortam arasındaki sıcaklık farkı ($\Theta_i - \Theta_e$), faydalı kazançlar ($\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}$), özgül ısı kaybı (H) ve zaman (t) ifadeleri yer almaktadır. Fonksiyon şeması Şekil 4.30'daki gibidir. Isıtma gereksinimi hesabında iç sıcaklık ve dış sıcaklık arasındaki farkın negatif değer olması durumunda formüle göre negatif değerler elde edileceğinden bu durumlara neden olan aylarda ısı gereksinimi hesaplanmayacak ve sıfır olarak kabul edilecektir. Dolayısıyla toplam değere etkisi olmayacaktır.



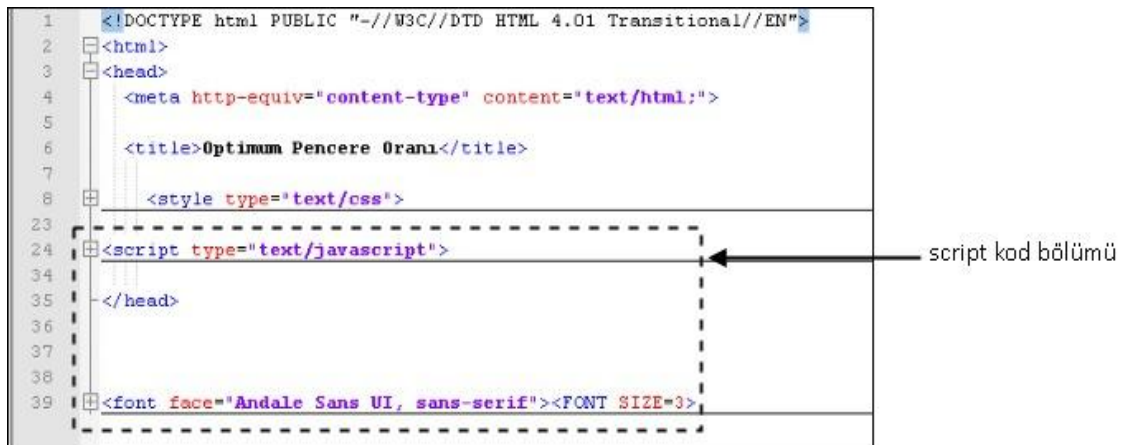
Şekil 4. 30 Isı ihtiyacı hesabı akış diyagramı

Kodun içine her ay için döngü oluşturacak şekilde sayaç fonksiyonu eklenmiştir. Zaman olarak algoritmada ve kodun içinde yer alan t verisi, saniye cinsinden süreyi ifade etmektedir. Değişken veri olarak kodun içine yerleştirilmiş ve her ay için o ayın gün sayısına göre hesaplanmıştır. Zaman dışındaki bütün veriler ve fonksiyonlar diğer algoritmaların verileri ve fonksiyonlarıdır. Kural 8 bu algoritma için de geçerlidir. Dolayısıyla bazı aylar için ısıtma enerjisi gereksinimi olmayacaktır. Bütün kayıp, kazanç ve gereksinim fonksiyonlarını, bütün giriş çıkış verilerini içeren şemalar tek bir şema üzerinde EK-C'de sunulmuştur.

4.4 Kod Bloklarının Oluşturulması

Çözümlenen, kuralları tanımlanan ve verileri belirlenen algoritma yapısına göre PHP (Hypertext Preprocessor) programlama dili kullanılarak kod yazılmıştır. PHP günümüzde en yaygın olarak kullanılan bir metin tabanlı programlama dilidir. Web üzerinden çalışabildiği gibi yerel sunucu¹ oluşturularak da çalıştırılabilmekte ve HTML (Hyper Text Markup Language) sayfalarında ve metin editörlerinde yazılabilmektedir.

Kod algoritma bölümünde sözü edildiği üzere üç farklı mekân seçeneği üzerinden yazılmıştır. Bu üç mekân seçeneği için yazılan üç farklı kod JAVA Script kullanılarak birleştirilmiş ve üç parça olarak tek bir arayüz içine yerleştirilmiştir. Bu script, kod parçalarının ve arayüzün uyumlu çalışmasını sağlamaktadır.



```
1 <!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN">
2 <html>
3 <head>
4 <meta http-equiv="content-type" content="text/html;">
5
6 <title>Optimum Pencere Oranı.</title>
7
8 <style type="text/css">
23
24 <script type="text/javascript">
34
35 </head>
36
37
38
39 <font face="Andale Sans UI, sans-serif"><FONT SIZE=3>
```

Şekil 4. 31 JAVA script kod bloğu görünümü

¹ local server.

Şekil 4.31’de JAVA Script kodun ana ekran görünümü verilmiştir. Mekân geometrisinin üç farklı seçeneği kod üzerinde görülmektedir. Bu seçeneklerin her biri kendi içinde döngüye sahiptir ve hepsi aynı veri tabanını kullanmaktadır. Veri tabanında bulunan veriler her bir seçenek için ayrı ayrı çalıştırılmaktadır. Başlık bölümü PHP kod ile eşzamanlı çalışma sağladığı için aynı olarak tanımlanmıştır.

PHP kodun ana görünümü Şekil 4.32’deki gibidir.

```
1 <!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN">
2 <html>
3 <head>
4 <meta http-equiv="content-type" content="text/html;">
5
6 <title>Optimum Pencere Oranı</title>
7
8
9 </head>
10
11 <?php
755
```

kodlama bölümü

Şekil 4. 32 Kod blokları ana görünümü

Kod 755 satırdan oluşmaktadır. Şemalara göre belirlenen 13 adet fonksiyon tanımlanmıştır. Bu fonksiyonlar kendi içlerinde bağımsız çalışmakta ancak birbirleriyle veri alışverişi yapabilmektedirler. Kodun tamamı Ek-D’de sunulmuştur.

```

45 function R_isilgecirgenlikdirenci ( $d, $lambda h ) {
61
62 function U_toplamisilgecirgenlikkatsayisi ( $Ri, $R, $Re ) {
79
80 function UD_duvarisilgecirgenlikkatsayisi ( $yalitimmalzemesi, $yalitimkalinligi ) {
134
135 function UT_tavanisilgecirgenlikkatsayisi ( ) {
162
163 function UT_tabanisilgecirgenlikkatsayisi ( ) {
196
197
198 function H_yapininozgulisikaybi ( $UD,
199 $AD,
200 $UP,
201 $AP,
202 $UK,
203 $AK,
204 $UT,
205 $AT,
206 $UT,
207 $AT,
208 $UD,
209 $AD,
210 $UDs,
211 $Ads ) {
246
247 function gIay_gunesenerjisigecirmefaktoru ( $camtipi ) {
274
275 function Qs_aylikgunesenerjisikazanclari { $riay,
276 $giay,
277 $Iiay,
278 $An } {

```

fonksiyonlar
fonksiyon isimleri
parametreler

Şekil 4. 33 Fonksiyonların ekran görünümü

Bu onüç fonksiyonun bir kısmı Şekil 4.33'te görülmekte, kalan diğer kısmı ise Şekil 4.34'te görülmektedir. Kodun içinde kullanılan fonksiyon isimleri ile şemaları oluştururken kullanılan fonksiyon isimleri, eşleştirmelerde kolaylık olması bakımından aynı tutulmuştur.

Kod esnek yapıda düşünüldüğü için kullanıcı istekleri doğrultusunda parametreleri artırmak mümkündür.


```

295
296 function Qıay_aylikiekazanclar( $A$ ) (
310
311 function KKOay_kazanckayiporani ( $Qıay,
312                                     $Qısay,
313                                     $H,
314                                     $Qı,
315                                     $Qe ) (
334
335 function ıay_kazanckullanımfaktorı ( $KKOay ) (
348
349 function ıay_aylikgerekenısımiktari ( $H,
350                                     $Qı,
351                                     $Qe,
352                                     $ıay,
353                                     $Qıay,
354                                     $Qısay,
355                                     $t ) (

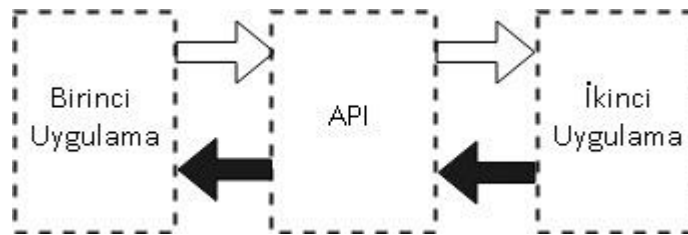
```

fonksiyonlar
fonksiyon isimleri
parametreler

Şekil 4. 34 Fonksiyonların ekran görünümü devamı

4.5 Kod Bloklarının Farklı Ortamlarla İlişkisi: API

Tez çalışması kapsamında geliştirilen hesaplama yönteminin farklı yazılımlarla veri alışverişi ile paylaşım yapabilmesi ve geri dönüşler için veri oluşturması amacıyla bir API¹ geliştirilmiştir. Uygulama Programları Arayüzü olarak tanımlanabilen bu kavram farklı uygulamalar ve yazılımlar arasında bilgi alışverişi amacıyla kullanılmaktadır. İstek ve cevap mantığı üzerinden çalışmaktadır. Elde edilen veri, giriş verisi olarak tekrar kullanılmaktadır. Genel akış şeması Şekil 3.35'te görülmektedir.



Şekil 4. 35 API genel çalışma şeması

Beyaz ok ile gösterilen yönde birinci uygulama ikinci uygulamadan bir istekte bulunmakta, siyah ok ile gösterilen yönde ikinci uygulama birinci uygulamanın isteğine cevap vermektedir. Ortak kullanılan uygulama API'dir.

¹ Application Programming Interface.

PHP programlama dili ile yazılan kod, yapısı nedeniyle, anlık veri işleminde erişim sorunu ortaya çıkarmaktadır. Özellikle işletim sistemi dışında sonradan yüklenen yazılımlar olarak tanımlayacağımız üçüncü parti uygulamalar ile eş zamanlı çalışacak bir servis bulunmamaktadır. Dolayısıyla kodun çalıştırılması ile elde edilen verilerin farklı ortamlarda kullanılabilmesi, paylaşılabilmesi ve bu verilere erişilebilmesi amacıyla ek ve farklı bir uygulama gerekmektedir. Amaç, verilerin farklı ortamlarda da kullanılabilmesini, düzenlemeler ve analizlerin rapor şeklinde görüntülenmesini sağlamaktır. Uygulama web tabanlı olup erişime açıktır. PHP kodun içinde kullanılan fonksiyonlar ve parametreler aynı şekilde kullanılmaktadır. Kodu gizli tutmak mümkündür. Bu uygulama ile PHP kod arasında parametrelerle veri aktarımı web servisler aracılığı yapılmaktadır. Web servisleri web ortamında yayınlanabilen, aranıp bulunabilen ve çağrılarak erişilebilen fonksiyonlardır ve her disiplinde kullanılabilirlerdir.

Bu amaçla programlama dilleri arasında veri alışverişi için kullanılan bazı standartlar vardır. Bu standartlarından en çok kullanılanlar XML (Extensible Markup Language) ve JSON (Java Script Object Notation) yapılarıdır. XML bir dil olup, JSON ise bir veri değişim biçimidir.

JSON yapısı XML'e göre daha rahat kullanılabilirlerdir. Daha hızlıdır ve kapladığı alan daha azdır. Bu nedenle yaygın olarak kullanılmaktadır. JSON formatının doğrudan sunucu¹ kodu olarak kullanılması, sunucuların ve istemcilerin² gelişmesinde büyük kolaylık sağlamaktadır. Programlama dillerinden bağımsız çalışabilen yapısı nedeniyle bu çalışma kapsamında yapılan uygulama içerisinde veri alışverişi için JSON yapısı kullanılmıştır.

Bu uygulama web servis üzerinden geliştirilmiştir. Geliştirilen web servis ile verinin güvenli erişimi ve erişim takibi yapılabilir bir hale getirilmiş ve gereksiz kaynak tüketimi, yanlış sorgulamadan dolayı meydana gelecek olan aşırı bant genişliği tüketimi problemlerinin önüne geçilmesi sağlanmıştır. Web servisler REST³ ve SOAP¹

¹ Server: Ana makine.

² Client: Kullanıcı.

³ Representational State Transfer [69].

protokolleri kullanılarak geliştirilmektedirler. Model önerisi için geliştirilen web servis günümüzde sistemlerin haberleşmesinde en yaygın kullanılan erişim protokollerinden biri olan REST ile geliştirilmiştir. REST, modern web mimarisinde; hafif, basit ve genişletilebilir yapısı olması nedeniyle sıklıkla kullanılmakta ve tercih edilmektedir. Farklı geliştirme platformlarının kolaylıkla kullanabildiği REST protokolü sayesinde veri erişiminden çok işlemeye odaklanabilmektedir. REST'in HTTP² protokolü üzerinde kurulmuş olması da istemci taraflı uygulamaların kolay geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Alternatif olarak gösterilen bir protokol olan SOAP ile kıyaslandığı zaman REST, SOAP gibi proxy³ veya WSDL⁴ kullanımını zorlamamaktadır. Bu da sunucu tabanlı uygulama geliştiricilerin daha hızlı ve rahat adapte olmasını sağlamaktadır [70].

REST protokolünde kullanılan dört talep tipi bulunmaktadır.

- PUT
- GET
- POST
- DELETE

Bu talep tipleri; oluşturma, okuma, güncelleme, silme olarak tanımlanan işlemler kümesidir. PUT yeni bir kaynak oluşturur, DELETE oluşturulan kaynağı siler, GET bir kaynağın mevcut durumunu çağırır, POST yeni bir durumu kaynağa aktarır. GET metodu, istemciler için veri sağlamak amacıyla geliştirildiği için bu çalışmada kullanılmıştır. Bu sayede elde edilen veriler, gerçek zamanlı olarak üçüncü parti uygulamalar tarafından kullanılabilir hale getirilmiş, diğer veri setleri ile etkisi ve ilişkisi değerlendirilerek detaylı analiz ve yorumlamaların yapılabilmesine olanak sağlanmıştır.

Şekil 4.36'daki akış diyagramında GET ve PUT talep tipleri üzerinden Web API çalışma prensibi gösterilmektedir. Beyaz ok yönünde istemci tarafından API üzerinden gönderilen istek veri kaynağına ulaşarak parametreleri okumakta ve yine API üzerinden siyah ok yönünde isteğe cevap vermektedir. Değişiklikler yapılarak diğer uygulamanın

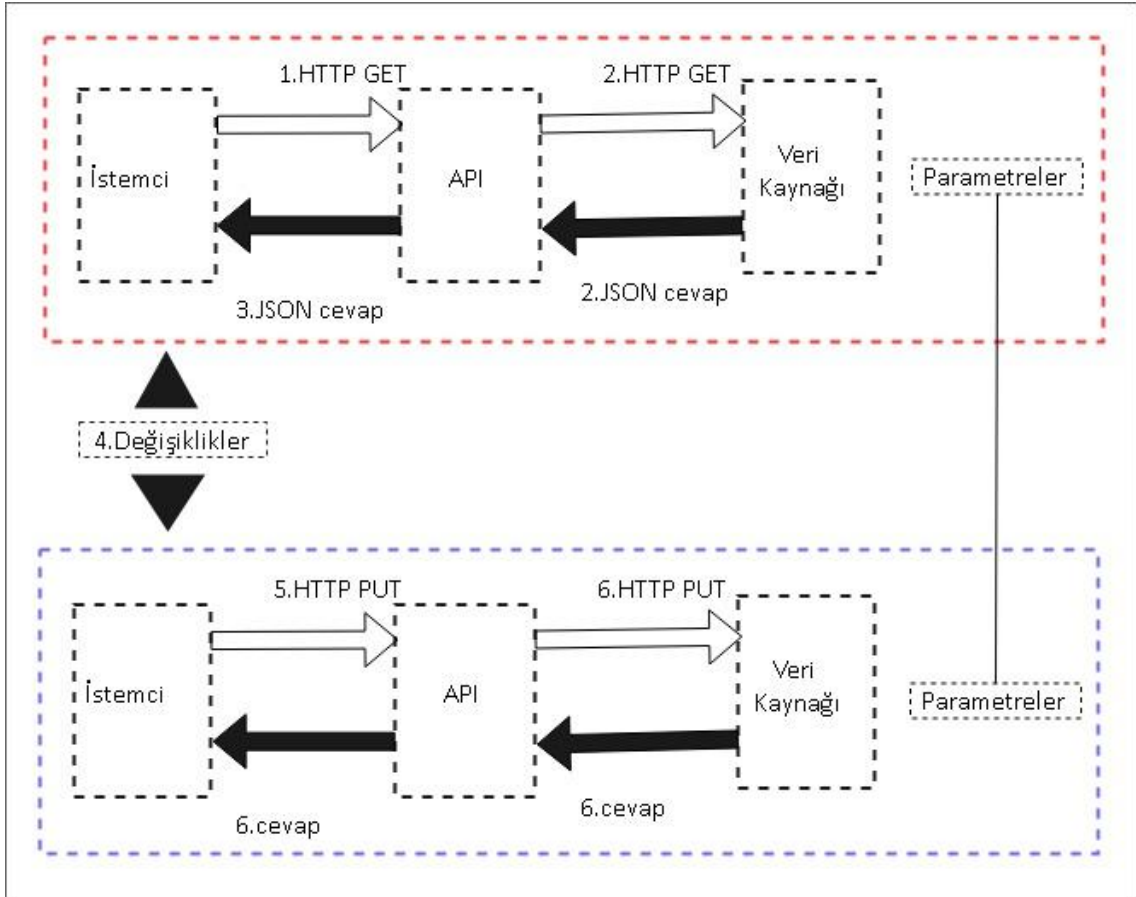
¹ Simple Object Access Protocol: TCP protokolü üzerinden haberleşmeyi sağlayan, XML tabanlı mesajlaşma içeren bir servis protokolüdür [70].

² HTTP: Hyper-Text Transfer Protocol-İnternet protokolü

³ Vekil sunucu: İnternet bağlantısı için kullanılan ara sunucudur.

⁴ WSDL: Web Services Description Language: XML tabanlı dökümanları tanımlamak için kullanılan dil.

istemcisine göndermektedir. Diğer istemci de beyaz ok yönünde değişen yeni kaynakları API üzerinden veri kaynağına ulaştırmakta, veri kaynağındaki parametrelerle eşleşen istek siyah ok yönünde cevap olarak istemciye dönmektedir. Parametre sayısına göre döngü tamamlanmaktadır.



Şekil 4. 36 Web API çalışma prensibi

4.6 API'nin Model Önerisinde Kullanımı

Model önerisindeki uygulama için sorgulama yapmak üzere altı farklı parametre seçilmiştir. Bu parametreler:

- Isı yalıtım malzemesi tipi
- Isı yalıtım malzemesi kalınlığı
- Cam tipi
- En
- Boy
- Yükseklik olarak tanımlanmıştır.

Bu parametreler PHP kodun içindeki parametrelerle aynıdır. İsteğe göre sayısının artırılması mümkündür. Akış diyagramındaki GET metodunda üçüncü parti uygulama geliştiricilerin bu uygulamanın içinde kullanmakta olduğu parametreler yukarıda sözü edilen altı parametredir. Bu altı parametrenin hepsinde aralık sorgusu yapmak mümkündür. Sabit değerler direk yazılabilmekte, aralık değerleri ise uygun karşılaştırma operatörleri ile kullanılabilir. Parametrelerin üç tanesi zorunlu, üç tanesi opsiyoneldir.

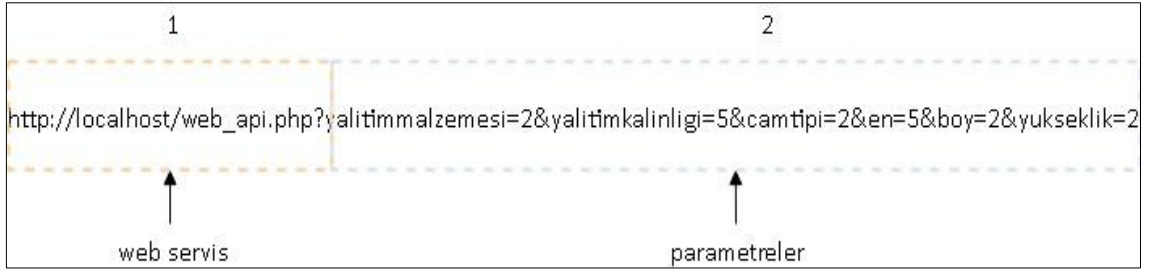
Çizelge 4. 15 Parametre listesi

Parametreler	Zorunlu	Opsiyonel
En	X	
Boy	X	
Yükseklik	X	
Yalıtım malzemesi		X
Yalıtım malzemesi kalınlığı		X
Cam tipi		X

Zorunlu parametreler olan en, boy ve yükseklik değerlerine karşılık gelen değerler, ilişkili yazılımın yani istemcinin içerisindeki katı modelden okunmaktadır.

Web servisin sağlıklı çalışması için gerekli olan diğer üç parametre ise opsiyoneldir. Opsiyonel olan parametreler; yalıtım malzemesi, yalıtım kalınlığı ve cam tipidir. Bu parametrelere ilişkili yazılım üzerinden değer gönderilemediği durumlarda varsayılan¹ değerler otomatik olarak atanmaktadır. Varsayılan bu değerler; yalıtım malzemesi için veri tabanında ikinci seçenek olarak yer alan Taş yünü 0.40, yalıtım malzemesi kalınlığı için 5cm ve son olarak cam tipi için aynı veri tabanında yine ikinci seçenek olarak yer alan renksiz yalıtım camıdır. Bu parametreler hazırlanan katı modele element olarak atanmaktadır. Atanan bu elementler görsel programlama eklentisi üzerinde geliştirilen uygulama ile tekrar web servisine gönderilmektedir. Bu çalışma prensibine göre; GET metodu ile sorgulamanın kullanım ifadesi Şekil 4.37'deki gibidir.

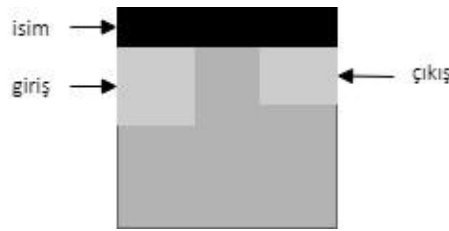
¹ default.



Şekil 4. 37 Geliştirilen uygulama için web servis kullanımı

Kullanım ifadesininin 1 numara ile gösterilen kısmı çalışan web servisi, 2 numara ile gösterilen kısmı ise parametreleri göstermektedir.

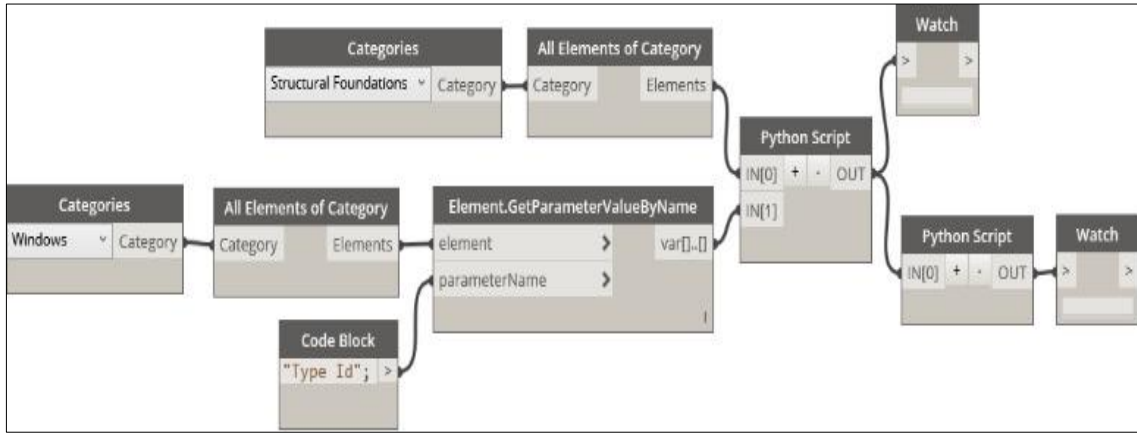
Bu uygulama için kullanılacak ilişkili yazılım Autodesk Revit olarak seçilmiştir. Revit seçilme nedeni bu tür bir çalışma için gereken disiplinlerarası işbirliğine uygun olmasıdır. Revit üzerinde eş zamanlı olarak çalışabilen bir eklenti olan Dynamo görsel programlama dili ile yapılan uygulamada, modelin özelliklerinden en, boy ve yükseklik değerleri alınarak geliştirilen web servise gönderilmektedir. Dynamo içinde barındırdığı node adı verilen simgelerle işlem akışını sağlamaktadır. Her node bir işlem gerçekleştirir. Bu işlemler geometri oluşturma, sorgulama veya saklama işlemleri olabilmektedir. Node yapısı Şekil 4.38'de gösterilmektedir [72]. Bu yapıda her node için giriş ve çıkış verileri ile node isminin yazılı olduğu bölümler bulunmaktadır. Bağlantılar yapıldıktan sonra bu bölümlerde değerler oluşmaya başlayacaktır.



Şekil 4. 38 Dynamo node yapısı

Bu uygulamanın görsel programlama dili ile ifadesi Şekil 4.39'daki gibidir. Bu kodlamada Python betik dili kullanılarak Dynamo ile birlikte çalıştırılmıştır. Bu eklenti aynı zamanda diğer bir görsel programlama eklentisi olan ve Rhinoceros yazılımı üzerinden çalışan Grasshopper eklentisi ile de ortak çalışabilmektedir. İki eklenti arasındaki bağlantı ve veri alış veriş Python betik dili ile kurulabilmektedir. Python yüksek seviye bir programlama dilidir. Açık kaynak olduğu için oldukça tercih

edilmektedir. Derleyici yerine yorumlayıcı ile çalıştığı için diğer dillere göre daha hızlı çalışmaktadır. İnteraktif ve script modlarında çalışabilmektedir. [73]



Şekil 4. 39 Uygulamanın Dynamo görsel programlama dili ile ifadesi

Dynamo definition çalıştıktan sonra API üzerinden PHP kod çalıştırılır ve gereken ısı miktarı, en uygun pencere yönü, pencere oranı seçenekleri elde edilir. Bu seçeneklerin Revit ortamında görüntülenmesi parametreler tanımlanması ile yapılmaktadır. Project Parameter¹ olarak tanımlanan bu değerler birim değerleri ile birlikte istenilen family² içine yerleştirilebilirler. Family bir proje içine eklenen bütün elemanları içermektedir. Bu elemanlar duvar, kapı, pencere, etiketler, detaylar, belirtme çizgileri gibi bileşenlerdir. Var olan bir elemanı değiştirmek veya yeni bir eleman eklemek amacıyla Family Editor³ kullanılır. Bu elemanlar projedeki değişiklikleri kolaylıkla yapabilmeyi ve kontrol edebilmeyi sağlamaktadır. Bu parametreler değer olarak yerleştirilebileceği gibi tabloların okunabilmesi için URL adresi olarak da tanımlamak mümkündür.

Web servis kullanımı Python script içinde yer almaktadır. Şekil 4.40'de bu ifade görülmektedir.

¹ Project Parameter: Proje parametresi

² Familii: Revit yazılımı içinde ortak özellikleri olan ve grafik olarak gösterilebilen elemanların grubu family olarak isimlendirilir.

³ Family Editor: Family düzenleyicisi

```
1 import sys
2 sys.path.insert(0, 'C:\Program Files (x86)\IronPython 2.7\Lib')
3 import webbrowser
4
5 import clr
6 import urllib2, urllib
7 clr.AddReference('ProtoGeometry')
8 from Autodesk.DesignScript.Geometry import *
9 #The inputs to this node will be stored as a list in the IN variables.
10 #dataEnteringNode = IN
11
12
13
14 oran=float(IN[0])
15 mydata=[('ratio',oran)] #The first is the var name the second is the
16 value
17 mydata=urllib.urlencode(mydata)
18 path='http://localhost:8080/api/' #the url you want to POST to
19 req=urllib2.Request(path, mydata)
20 req.add_header("Content-type", "application/x-www-form-urlencoded")
21 page=urllib2.urlopen(req).read()
22 print page
23 #Assign your output to the OUT variable.
24 webbrowser.open('http://localhost:8080/api/')
25
26 # webbrowser.open('http://localhost:8080/api/?ratio='+str(oran))
27 OUT = page
```

1

2

parametrelerin alınması

web servis kullanımı

Şekil 4. 40 Uygulamanın Python script ile ifadesi

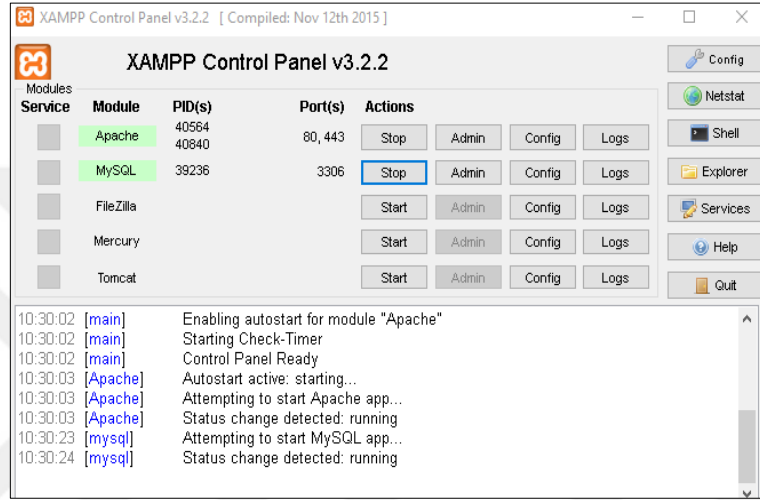
Oluşturulan bu uygulama ile Revit yazılımı ve PHP kod arasında veri alışverişi sağlanmıştır. Revit ortamında oluşturulan model üzerinde istenilen bileşenler script içinde tanımlanarak kod ile eş zamanlı çalışması sağlanabilmektedir.

4.7 Modelin Çalıştırılması

Modeli oluşturan kodun çalışabilmesi için iki farklı senaryo düşünülmüştür. Bu senaryolar, kodun tek bir bilgisayar üzerinden çalışması ve kodun web ortamında çalışması üzerine kurgulanmıştır. Bu senaryolar aşağıdaki gibidir:

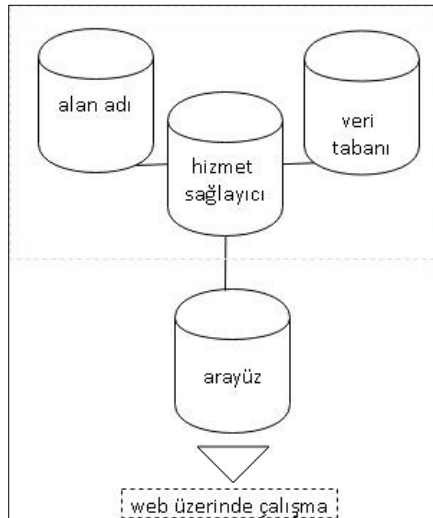
- 1) Yerel Çalışma Senaryosu: Birinci senaryo kodun tek bir bilgisayar üzerinde yerel şekilde çalıştırılması esasına dayanmaktadır. Bu senaryo ilk örnek üretimi için düşünüldüğü için MVP (Minimum Viable Product) yaklaşımı benimsenmiştir. MVP, ürün geliştirmek için gereken geri dönüşün sağlanabilmesi amacıyla üretilen veya elde edilen ön ürün olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla önerilen model öncelikle ilk örnek olarak geliştirilmiş daha sonra uygulama projesi dönüşümü yapılmıştır. Bu senaryoda kodun yerel olarak çalışabilmesi için XAMPP (Apache-MariaDB-PHP-Perl) kurulumu gerekmektedir. Bir web sunucu yazılımı olan XAMPP bilgisayarın

yerel sunucu olarak çalışmasını sağlar. Linux ve Windows tabanlı olarak çalışabilmekte ve PHP geliştirmek için kullanılmakta olan açık kaynak bir yazılımdır. Web sunucu olarak Apache, veri tabanı olarak MySQL (My Structured Query Language) kullanmaktadır. Şekil 4.41’de XAMPP kontrol ekranından görüldüğü üzere, Apache ve MySQL ‘in çalışır durumda olması bilgisayarın yerel sunucu olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Sunucu ve veri tabanı üzerinde yer alan yeşil bantlar sistemin çalışmaya hazır olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. 41 XAMPP kontrol ekranı

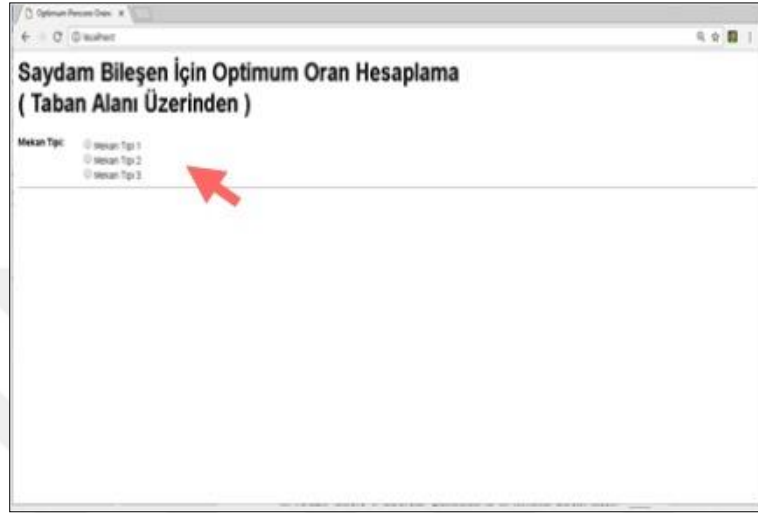
- 2) Web Üzerinde Çalışma Senaryosu: İkinci senaryo ise kodun web üzerinden çalışması esasına dayanmaktadır. Amaç kodun herkesin erişimine açık olmasıdır. Bu senaryo projenin uygulaması için düşünülmüştür.



Şekil 4. 42 Web üzerinde çalışma senaryo diyagramı

4.7.1 Modelin Yerel Sunucu Üzerinde Çalıştırılması

Sistem yerel sunucu üzerinden çalıştırılarak test edilmiştir. Sistemin arayüz görüntüsü Şekil 4.43'teki gibidir. Internet Explorer ve Google Chrome tarayıcıları üzerinden çalışabilmektedir. Bu görüntü Google Chrome tarayıcı üzerinde çalışan sistemin ekran görünümüdür.



Şekil 4. 43 Mekân geometrisi seçenekleri ana ekranı tarayıcı görüntüsü

Sistem kullanıcısı tarafından, görünümde kırmızı ok ile gösterilen bölümden, mekân özelliklerinin kodun içine tablo olarak veya sabit değişken olarak yerleştirilen bilgilerini içeren geometriyi seçmesi istenmektedir. Bu seçenekler 4.2.2 Mekân Geometrisi Seçenekleri Bölümünde açıklanmıştır. Arayüz yapılan seçimin iptaline ve geri dönüşüne izin vermektedir. Bu seçeneklerle ilgili kullanıcı deneyimlerinin elde edileceği ekran görüntüleri ve parametre seçimleri şu şekildedir:

Mekân tipi 1 için:

Bu mekân seçeneğine ait arayüz görünümü Şekil 4.44'te verilmiştir. En, boy, yükseklik bilgileri isteğe bağlı olmakla birlikte 2.4.1 MEB.2014.08.İO Tip Proje bölümünde sözü edildiği üzere; seçilen referans eğitim yapısına uygunluk için, bu referans yapısının taban alanını sağlayacak bilgilerin ve tavan yüksekliğinin seçilmesi önerilmektedir. Bu arayüzde ısı yalıtım malzemesi ve cam tipi seçenekleri, 4.3.3 Toplam Isıl Geçirgenlik Katsayısı Hesabı bölümünde tablo olarak verilen malzeme seçenekleridir ve bu seçenekler arasından kullanıcı tarafından belirlenecektir.

Saydam Bileşen İçin Optimum Oran Hesaplama
(Taban Alanı Üzerinden)

Mekan Tipi: Mekan Tipi 1
 Mekan Tipi 2
 Mekan Tipi 3

Mekan Tipi 1

En: m

Boy: m

Yükseklik: m

Isı Yalıtım Malzemesi:

Yalıtım Malzemesi Kalınlığı: cm

Cam Tipi:

Hesapla Temizle

Mekan Tipi 1

En: m

Boy: m

Yükseklik: m

Isı Yalıtım Malzemesi:

Yalıtım Malzemesi Kalınlığı: cm

Cam Tipi:

Hesapla Temizle

taş yünü- 035
taş yünü- 040
taş yünü- 045
taş yünü- 050

renksiz tek cam
renksiz yalıtım camı
camı

Şekil 4. 44 Birinci mekân geometrisi seçeneği kullanıcı seçimi arayıcı görünümü

Mekân tipi 2 için:

Bu mekân seçeneğine ait arayüz görünümü Şekil 4.45'te verilmiştir. Mekân tipi 1 seçeneğinde olduğu gibi, en, boy, yükseklik bilgileri isteğe bağlı olmakla birlikte 2.4.1 MEB.2014.08.İÖ Tip Proje bölümünde sözü edildiği üzere; seçilen referans eğitim yapısına uygunluk için, bu referans yapısının taban alanını sağlayacak bilgilerin ve tavan yüksekliğinin seçilmesi önerilmektedir. Bu arayüzde de yine mekân tipi 1 seçeneği arayüzünde olduğu gibi, ısı yalıtım malzemesi ve cam tipi seçenekleri, 4.3.3 Toplam Isıl Geçirgenlik Katsayısı Hesabı bölümünde tablo olarak verilen malzeme seçenekleridir ve bu seçenekler arasından kullanıcı tarafından belirlenecektir.

Saydam Bileşen İçin Optimum Oran Hesaplama
(Taban Alanı Üzerinden)

Mekan Tipi: Mekan Tipi 1
 Mekan Tipi 2
 Mekan Tipi 3

Mekan Tipi 2

En: m

Boy: m

Yükseklik: m

Isı Yalıtım Malzemesi:

Yalıtım Malzemesi Kalınlığı: cm

Cam Tipi:

Hesapla Temizle

Mekan Tipi 1

En: m

Boy: m

Yükseklik: m

Isı Yalıtım Malzemesi:

Yalıtım Malzemesi Kalınlığı: cm

Cam Tipi:

Hesapla Temizle

taş yünü- 035
taş yünü- 040
taş yünü- 045
taş yünü- 050

renksiz tek cam
renksiz yalıtım camı

Şekil 4. 45 İkinci mekân geometrisi seçeneği tarayıcı görüntüsü ve kullanıcı seçimi

Mekân tipi 3 için:

Bu mekân seçeneğine ait arayüz görünümü Şekil 4.46'da verilmiştir. Mekân tipi 1 ve 2 seçeneklerinde olduğu gibi, en, boy, yükseklik bilgileri isteğe bağlı olmakla birlikte 2.4.1 MEB.2014.08.İÖ Tip Proje bölümünde sözü edildiği üzere; seçilen referans eğitim yapısına uygunluk için, bu referans yapısının taban alanını sağlayacak bilgilerin ve tavan yüksekliğinin seçilmesi önerilmektedir. Bu arayüzde de yine mekân tipi 1 ve 2 seçenekleri arayüzünde olduğu gibi, ısı yalıtım malzemesi ve cam tipi seçenekleri, 4.3.3 Toplam Isıl Geçirgenlik Katsayısı Hesabı bölümünde tablo olarak verilen malzeme seçenekleridir ve bu seçenekler arasından kullanıcı tarafından belirlenecektir.

Şekil 4. 46 Üçüncü mekân geometrisi seçeneği tarayıcı görüntüsü ve kullanıcı seçimi

Arayüz, her mekân seçeneği için yapılan seçimlerin sıfırlanmasına ve geri dönüşe izin vermektedir.

Taban alanı / pencere alanı oranı üzerinden çalışan kodun içine, pencere alanı /duvar alanı oranını hesaplayan ek bir kod bloğu yerleştirilmiştir. Dolayısıyla kodun çıktıları arasında bu oran da bulunmaktadır. Mekân geometri seçeneklerine göre düzenlenerek, tablo olarak çıkış verisi elde edilebilmektedir.

4.7.2 Modelin Web Sunucu Üzerinde Çalıştırılması

Modelin, tek bir bilgisayar bağı kalmadan herkesin erişimine açık olması, erişilebilirliği için, web ortamında bir arayüz çalışması yapılmıştır. Bu arayüz Responsive design¹ ilkelerine göre bootstrap kullanılarak düzenlenmiştir. Duyarlı tasarım, web sitelerinin bu sitelere erişen cihazlarla uyumlu çalışabilmesini sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Erişim cihazı olarak masaüstü bilgisayar, tablet ve mobil cihazlar düşünülmektedir. Bu cihazların herhangi birisi ile internet erişimi sağlandığında web sitesindeki görünümlerin bozulmaması için belirli ilkeler kullanılmaktadır. Bu ilkeler duyarlı tasarımın ilkelerini oluşturmaktadır. Örneğin; kullanılacak cihazın boyutuna bağlı olarak çözünürlük düzenlemesi bu ilkelerden bir tanesidir. Bu tasarım yaklaşımında, ekran çözünürlüğüne uygun tasarım yapmak yerine, ekran çözünürlüğüne duyarlı tasarım yapılmaktadır.

Bootstrap ise açık kaynak bir araç olup uygulamaların belirli bir şablon üzerinden farklı bileşen grupları ile çalışmasını sağlamaktadır. Bu bileşenler isteğe göre düzenlenebilmektedir. Uygulama kodunun bootstrap tarafından sağlanan şablon kod içine yerleştirilmesi ve düzenlenmesi ile yapılmaktadır. Dolayısı ile hazır bir kod için farklı tasarımlar oluşturmaya olanak sağlamaktadır. Bu tasarımlar duyarlı tasarım ilkeleri doğrultusunda yapılmaktadır. Tasarlanan arayüz internet erişimi olan her cihaza uyumlu bir görünüme sahip olacaktır. Bu araç telefon, tablet ve bilgisayarlar için sunduğu farklı tema seçenekleri ile tasarım yapılmasını sağlamaktadır. Bu temalar web tasarımı için gereken bütün bileşenleri içinde barındırmaktadırlar. Bütün cihazlar ile uyumlu çalışabilmektedir. İçinde barındırdığı özelliklerden dolayı kullanılan imajlar her türlü cihaz için uygun görünüme getirilebilmektedir[75].

Uygulamanın herkesin erişimine açılması amacıyla bir web barındırma hizmet sağlayıcı üzerinden domain-alan adı alınmıştır. Kodun yüklenmesi için gereken alanın alınması işlemi (hosting) de bu sırada yapılmıştır. Bu işlem PHP kodun çalışması için gereken bellek alanını ifade etmektedir. Dolayısıyla, bilgisayar üzerinde yerel sunucu üzerinden çalışan kod, web ortamında, sunucu üzerinden çalışacaktır.

¹ Responsive design: Duyarlı tasarım

Web ortamında sunucu üzerinden çalışacak kod için gereken yazılımlar, alan adı alınırken cPanel¹ aracılığı ile hazır kurulmuş olarak gelmiştir. Bu hizmet de web barındırma hizmet sağlayıcı üzerinden alınmıştır. CPanel bir yönetim yazılımı olup web sunucu olarak kullanılan makinenin web üzerinden kontrol edilmesini ve yönetilmesini sağlamaktadır. CPanel yönetim yazılımı aracılığı ile hem sunucuyu hem de veri tabanı sunucusunu yapılandırmak mümkündür. Bu yapılandırma yazılımları şu şekildedir:

- Web sunucu yapılandırmak için gerekli yazılımlar :
 - 1) Apache
 - 2) PHP 5.6
- Veritabanı sunucusu için gerekli yazılımlar:
 - 1) MySQL 5.1.73
 - 2) Phpyadmin 4.7.7

Ayrıca projenin rahat aktif edilmesi için FTP sunucusu yapılandırılmış, alan adı yapılandırması ve yönlendirmesi için DNS² tanımları aktif edilmiştir. Alan adının sunucuya yönlendirilmesi için gerekli cPanel tanımı eklenmiştir.

Kodun web üzerinde çalışabilmesi erişime açık olması için bir alan adı alınmıştır. Yukarıda da sözü edildiği üzere bu alan adı web barındırma ve hizmet sağlayıcı üzerinden alınmıştır. Bu alan adı ve hizmet için, web barındırma ve hizmet sağlayıcısının kullanıma açtığı bilgisayar, 512 MB RAM³ belleğe, 1 Core CPU⁴ işlemcisine ve 1 GB⁵ disk alanına sahiptir. Ayrıca bu bilgisayarın 50 GB Aylık trafik hacmi bulunmaktadır.

Doktora çalışması için kullanılan alan adı ise http://alan adı/doktora olarak düzenlenmiştir. Tarayıcı olarak Google Chrome kullanılmıştır. Ana sayfa giriş ekranı, Şekil 4.47'deki gibidir.

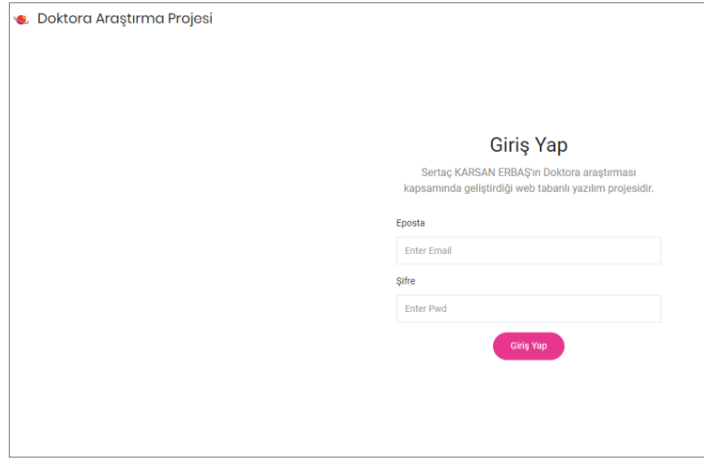
¹ cPanel: uygulama yazılımı

² DNS: Domain Name System

³ RAM: Random Access Memory

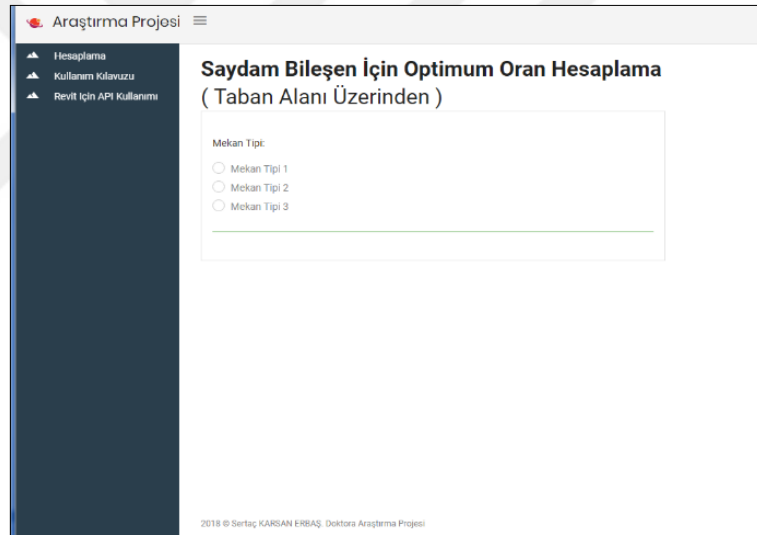
⁴ CPU:Central processing Unit: Merkezi İşlem Birimi

⁵ GB: Gigabyte



Şekil 4. 47 Ana sayfa giriş ekranı

Ana sayfa ekranından kullanıcı ismi ve şifre ile giriş yapılmaktadır. Girişten sonra açılan sayfadan işlemlere devam edilebilmektedir. Kullanıcı ismi ve şifre isteğe göre verilmektedir. Genel arayüz görüntüsü Şekil 4.48’de görülmektedir.



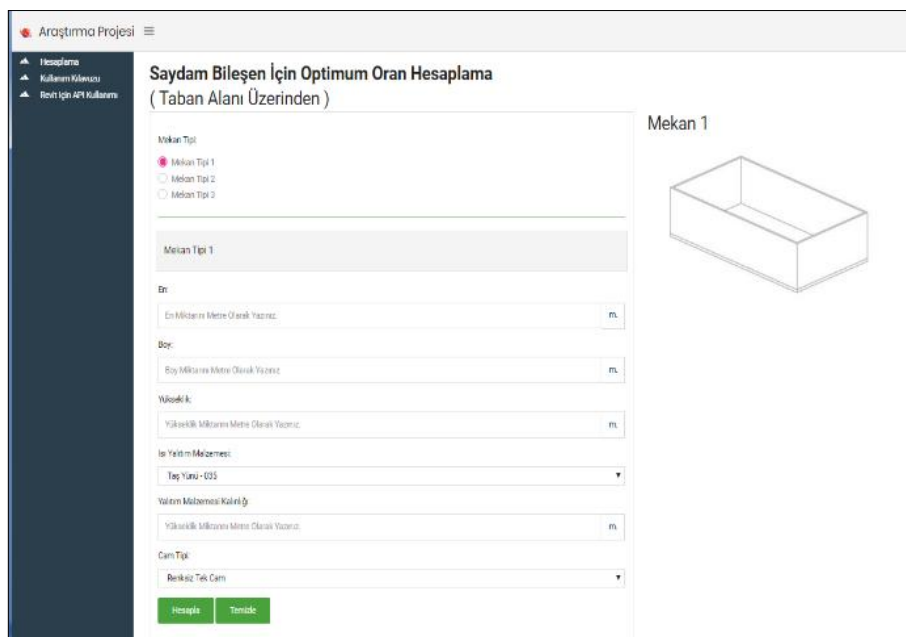
Şekil 4. 48 Genel arayüz görüntüsü

Genel arayüz görüntüsünde, ekran görünümünün sol tarafında, yapılacak işleme göre seçilmesi gereken menü bulunmaktadır. Bu menü, isteğe göre farklı düzenlerde oluşturulabilmektedir. Model önerisi için geliştirilen arayüzde, bu menü içinde yer alan başlıklar, Hesaplama, Kullanım Kılavuzu ve Revit için API kullanımı şeklinde düzenlenmiştir. Kod hesaplama bölümünde çalışmakta ve mekân seçeneklerine buradan ulaşılabilir. Kullanım kılavuzu kodun çalışma ilkesi düşünülerek hazırlanmıştır. Revit için API kullanımı seçeneği ise kodun farklı ortamlarla veri alışverişini sağlayan API'nin web ortamında çalışmasını sağlamaktadır. Hesaplama

seçeneği ile ulaşılan mekân geometrisi seçenekleri ve ekran görüntüleri aşağıda gösterilmiştir. Bu ekranlarda seçilen mekân tipine göre küçük bir ön izleme görüntüsü yer almaktadır. Bu görüntüde, mekân geometrisi seçenekleri bölümünde anlatıldığı üzere, dış duvar ve iç duvar ayırımları renklerine göre yapılmıştır.

Her üç seçenek için, yapının en, boy, yükseklik bilgileri ile ısı yalıtım malzemesi cinsi, yalıtım malzemesi kalınlığı ve cam tipi veri girişi istenmektedir. Isı yalıtım malzemesi, cam tipi verileri kullanıcıya seçenek olarak sunulmuştur. Bu seçeneklerin artırılması mümkündür. Diğer değerlerde ise rakam girişi gerekmektedir. Girilen verilerin sıfırlanması için de bir buton bulunmaktadır. Bu buton veri girişinin yeniden yapılmasını sağlamaktadır.

Üç mekân geometrisi seçeneği için, arayüz ekran görünümüleri, Şekil 4.49, Şekil 4.50 ve Şekil 4.51'de gösterilmektedir. Bu üç görünümde, modelin yerel sunucu üzerinde çalışan arayüzünde olduğu gibi, en, boy, yükseklik bilgileri isteğe bağlı olmakla birlikte **2.4.1 MEB.2014.08.İO Tip Proje** bölümünde sözü edildiği üzere; seçilen referans eğitim yapısına uygunluk için, bu referans yapısının taban alanını sağlayacak bilgilerin ve tavan yüksekliğinin seçilmesi önerilmektedir. Bu arayüzde de yine modelin yerel sunucu üzerinden çalışan arayüzünde olduğu gibi, ısı yalıtım malzemesi ve cam tipi seçenekleri, **4.3.3 Toplam Isıl Geçirgenlik Katsayısı Hesabı** bölümünde tablo olarak verilen malzeme seçenekleridir ve bu seçenekler arasından kullanıcı tarafından belirlenecektir.



Şekil 4. 49 Birinci mekân geometrisi seçeneği arayüz görünümü

Şekil 4. 50 İkinci mekân geometrisi seçeneği arayüz görünümü

Şekil 4. 51 Üçüncü mekân geometrisi seçeneği arayüz görünümü

Kullanıcı istekleri doğrultusunda belirlenen değerler sonucu elde edilen hesaplama değerleri, ayrı bir ekran olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sayfada yön ve oranları gösteren yirmidört farklı sonuç bulunmaktadır. Bu sonuçları gösteren ekran görüntüsü Şekil 4.52'dedir. Sonuç değerleri, açılır kapanır menü şeklinde görülmektedir.

Şekil 4. 52 Hesap sonuçları arayüz ekran görünümü

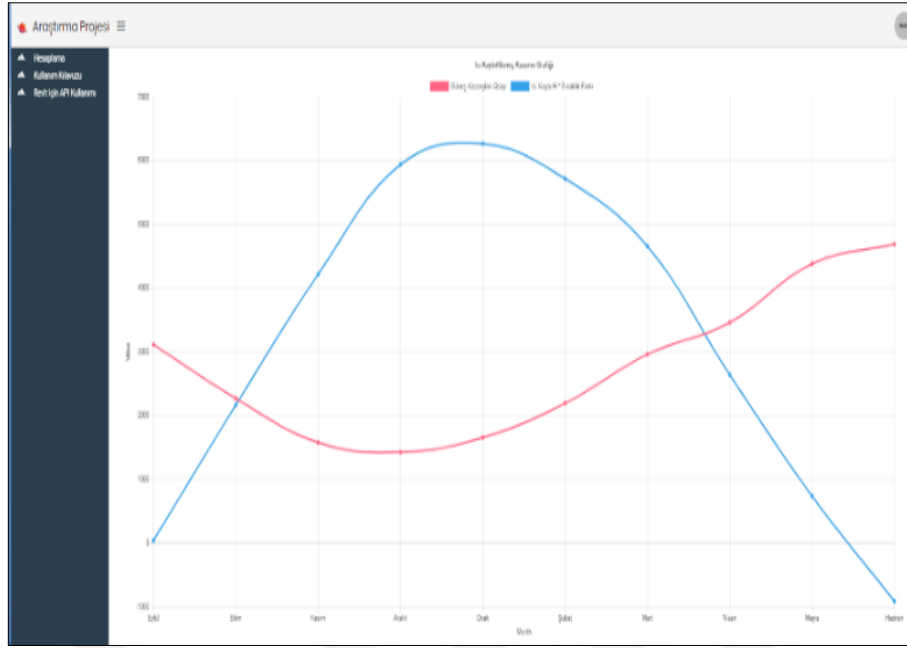
Elde edilen hesap değerleri, isteğe bağlı olarak, tablo veya grafik olarak ekrana gelebilmektedir. Tablo gösterimde, seçilen yön ve oran değerine göre tabloda bulunan değerler üzerinden, enerji verimliliği açısından istenilen referans aralığı sorgulaması yapılabilmektedir. Bu ekran görünümü Şekil 4.53'te gösterilmiştir.

Yön	Referans Alanı	Referans Alanı	Yön	Zaman	Değer	Yön	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer	Değer
Doğu	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Doğu	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Doğu	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Doğu	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Doğu	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Doğu	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Doğu	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Doğu	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Doğu	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Doğu	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Doğu	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Doğu	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140

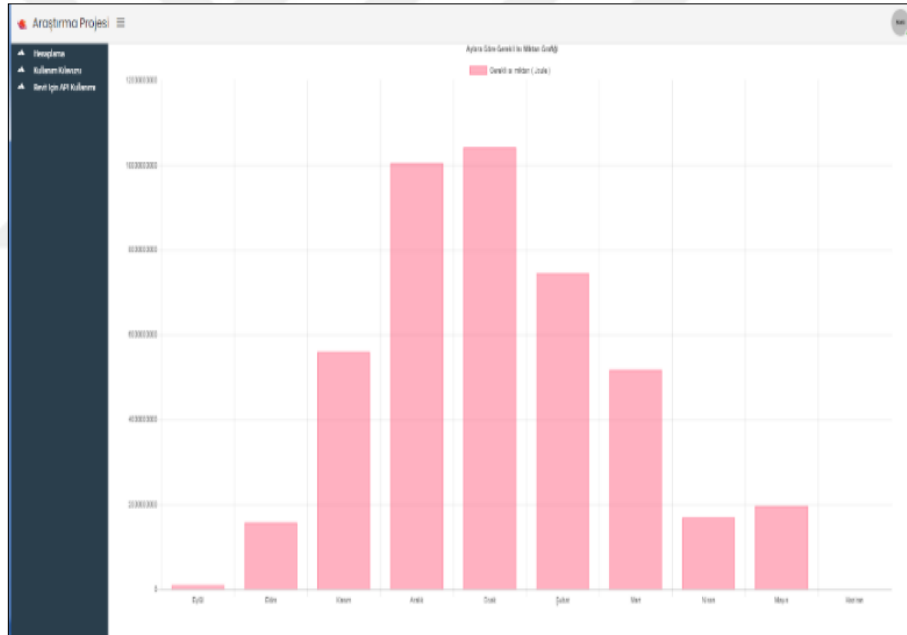
Toplam Yıllık Cerekli Isı Miktarı: 43989666446 Joule
Referans aralığı girilmediği için görünmez
Toplam Yıllık Isı Kaybı: 32344 W
Toplam Yıllık Güney Kazanımı: 27686 W

Şekil 4. 53 Tablo değerleri gösterimi arayüz ekran görünümü

Grafik gösterim için tablo değerlerinin bulunduğu arayüz ekranı kullanılmaktadır. Çizgi ve bar grafik olarak iki farklı grafik gösterim mevcuttur. Bu görünüm, Şekil 4.54 ve Şekil 4.55'te gösterilmektedir.



Şekil 4. 54 Çizgi grafik gösterimi



Şekil 4. 55 Bar grafik gösterimi

Tarayıcı üzerinden çalışan kod için sözü edilen bütün alan adları mobil erişim için de aynıdır. Kodun içinden herhangi bir değişken veya fonksiyonun değiştirilmesi web uygulamasını da etkileyeceği için arayüz içinden de aynı değişikliklerin yapılması şarttır.

4.8 Çıkış Verileri

Birinci mekân geometrisi seçeneği üzerinden matematiksel modelin çalıştırılması sonucu tablolar ve grafikler elde edilmiştir. Parametreler en, boy, yükseklik, ısı yalıtım

malzemesi, ısı yalıtım malzemesi kalınlığı ve cam tipi olarak seçilmiştir. Bu parametrelere atanan değerler ise; ısı yalıtım malzemesi olarak Taş yünü-040, ısı yalıtım malzemesi kalınlığı olarak 4 cm, cam tipi olarak renksiz yalıtım camı belirlenmiştir. Yapının en, boy ve yükseklik bilgileri T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzunda belirlenen taban alanını sağlayan bilgiler olarak seçilmiştir. Bu bilgiler kullanıcı seçimi doğrultusunda değiştirilebilmektedir. Hesaplamalar sonucu oluşan tablolar düzenlenerek bütün yön ve oranlarda bulunan hesap değerleri Çizelge 4.16'da gösterilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere; ısı kaybı, bileşen özellikleri ve sıcaklık farkı değerleri ile formüle edildiği için yönlenmeye bağlı olarak değişmemektedir. Her yön oranları için aynı değerlerdedir. Bu durumda belirleyici olarak güneş kazançları öne çıkmaktadır.

Pencerenin kuzey yönünde konumlandırıldığı durumda gereken ısı miktarı, oran değişikliğine bağlı olarak ortalama bir katı kadar artmaktadır. Kuzey yönünde gereken ısı miktarında en çok artışın %25 oranından %30 oranına geçişte olduğu görülmektedir. Bu oran geçişinde ısı kaybındaki artış diğer oran geçişlerindeki artışlardan daha fazladır. Bu artış gereken ısı miktarı değerini etkilemektedir. Aynı durum güneş kazançları değer artışı için de geçerlidir.

Pencerenin doğu yönünde konumlandırıldığı durumda, gereken ısı miktarı, oran değişikliğine bağlı olarak ortalama bir katı kadar artmaktadır. Doğü yönünde gereken ısı miktarında en çok artışın kuzey yönünde olduğu üzere %25 oranından %30 oranına geçişte olduğu görülmektedir. Bu oran geçişinde ısı kaybındaki artış diğer oran geçişlerindeki artışlardan daha fazladır. Bu artış gereken ısı miktarı değerini etkilemektedir. Aynı durum güneş kazançları değer artışı için de geçerlidir.

Pencerenin güney yönünde konumlandırıldığı durumda, gereken ısı miktarı, oran değişikliğine bağlı olarak ortalama bir katı kadar artmaktadır. Güney yönünde gereken ısı miktarında en çok artışın %35 oranından %40 oranına geçişte olduğu görülmektedir. Bu oran geçişinde ısı kaybındaki artış diğer oran geçişlerindeki artış değeri ile aynıdır. Aynı durum güneş kazançları değer artışı için de geçerlidir.

Pencerenin batı yönünde konumlandırıldığı durumda, gereken ısı miktarı, oran değişikliğine bağlı olarak ortalama bir katı kadar artmaktadır. Bu artış miktarının bütün oranlarda aynı miktarda olduğu görülmektedir. Batı yönünde gereken ısı miktarında en

çok artışın kuzey ve doğu yönlerinde olduğu üzere %25 oranından %30 oranına geçişte olduğu görölmektedir. Bu oran geçişinde ısı kaybındaki artış diğer oran geçişlerindeki artışlardan daha fazladır. Bu artış gereken ısı miktarı değerini etkilemektedir. Aynı durum güneş kazançları değer artışı için de geçerlidir.



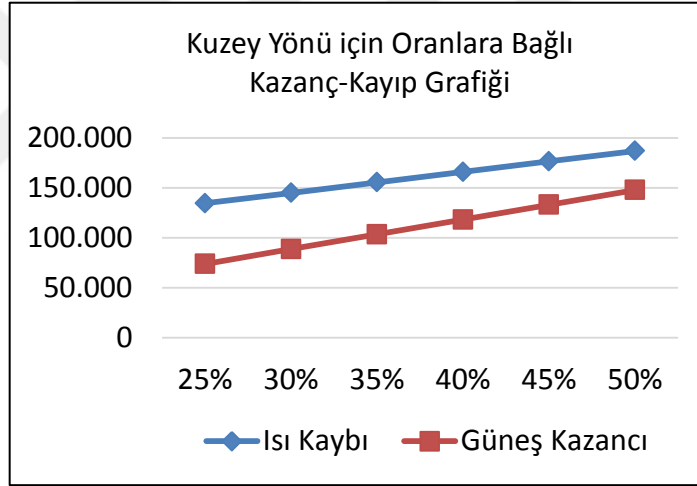
Çizelge 4. 16 Bütün yönler ve oranlar için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gerekli ısı miktarı

Yön	Oran	Toplam Isı Kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gerekli Isı Miktarı (J)
Kuzey	25	134.541	73.937	175.834.455.371
	30	145.029	88.724	189.730.442.625
	35	155.516	103.512	203.649.541.470
	40	166.004	118.299	217.586.935.607
	45	176.492	133.086	231.539.072.932
	50	186.979	147.874	245.503.272.733
Doğu	25	134.541	109.015	157.830.559.688
	30	145.029	130.818	168.395.354.482
	35	155.516	152.621	179.014.862.040
	40	166.004	174.424	189.676.077.504
	45	176.492	196.227	200.369.829.267
	50	186.979	218.030	211.089.459.567
Güney	25	134.541	124.286	138.897.811.208
	30	145.029	149.144	146.334.645.395
	35	155.516	174.001	153.911.900.939
	40	166.004	198.858	186.110.007.517
	45	176.492	223.716	195.540.263.816
	50	186.979	248.573	205.032.243.561
Batı	25	134.541	109.015	157.830.559.688
	30	145.029	130.818	168.395.354.482
	35	155.516	152.621	179.014.862.040
	40	166.004	174.424	189.676.077.504
	45	176.492	196.227	200.369.829.267
	50	186.979	218.030	211.089.459.567

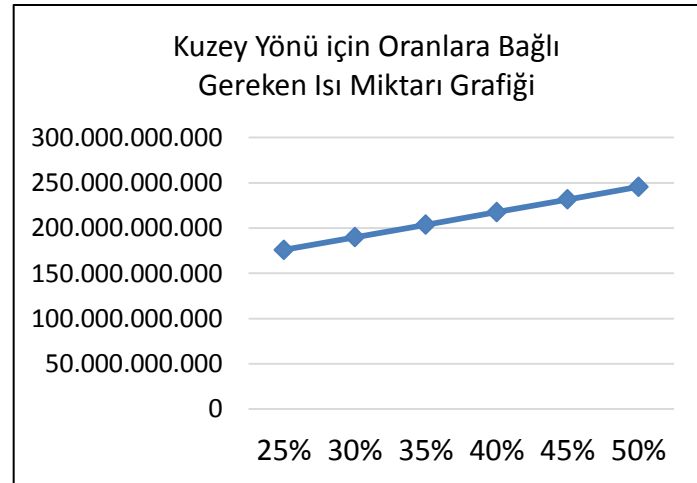
- Kuzey yönü ele alındığında Çizelge 4.17’de en az gereken ısı miktarının %25 oranında olduğu görülmektedir. Isı kaybı ve güneş kazançları da bu oranda düşüktür. Oran arttıkça ısı kayıpları ve güneş kazançları artmakta ve bu iki değer arasındaki fark azalmaktadır.

Çizelge 4. 17 Kuzey yönü kazanç-kayıp bilgileri

Oran	Toplam Isı Kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gereklİ Isı Miktarı (J)
25	134.541	73.937	175.834.455.371
30	145.029	88.724	189.730.442.625
35	155.516	103.512	203.649.541.470
40	166.004	118.299	217.586.935.607
45	176.492	133.086	231.539.072.932
50	186.979	147.874	245.503.272.733



Şekil 4. 56 Kuzey yönü kazanç-kayıp grafiği

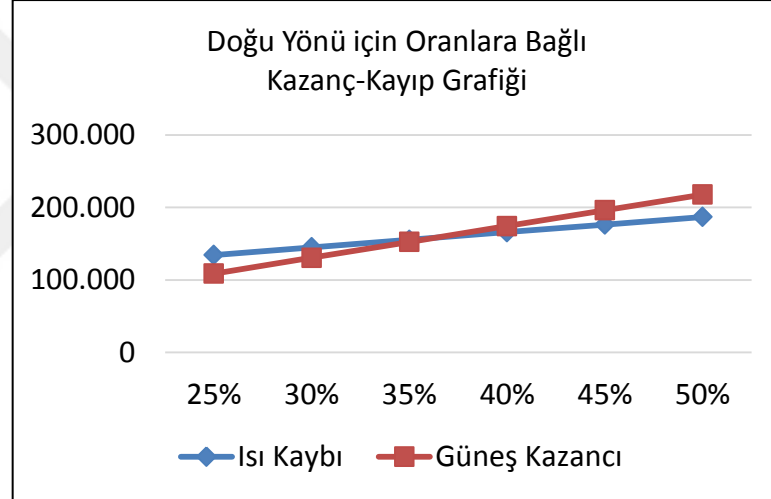


Şekil 4. 57 Kuzey yönü gereken ısı miktarı grafiği

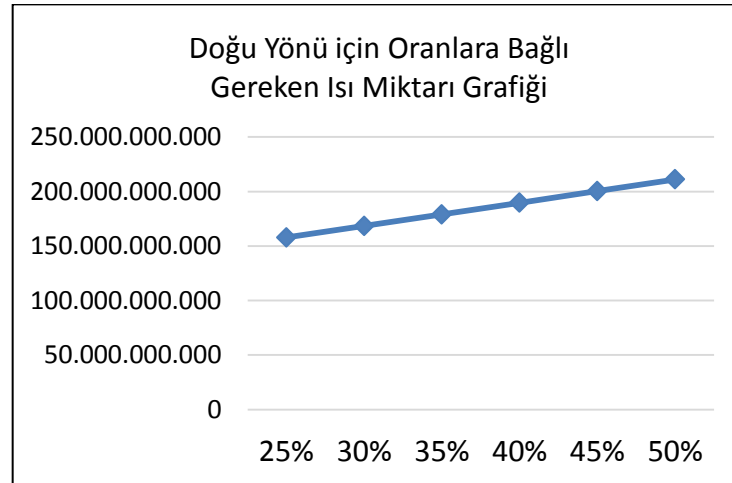
- Doğu yönü ele alındığında Çizelge 4.18'de en az gereken ısı miktarının %25 oranında olduğu görülmektedir. Bu yönde güneş kazançlarının artmasından dolayı kazanç-kayıp arasındaki farkın azaldığı görülmektedir.

Çizelge 4. 18 Doğu yönü kazanç-kayıp bilgileri

Oran	Toplam Isı Kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gerekli Isı Miktarı (J)
25	134.541	109.015	157.830.559.688
30	145.029	130.818	168.395.354.482
35	155.516	152.621	179.014.862.040
40	166.004	174.424	189.676.077.504
45	176.492	196.227	200.369.829.267
50	186.979	218.030	211.089.459.567



Şekil 4. 58 Doğu yönü kazanç-kayıp grafiği

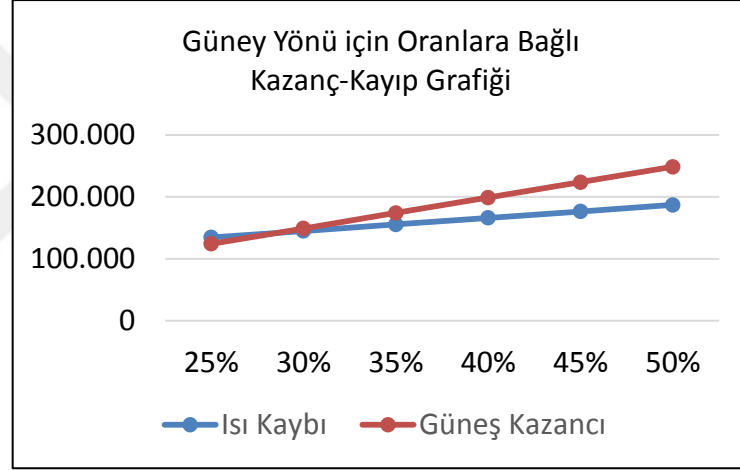


Şekil 4. 59 Doğu yönü gereken ısı miktarı grafiği

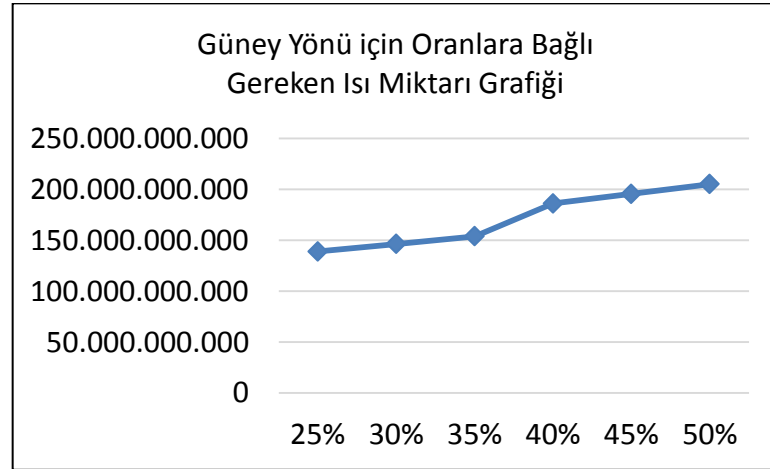
- Güney yönü ele alındığında Çizelge 4.19'da en az gereken ısı miktarının %25 oranında olduğu görülmektedir. Bu yönde güneş kazançlarının artmasından dolayı kazanç-kayıp arasındaki farkın doğu yönüne göre arttığı görülmektedir.

Çizelge 4. 19 Güney yönü kazanç-kayıp bilgileri

Oran	Toplam Isı Kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gerekli Isı Miktarı (J)
25	134.541	124.286	138.897.811.208
30	145.029	149.144	146.334.645.395
35	155.516	174.001	153.911.900.939
40	166.004	198.858	186.110.007.517
45	176.492	223.716	195.540.263.816
50	186.979	248.573	205.032.243.561



Şekil 4. 60 Güney yönü kazanç-kayıp grafiği

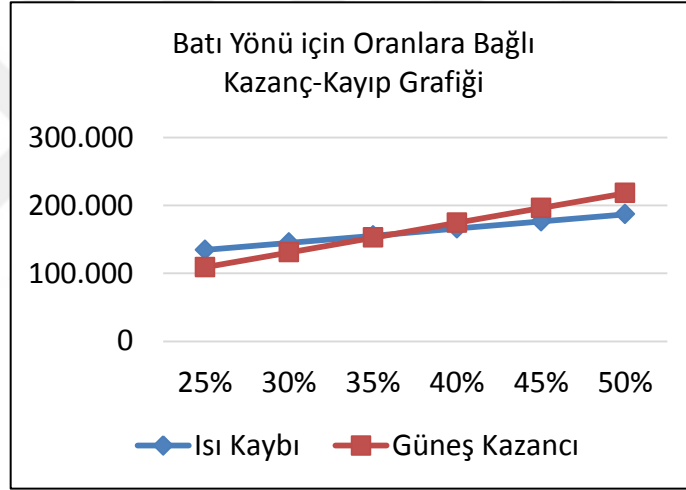


Şekil 4. 61 Güney yönü gereken ısı miktarı

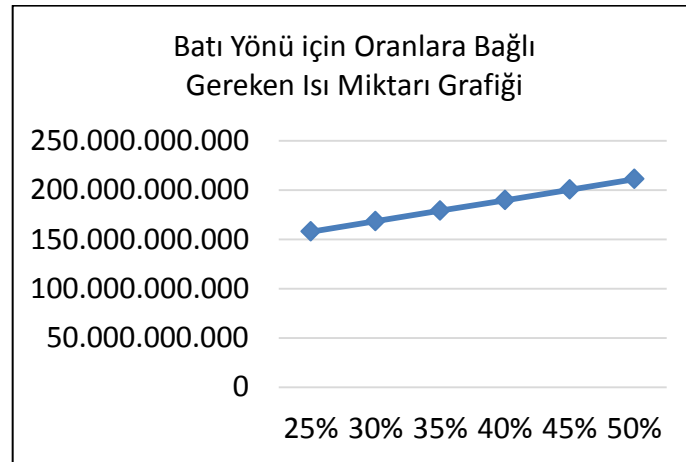
- Batı yönü ele alındığında Çizelge 4.19'da en az gereken ısı miktarının %25 oranında olduğu görülmektedir. Bu yönde güneş kazançlarının artmasından dolayı kazanç-kayıp arasındaki farkın güney yönüne göre azaldığı görülmektedir.

Çizelge 4. 20 Batı yönü kazanç-kayıp bilgileri

Oran	Toplam Isı Kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gereklİ Isı Miktarı (J)
25	134.541	109.015	157.830.559.688
30	145.029	130.818	168.395.354.482
35	155.516	152.621	179.014.862.040
40	166.004	174.424	189.676.077.504
45	176.492	196.227	200.369.829.267
50	186.979	218.030	211.089.459.567



Şekil 4. 62 Batı yönü kazanç-kayıp grafiği



Şekil 4. 63 Batı yönü gereken ısı miktarı grafiği

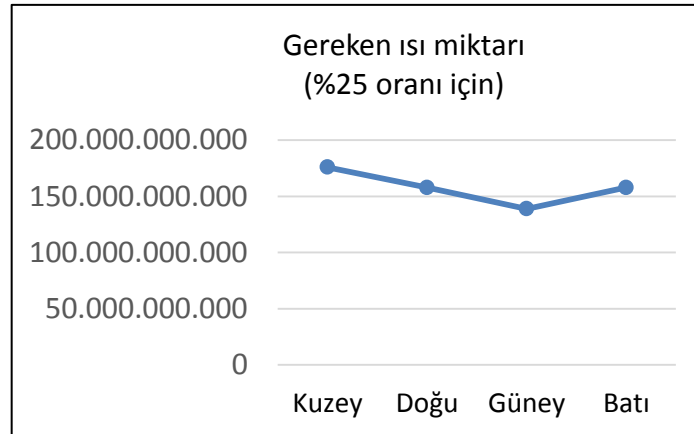
Bütün yönlenmeler için %25 taban alanı-pencere alanı oranında ısı kayıpları, güneş kazançları ve gereken ısı miktarının tek tablo olarak gösterimi Çizelge 4.21'deki gibidir.

Çizelge 4. 21 Bütün yönlerde %25 oranı için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gereken ısı miktarı

Yön	Oran	Toplam Isı Kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gereken Isı Miktarı (J)
Güney	25	134.541	124.286	138.897.811.208
Doğu	25	134.541	109.015	157.830.559.688
Batı	25	134.541	109.015	157.830.559.688
Kuzey	25	134.541	73.937	175.834.455.371

Bu tabloya göre; %25 taban alanı-pencere alanı oranında bütün yönlerde sıralama yapıldığında ısı kaybının aynı olduğu görülmektedir. Isı kaybının aynı çıkmasının nedeni sıcaklık farkına bağlı olarak ısı kaybının hesaplanmasıdır. Kurallar bölümünde sözü edildiği üzere ısı kaybı olarak hesaplamalara katılmayan değerlerin olması bu sonuca neden olmuştur. Güneş kazançlarının en yüksek değerinde olduğu yön güney yönü olarak belirlenmiştir. Bu yöndeki güneş kazancı, kuzey yönündeki güneş kazancından 1,5 oranında doğu ve batı yönlerindeki güneş kazançlarından 1,13 oranında fazladır. Doğu ve batı yönleri için güneş kazançları eşit olarak hesaplanmıştır.

Aynı oran için gereken ısı miktarı grafiği Şekil 4.64'te gösterilmiştir. Güney yönünde en az ısıtma enerjisi gereksinimi olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 64 Bütün yönler için %25 taban alanı-pencere oranına göre gereken ısı miktarı

Pencerelerin güney yönünde konumlandırılmaları kuzey yönüne göre %21'lik, doğu ve batı yönlerine göre %12'lik enerji tasarrufu sağlayacaktır.

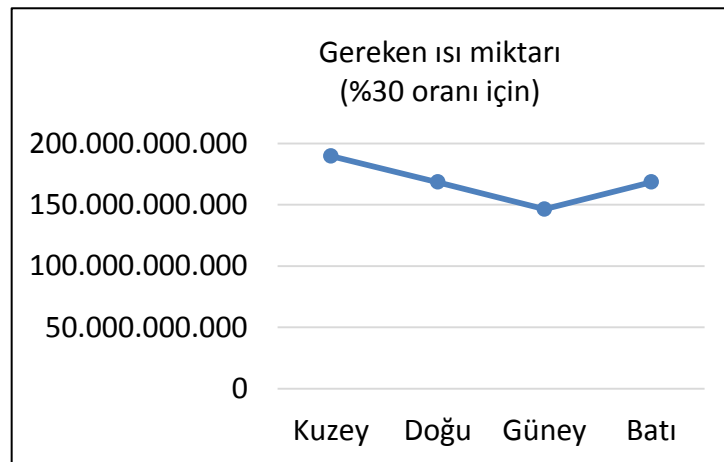
Bütün yönlenmeler için %30 taban alanı-pencere alanı oranında ısı kayıpları, güneş kazançları, gereken ısı miktarının tek tablo olarak gösterimi Çizelge 4.22'deki gibidir.

Çizelge 4. 22 Bütün yönlerde %30 oranı için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gereken ısı miktarı

Yön	Oran	Toplam Isı Kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gereken Isı Miktarı (J)
Kuzey	30	145.029	88.724	189.730.442.625
Doğu	30	145.029	130.818	168.395.354.482
Güney	30	145.029	149.144	146.334.645.395
Batı	30	145.029	130.818	168.395.354.482

Bu tabloya göre; %30 taban alanı- pencere alanı oranında bütün yönlerde sıralama yapıldığında ısı kaybının aynı olduğu görülmektedir. Isı kaybının aynı çıkmasının nedeni %25 oranında olduğu gibi sıcaklık farkına bağlı olarak ısı kaybının hesaplanmasıdır. Güneş kazançlarının en yüksek değerde olduğu yön güney yönü olarak belirlenmiştir. Bu yöndeki güneş kazancı kuzey yönündeki güneş kazancından 1,5 oranında doğu ve batı yönlerindeki güneş kazançlarından 1,1 oranında fazladır. Doğu ve batı yönleri için güneş kazançları eşit olarak hesaplanmıştır.

Aynı oran için gereken ısı miktarı grafiği Şekil 4.65'te gösterilmiştir. Güney yönünde en az ısıtma enerjisi gereksinimi olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 65 Bütün yönler için %30 tabanalanı-pencere oranına göre gereken ısı miktarı

Pencerelerin güney yönünde konumlandırılmaları kuzey yönüne göre %22'lik, doğu ve batı yönlerine göre %13'lik enerji tasarrufu sağlayacaktır. Oranın %25'ten %30'a çıkması ısı gereksinimini %5,4 oranında artırmıştır.

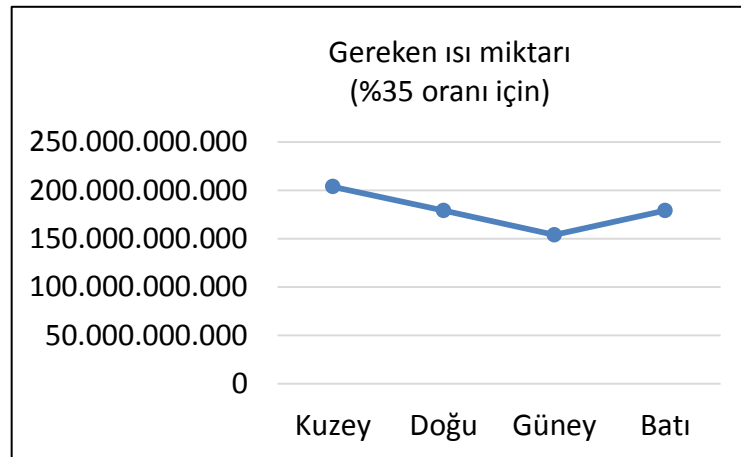
Bütün yönlenmeler için %35 taban alanı-pencere alanı oranında ısı kayıpları, güneş kazançları, gereken ısı miktarının tek tablo olarak gösterimi Çizelge 4.23'teki gibidir.

Çizelge 4. 23 Bütün yönlerde %35 oranı için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gereken ısı miktarı

Yön	Oran	Toplam Isı Kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gereken Isı Miktarı (J)
Kuzey	35	155.516	103.512	203.649.541.470
Doğu	35	155.516	152.621	179.014.862.040
Güney	35	155.516	174.001	153.911.900.939
Batı	35	155.516	152.621	179.014.862.040

Bu tabloya göre; %35 taban alanı- pencere alanı oranında bütün yönlerde sıralama yapıldığında ısı kaybının aynı olduğu görülmektedir. Isı kaybının aynı çıkmasının nedeni %25 ve %30 oranlarında olduğu gibi sıcaklık farkına bağlı olarak ısı kaybının hesaplanmasıdır. Güneş kazançlarının en yüksek değerde olduğu yön güney yönü olarak belirlenmiştir. Bu yöndeki güneş kazancı kuzey yönündeki güneş kazancından 1,5 oranında doğu ve batı yönlerindeki güneş kazançlarından 1,1 oranında fazladır. Doğru ve batı yönleri için güneş kazançları eşit olarak hesaplanmıştır.

Aynı oran için gereken ısı miktarı grafiği Şekil 4.66'da gösterilmiştir. Güney yönünde en az ısıtma enerjisi gereksinimi olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 66 Bütün yönler için %35 tabanalanı-pencere oranına göre gereken ısı miktarı

Pencerelerin güney yönünde konumlandırılmaları kuzey yönüne göre %24'lük, doğu ve batı yönlerine göre %14,5'lik enerji tasarrufu sağlayacaktır. Oranın %30'dan %35'e çıkması ısı gereksinimini %4,7 oranında artırmıştır.

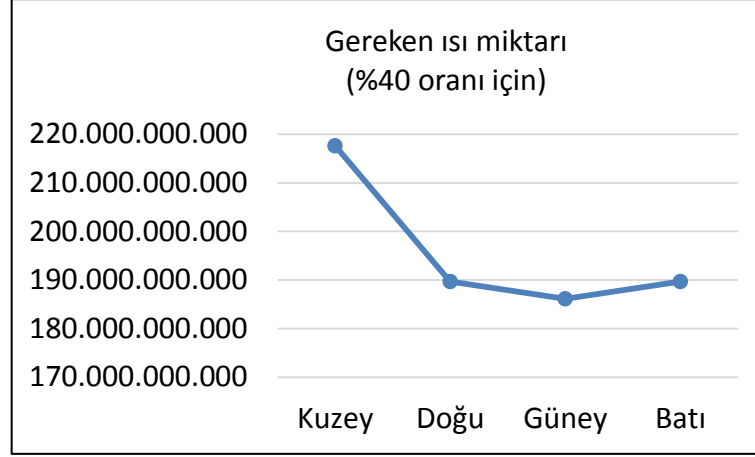
Bütün yönlenmeler için %40 taban alanı-pencere alanı oranında ısı kayıpları, güneş kazançları, gereken ısı miktarının tek tablo olarak gösterimi Çizelge 4.24'teki gibidir.

Çizelge 4. 24 Bütün yönlerde %40 oranı için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gerekli ısı miktarı

Yön	Oran	Toplam Isı Kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gerekli Isı Miktarı (J)
Kuzey	40	166.004	118.299	217.586.935.607
Doğu	40	166.004	174.424	189.676.077.504
Güney	40	166.004	198.858	186.110.007.517
Batı	40	166.004	174.424	189.676.077.504

Bu tabloya göre; %40 taban alanı- pencere alanı oranında bütün yönlerde sıralama yapıldığında ısı kaybının aynı olduğu görülmektedir. Isı kaybının aynı çıkmasının nedeni %25, %30 ve %35 oranlarında olduğu gibi sıcaklık farkına bağlı olarak ısı kaybının hesaplanmasıdır. Güneş kazançlarının en yüksek değerinde olduğu yön güney yönü olarak belirlenmiştir. Bu yöndeki güneş kazancı kuzey yönündeki güneş kazancından 1,6 oranında doğu ve batı yönlerindeki güneş kazançlarından 1,2 oranında fazladır. Doğu ve batı yönleri için güneş kazançları eşit olarak hesaplanmıştır.

Aynı oran için gereken ısı miktarı grafiği Şekil 4.67'de gösterilmiştir. Güney yönünde en az ısıtma enerjisi gereksinimi olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 67 Bütün yönler için %40 tabanalanı-pencere oranına göre gereken ısı miktarı. Pencere alanının güney yönünde konumlandırılması kuzey yönüne göre %14'lük, doğu ve batı yönlerine göre %1,58'lik enerji tasarrufu sağlayacaktır. Oranın %35'ten %40'a çıkması ısı gereksinimini %17 oranında artırmıştır. Bu oranda pencere konumlandırılmalarının doğu ve batı yönlerinde olması ile güney yönünde olması arasında ısı gereksinimi açısından büyük fark olmadığı görülmektedir.

Bütün yönlenmeler için %45 taban alanı-pencere alanı oranında ısı kayıpları, güneş kazançları, gereken ısı miktarının tek tablo olarak gösterimi Çizelge 4.25'teki gibidir.

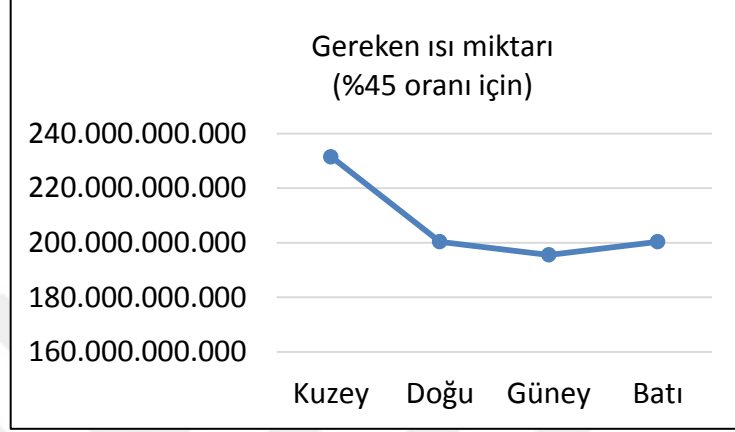
Çizelge 4. 25 Bütün yönlerde %45 oranı için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gerekli ısı miktarı

Yön	Oran	Toplam Isı Kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gerekli Isı Miktarı (J)
Kuzey	45	176.492	133.086	231.539.072.932
Doğu	45	176.492	196.227	200.369.829.267
Güney	45	176.492	223.716	195.540.263.816
Batı	45	176.492	196.227	200.369.829.267

Bu tabloya göre; %45 taban alanı- pencere alanı oranında bütün yönlerde sıralama yapıldığında ısı kaybının aynı olduğu görülmektedir. Isı kaybının aynı çıkmasının nedeni %25, %30, %35 ve %40 oranlarında olduğu gibi sıcaklık farkına bağlı olarak ısı kaybının hesaplanmasıdır. Güneş kazançlarının en yüksek değerde olduğu yön güney yönü olarak belirlenmiştir. Bu yöndeki güneş kazancı kuzey yönündeki güneş kazancından 1,67 oranında doğu ve batı yönlerindeki güneş kazançlarından 1,13

oranında fazladır. Doğu ve batı yönleri için güneş kazançları eşit olarak hesaplanmıştır.

Aynı oran için gereken ısı miktarı grafiği Şekil 4.68'de gösterilmiştir. Güney yönünde en az ısıtma enerjisi gereksinimi olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 68 Bütün yönler için %45 tabanalanı-pencere oranına göre gereken ısı miktarı. Pencere alanının güney yönünde konumlandırılmaları kuzey yönüne göre %15,6'lık, doğu ve batı yönlerine göre %2,5'luk enerji tasarrufu sağlayacaktır. Oranın %40'tan %45'e çıkması ısı gereksinimini %4,6 oranında artırmıştır.

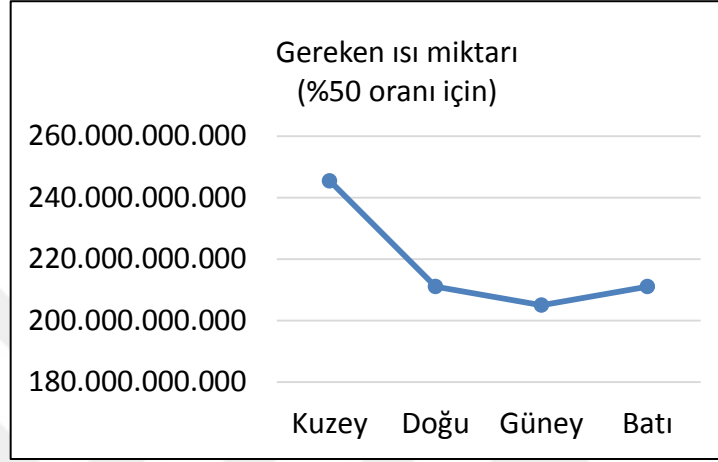
Bütün yönlenmeler için %50 taban alanı-pencere alanı oranında ısı kayıpları, güneş kazançları, gereken ısı miktarının tek tablo olarak gösterimi Çizelge 4.26'daki gibidir.

Çizelge 4. 26 Bütün yönlerde %50 oranı için toplam ısı kaybı, güneş kazançları ve gerekli ısı miktarı

ön	Oran	Toplam ısı kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gerekli ısı Miktarı (J)
Kuzey	50	186.979	147.874	245.503.272.733
Doğu	50	186.979	218.030	211.089.459.567
Güney	50	186.979	248.573	205.032.243.561
Batı	50	186.979	218.030	211.089.459.567

Bu tabloya göre; %50 taban alanı- pencere alanı oranında bütün yönlerde sıralama yapıldığında ısı kaybının aynı olduğu görülmektedir. ısı kaybının aynı çıkmasının nedeni %25, %30, %35, %40 ve %45 oranlarında olduğu gibi sıcaklık farkına bağlı olarak ısı kaybının hesaplanmasıdır. Güneş kazançlarının en yüksek değerinde olduğu

yön güney yönü olarak belirlenmiştir. Bu yöndeki güneş kazancı kuzey yönündeki güneş kazancından 1,68 oranında doğu ve batı yönlerindeki güneş kazançlarından 1,14 oranında fazladır. Doğu ve batı yönleri için güneş kazançları eşit olarak hesaplanmıştır. Aynı oran için gereken ısı miktarı grafiği Şekil 4.69'da gösterilmiştir. Güney yönünde en az ısıtma enerjisi gereksinimi olduğu görülmüştür.



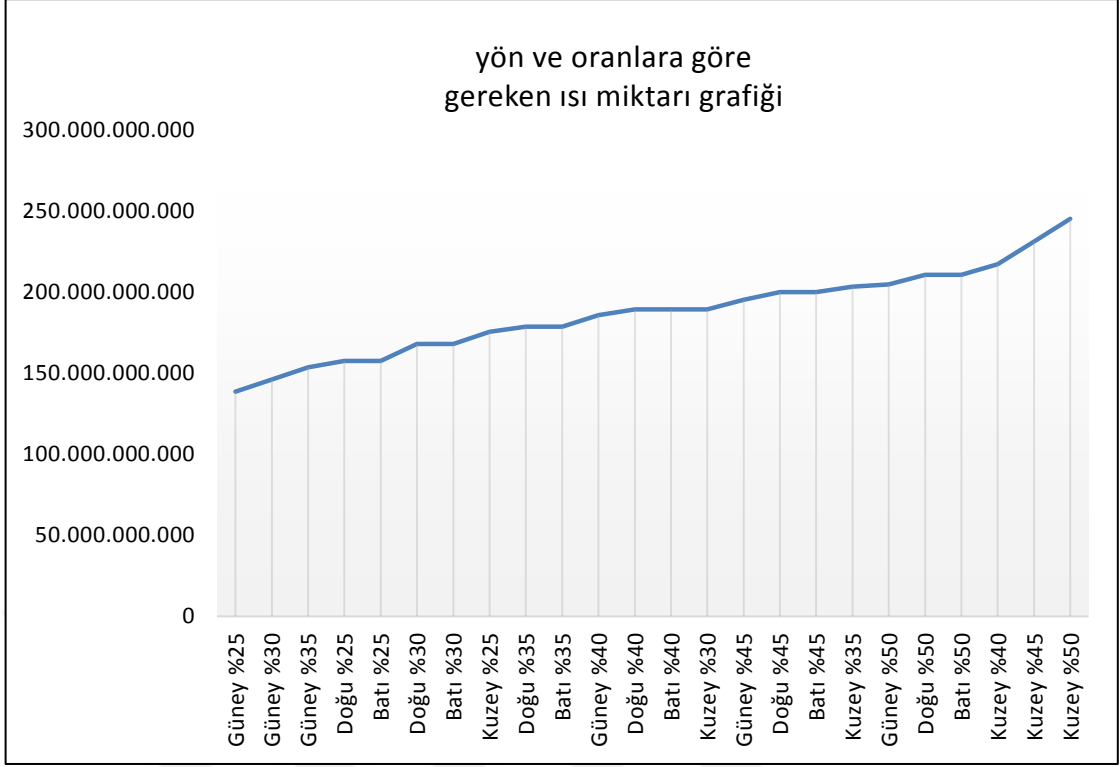
Şekil 4. 69 Bütün yönler için %50 tabanalanı-pencere oranına göre gereken ısı miktarı Pencerelelerin güney yönünde konumlandırılmaları kuzey yönüne göre %16,3'lük, doğu ve batı yönlerine göre %2,84'lük enerji tasarrufu sağlayacaktır. Oranın %45'ten %50'ye çıkması ısı gereksinimini %4,9 oranında artırmıştır.

Bütün yönlerde ve bütün oranlarda hesaplanan yirmi dört farklı gereken ısı miktarı değerinin sıralanmış tablosu Çizelge 4.27'deki gibidir. Buna göre, en az ısı gereksinimi %25 oranı ile güney yönündedir. En fazla ısı gereksinimi ise %50 ile kuzey yönündedir. Kuzey yönü %50 oranında gereken ısı miktarı güney yönü %25 oranında gereken ısı miktarının yaklaşık iki katı kadardır.

Çizelge 4. 27 Sıralanmış gerekli ısı miktarı

Yön	Oran	Toplam Isı Kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gerekli Isı Miktarı (J)
Güney	25	134.541	124.286	138.897.811.208
Güney	30	145.029	149.144	146.334.645.395
Güney	35	155.516	174.001	153.911.900.939
Doğu	25	134.541	109.015	157.830.559.688
Batı	25	134.541	109.015	157.830.559.688
Doğu	30	145.029	130.818	168.395.354.482
Batı	30	145.029	130.818	168.395.354.482
Kuzey	25	134.541	73.937	175.834.455.371
Doğu	35	155.516	152.621	179.014.862.040
Batı	35	155.516	152.621	179.014.862.040
Güney	40	166.004	198.858	186.110.007.517
Doğu	40	166.004	174.424	189.676.077.504
Batı	40	166.004	174.424	189.676.077.504
Kuzey	30	145.029	88.724	189.730.442.625
Güney	45	176.492	223.716	195.540.263.816
Doğu	45	176.492	196.227	200.369.829.267
Batı	45	176.492	196.227	200.369.829.267
Kuzey	35	155.516	103.512	203.649.541.470
Güney	50	186.979	248.573	205.032.243.561
Doğu	50	186.979	218.030	211.089.459.567
Batı	50	186.979	218.030	211.089.459.567
Kuzey	40	166.004	118.299	217.586.935.607
Kuzey	45	176.492	133.086	231.539.072.932
Kuzey	50	186.979	147.874	245.503.272.733

Yönlenme ve oran seçeneklerine göre elde edilen ısı gereksinimi grafiği Şekil 4.70'deki gibidir.



Şekil 4. 70 Yönlere göre gereken ısı miktarı grafiği

Grafikten görüldüğü üzere Güney yönü %25 oranından Kuzey yönü %50 oranına doğru doğrusala yakın bir artış gözlenmektedir. Doğu ve batı yönleri için bütün oranlarda gereken ısı miktarı eşitliği görülmektedir. Bu yönlerde yapılacak pencere konumlandırmaları eşit değerlerde verimlilik sağlayacaktır.

Bütün yönlerde ve bütün oranlarda hesaplanan yirmi dört farklı güneş kazancı değerinin sıralanmış tablosu Çizelge 4.28'deki gibidir. Buna göre; en az güneş kazancı %25 oranı ile kuzey yönündedir. En fazla güneş kazancı ise %50 ile güney yönündedir. Güney yönü %50 oranında güneş kazancı miktarı kuzey yönü %25 oranında güneş kazancı miktarının yaklaşık üç buçuk katı kadardır.

Çizelge 4. 28 Sıralanmış güneş kazançları

Yön	Oran	Toplam Isı Kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gerekli Isı İhtiyacı (J)
Kuzey	25	134.541	73.937	175.834.455.371
Kuzey	30	145.029	88.724	189.730.442.625
Kuzey	35	155.516	103.512	203.649.541.470
Doğu	25	134.541	109.015	157.830.559.688
Batı	25	134.541	109.015	157.830.559.688
Kuzey	40	166.004	118.299	217.586.935.607
Güney	25	134.541	124.286	138.897.811.208
Doğu	30	145.029	130.818	168.395.354.482
Batı	30	145.029	130.818	168.395.354.482
Kuzey	45	176.492	133.086	231.539.072.932
Kuzey	50	186.979	147.874	245.503.272.733
Güney	30	145.029	149.144	146.334.645.395
Doğu	35	155.516	152.621	179.014.862.040
Batı	35	155.516	152.621	179.014.862.040
Güney	35	155.516	174.001	153.911.900.939
Doğu	40	166.004	174.424	189.676.077.504
Batı	40	166.004	174.424	189.676.077.504
Doğu	45	176.492	196.227	200.369.829.267
Batı	45	176.492	196.227	200.369.829.267
Güney	40	166.004	198.858	186.110.007.517
Doğu	50	186.979	218.030	211.089.459.567
Batı	50	186.979	218.030	211.089.459.567
Güney	45	176.492	223.716	195.540.263.816
Güney	50	186.979	248.573	205.032.243.561

Bütün yönlere ve bütün oranlara göre ısı kayıpları miktarının sıralanmış tablosu aşağıda Çizelge 4.29 'daki gibidir.

Çizelge 4. 29 Sıralanmış ısı kayıpları

Yön	Oran	Toplam Isı Kaybı (W)	Toplam Güneş Kazançları (W)	Toplam Gereken Isı İhtiyacı (J)
Kuzey	25	134.541	73.937	175.834.455.371
Doğu	25	134.541	109.015	157.830.559.688
Güney	25	134.541	124.286	138.897.811.208
Batı	25	134.541	109.015	157.830.559.688
Kuzey	30	145.029	88.724	189.730.442.625
Doğu	30	145.029	130.818	168.395.354.482
Güney	30	145.029	149.144	146.334.645.395
Batı	30	145.029	130.818	168.395.354.482
Kuzey	35	155.516	103.512	203.649.541.470
Doğu	35	155.516	152.621	179.014.862.040
Güney	35	155.516	174.001	153.911.900.939
Batı	35	155.516	152.621	179.014.862.040
Kuzey	40	166.004	118.299	217.586.935.607
Doğu	40	166.004	174.424	189.676.077.504
Güney	40	166.004	198.858	186.110.007.517
Batı	40	166.004	174.424	189.676.077.504
Kuzey	45	176.492	133.086	231.539.072.932
Doğu	45	176.492	196.227	200.369.829.267
Güney	45	176.492	223.716	195.540.263.816
Batı	45	176.492	196.227	200.369.829.267
Kuzey	50	186.979	147.874	245.503.272.733
Doğu	50	186.979	218.030	211.089.459.567
Güney	50	186.979	248.573	205.032.243.561
Batı	50	186.979	218.030	211.089.459.567

Çizelgede gösterilen bütün yönlerde ve bütün oranlarda hesaplanan yirmi dört farklı ısı kaybı miktarı değerinin sıralanmış tablosuna göre en az ısı kaybı %25 oranı ile kuzey yönündedir. En fazla ısı kaybı ise %50 ile batı yönündedir. Batı yönü %50 oranında ısı kaybı miktarı kuzey yönü %25 oranında ısı kaybı miktarının yaklaşık bir buçuk katı kadardır.

Bütün bu veriler ışığında, sıralanmış gereken ısı miktarı, sıralanmış ısı kayıpları, sıralanmış güneş kazançları listeleri referans alınarak elde edilen yeni liste

Çizelge 4.30'da gösterilmektedir. Bu listede kesişen yön ve oran değerleri işaretlenmiştir. Isı kaybı ve gereken ısı miktarı değerlerinin minimum, güneş kazancı değerlerinin maksimum olduğu yön ve oranların bulunması amaçlanmaktadır.

Çizelge 4. 30 Gereken ısı miktarı, güneş kazancı ve ısı kaybı sıralı listesi

Gereken Isı Miktarına Göre Sıralama (Azalan Sırada)		Güneş Kazançlarına Göre Sıralama (Artan Sırada)		Isı Kaybına Göre Sıralama (Azalan Sırada)	
Yön	Oran	Yön	Oran	Yön	Oran
Kuzey	50	Kuzey	25	Kuzey	50
Kuzey	45	Kuzey	30	Doğu	50
Kuzey	40	Kuzey	35	Güney	50
Batı	50	Doğu	25	Batı	50
Doğu	50	Batı	25	Kuzey	45
Güney	50	Kuzey	40	Doğu	45
Kuzey	35	Güney	25	Güney	45
Batı	45	Doğu	30	Batı	45
Doğu	45	Batı	30	Kuzey	40
Güney	45	Kuzey	45	Doğu	40
Kuzey	30	Kuzey	50	Güney	40
Batı	40	Güney	30	Batı	40
Doğu	40	Doğu	35	Kuzey	35
Güney	40	Batı	35	Doğu	35
Batı	35	Güney	35	Güney	35
Doğu	35	Doğu	40	Batı	35
Kuzey	25	Batı	40	Kuzey	30
Batı	30	Doğu	45	Doğu	30
Doğu	30	Batı	45	Güney	30
Batı	25	Güney	40	Batı	30
Doğu	25	Doğu	50	Kuzey	25
Güney	35	Batı	50	Doğu	25
Güney	30	Güney	45	Güney	25
Güney	25	Güney	50	Batı	25

- İkinci Mekân Geometrisi Seçeneği Üzerinden Sistemin Çalıştırılması

İkinci mekân geometrisi seçeneği üzerinden matematiksel modelin çalıştırılması sonucu tablolar ve grafikler elde edilmiştir: Parametreler birinci seçenekte olduğu gibi en, boy, yükseklik,ısı yalıtım malzemesi, ısı yalıtım malzemesi kalınlığı ve cam tipi olarak seçilmiştir. Bu parametrelere atanan değerler ise; ısı yalıtım malzemesi olarak Taş yünü-050, ısı yalıtım malzemesi kalınlığı olarak 4 cm, cam tipi olarak renksiz yalıtım camı olarak belirlenmiştir. İkinci mekân geometrisi seçeneği üzerinden çalışan modelde enerji açısından uygunluk %25, %30, %35 oranlarında hesaplanmıştır. Bu oranlara karşılık gelen pencere alanı duvar alanı oranları belirlenerek sorgulamalar yapılmıştır.

Bütün yönlerde %25 taban alanı-pencere alanı oranına karşılık gelen pencere alanı-duvar alanı oranı %30, %30 taban alanı-pencere alanı oranına karşılık gelen pencere alanı-duvar alanı oranı %39, %35 taban alanı-pencere alanı oranına karşılık gelen pencere alanı-duvar alanı oranı %49 olarak hesaplanmıştır. Bu oranlar Çizelge 4.31’de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 31 Oranlar çizelgesi

Pencere Alanı-Taban Alanı Oranı (%)	Pencere Alanı-Duvar Alanı Oranı (%)
25	30
30	39
35	49

Bu örnek kullanımda pencere oranı ve ısı kaybı ile güneş kazancı grafikleri elde edilmiştir. Bu kullanımda ay bazında ısı kayıpları, güneş kazançları ve gereken ısı miktarı görülmektedir. Isı kaybının negatif değer aldığı aylarda gereken ısı miktarı hesaplanmamaktadır. Bu aylar için gereken ısı miktarı sıfır olarak değerlendirilmektedir. Sıcaklık farkının negatif değer alması bu durumu oluşturmaktadır. İkinci mekân seçeneği için düzenlenen tablolar ve grafikler aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 4. 32 Kuzey yönü %30 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi

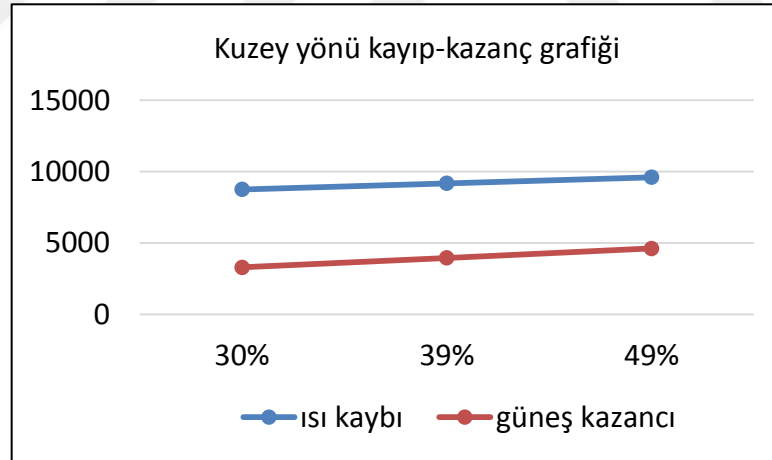
Yön	Taban Alanı / Pencere Alanı Oranı	Pencere Alanı / Duvar Alanı Oranı	Ay	Isı Kaybı	İç Isı Kazancı	Güneş Kazançları	Gerekli Isı Miktarı (Joule)
Kuzey	25%	30%	Eylül	9,9	358	383	25.649.851
Kuzey	25%	30%	Ekim	583,9	358	269	546.115.222
Kuzey	25%	30%	Kasım	1.138	358	181	1.720.441.336
Kuzey	25%	30%	Aralık	1.603	358	148	2.995.012.658
Kuzey	25%	30%	Ocak	1.692	358	175	3.164.151.736
Kuzey	25%	30%	Şubat	1.543	358	249	2.381.532.210
Kuzey	25%	30%	Mart	1.256	358	349	1.791.399.086
Kuzey	25%	30%	Nisan	712,5	358	444	623.084.125
Kuzey	25%	30%	Mayıs	197,9	358	531	530.096.914
Kuzey	25%	30%	Haziran	-247	358	558	0
Toplam Yıllık Isı Kaybı: 8.738 W Toplam Yıllık Güneş Kazançları: 3.286 W							
Toplam Yıllık Gerekli Isı Miktarı referans aralığına göre enerji açısından uygundur!							

Çizelge 4. 33 Kuzey yönü %39 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi

Yön	Taban Alanı / Pencere Alanı Oranı	Pencere Alanı / Duvar Alanı Oranı	Ay	Isı Kaybı	İç Isı Kazancı	Güneş Kazançları	Gerekli Isı Miktarı (Joule)
Kuzey	30%	39%	Eylül	10,4	358	460	26.905.520
Kuzey	30%	39%	Ekim	612,4	358	323	558.461.955
Kuzey	30%	39%	Kasım	1.193	358	218	1.788.874.758
Kuzey	30%	39%	Aralık	1.681	358	177	3.131.089.041
Kuzey	30%	39%	Ocak	1.775	358	210	3.299.574.410
Kuzey	30%	39%	Şubat	1.619	358	298	2.463.578.839
Kuzey	30%	39%	Mart	1.318	358	419	1.830.264.875
Kuzey	30%	39%	Nisan	747,4	358	532	626.140.677
Kuzey	30%	39%	Mayıs	207,6	358	637	556.047.406
Kuzey	30%	39%	Haziran	-259,5	358	669	0
Toplam Yıllık Isı Kaybı: 9.166 W Toplam Yıllık Güneş Kazançları: 3.943 W							
Toplam yıllık gerekli ısı miktarı, referans aralığına göre enerji açısından uygundur!							

Çizelge 4. 34 Kuzey yönü %49 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi

Yön	Taban Alanı / Pencere Alanı Oranı	Pencere Alanı / Duvar Alanı Oranı	Ay	Isı Kaybı	İç Isı Kazancı	Güneş Kazançları	Gerekli Isı Miktarı (Joule)
Kuzey	35%	49%	Eylül	10,9	358	536	28.161.189
Kuzey	35%	49%	Ekim	641	358	376	571.436.987
Kuzey	35%	49%	Kasım	1.249	358	254	1857.523.693
Kuzey	35%	49%	Aralık	1.760	358	207	3.267.209.942
Kuzey	35%	49%	Ocak	1.857	358	245	3.435.141.258
Kuzey	35%	49%	Şubat	1.694	358	348	2.546.319.584
Kuzey	35%	49%	Mart	1.379	358	489	1.871.189.046
Kuzey	35%	49%	Nisan	782,3	358	621	631.179.013
Kuzey	35%	49%	Mayıs	217,3	358	743	581.997.898
Kuzey	35%	49%	Haziran	-271	358	781	0
Toplam Yıllık Isı Kaybı: 9.593 W Toplam Yıllık Güneş Kazançları: 4.601 W							
Toplam Yıllık Gerekli Isı Miktarı referans aralığına göre enerji açısından uygundur!							



Şekil 4. 71 Kuzey yönü pencere oranına bağlı kayıp-kazanç grafiği

Kuzey yönünde konumlandırılacak pencerelerin oran değeri için akademik dönemi içeren aylarda ısı kayıpları, güneş kazançları ve gereken ısı miktarları hesaplanarak toplam değerlere ulaşılmıştır.

Çizelge 4. 35 Doğu yönü %30 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi

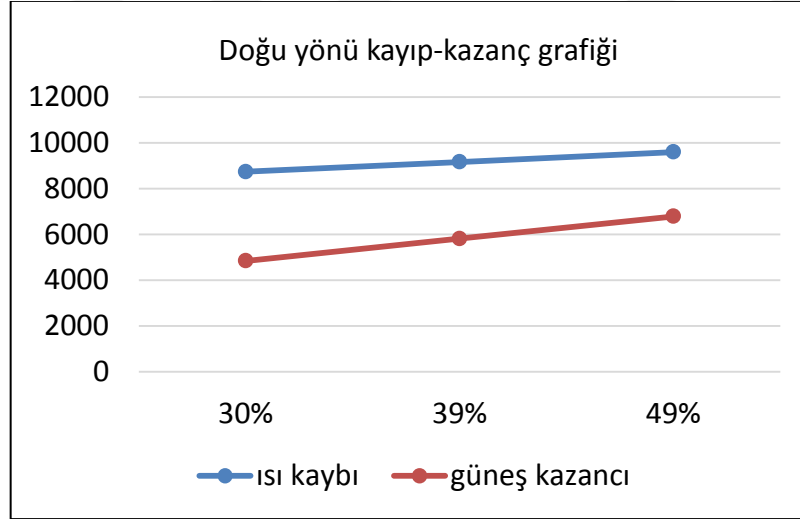
Yön	Taban Alanı / Pencere Alanı Oranı	Pencere Alanı / Duvar Alanı Oranı	Ay	Isı Kaybı	İç Isı Kazancı	Güneş Kazançları	Gerekli Isı Miktarı (Joule)
Doğu	25%	30%	Eylül	9,9	358	544	25.649.851
Doğu	25%	30%	Ekim	583,9	358	396	474.857.452
Doğu	25%	30%	Kasım	1.138	358	276	1.579.524.603
Doğu	25%	30%	Aralık	1.603,1	358	249	2.783.813.793
Doğu	25%	30%	Ocak	1.692,2	358	289	2.925.435.538
Doğu	25%	30%	Şubat	1.543,7	358	383	2.164.546.180
Doğu	25%	30%	Mart	1.256,8	358	517	1.578.891.096
Doğu	25%	30%	Nisan	712,5	358	605	541.680.927
Doğu	25%	30%	Mayıs	197,9	358	766	530.096.914
Doğu	25%	30%	Haziran	-247,4	358	820	0
Toplam Yıllık Isı Kaybı: 8.738 W Toplam Yıllık Güneş Kazançları: 4.845 W							
Toplam yıllık gerekli ısı miktarı referans aralığına göre enerji açısından uygundur!							

Çizelge 4. 36 Doğu yönü %39 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi

Yön	Taban Alanı / Pencere Alanı Oranı	Pencere Alanı / Duvar Alanı Oranı	Ay	Isı Kaybı	İç Isı Kazancı	Güneş Kazançları	Gerekli Isı Miktarı (Joule)
Doğu	30%	39%	Eylül	10,4	358	653	26.905.520
Doğu	30%	39%	Ekim	612,4	358	476	478.303.472
Doğu	30%	39%	Kasım	1.193,7	358	331	1.624.019.355
Doğu	30%	39%	Aralık	1.681,6	358	298	2.880.826.707
Doğu	30%	39%	Ocak	1.775	358	347	3.017.912.878
Doğu	30%	39%	Şubat	1.619,3	358	460	2.211.804.734
Doğu	30%	39%	Mart	1.318,3	358	621	1.590.511.843
Doğu	30%	39%	Nisan	747,4	358	726	537.458.692
Doğu	30%	39%	Mayıs	207,6	358	919	556.047.406
Doğu	30%	39%	Haziran	-259,5	358	984	0
Toplam Yıllık Isı Kaybı: 9.166 W Toplam Yıllık Güneş Kazançları: 5.814 W							
Toplam yıllık gerekli ısı miktarı referans aralığına göre enerji açısından uygundur!							

Çizelge 4. 37 Doğu yönü %49 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi

Yön	Taban Alanı / Pencere Alanı Oranı	Pencere Alanı / Duvar Alanı Oranı	Ay	Isı Kaybı	İç Isı Kazancı	Güneş Kazançları	Gerekli Isı Miktarı (Joule)
Doğu	35%	49%	Eylül	10,9	358	762	28.161.189
Doğu	35%	49%	Ekim	641	358	555	483.112.161
Doğu	35%	49%	Kasım	1.249,4	358	386	1.669.569.387
Doğu	35%	49%	Aralık	1.760,1	358	348	2.978.593.301
Doğu	35%	49%	Ocak	1.857,9	358	405	3.111.595.576
Doğu	35%	49%	Şubat	1.694,9	358	536	2.261.436.087
Doğu	35%	49%	Mart	1.379,8	358	724	1.606.465.280
Doğu	35%	49%	Nisan	782,3	358	847	536.086.059
Doğu	35%	49%	Mayıs	217,3	358	1073	581.997.898
Doğu	35%	49%	Haziran	-271,6	358	1148	0
Toplam Yıllık Isı Kaybı: 9.593 W Toplam Yıllık Güneş Kazançları: 6.783 W							
Toplam yıllık gerekli ısı miktarı referans aralığına göre enerji açısından uygundur!							



Şekil 4. 72 Doğu yönü pencere oranına bağlı kayıp-kazanç grafiği

Doğu yönünde konumlandırılacak pencerelerin oran değeri için akademik dönemi içeren aylarda ısı kayıpları, güneş kazançları ve gereken ısı miktarları hesaplanarak toplam değerlere ulaşılmıştır.

Çizelge 4. 38 Güney yönü %30 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi

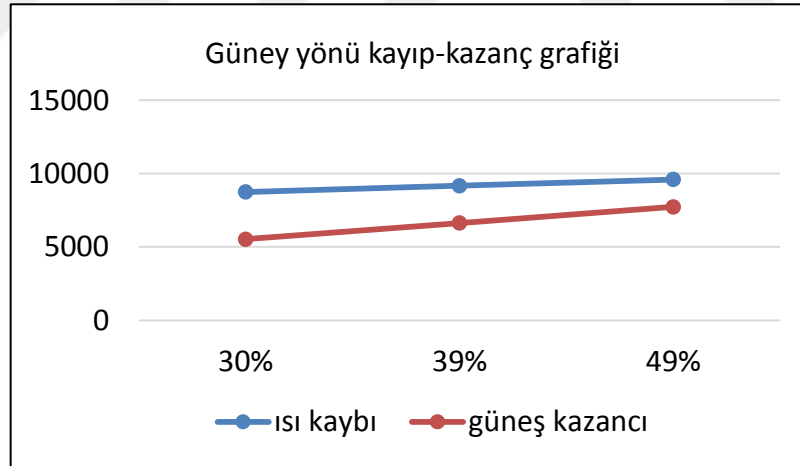
Yön	Taban Alanı / Pencere Alanı Oranı	Pencere Alanı / Duvar Alanı Oranı	Ay	Isı Kaybı	İç Isı Kazancı	Güneş Kazançları	Gerekli Isı Miktarı (Joule)
Güney	25%	30%	Eylül	9,9	358	598	25.649.851
Güney	25%	30%	Ekim	583,9	358	551	409.791.390
Güney	25%	30%	Kasım	1.138	358	450	1.366.834.933
Güney	25%	30%	Aralık	1.603	358	430	2.458.404.563
Güney	25%	30%	Ocak	1.692	358	484	2.578.992.307
Güney	25%	30%	Şubat	1.543	358	564	1.921.122.006
Güney	25%	30%	Mart	1.256	358	585	1.506.520.924
Güney	25%	30%	Nisan	712,5	358	605	541.680.927
Güney	25%	30%	Mayıs	197,9	358	618	530.096.914
Güney	25%	30%	Haziran	- 247,4	358	638	0
Toplam Yıllık Isı Kaybı: 8.738 W Toplam Yıllık Güneş Kazançları: 5.524 W							
Toplam yıllık gerekli ısı miktarı referans aralığına göre enerji açısından uygundur!							

Çizelge 4. 39 Güney yönü %39 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi

Yön	Taban Alanı / Pencere Alanı Oranı	Pencere Alanı / Duvar Alanı Oranı	Ay	Isı Kaybı	İç Isı Kazancı	Güneş Kazançları	Gerekli Isı Miktarı (Joule)
Güney	30%	39%	Eylül	10,4	358	718	26.905.520
Güney	30%	39%	Ekim	612,4	358	661	407.186.803
Güney	30%	39%	Kasım	1.193	358	540	1.381.858.500
Güney	30%	39%	Aralık	1.681	358	516	2.504.119.259
Güney	30%	39%	Ocak	1.775	358	581	2.618.999.734
Güney	30%	39%	Şubat	1.619	358	677	1.936.464.830
Güney	30%	39%	Mart	1.318	358	702	1.510.411.612
Güney	30%	39%	Nisan	747,4	358	726	537.458.692
Güney	30%	39%	Mayıs	207,6	358	742	556.047.406
Güney	30%	39%	Haziran	259,5	358	766	0
Toplam Yıllık Isı Kaybı: 9.166 W Toplam Yıllık Güneş Kazançları: 6.629 W							
Toplam yıllık gerekli ısı miktarı referans aralığına göre enerji açısından uygundur!							

Çizelge 4. 40 Güney yönü %49 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi

Yön	Taban Alanı / Pencere Alanı Oranı	Pencere Alanı / Duvar Alanı Oranı	Ay	Isı Kaybı	İç Isı Kazancı	Güneş Kazançları	Gerekli Isı Miktarı (Joule)
Güney	35%	49%	Eylül	10,9	358	837	28.161.189
Güney	35%	49%	Ekim	641	358	771	406.639.163
Güney	35%	49%	Kasım	1.249	358	630	1.400.019.972
Güney	35%	49%	Aralık	1.760	358	602	2.553.230.230
Güney	35%	49%	Ocak	1.857	358	677	2.663.340.402
Güney	35%	49%	Şubat	1.694	358	790	1.956.818.175
Güney	35%	49%	Mart	1.379	358	818	1.519.466.034
Güney	35%	49%	Nisan	782,3	358	847	536.086.059
Güney	35%	49%	Mayıs	217,3	358	866	581.997.898
Güney	35%	49%	Haziran	271,6	358	894	0
Toplam Yıllık Isı Kaybı: 9.593 W Toplam Yıllık Güneş Kazançları: 7.733 W							
Toplam yıllık gerekli ısı miktarı referans aralığına göre enerji açısından uygundur!							



Şekil 4. 73 Güney yönü pencere oranına bağlı kayıp-kazanç grafiği

Güney yönünde konumlandırılacak pencerelerin oran değeri için akademik dönemi içeren aylarda ısı kayıpları, güneş kazançları ve gereken ısı miktarları hesaplanarak toplam değerlere ulaşılmıştır

Çizelge 4. 41 Batı yönü %30 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi

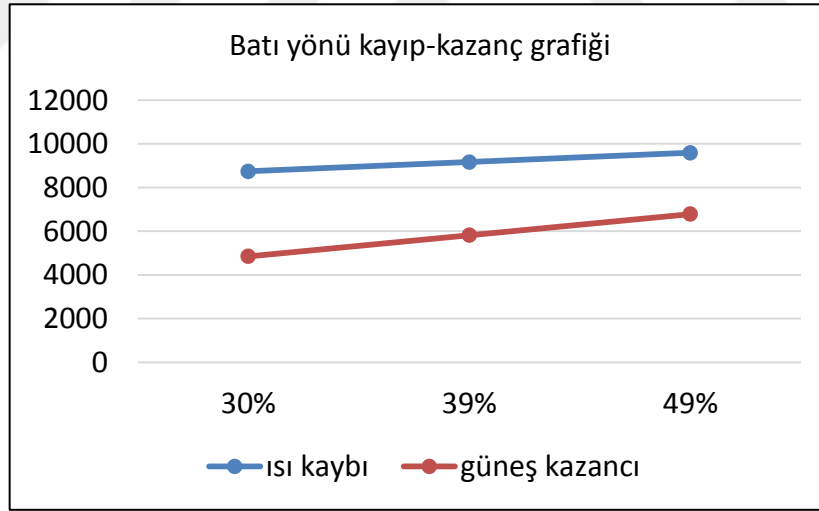
Yön	Taban Alanı / Pencere Alanı Oranı	Pencere Alanı / Duvar Alanı Oranı	Ay	Isı Kaybı	İç Isı Kazancı	Güneş Kazançları	Gerekli Isı Miktarı (Joule)
Batı	25%	30%	Eylül	9,9	358	544	25.649.851
Batı	25%	30%	Ekim	583,9	358	396	474.857.452
Batı	25%	30%	Kasım	1.138	358	276	1.579.524.603
Batı	25%	30%	Aralık	1.603,1	358	249	2.783.813.793
Batı	25%	30%	Ocak	1.692,2	358	289	2.925.435.538
Batı	25%	30%	Şubat	1.543,7	358	383	2.164.546.180
Batı	25%	30%	Mart	1.256,8	358	517	1.578.891.096
Batı	25%	30%	Nisan	712,5	358	605	541.680.927
Batı	25%	30%	Mayıs	197,9	358	766	530.096.914
Batı	25%	30%	Haziran	-247,4	358	820	0
Toplam Yıllık Isı Kaybı: 8.738 W Toplam Yıllık Güneş Kazançları: 4.845 W							
Toplam yıllık gerekli ısı miktarı referans aralığına göre enerji açısından uygundur!							

Çizelge 4. 42 Batı yönü %39 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi

Yön	Taban Alanı / Pencere Alanı Oranı	Pencere Alanı / Duvar Alanı Oranı	Ay	Isı Kaybı	İç Isı Kazancı	Güneş Kazançları	Gerekli Isı Miktarı (Joule)
Batı	30%	39%	Eylül	10,4	358	653	26.905.520
Batı	30%	39%	Ekim	612,4	358	476	478.303.472
Batı	30%	39%	Kasım	1.193,7	358	331	1.624.019.355
Batı	30%	39%	Aralık	1.681,6	358	298	2.880.826.707
Batı	30%	39%	Ocak	1.775	358	347	3.017.912.878
Batı	30%	39%	Şubat	1.619,3	358	460	2.211.804.734
Batı	30%	39%	Mart	1.318,3	358	621	1.590.511.843
Batı	30%	39%	Nisan	747,4	358	726	537.458.692
Batı	30%	39%	Mayıs	207,6	358	919	556.047.406
Batı	30%	39%	Haziran	-259,5	358	984	0
Toplam Yıllık Isı Kaybı: 9.166 W Toplam Yıllık Güneş Kazançları: 5.814 W							
Toplam yıllık gerekli ısı miktarı referans aralığına göre enerji açısından uygundur!							

Çizelge 4. 43 Batı yönü %49 pencere oranı için kazanç-kayıp çizelgesi

Yön	Taban Alanı / Pencere Alanı Oranı	Pencere Alanı / Duvar Alanı Oranı	Ay	Isı Kaybı	İç Isı Kazancı	Güneş Kazançları	Gerekli Isı Miktarı (Joule)
Batı	35%	49%	Eylül	10,9	358	762	28.161.189
Batı	35%	49%	Ekim	641	358	555	483.112.161
Batı	35%	49%	Kasım	1.249,4	358	386	1.669.569.387
Batı	35%	49%	Aralık	1.760,1	358	348	2.978.593.301
Batı	35%	49%	Ocak	1.857,9	358	405	3.111.595.576
Batı	35%	49%	Şubat	1.694,9	358	536	226.143.6087
Batı	35%	49%	Mart	1.379,8	358	724	1.606.465.280
Batı	35%	49%	Nisan	782,3	358	847	536.086.059
Batı	35%	49%	Mayıs	217,3	358	1073	581.997.898
Batı	35%	49%	Haziran	-271,6	358	1148	0
Toplam Yıllık Isı Kaybı: 9.593 W Toplam Yıllık Güneş Kazançları: 6.783 W							
Toplam yıllık gerekli ısı miktarı referans aralığına göre enerji açısından uygundur!							



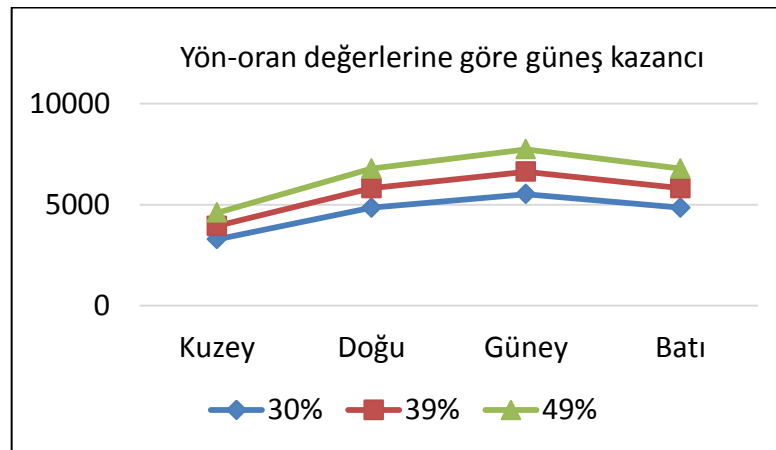
Şekil 4. 74 Batı yönü pencere oranına bağlı kayıp-kazanç grafiği

Batı yönünde konumlandırılacak pencerelerin oran değeri için akademik dönemi içeren aylarda ısı kayıpları, güneş kazançları ve gereken ısı miktarları hesaplanarak toplam değerlere ulaşılmıştır.

İkinci seçenek için yıllık gereken ısı miktarı referans aralığına uygun oniki farklı yön ve oran değerlerine göre toplam güneş kazançları tek tablo şeklinde Çizelge 4.4'te sunulmuştur. Referans aralığı değeri mekân geometrisi üzerinden hesaplanmaktadır.

Çizelge 4. 44 İkinci seçenek için yön ve oran değerlerine göre toplam güneş kazançları tablosu

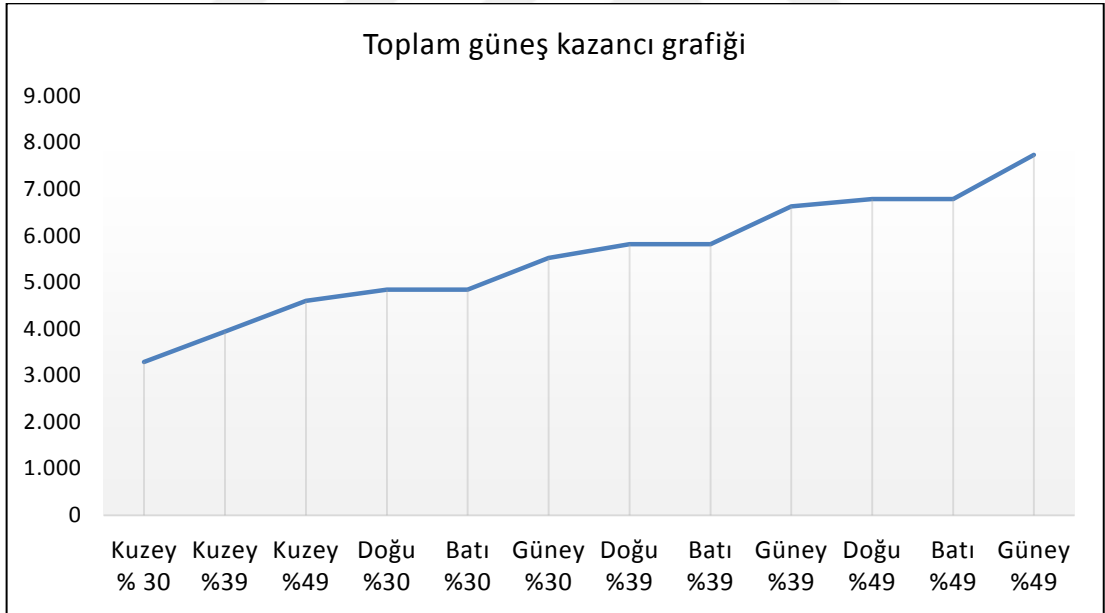
Yön	Pencere Alanı / Duvar Alanı Oranı (%)	Toplam güneş kazancı (W)
Kuzey	%30	3.286
	%39	3.943
	%49	4.601
Doğu	%30	4.845
	%39	5.814
	%49	6.783
Güney	%30	5.524
	%39	6.629
	%49	7.733
Batı	%30	4.845
	%39	5.814
	%49	6.783



Şekil 4. 75 İkinci seçenek için yön ve oran değerlerine göre toplam güneş kazançları grafiği

Çizelge 4. 45 İkinci seçenek için yön ve oran değerlerine göre sıralanmış toplam güneş kazançları çizelgesi

Yön-Oran (%)	Güneş Kazancı (W)
Kuzey % 30	3.286
Kuzey %39	3.943
Kuzey %49	4.601
Doğu %30	4.845
Batı %30	4.845
Güney %30	5.524
Doğu %39	5.814
Batı %39	5.814
Güney %39	6.629
Doğu %49	6.783
Batı %49	6.783
Güney %49	7.733



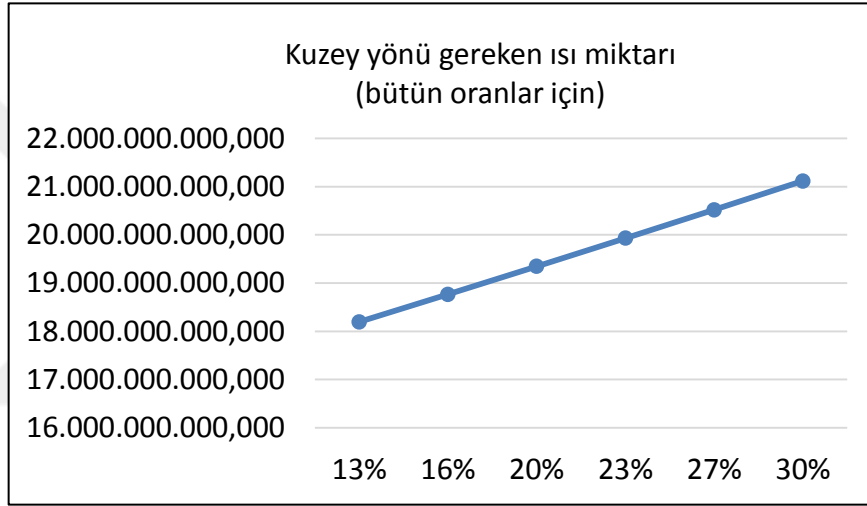
Şekil 4. 76 İkinci seçenek için yön ve oran değerlerine göre sıralanmış toplam güneş kazançları grafiği

- Üçüncü Mekân Geometrisi Seçeneği Üzerinden Örnek Kullanıcı Deneyimi

Üçüncü mekân geometrisi seçeneği üzerinden elde edilen çıktılar ve grafikleri aşağıdadır: Kullanıcı seçimleri ısı yalıtım malzemesi XPS-030, yalıtım malzemesi kalınlığı 4 cm, cam tipi renksiz yalıtım camı olarak işaretlenmiştir.

Çizelge 4. 46 Kuzey yönü için pencere oranına bağlı gereken ısı miktarı çizelgesi

Yön	Pencere Alanı/ Taban Alanı Oranı (%)	Pencere Alanı/ Duvar Alanı Oranı (%)	Gerekli Isı Miktarı
Kuzey	25	13	18.196.975.890
	30	16	18.767.211.501
	35	20	19.345.176.832
	40	23	19.929.554.634
	45	27	20.519.312.791
	50	30	21.113.630.899

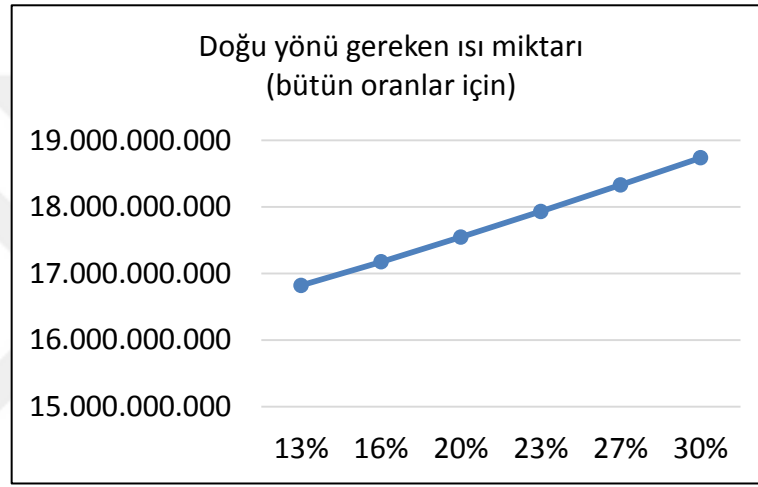


Şekil 4. 77 Kuzey yönü için pencere oranı gereken ısı miktarı grafiği

Kuzey yönünde bütün pencere oranları için, gereken ısı miktarındaki artış oranı, yaklaşık 1.03 kat olarak belirlenmiştir. Gereken ısı miktarı, oran geçişlerinde doğrusal olarak artış göstermektedir. Bu yöndeki en düşük gereken ısı miktarı görüldüğü üzere; %13 oranındadır.

Çizelge 4. 47 Doğu yönü için pencere oranına bağlı gereken ısı miktarı çizelgesi

Yön	Pencere Alanı/ Taban Alanı Oranı (%)	Pencere Alanı/ Duvar Alanı Oranı (%)	Gerekli Isı Miktarı
Doğu	25	13	16.821.775.082
	30	16	17.174.876.208
	35	20	17.545.817.882
	40	23	17.931.347.856
	45	27	18.328.964.970
	50	30	18.736.713.193

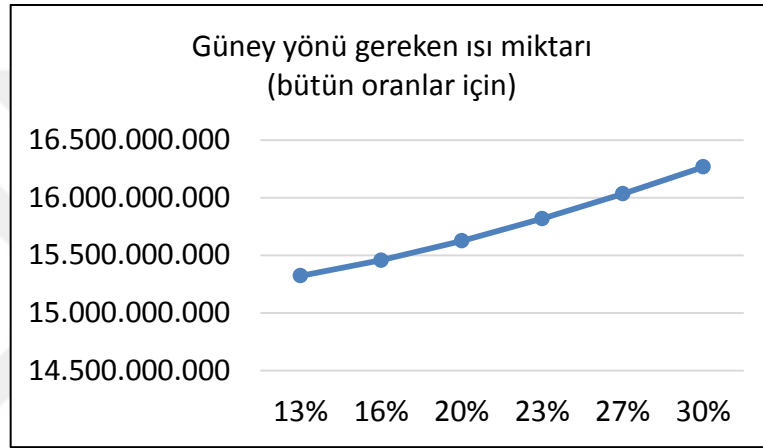


Şekil 4. 78 Doğu yönü için pencere oranı gereken ısı miktarı grafiği

Doğu yönünde bütün pencere oranları için, gereken ısı miktarındaki artış oranı, yaklaşık 1.02 kat olarak belirlenmiştir. Gereken ısı miktarı, oran geçişlerinde doğrusal olarak artış göstermektedir. Bu yöndeki en düşük gereken ısı miktarı, görüldüğü üzere; %13 oranındadır. Bu yönde %30 pencere oranında, gereken ısı miktarı, kuzey yönünde %16 pencere oranında gereken ısı miktarı ile yaklaşık olarak aynı değerdedir. Pencerenin %16 oranında kuzey yönünde konumlandırılması ile %30 oranında doğu yönünde konumlandırılması verimlilik açısından eşdeğer etkide olacaktır.

Çizelge 4. 48 Güney yönü için pencere oranına bağlı gereken ısı miktarı çizelgesi

Yön	Pencere Alanı/ Taban Alanı Oranı (%)	Pencere Alanı/ Duvar Alanı Oranı (%)	Gerekli Isı Miktarı
Güney	25	13	15.322.448.136
	30	16	15.457.084.856
	35	20	15.624.340.771
	40	23	15.818.065.288
	45	27	16.033.535.386
	50	30	16.267.072.665

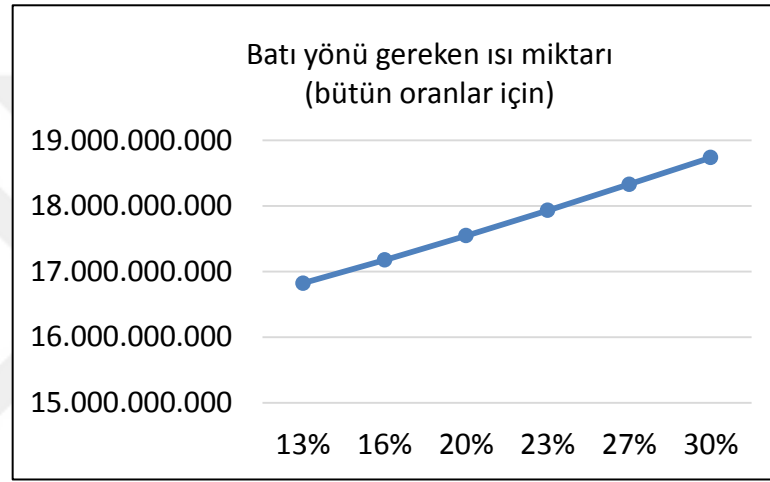


Şekil 4. 79 Güney yönü için pencere oranı gereken ısı miktarı grafiği

Güney yönünde bütün pencere oranları için, gereken ısı miktarındaki artış oranı, yaklaşık 1.01 kat olarak belirlenmiştir. Gereken ısı miktarı, oran geçişlerinde doğrusal olarak artış göstermektedir. Bu yöndeki en düşük gereken ısı miktarı, görüldüğü üzere; %13 oranındadır. Bu yönde, %30 pencere oranında, gereken ısı miktarı en yüksek gereken ısı değerini almaktadır. Bu değer, doğu yönünde en küçük oran olan %13 pencere oranında gereken ısı miktarı ile yaklaşık olarak aynı değerdedir. Pencerenin %13 oranında doğu yönünde konumlandırılması ile %30 oranında güney yönünde konumlandırılması verimlilik açısından eşdeğer etkide olacaktır.

Çizelge 4. 49 Batı yönü için pencere oranına bağlı gereken ısı miktarı çizelgesi

Yön	Pencere Alanı/ Taban Alanı Oranı (%)	Pencere Alanı/ Duvar Alanı Oranı (%)	Gerekli Isı Miktarı(J)
Batı	25	13	16.821.775.082
	30	16	17.174.876.208
	35	20	17.545.817.882
	40	23	17.931.347.856
	45	27	18.328.964.970
	50	30	18.736.713.193



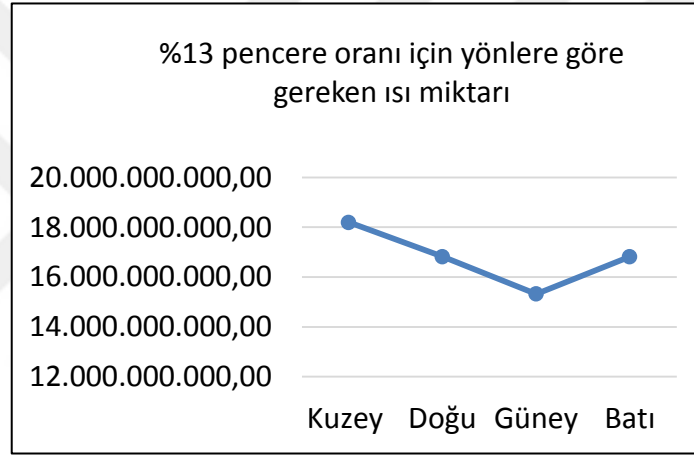
Şekil 4. 80 Batı yönü için pencere oranı gereken ısı miktarı grafiği

Batı yönünde bütün pencere oranları için, gereken ısı miktarındaki artış oranı, yaklaşık 1.02 kat olarak belirlenmiştir. Gereken ısı miktarı, oran geçişlerinde doğrusal olarak artış göstermektedir. Bu yöndeki en düşük gereken ısı miktarı, görüldüğü üzere; %13 oranındadır. Bu yönde, %30 pencere oranında, gereken ısı miktarı en yüksek gereken ısı değerini almaktadır. Bu değer, doğu yönünde en yüksek oran olan %30 pencere oranında gereken ısı miktarı ile yaklaşık olarak aynı değerdedir. Pencerenin %30 oranında doğu yönünde konumlandırılması ile %30 oranında batı yönünde konumlandırılması ve kuzey yönünde %16 oranında konumlandırılması verimlilik açısından eşdeğer etkiye olacaktır.

Bütün yönler için aynı pencere oranında gereken ısı miktarı için tablolar ve grafik gösterim şu şekildedir:

Çizelge 4. 50 Bütün yönlerde %13 pencere oranı için gereken ısı miktarı çizelgesi

Yön	Pencere Alanı/ Taban Alanı Oranı (%)	Pencere Alanı/ Duvar Alanı Oranı (%)	Gerekli Isı Miktarı(J)
Kuzey	25	13	18.196.975.890
Doğu	25	13	16.821.775.082
Güney	25	13	15.322.448.136
Batı	25	13	16.821.775.082

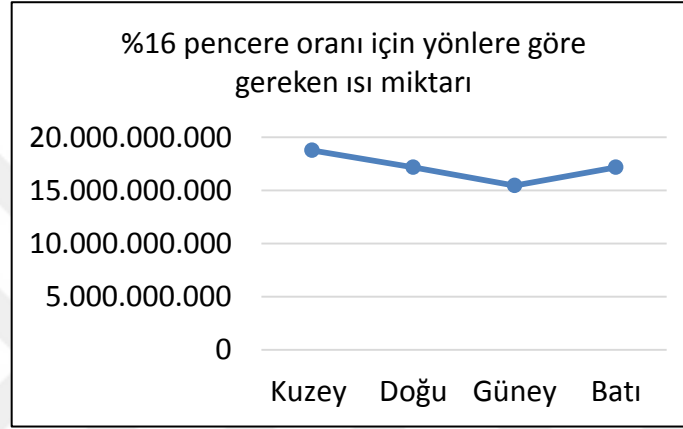


Şekil 4. 81 Bütün yönlerde %13 pencere oranı için gereken ısı miktarı grafiği

Bu tabloya göre; %25 pencere alanı-taban alanı ve %13 pencere alanı-duvar alanı oranında bütün yönlerde sıralama yapıldığında gereken ısı miktarının en az olduğu yönün güney, en fazla olduğu yönün kuzey olduğu, doğu ve batı yönleri için ise gereken ısı miktarının aynı olduğu görülmektedir. Kuzey yönündeki gereken ısı miktarı güney yönündeki gereken ısı miktarından 1,187 oranında doğu ve batı yönlerindeki gereken ısı miktarından 1,081 oranında fazladır.

Çizelge 4. 51 Bütün yönlerde %16 pencere oranı için gereken ısı miktarı çizelgesi

Yön	Pencere Alanı/ Taban Alanı Oranı (%)	Pencere Alanı/ Duvar Alanı Oranı (%)	Gerekli Isı Miktarı(J)
Kuzey	30	16	18.767.211.501
Doğu	30	16	17.174.876.208
Güney	30	16	15.457.084.856
Batı	30	16	17.174.876.208

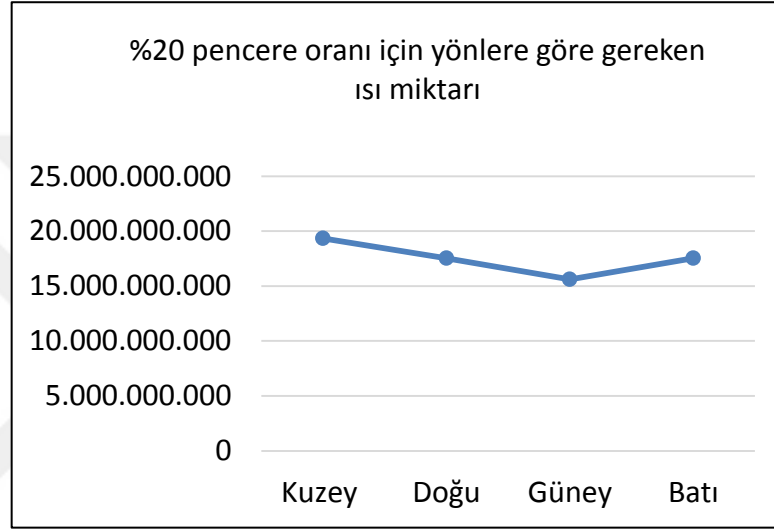


Şekil 4. 82 Bütün yönlerde %16 pencere oranı için gereken ısı miktarı grafiği

Bu tabloya göre; %30 pencere alanı-taban alanı ve %16 pencere alanı-duvar alanı oranında bütün yönlerde sıralama yapıldığında gereken ısı miktarının en az olduğu yönün güney, en fazla olduğu yönün kuzey olduğu, doğu ve batı yönleri için ise gereken ısı miktarının aynı olduğu görülmektedir. Kuzey yönündeki gereken ısı miktarı güney yönündeki gereken ısı miktarından 1,21 oranında doğu ve batı yönlerindeki gereken ısı miktarından 1,092 oranında fazladır.

Çizelge 4. 52 Bütün yönlerde %20 pencere oranı için gereken ısı miktarı çizelgesi

Yön	Pencere Alanı/ Taban Alanı Oranı (%)	Pencere Alanı/ Duvar Alanı Oranı (%)	Gerekli Isı Miktarı(J)
Kuzey	35	20	19.345.176.832
Doğu	35	20	17.545.817.882
Güney	35	20	15.624.340.771
Batı	35	20	17.545.817.882

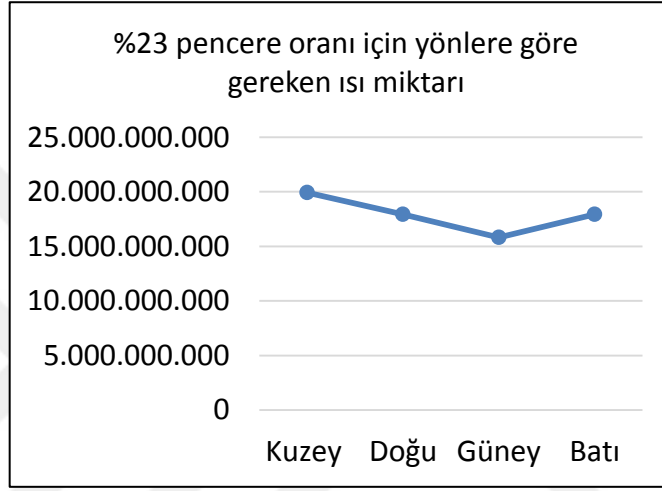


Şekil 4. 83 Bütün yönlerde %20 pencere oranı için gereken ısı miktarı grafiği

Bu tabloya göre; %35 pencere alanı-taban alanı ve %20 pencere alanı-duvar alanı oranında bütün yönlerde sıralama yapıldığında gereken ısı miktarının en az olduğu yönün güney, en fazla olduğu yönün kuzey olduğu, doğu ve batı yönleri için ise gereken ısı miktarının aynı olduğu görülmektedir. Kuzey yönündeki gereken ısı miktarı güney yönündeki gereken ısı miktarından 1,23 oranında doğu ve batı yönlerindeki gereken ısı miktarından 1,1 oranında fazladır.

Çizelge 4. 53 Bütün yönlerde %23 pencere oranı için gereken ısı miktarı çizelgesi

Yön	Pencere Alanı/ Taban Alanı Oranı (%)	Pencere Alanı/ Duvar Alanı Oranı (%)	Gerekli Isı Miktarı(J)
Kuzey	40	23	19.929.554.634
Doğu	40	23	17.931.347.856
Güney	40	23	15.818.065.288
Batı	40	23	17.931.347.856

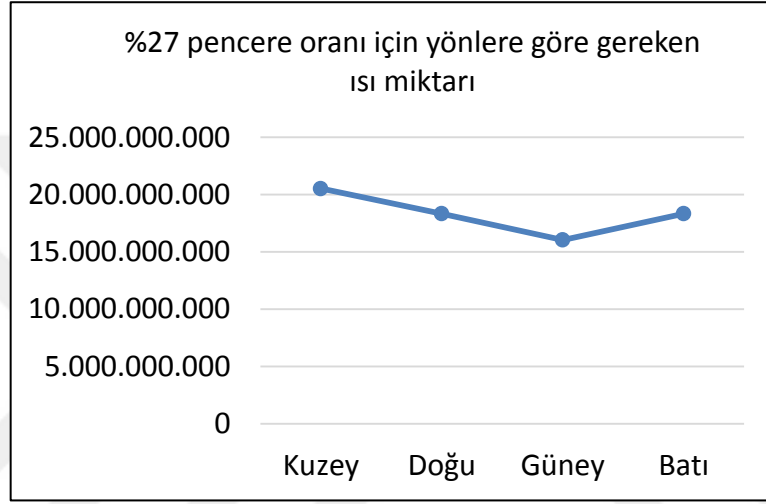


Şekil 4. 84 Bütün yönlerde %23 pencere oranı için gereken ısı miktarı grafiği

Bu tabloya göre; %40 pencere alanı-taban alanı ve %23 pencere alanı-duvar alanı oranında bütün yönlerde sıralama yapıldığında gereken ısı miktarının en az olduğu yönün güney, en fazla olduğu yönün kuzey olduğu, doğu ve batı yönleri için ise gereken ısı miktarının aynı olduğu görülmektedir. Kuzey yönündeki gereken ısı miktarı güney yönündeki gereken ısı miktarından 1,3 oranında doğu ve batı yönlerindeki gereken ısı miktarından 1,1 oranında fazladır.

Çizelge 4. 54 Bütün yönlerde %27 pencere oranı için gereken ısı miktarı çizelgesi

Yön	Pencere Alanı/ Taban Alanı Oranı (%)	Pencere Alanı/ Duvar Alanı Oranı (%)	Gerekli Isı Miktarı(J)
Kuzey	45	27	20.519.312.791
Doğu	45	27	18.328.964.970
Güney	45	27	16.033.535.386
Batı	45	27	18.328.964.970

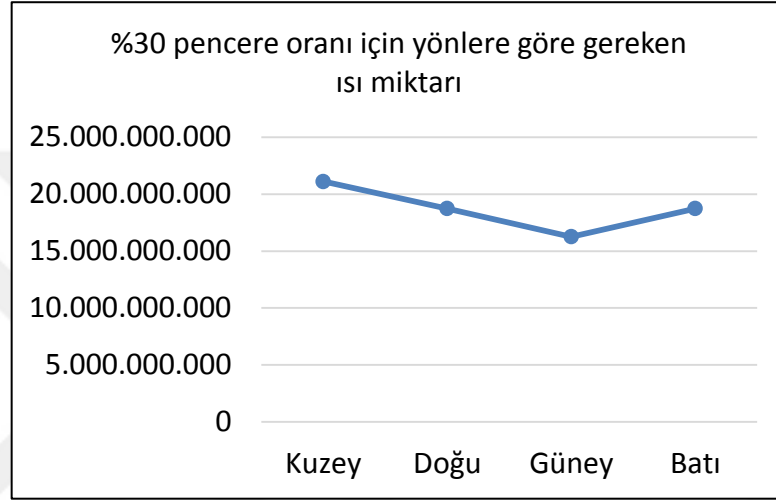


Şekil 4. 85 Bütün yönlerde %27 pencere oranı için gereken ısı miktarı grafiği

Bu tabloya göre; %45 pencere alanı-taban alanı ve %27 pencere alanı-duvar alanı oranında bütün yönlerde sıralama yapıldığında gereken ısı miktarının en az olduğu yönün güney, en fazla olduğu yönün kuzey olduğu, doğu ve batı yönleri için ise gereken ısı miktarının aynı olduğu görülmektedir. Kuzey yönündeki gereken ısı miktarı güney yönündeki gereken ısı miktarından 1,27 oranında doğu ve batı yönlerindeki gereken ısı miktarından 1,1 oranında fazladır.

Çizelge 4. 55 Bütün yönlerde %30 pencere oranı için gereken ısı miktarı çizelgesi

Yön	Pencere Alanı/ Taban Alanı Oranı (%)	Pencere Alanı/ Duvar Alanı Oranı (%)	Gerekli Isı Miktarı(J)
Kuzey	50	30	21.113.630.899
Doğu	50	30	18.736.713.193
Güney	50	30	16.267.072.665
Batı	50	30	18.736.713.193



Şekil 4. 86 Bütün yönlerde %30 pencere oranı için gereken ısı miktarı grafiği

Bu tabloya göre; %45 pencere alanı-taban alanı ve %30 pencere alanı-duvar alanı oranında bütün yönlerde sıralama yapıldığında gereken ısı miktarının en az olduğu yönün güney, en fazla olduğu yönün kuzey olduğu, doğu ve batı yönleri için ise gereken ısı miktarının aynı olduğu görülmektedir. Kuzey yönündeki gereken ısı miktarı güney yönündeki gereken ısı miktarından 1,3 oranında doğu ve batı yönlerindeki gereken ısı miktarından 1,12 oranında fazladır.

4.9 Çıkış Verilerinin Değerlendirilmesi

Bu çizelgeler, grafikler ve sorgulamalar sonucu elde edilen çıkış verilerinin değerlendirme sonuçları şu şekildedir:

Bütün duvarların dış duvar olması durumunda:

- Taban alanı-pencere alanı oranı %25 iken;
 - 1) Doğu ve batı yönlerinde güneş kazançları değerleri eşittir.
 - 2) Bütün yönlerde ısı kaybı değerleri eşittir.

- 3) Doğu ve batı yönlerinde güneş kazançları ve ısı kaybı değerleri eşit olduğu için bu yönlerde gereken ısı miktarı değeri aynıdır.
 - 4) Güneş kazançları açısından en büyük değer güney yönünde elde edilmiştir.
 - 5) En fazla ısıtma enerjisi gerektiren yön kuzey yönü, en az ısıtma enerjisi gerektiren yön güney yönüdür.
- Taban alanı-pencere alanı oranı %30 iken;
 - 1) Doğu ve batı yönlerinde güneş kazançları değerleri eşittir.
 - 2) Bütün yönlerde ısı kaybı değerleri eşittir.
 - 3) Doğu ve batı yönlerinde güneş kazançları ve ısı kaybı değerleri eşit olduğu için bu yönlerde gereken ısı miktarı değeri aynıdır
 - 4) Güneş kazançları açısından en büyük değer güney yönünde elde edilmiştir.
 - 5) En fazla ısıtma enerjisi gerektiren yön kuzey yönü, en az ısıtma enerjisi gerektiren yön güney yönüdür.
 - Taban alanı-pencere alanı oranı %35 iken;
 - 1) Doğu ve batı yönlerinde güneş kazançları değerleri eşittir.
 - 2) Bütün yönlerde ısı kaybı değerleri eşittir.
 - 3) Doğu ve batı yönlerinde güneş kazançları ve ısı kaybı değerleri eşit olduğu için bu yönlerde gereken ısı miktarı değeri aynıdır
 - 4) Güneş kazançları açısından en büyük değer güney yönünde elde edilmiştir.
 - 5) En fazla ısıtma enerjisi gerektiren yön kuzey yönü, en az ısıtma enerjisi gerektiren yön güney yönüdür.
 - Taban alanı-pencere alanı oranı %40 iken;
 - 1) Doğu ve batı yönlerinde güneş kazançları değerleri eşittir.
 - 2) Bütün yönlerde ısı kaybı değerleri eşittir.
 - 3) Doğu ve batı yönlerinde güneş kazançları ve ısı kaybı değerleri eşit olduğu için bu yönlerde gereken ısı miktarı değeri aynıdır
 - 4) Güneş kazançları açısından en büyük değer güney yönünde elde edilmiştir.
 - 5) En fazla ısıtma enerjisi gerektiren yön kuzey yönü, en az ısıtma enerjisi gerektiren yön güney yönüdür.
 - 6) Güney yönü için gerekli ısı miktarı güneş kazançlarından dolayı doğu ve batı yönleri ile yakın değerdedir.
 - Taban alanı-pencere alanı oranı %45 iken;

- 1) Doğu ve batı yönlerinde güneş kazançları değerleri eşittir.
 - 2) Bütün yönlerde ısı kaybı değerleri eşittir.
 - 3) Doğu ve batı yönlerinde güneş kazançları ve ısı kaybı değerleri eşit olduğu için bu yönlerde gereken ısı miktarı değeri aynıdır.
 - 4) Güneş kazançları açısından en büyük değer güney yönünde elde edilmiştir.
 - 5) En fazla ısıtma enerjisi gerektiren yön kuzey yönü, en az ısıtma enerjisi gerektiren yön güney yönüdür.
 - 6) Güney yönü için gerekli ısı miktarı güneş kazançlarından dolayı doğu ve batı yönleri ile yakın değerdedir.
- Taban alanı-pencere alanı oranı %50 iken;
 - 1) Doğu ve batı yönlerinde güneş kazançları değerleri eşittir.
 - 2) Bütün yönlerde ısı kaybı değerleri eşittir.
 - 3) Doğu ve batı yönlerinde güneş kazançları ve ısı kaybı değerleri eşit olduğu için bu yönlerde gereken ısı miktarı değeri aynıdır.
 - 4) Güneş kazançları açısından en büyük değer güney yönünde elde edilmiştir.
 - 5) En fazla ısıtma enerjisi gerektiren yön kuzey yönü, en az ısıtma enerjisi gerektiren yön güney yönüdür.
 - En düşük ısı kaybı değeri taban alanı-pencere alanı oranı kuzey yönünde %25 iken elde edilmiştir.
 - En yüksek güneş kazancı değeri taban alanı-pencere alanı oranı güney yönünde %35 iken elde edilmiştir.
 - En düşük ısıtma enerjisi gereksinimi değeri taban alanı-pencere alanı oranı güney yönünde %35 iken elde edilmiştir.

Duvarlardan ikisinin dış, ikisinin iç duvar olması durumunda:

- Taban alanı-pencere alanı oranı %25 iken bütün yönlenmeler için;
 - 1) Pencere alanı-duvar alanı oranı % 30 olmaktadır.
 - 2) Eğitim-öğretim dönemi boyunca en yüksek ısı kaybı değeri Ocak ayında ve en düşük ısı kaybı değeri Eylül ayında olmaktadır.
 - 3) Eğitim-öğretim dönemi boyunca en yüksek güneş kazancı değeri Haziran ayında ve en düşük güneş kazancı değeri aralık ayında olmaktadır.

- 4) Eğitim-öğretim dönemi boyunca en yüksek ısıtma enerjisi gereksinimi Ocak ayında, en az ısıtma enerjisi gereksinimi Eylül ayındadır.
 - 5) İç ortam ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkından dolayı Haziran ayı için ısı kaybı negatif değer olarak hesaplanmakta ve ısıtma enerjisi hesaplamalarına sıfır olarak katılmaktadır. Dolayısıyla Haziran ayı için ısıtma enerjisi gerekmemektedir.
- Taban alanı-pencere alanı oranı %30 iken bütün yönlenmeler için;
 - 1) Pencere alanı-duvar alanı oranı % 39 olmaktadır.
 - 2) Eğitim-öğretim dönemi boyunca en yüksek ısı kaybı değeri Ocak ayında ve en düşük ısı kaybı değeri Eylül ayında olmaktadır.
 - 3) Eğitim-öğretim dönemi boyunca en yüksek güneş kazancı değeri Haziran ayında ve en düşük güneş kazancı değeri aralık ayında olmaktadır.
 - 4) Eğitim-öğretim dönemi boyunca en yüksek ısıtma enerjisi gereksinimi Ocak ayında, en az ısıtma enerjisi gereksinimi Eylül ayındadır.
 - 5) İç ortam ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkından dolayı Haziran ayı için ısı kaybı negatif değer olarak hesaplanmakta ve ısıtma enerjisi hesaplamalarına sıfır olarak katılmaktadır. Dolayısıyla Haziran ayı için ısıtma enerjisi gerekmemektedir.
 - Taban alanı-pencere alanı oranı %35 iken bütün yönlenmeler için;
 - 1) Pencere alanı-duvar alanı oranı % 49 olmaktadır.
 - 2) Eğitim-öğretim dönemi boyunca en yüksek ısı kaybı değeri Ocak ayında ve en düşük ısı kaybı değeri Eylül ayında olmaktadır.
 - 3) Eğitim-öğretim dönemi boyunca en yüksek güneş kazancı değeri Haziran ayında ve en düşük güneş kazancı değeri aralık ayında olmaktadır.
 - 4) Eğitim-öğretim dönemi boyunca en yüksek ısıtma enerjisi gereksinimi Ocak ayında, en az ısıtma enerjisi gereksinimi Eylül ayındadır.
 - 5) İç ortam ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkından dolayı Haziran ayı için ısı kaybı negatif değer olarak hesaplanmakta ve ısıtma enerjisi hesaplamalarına sıfır olarak katılmaktadır. Dolayısıyla Haziran ayı için ısıtma enerjisi gerekmemektedir.

- Kuzey yönlenmesinde en yüksek toplam güneş kazancı değeri %49 pencere oranında elde edilmiştir.
- Güney yönlenmesinde en yüksek toplam güneş kazancı değeri %49 pencere oranında elde edilmiştir.
- Doğu yönlenmesinde en yüksek toplam güneş kazancı değeri %49 pencere oranında elde edilmiştir.
- Batı yönlenmesinde en yüksek toplam güneş kazancı değeri %49 pencere oranında elde edilmiştir.
- Doğu ve batı yönleri için güneş kazancı değerleri eşittir.
- En yüksek güneş kazancı değeri, güney yön %49 pencere oranında elde edilmiştir.
- En düşük güneş kazancı değeri, kuzey yön %30 pencere oranında elde edilmiştir.

Duvarlardan birisinin dış, üçünün iç duvar olması durumunda:

- Taban alanı-pencere alanı oranı %25 iken; pencere alanı-duvar alanı oranı % 13 olmaktadır.
- Taban alanı-pencere alanı oranı %30 iken; pencere alanı-duvar alanı oranı % 16 olmaktadır.
- Taban alanı-pencere alanı oranı %35 iken; pencere alanı-duvar alanı oranı %20 olmaktadır.
- Taban alanı-pencere alanı oranı %40 iken; pencere alanı-duvar alanı oranı %23 olmaktadır.
- Taban alanı-pencere alanı oranı %45 iken; pencere alanı-duvar alanı oranı %27 olmaktadır.
- Taban alanı-pencere alanı oranı %50 iken; pencere alanı-duvar alanı oranı % 30 olmaktadır.
- Bütün oran değerleri için, kuzey yönlenmesinde en yüksek ısıtma enerjisi, güney yönlenmesinde en düşük ısıtma enerjisi değeri elde edilmiştir.
- Bütün oran değerleri için doğu ve batı yönlenmeleri için ısıtma enerjisi gereksinimleri eşit değerdedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ve T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu referans alınarak Türkiye 2. Gün Bölgesi şartlarında geçerli olan bir tasarım destek sistemi algoritması geliştirilmiştir. Süreç düzeninde izlenebilen bu algoritmayı oluşturabilmek için akış diyagramlarından yararlanılmıştır. Akış diyagramlarının oluşabilmesi için kurallar ve giriş verileri tanımlanmış, giriş verileri arasında kurulacak ilişkiler, sonuç verilerinin elde edilebilmesi için gereken fonksiyonlar ve döngülerin düzenleri belirlenmiştir. Oluşturulan akış diyagramlarına göre PHP betik dili kullanılarak kod yazılmış, yazılan kod yerel ve web sunucular üzerinde çalıştırılmıştır. Elde edilen çıkış verileri düzenlenerek sunulmuştur.

Model önerisi, yeni yapılacak eğitim yapıları için referans olarak kullanılacak bir öneri olarak düşünülmektedir. Bu amaç doğrultusunda yazılan kod, parametre ve düzen değişiklikleri ile mevcut eğitim yapıları için kontrol yapılmasını da sağlayabilecektir.

Yerel sunucu üzerinde çalışan modelin, birinci, ikinci ve üçüncü mekân geometri seçenekleri üzerinden çıkış verileri elde edilerek, sorgulamalar ve grafikler oluşturmak için kullanılmıştır. Her bir çizelgenin içeriğinde toplam ısı kaybı ve güneş kazançları belirtilmiş, yapının ısıtılması için gereken ısı miktarı açısından eğitim yapısının bulunduğu konumu içeren 2. Gün Bölgesi referans aralık değerlerine göre uygunluk kontrolü yapılmıştır. Kuzey, doğu, güney, batı yönleri için %25-%50 oran aralığında pencere bileşen alanı ve taban alanı oranlarına göre, toplam ısı kaybı, toplam güneş kazançları ve toplam gereken ısı miktarı hesaplatılarak tablolara dönüştürülmüştür.

Pencere alanı-taban alanı oranına karşılık gelen pencere alanı-duvar alanı hesaplamaları kodun içine yerleştirilmiştir. Bu hesaplamalar yapılırken ikinci geometri seçeneğinde, referans aralığı değeri dışında kalan gereken ısı miktarı değerleri elde edilmiştir. Referans aralığı dışında kalan bu değerler tablolarda ve sorgulamalarda dikkate alınmamıştır.

Web sunucu üzerinde çalışan modelin çıkış verileri de kodun yerel sunucu üzerinde çalışması senaryosunda olduğu gibi değerlendirmeye uygun düzendedir. Parametreler ve giriş verileri seçenekleri aynıdır. Model çalışmasının erişilebilir olması açısından satın alınan bir alan adı üzerinde açık kaynak yazılımlardan yararlanılarak arayüz oluşturulmuştur. Arayüz teması ve kodun arayüze yerleştirilmesi duyarlı tasarım ilkeleri doğrultusunda yapılmıştır.

Çıkış verileri ışığında farklı mekân seçeneklerine göre elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- %25-%50 aralığında olması istenen ve pencere alanı-taban alanı oranları içinde de uygun bir oran değerinin olabileceği görülmektedir.
- Bu uygun oran değeri, yönlenmeye bağlı olarak farklılık göstermektedir.
- Hesaplama fonksiyonlarındaki parametre ve giriş verilerinin aynı olması nedeniyle, yönlenmelerin farklı olması durumunda bile ısı kayıplarının aynı değerde olabileceği görülmektedir.
- Güneş kazançlarının yüksek değerde olması ısıtma enerjisi gereksinimini azaltmaktadır.
- Isı enerjisi gereksiniminin pencere alanı-taban alanı oranı arttıkça arttığı görülmektedir.
- Dört dış duvar bileşenine sahip mekân geometrisinde;
 - Bütün pencere alanı taban alanı değerlerine karşılık gelen pencere alanı duvar alanı oranları için gereken ısıtma enerjisi miktarı referans değer aralığındadır.
 - Pencere alanı-taban alanı oranına bağlı ısı kayıpları doğrusal yönde artış göstermektedir.

- Pencere alanı-taban alanı oranına bağlı güneş kazançları doğrusal yönde artış göstermektedir.
- Kuzey yönünde ısı kayıpları ve güneş kazançları değerleri hiç bir oranda eşit olmamaktadır.
- Doğu yönünde ısı kayıpları ve güneş kazançları değerleri %35 pencere alanı-taban alanı oranında yaklaşık olarak eşit değer almaktadır.
- Güney yönünde ısı kayıpları ve güneş kazançları değerleri %30 pencere alanı-taban alanı oranında yaklaşık olarak eşit değer almaktadır.
- Batı yönünde ısı kayıpları ve güneş kazançları değerleri %35 pencere alanı-taban alanı oranında yaklaşık olarak eşit değer almaktadır.
- İki dış duvar, iki iç duvar bileşenine sahip mekân geometrisinde;
 - Enerji uygunluğu açısından, %40, %45 ve %50 pencere alanı taban alanı oranlarında referans aralığında uygun değer bulunamamıştır. Bu oran değerlerine karşılık gelen pencere alanı duvar alanı oranları hesaplanmadığından bu değerler için gereken ısı miktarı, ısı kayıpları ve güneş kazançları sorgulamaları yapılmamıştır.
 - Pencerelerin kuzey yönünde konumlandırılması, bütün oranlarda güneş kazançlarının en az değerde olmasına yol açmaktadır.
 - Bütün yönlenmeler ve oranlar için ay bazında yapılan hesaplamalarda en yüksek ısıtma enerjisi gereksiniminin Ocak ayında olduğu görülmüştür.
 - Dış ortam sıcaklık değerinin konfor sıcaklığı değerinden büyük olması, hesaplamalara negatif değerler taşıdığından Haziran ayı için ısı kayıpları hesaplamaları yapılamamaktadır.
- Bir dış duvar, üç iç duvar bileşenine sahip mekân geometrisinde;
 - Bütün pencere alanı taban alanı değerlerine karşılık gelen pencere alanı duvar alanı oranları için gereken ısıtma enerjisi miktarı referans değer aralığındadır.
- Bütün mekân geometrisi seçenekleri için en uygun yönlenme, beklendiği gibi güney yönü olarak belirlenmiştir.

Bu veriler, kodun çalışması ile elde edilen verilerin derlenmesi ile oluşturulmuştur. Tablo ve grafiklerden elde edilmiştir.

Çıkış verilerinin değerlendirilmesini sağlayan ve yukarıda sıralanan sonuçların elde edildiği model çalışması için, giriş bölümünde sözü edilen ve çalışmanın amacı ile bağlantılı soruların cevapları aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir:

Tasarımın ilk aşamalarında performansa dayalı kararların verilmesi, sonuç ürün üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Maliyet hesapları, zaman tasarrufu ve ürün kalitesi bu etkilerden en önemlileridir. Enerji verimlilik hesaplarının yapılması ve bu hesapların yapılırken veya yapıldıktan sonra benzetim yazılımlarından yararlanılması gerekmektedir. Ancak yazılım paketleri kullanılarak yapılan bu benzetim, verimlilik için gereken parametrelerin düzenlenmesi için her zaman uygun olmamaktadır. Özellikle farklı yönetmeliklere ve farklı çevresel şartlara sahip bölgeler için tasarıma ait girdilerin yere özel olacak şekilde tanımlanması gerekmektedir. Bu parametrelere ek olarak yapının işlevi de bu benzetimde rol oynamaktadır. Yapının tipine göre kullanılması gereken yönetmelikler ve parametreler değişkenlik gösterecektir. Çünkü her yapı tipi kendine özgü amaç ve işlevi barındırmaktadır. Dolayısıyla tasarımcının vereceği karar, yapının performansını belirlemeli ve işlevi desteklemelidir. Bütün verilerin sistemli bir düzende analiz edilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda yapının performansının önceden belirlenmesi, bütün dünyada ulaşılmak istenen sıfır enerji yapı hedefi açısından önem taşımaktadır.

Bir eğitim yapısından beklenen enerji verimlilik performansı diğer yapılardan beklenecek performans değerlerinden biraz farklı olacaktır. Öğrenme ve öğretme işlevlerini aynı anda barındıran bu yapıların özellikle çocukların verimliliğini de artırması beklenmektedir. Günışığı ve ısı konforu performans ve verimlilik için gereken parametrelerdir. Öğrenci ve öğretmen başarısı için yapının fiziksel şartları, çevre ile olan ilişkisi önemlidir. Bu şartlar yapının enerji verimliliği ve performansı için oldukça önem taşımaktadır. Bu amaçla, verimlilik artırımı ve sürdürülebilirlik hedefi ile hazırlanan tasarım yönergeleri ve standartları bulunmaktadır. Bu yönergeler ve standartlar ülkelerin buldukları konumlarından dolayı farklı değişkenler içerebilmektedir. Kullanılacak hesap değerleri ülkenin çevresel şartlarına göre belirlenmektedir.

Bir eğitim yapısı için verimlilik hesaplamaları diğer yapı tiplerinde olduğu gibi kayıp ve kazanç sistemleri üzerinden yapılmaktadır. Kazançların artırılması, kayıpların azaltılması ilkesi ile verimlilik sağlanması hedeflenmektedir. Gereken ısıtma enerjisi miktarı kayıplar ve kazançlar arasındaki oran ile formüle edilmekte ve hesaplanmaktadır. Kayıplar ve kazançlar arasındaki fark gereken ısı miktarı olarak elde edilmektedir. Paket yazılımlar için bu hesaplamalarda kullanılan yönergelerdeki değerlerin her ülkeye uygunluğu söz konusu değildir. Türkiye çevresel şartları ile uygunluk olması açısından kullanılan yönerge ve standartlar TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ve T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu kapsamındadır. Bu kılavuzların hazırlanabilmesi için kullanılan algoritmalar bulunmaktadır. Dolayısıyla, kendi içlerinde algoritma barındırmakta olan kılavuzların hesaplama algoritmalarının çıkarılması mümkün olmaktadır. Bu algoritma, hesaplama yönteminin algoritması olup bütün tanımlamalar ve değişkenler yönergedeki gibi kullanılabilir. İşlemlerin gerçekleşme sırası olduğu için algoritmanın temel ilkesi gereği adım adım ilerlemek mümkündür. Her iki kılavuz için akış diyagramları ile algoritma oluşturulabilmektedir.

Algoritma akış diyagramları ve şemalar yardımıyla oluşturulduğu için kolaylıkla kodlama yöntemi ile ifade edilebilmektedir. Her işlem karşılığı bir fonksiyon, her veri için sabit veya değişken tanımı, her devam eden işlem için döngü ve her karar mekanizması için şartlı ifadeler tanımlanabilmektedir. Dolayısıyla, bir eğitim yapısı için de ısı kayıp ve kazanç hesapları paket yazılımlar dışında, parametre ve fonksiyon tanımları ile kodlama yöntemi ile elde edilebilmektedir.

Şemaları ve akışı diyagramları oluşturulan algoritma, metin tabanlı kod ile ifade edilebilmektedir. Bu dil yüksek seviye programlama dili olan PHP programlama dilidir. Bu dil yardımı ile algoritma, bilgisayarın algılayacağı ve işlem yapacağı uygulama diline dönüştürülmektedir. Akış diyagramları, programlamaya geçişi kolaylaştırmıştır.

Türkiye çevresel şartlarına uyum sağlamak için önerilen bu kodlama yönteminde yazılan kodların herkesin erişebileceği bir uygulamaya dönüşebilmesi için çalışma ortamının düzenlenmesi gerekmektedir. Web ortamında yayınlanan bu tür bir yöntem, herkesin erişimine açık olması, erişilebilirlik özelliği barındırması ve paylaşılabilir olması açısından önemlidir. Ayrıca farklı sistemler ile çalışabilmesinin yazılım özgürlüğü

açısından yararlı olacağı düşünülmektedir. Düzenlenen arayüz internet erişimi olan bütün cihazlarda kullanılabilir. Uygulamanın mobil cihazlarda kullanılması zaman tasarrufu açısından önemlidir. Mekândan bağımsız olarak erişim sağlanabilmektedir. Kodun erişime açık olması ve testlerinin yapılabilmesi için web üzerinde çalışan bir web uygulaması geliştirilmiştir.

Erişilebilir olarak düzenlenen kodun farklı ortamlarla veri alışverişi yapabilmesi için geliştirilen bir uygulama mevcuttur. Bu uygulama ile kodun verileri Autodesk Revit yazılımı ile paylaşmakta ve kullanılmaktadır. Bu uygulamanın geliştirilmesi diğer yazılımlarla veri alışverişini de sağlayacaktır.

Metin tabanlı olarak hazırlanan kod farklı ortam iş birlikleri için görsel tabanlı program koduna dönüşebilmektedir. Görsel tabanlı programlama üst düzey programlama bilgisine ihtiyaç duymadan işlem yapabilmeyi sağlamakta olduğundan kullanım ve test kolaylığı bulunmaktadır. Bu kod için görsel tabanlı programlama olarak Dynamo eklentisi önerilmektedir.

Önerilen matematiksel modelin, farklı yapı türlerine ve farklı gün bölgelerine uyarlanması ve adapte edilmesi mümkündür. Bu amaçla giriş verilerinin değiştirilmesi, parametre tanımlarının yeniden düzenlenmesi veya uygun duruma getirilmesi yeterli olacaktır. Modelin algoritması ve akış diyagramları, bu uyumu sağlayabilecek esnek yapıda kurgulanmıştır.

Sonuç olarak; eğitim yapıları için enerji verimliliğinin çevreye, ekonomiye ve eğitimin kalitesine etkisi olumlu yönde olmaktadır. Bu tür bir yaklaşımla sayısal ortam kullanılarak pencere oranı hesaplanması hedeflenen oranların bulunması ve uygulanması açısından önemlidir. Bu tür yöntemlerin kullanımının yaygınlaştırılması ve bu tür yöntemlerin üretilmesinin zaman tasarrufu sağlayacağı ve yararlı olacağı düşünülmektedir. Kayıp ve kazanç hesaplamalarının yapılarak pencere oranlarının belirlenmesinin yapı performansı üzerinde etkili olacağı düşünülmektedir. Tasarım sürecinde bu tür bir hesaplamanın sürecin hızlanmasına ve kolaylaşmasına yardımcı olacağı öngörülmektedir. Özellikle bir eğitim yapısı için konfor koşulları dikkate alınarak yapılan bu tür hesaplamaların öğrencilerin eğitim hayatına da olumlu yönde katkı yapacağı düşünülmektedir. Farklı disiplinlerden iş birliği gerektiren bu çalışmanın farklı

bakış açıları oluşturulması açısından tasarımcı ve tasarım ekibi için yardımcı olacağı öngörülmektedir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda diğer çalışmalara da ışık tutması ve kullanıcı desteği açısından aşağıdaki önerilerin yararlı olacağı düşünülmektedir:

- Matematiksel modelin ve model arayüzünün kullanıcı dostu olup olmadığı ile ilgili değerlendirme yapılabilmesi amacı ile ilgili olarak kullanıcı testi önerilmektedir. Bu test sonucu bileşenlere göre özelleştirmeler yapılarak kullanıcı istekleri doğrultusunda eklemeler veya kısıtlamalar yapılabilecektir. Öğrenciler ve profesyoneller için önerilen kullanıcı testinin modelin gelişmesi ve geliştirilmesi açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.
- Çalışmada optimizasyon işlemi yapılmamıştır. Ancak sistemlere entegre edilebilmesi mümkün olabilmektedir. Yapının performans belirleyicileri olarak pencere açıklıkları ve malzeme tipi kullanılmıştır. Bu parametreler optimizasyon işlemi için de kullanılabilir. Uygun optimizasyon algoritmasının seçimi ile elde edilen veriler kullanılarak işlem gerçekleştirilebilir. Elde edilen verilere ve model işleyişine göre genetik algoritmanın uygun olduğu düşünülmektedir. Pencere açıklıkları hesabı, taban alanı üzerinden belli bir oran aralığında olsa da kodun içinde yapılabilir. Her oran seçeneği için hesaplama yapan bir denklem kodun içine eklenmiştir. Bu hesaplamalar yapılırken enerji referans aralığının dikkate alınması verimlilik açısından önerilmektedir. Her bölge için farklılık gösterecek bu aralık kodun içine bütün bölgeler için eklenebilecektir. Dolayısıyla kodun çalışması için kullanıcı seçeneklerine ek olarak yer parametresi eklenmesi yeterli olacaktır. Cam tipi algoritma bölümünde anlatıldığı üzere kodun içinde iki farklı seçenek olarak belirlenmiştir. İsteğe göre artırılabilir [73].
- Maliyet hesaplamaları tez kapsamında olmayıp çalışmanın ileriki aşamalarında başlangıç parametreleri olarak belirlenen değerlere ek olarak maliyet parametresinin eklenmesi önerilmektedir. Günümüz ekonomik şartlarında bu parametrenin sürece dâhil edilmesinin önemli ve gerekli olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada akış diyagramları ve fonksiyon şemaları içinde gösterilmeyen bu parametre seçilen malzeme türüne göre değişken veri olarak kodun içine eklenebilecektir. Kodun esnek yapısı bu tür bir değişime izin vermektedir. Ancak

maliyet hesaplamaları için güncelleme gerektirmesi modelin web ortamında ikinci senaryoya göre çalıştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Yerel alışma senaryosunda maliyet değerlerinin manuel girilmesi durumunda kodun çalışmasını yavaşlatacağı ve güncel kullanımı olumsuz etkileyebileceği düşünülmektedir.

- Milli Eğitim Bakanlığına bağlı bütün okullar için bina bilgileri 2009-2010 Akademik Yılından itibaren web ortamında e-okul¹ sistemi içindeki MEİS modülünden görülebilmektedir. Kodun web üzerinde çalışma senaryosu ile bu sistemin birleştirilmesi ve bina ile ilgili performans değerlerinin de sistem üzerinden aktarımlarının yapılarak paylaşılabilmesi önerilmektedir. Bu paylaşım bilgilendirme amaçlı olabilecektir. Kodun PHP ile yazılmış olması web ortamında yapılacak geliştirmeler için uygun olmaktadır.

¹ e-okul: Milli Eğitim Bakanlığına bağlı okulların eğitim ve ğretim ile ilgili bütün bilgilerinin yer aldığı sistem. [76]

KAYNAKLAR

- [1] Anbarcı, M. ve Giran, Ö., (2012). "Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Sistemleri ile Türkiye'deki Bina Enerji Verimliliği Uygulaması" e-Journal of New World Sciences Academy, İstanbul Üniversitesi, ISSN: 1306-3111, 7(1):368-383, İstanbul.
- [2] Zorer, G., (1995). Dersliklerde Edilgen Sistemle Isısal Konforun Sağlanmasında Tasar Ölçütü Olarak Bir Değerlendirme Yöntemi Oluşturulması, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Göçek, N. F., (2010). Bir Hacmin Güneşliği Karakteristiğinin Çıkarılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] Okumuş, M., (2014). Yaşlı Evlerinde Pencerelelerin Bina Enerji Ve Güneşliği Performansına Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- [5] Turan, N.D., (2004). Eğitim Yapılarının Tasarım Ölçütlerinin Yıllık Isıtma Enerjisi Harcamalarının Azaltılmasına Yönelik Olarak Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] Güvenkaya, R. K., (2008). İlköğretim Dersliklerinde Aydınlatma Enerjisi Yönetimi Açısından Yönlere Göre Uygun Cephe Seçeneklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] Awadh, O., (2017). "Sustainability And Green Building Rating Systems: LEED, BREEAM, GSAS, And Estidama Critical Analysis", AESG Green Building Consultant, Journal of Building Engineering, 11: 25-29, Dubai.
- [8] Goia, F., (2016). "Search For The Optimal Window-To-Wall Ratio In Office Buildings In Different European Climates And The Implications On Total Energy Saving Potential", Solar Energy, 132:467-492, Department of Architectural Design, History and Technology, Faculty of Architecture and Fine Arts, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- [9] Demir, A., (2012). Yeşil Okul: Çevre Sağlık ve Eğitime Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- [10] Kesten, D., (2006). Eğitim Binalarında Etkin Aydınlatma Tasarımının İncelenmesi Salvagny (Fransa) Şehir Okulu Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [11] Yılmaz, Y., (2009). Farklı İklim Bölgelerinde Bir İlköğretim Tip Projesinin Enerji Etkin Geliştirilmesine Yönelik Uygulama Örneği, Yüksek Lisan Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] Zeybek, Ö., (2009). Türkiye'deki İlköğretim Binalarında Bina Kabuğundaki Enerji Etkin İyileştirme Yöntemleriyle Enerji Kazançları, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] Göçer, C., (2006). Beton Esaslı Prefabrikte İlköğretim Binalarında Isıtma Enerjisine Bağlı Enerji Kazanımı, Çevre Kirliliği Ve Isıtma Ekonomisi Kriterlerinin Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] Harputlugil, G. U., (2009), Enerji Performansı Öncelikli Mimari Tasarım Sürecinin İlk Aşamasında Kullanılabilecek Tasarıma Destek Değerlendirme Modeli, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [15] Yücel, M. ve Namlı, E. (2017). "Yapay Zekâ Modelleri ile Betonarme Yapılara Ait Enerji Performans Sınıflarının Tahmini", Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 22(3): 325-345, ISSN: 2148-4147.
- [16] Tavil, A., Yaman, H., Çetiner, İ. ve Coşkun, K. (2010). "Türkiye'de Farklı İklim Bölgelerindeki Konut Birimleri için Enerji ve Maliyet Etkin Pencere Seçim Modeli – HiPerWin", İTÜ Dergisi Seri A: Mimarlık, Planlama, Tasarım. 9:(1): 143-154, ISSN: 1303-7005.
- [17] Ünalın, H. ve Gökaltın, E., (2015). "Farklı Yönlere Göre Değişen Opaklık Saydamlık Oranının Isıtma ve Soğutma Enerjisine Etkisi", Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27(1): 57-64, ISSN: 1308-9072.
- [18] Eryiğit, Z. B., Aşık, M., Kalyoncu, A. ve Tönük, S., (2016). "Tarihi Çevrelerde Sosyal ve Fiziksel Sürdürülebilirlik Bağlamında "Yer" 'in Özelliklerinin Yeni Tasarımlara Yansıması". 4. Çevre Tasarım Kongresi Bildiri Kitabı, ISBN: 978-605-65541-3-4, Kayseri.
- [19] Kuban, D., (2018). Mimarlık Kavramları, YEM yayınevi, 13.baskı, ISBN: 9786058136663, İstanbul.
- [20] <http://www.aia.org>, 07 Haziran 2016.
- [21] Bayram, G., (2015). Eğitim Binaları İçin Enerji Etkin Aydınlatma Ölçütleri Açısından Bir İyileştirme Modeli Önerisi, Doktora Tezi, İzmir İleri Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [22] <http://akademi.yucelkesen.com/dunya-iklim-tipleri-haritasi/> ,03 Ocak 2019.
- [23] <https://www.mgm.gov.tr>,12 Kasım 2018.
- [24] <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx>, 19 Nisan 2016.
- [25] <http://www.kimyaevi.org/> ,3 Ekim 2017.
- [26] <http://www.tuik.gov.tr> ,3 Ocak 2019.
- [27] <http://www.tdk.gov.tr> ,5 Aralık 2017.

- [28] Kontoleon, K. J., Bikas, D. K. (2002). "Modeling The Influence Of Glazed Openings Percentage And Type Of Glazing On The Thermal Zone Behavior", Energy and Buildings, ISSN: 0378-7788, 34(4):389-399.
- [29] <http://www.cedbik.org>, 06 Temmuz 2016.
- [30] Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı Eylem Planı, Kasım 2014.
- [31] Atmaca, U., (2016). "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardındaki Güncellemeler", Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Tesisat Mühendisliği, 154: 21-35.
- [32] Sev, A., (2009). Sürdürülebilir Mimarlık, YEM Yayınevi, İstanbul.
- [33] Dikici, A. ve Kocagül, M. (2019). "Isı Yalıtımında Kullanılan Eps, Xps ve Taş Yünü İzolasyon Malzemelerinin Deneysel Olarak Karşılaştırılması", Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 31(1):129-136. Retrieved from <http://dergipark.gov.tr/fumbd/issue/43638/534769>
- [34] Silver, P. ve Mclean, W. (2014). Mimarlık Teknolojisine Giriş sf. 72, , YEM yayınevi, , ISBN: 978-605-4793-40-2.
- [35] Pons, O. ve Aguado, A., (2012). "Integrated Value Model For Sustainable Assessment Applied To Technologies Used To Build Schools In Catalonia, Spain", Building and Environment, 53: 49-58. Spain.
- [36] Evans, M., (1980). Housing, Climate and Comfort, The Architectural Press, ISBN: 085139 102 8, London.
- [37] Tucker, R., Izadpanahi, P. (2017). Live Green, Think Green: Sustainable School Architecture and Children's Environmental Attitudes and Behaviors. Journal of Environmental Psychology, 51: 209-216.
- [38] Demanuele, C., Tweddell, T. and Davies, M., (2010). "Bridging The Gap Between Predicted And Actual Energy Performance In Schools", Bartlett School of Graduate Studies, University College London, World Renewable Energy Congress XI 25-30 September, Abu Dhabi, UAE.
- [39] <http://www.lonmark.org/connection/case.asp?caseIndustry=Education>, 12 Ekim 2018.
- [40] <http://blog.mountee.eu/2015/01/15/the-new-vega-school-in-vannas-swedens-most-energy-efficient-school-building/> , 14 Aralık 2016.
- [41] http://tectoniques.com/en/projects/11_school-and-covered-market-la-tour-de-salvagny , 23 Şubat 2017
- [42] <http://www.aas-sofia.org/page.cfm?p=517> , 23 Şubat 2017.
- [43] <https://www.white-design.com/architecture/all-projects/bicester-zero-carbon-school/> , 23 Şubat 2017.
- [44] <https://inhabitat.com/barcelonas-beautiful-martinet-school-boasts-a-sun-shielding-ceramic-facade/> , 22 Mart 2019.
- [45] <http://surdurulebilir-mimari.blogspot.com/2015/01/ustun-breeam-sertifikal-carnegie.html#more> , 23 Şubat 2017.

- [46] <http://cezeri.meb.k12.tr/> , 22 Mart 2019.
- [47] <https://surdurulebilirlik.ronesans.com/kurumsal-sorumluluk/leed-surecleri/leed-projelerimiz/ted-ronesans-koleji> , 22 Mart 2019.
- [48] http://www.mimarizm.com/mimari-projeler/egitim/bahriye-ucok-ekolojik-anaokulu_127971 , 22 Mart 2019.
- [49] T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu
- [50] <http://www.yegm.gov.tr/> , 1 Ekim 2018.
- [51] Demirel F. ve Altındaş S., (2005). “Yapı Elemanlarının Yangına Dayanım Performanslarının Avrupa Birliği Direktiflerine Göre Sınıflandırılması Ve Konunun Türkiye-Avrupa Genelinde İrdelenmesi”, Politeknik Dergisi, 8(4): 381-395, Ankara.
- [52] Bostancı, M. T., (2004). Bir Tasar Ölçütü Olarak Dersliklerde Görsel Konfor ve Optimum Enerji Kullanımı İçin Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [53] Atmaca, İ., (2006). Isıl Konfor Parametrelerinin İnsan Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- [54] https://sgb.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2018_09/06123056_meb_istatistikleri_orgun_egitim_2017_2018.pdf , 22 Aralık 2018
- [55] Evans, M., (1980). Housing, Climate and comfort, The Architectural press, , ISBN: 085139 102 8, London.
- [56] Ofluoğlu, S., (2015). “BIM ve Performansa Dayalı Mimari Tasarım”, Autodesk Yapı Tasarım Atölyesi 5, Sayısal Grafik Etkinliği, sunum, İstanbul.
- [57] Sakınç, E., (2006). Sürdürülebilirlik Bağlamında Mimaride Güneş Etkin Sistemlerin Tasarım Ögesi Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [58] Silver, P. ve Mclean, W., (2014). Mimarlık Teknolojisine Giriş, YEM Yayınevi, ISBN: 978-605-4793-40-2, 57,72,122.
- [59] Denison E., (2013). 30 Saniyede Mimarlık, Ivy Press Ltd, ISBN: 978-605-5169-18-3.
- [60] Malsane, S., Matthews, J., Lockley, S., Love, P.E.D. ve Greenwood, D. (2015). Development Of An Object Model For Automated Compliance Checking. Publication: Automation in Construction. Publisher: Elsevier.
- [61] <http://www.gbxml.org/> , 9 Kasım 2017.
- [62] Clarke, J. (2001). Energy Simulation in Building Design. London: Routledge.
- [63] <https://e-okulbilgi.com/ekinoks-tarihleri-nelerdir-ekinoks-tarihlerinin-ozellikleri-nelerdir-499.html> , 23 Şubat 2017.
- [64] Aktacir, M. A., Nacar, M. A. ve Yeşilata, B. (2011). “Binalarda Enerji Verimliliği Amaçlı Yazılımlar Üzerine Kısa Bir Değerlendirme”, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.

- [65] <http://cayfer.bilkent.edu.tr/~cayfer/bilisim-sozlugu/tbd-ing-trk-sozluk.htm> , 21 Ağustos 2018
- [66] Bulut,H., Büyükalaca, O. ve Yılmaz, T., (2007).”Türkiye İçin Isıtma ve Soğutma Derece-Gün Bölgeleri”, ULIBTK’07 16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Kayseri.
- [67] TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı.
- [68] Mıhlayanlar, E., (2015). Genişletilmiş Polistiren Köpük (EPS) Yalıtım Levhalarının Özelliklerini Etkileyen Üretim Parametrelerinin İrdelenmesi. Doktora tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ.
- [69] <https://docs.oracle.com/javaee/6/tutorial/doc/gijgy.html> , 10.10.2018.
- [70] Richardson L. ve Ruby S., 2007, Restful Web Services, O’Reilly, sf 49-54.
- [71] Çatal, D., ve Kürşat, D. (2015). “Duyarlı Web Tasarımı”, Süleyman Demirel Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi ART-E Dergisi, 15: 95-109.
- [72] https://primer.dynamobim.org/03_Anatomy-of-a-Dynamo-Definition/3-1_dynamo_nodes.html ,15 Ocak 2019.
- [73] Downey, A., (2012). Think Python, How to Think Like a Computer Scientist, Green Tea Press, Massachusetts.
- [74] <http://kod5.org/bootstrap-nedir-nasil-kullanilir/> , 20 Mayıs 2018.
- [75] <https://eokulyd.meb.gov.tr/> , 10 Ocak 2019.
- [76] <https://energyplus.net> , 14 Kasım 2016.
- [77] <http://www.rhinoturkiye.com/> , 12 Ağustos 2017.
- [78] <https://www.designbuilder.co.uk/> , 12 Ağustos 2017.
- [79] <http://doe2.com/> , 9 Kasım 2017.
- [80] Aydın, Ö., (2011), Yapı Düşey Dış Kabuğu Isı Yalıtım Uygulamaları ile Enerji Verimliliği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [81] Arpacıoğlu, Ü., (2010), Günışığı Öncelikli Fiziksel Çevre Tasarım Destek Modeli, Doktora Tezi, MSGSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [82] Cirit, A., (2012). Binalarda Güneş Kontrol Elemanlarının Soğutma Enerjisi Yüklerine Etkisinin İrdelenmesine İlişkin Bir Çalışma, Yüksek Lisan Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [83] Timoçin, A. S., (2001). Bina Cephe Oluşumu ve Bina Ekonomisi Açısından Güneş Kontrol Sistemlerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri, İstanbul.
- [84] Karaca, Ö., (2011). İstanbul’da Mevcut Bir Büro Yapısının Enerji Etkin Yenilenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri, İstanbul.
- [85] Bayraktar, N. T., (2008). Gölgeleme Araçlarının Mekânın Toplam Soğutma Yükleri Açısından Etkinliklerinin Değerlendirilmesinde Geliştirilen Yöntem, Doktora tezi, İTÜ Fen Bilimleri, İstanbul.

- [86] Shahwarzi, S., (2015). The Evaluation of Office Buildings in Terms of Shading Devices, Yüksek Lisans Tezi, Doğu Akdeniz Üniversitesi, Kıbrıs.
- [87] Göksu, A.U., (2016). Farklı İklim Bölgelerinde Gölgeleme Elemanı Olarak Pv Sistemlerin Ofis Binalarının Enerji Performansına Etkisinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [88] Çerçi, S. ve Hoete, A.,(2013). “Binalarda Güneşin Etkisinin Değerlendirilmesi ve Londra’dan Bir Örnek”, Mimarlık Dergisi, 369. İstanbul
- [89] Demir, A., (1986). Güneş Işınımından Korunmak ve Yararlanmak Amacıyla Mimaride Alınan Tedbirler Üzerine Bir Araştırma, Mimar Sinan Üniversitesi Yayınları, No:12, 37-38, İstanbul.
- [90] Sev, A. (2008). MSGSÜ, Araştırma Projesi, No: 200422, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Bilim Dalı, Sürdürülebilir Yapım İlkelerinin Türkiye’de Uygulanabilirliği, İstanbul.
- [91] Gelfand, L.,(2010). Sustainable School Architecture: Design for Elementary and Secondary Schools, ISBN-13: 978-0470445433, USA.
- [92] İzgi, U. (1999). Mimarlıkta Süreç, YEM, s.19, s.197. İstanbul.
- [93] Göksal, T., (1998). Mimaride Güneş Enerjisi, Anadolu Üniversitesi Yayınları, No: 1041, 69. Eskişehir.
- [94] Şumnulu, H. (2005). HTML/PHP/ MySQL Kod Editörü, Yüksek Lisan Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [95] <https://cpanel.com/> , 18 Eylül 2018.
- [96] Hengming, F., Jia, C. ve Bin, X. (2013). “The Interaction Mechanism based on JSON for Android Database Application”, Information Technology Journal. 12. 224-228. 10.3923/itj.2013.224.228.
- [97] Yılmaz, Y. ve Koçlar Oral, G., (2018). “An Approach for Energy Cost and Energy Efficient Retrofitting of A Lower Secondary School Building”, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, <https://doi.or./10.17341/gazimmfd.416503>.
- [98] Firebaugh, E. B., (1997). Sol Power: The Evolution of Solar Architecture by Sophia and Stefan Behling (review). Mit Press. ISBN: 3 7913 1670 2.USA.
- [99] <https://getbootstrap.com/> , 12 Eylül 2018.
- [100] <https://www.soapui.org/learn/api/soap-vs-rest-api.html> , 12 Ekim 2018.
- [101] Yıldız, Y., Özbalta, T.G. ve Arsan, Z. D., (2011). “Farklı Cam Türleri ve Yönlere Göre Pencere/Duvar Alanı Oranının Bina Enerji Performansına Etkisi: Eğitim Binası”, Megaron. 6(1):30-38. İstanbul.
- [102] Bayata, Ö. ve Temiz, İ., (2017). “Bina Tasarım Sürecinde Enerji Verimliliği Optimizasyonu İçin Bir Model Ve Yazılım Geliştirilmesi: Ankara’da Bir Uygulama”, Engineering Sciences 12(1): 1-28.
- [103] Dikici, A , Kocagül, M. (2019). Isı Yalıtımında Kullanılan Eps, Xps Ve Taş Yünü İzolasyon Malzemelerinin Deneysel Olarak Karşılaştırılması. Fırat Üniversitesi

Mühendislik Bilimleri Dergisi, 31(1): 129-136. Retrieved from <http://dergipark.gov.tr/fumbd/issue/43638/534769>.

- [104] Yerel Kandemir, S , Bektaş, V , Açikkalp, E . (2019). “Dıştan Yalıtım Uygulamalarında Farklı Duvar Modelleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Belirlenmesi Ve Ekonomik Analizler”, DÜMF Mühendislik Dergisi, 10(1): 275-288. DOI: 10.24012/dumf.401958
- [105] Şahin, B. E. ve Dostoğlu, N., (2015). “Okul Binaları Tasarımında Sürdürülebilirlik”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 20(1): 75–91, ISSN: 2148-4147.
- [106] İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı 2011-2020, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Temmuz 2011, Ankara. ISBN: 978-605-393-096-9.



GÜN BÖLGELERİNE GÖRE REFERANS ARALIĞI DEĞERLERİ

ICS 91.120.10

TÜRK STANDARDI

TS 825/Aralık 2013

Ek A

A.1 En büyük ve en küçük $A_{top}/V_{brüt}$ oranları için ısıtma enerjisi değerleri

		A/V < 0,2 için	A/V > 1,05 için	
1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG} =$	13,8	44,9	kWh/m ² ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG} =$	4,4	14,4	kWh/m ³ ,yıl
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{2.DG} =$	28,5	82,3	kWh/m ² ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2.DG} =$	9,1	26,3	kWh/m ³ ,yıl
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{3.DG} =$	38,4	100,9	kWh/m ² ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3.DG} =$	12,3	32,3	kWh/m ³ ,yıl
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{4.DG} =$	50,4	122,3	kWh/m ² ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4.DG} =$	16,0	38,8	kWh/m ³ ,yıl
5. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{5.DG} =$	62,8	148,2	kWh/m ² ,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{5.DG} =$	20,0	47,4	kWh/m ³ ,yıl

A.2 Bölgelere ve ara değer $A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak sınırlandırılan Q' 'nin hesaplanması

1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG} = 36,7 \times A/V + 6,0$ [kWh/m ² ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG} = 11,9 \times A/V + 1,9$ [kWh/m ³ ,yıl]
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{2.DG} = 63,7 \times A/V + 14,9$ [kWh/m ² ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2.DG} = 20,3 \times A/V + 4,7$ [kWh/m ³ ,yıl]
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{3.DG} = 74,2 \times A/V + 22,4$ [kWh/m ² ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3.DG} = 23,2 \times A/V + 7,4$ [kWh/m ³ ,yıl]
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{4.DG} = 83,4 \times A/V + 31,0$ [kWh/m ² ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4.DG} = 27,1 \times A/V + 9,8$ [kWh/m ³ ,yıl]
5. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{5.DG} = 88,7 \times A/V + 30,6$ [kWh/m ² ,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{5.DG} = 24,5 \times A/V + 12,1$ [kWh/m ³ ,yıl]

BÜTÜN FONKSİYONLARIN AKIŞ DİYAGRAMLARI VE BAĞLANTILARI



BÜTÜN FONKSİYONLARIN AKIŞ DİYAGRAMLARI VE BAĞLANTILARI
(Kodlama amaçlı)



PHP KOD

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN">
<html>
<head>
  <meta http-equiv="content-type" content="text/html;">

  <title>Optimum Pencere Oranı</title>
</head>
<font face="Andale Sans UI, sans-serif"><FONT SIZE=3>

<P><b>Saydam Bileşen İçin Optimum Oran Hesaplama ( Taban Alanı Üzerinden )</b>

<font face="Andale Sans UI, sans-serif"><FONT SIZE=2>

<form enctype="multipart/form-data" name="sonuclar" action="sonuclar.php"
method="post">

<P><b>En:</b> <INPUT maxLength=30 size=1 name=en> m</P>
<P><b>Boy:</b> <INPUT maxLength=30 size=1 name=boy> m</P>
<P><b>Yükseklik:</b> <INPUT maxLength=30 size=1 name=yukseklk> m</P>
<P><b>Isı Yalıtım Malzemesi:</b>
  <SELECT maxLength=30 size=1 name=yalitimmalzemesi>
    <OPTION value="1">Taş Yünü - 035</OPTION>
<OPTION value="2">Taş Yünü - 040</OPTION>
<OPTION value="3">Taş Yünü - 045</OPTION>
<OPTION value="4">Taş Yünü - 050</OPTION>
<OPTION value="5">XPS - 030</OPTION>
<OPTION value="6">XPS - 035</OPTION>
<OPTION value="7">XPS - 040</OPTION>
</SELECT>
</P>
<P><b>Yalıtım Malzemesi Kalınlığı:</b> <INPUT maxLength=30 size=1
name=yalitimkalinligi> cm</P>
```



```

}

function R_isilgecirgenlikdirenci ( $d, $lambda_h ) {

/*****
*****

$d    - Duvar kalınlığı
$lambda_h - Isıl iletkenlik hesap değeri

$R    - Isıl geçirgenlik direnci

*****/

$R = $d / $lambda_h;

return $R;

}

function U_toplamisilgecirgenlikkatsayisi ( $Ri, $R, $Re ) {

/*****
*****

$Ri - İç yüzeyin yüzeysel iletim direnci
$R  - Isıl geçirgenlik direnci
$Re - Dış yüzeyin yüzeysel iletim direnci

$U  - Isıl geçirgenlik katsayısı

*****/

$U = 1 / ( $Ri + $R + $Re );

return $U;

}

function UD_duvarisilgecirgenlikkatsayisi ( $yalitimmalzemesi, $yalitimkalinligi ) {

/*****
*****

$yalitimmalzemesi - Kullanıcı tarafından belirlenen yalıtım malzemesi tipi.
$yalitimkalinligi - Kullanıcı tarafından belirlenen yalıtım malzemesi kalınlığı

```

\$RDs - Duvar sıva katmanı ısıl geçirgenlik direnci
\$RDt - Duvar tuğla katmanı ısıl geçirgenlik direnci
\$lambda_duvaryalitim - Duvar yalıtım katmanı lambda değeri
\$RDy - Duvar yalıtım katmanı ısıl geçirgenlik direnci
\$RDİs - Duvar iç sıva katmanı ısıl geçirgenlik direnci
\$RD - Duvarın toplam ısıl geçirgenlik direnci
\$RİD - Duvar için iç yüzeyin yüzeysel iletim direnci
\$ReD - Duvar için dış yüzeyin yüzeysel iletim direnci

\$UD - Dış duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı

```
*****  
*****/
```

```
$RDs = R_ısilgecirgenlikdirenci ( 0.02, 1 ); // Sıva kalınlık 2 cm, lambda 1.  
$RDt = R_ısilgecirgenlikdirenci ( 0.24, 0.5 ); // Tuğla kalınlık 24 cm, lambda 1
```

```
// Duvarın lambda degerini yalıtım malzemesi türüne göre belirle.  
switch ( $yalitimmalzemesi ) {
```

```
    case 1 : $lambda_duvaryalitim = 0.035; // Taş yünü 035  
             break;  
    case 2 : $lambda_duvaryalitim = 0.040; // Taş yünü 040  
             break;  
    case 3 : $lambda_duvaryalitim = 0.045; // Taş yünü 045  
             break;  
    case 4 : $lambda_duvaryalitim = 0.050; // Taş yünü 050  
             break;  
    case 5 : $lambda_duvaryalitim = 0.030; // XPS 030  
             break;  
    case 6 : $lambda_duvaryalitim = 0.035; // XPS 035  
             break;  
    case 6 : $lambda_duvaryalitim = 0.040; // XPS 040  
             break;  
  
    default : $lambda_duvaryalitim = 0.035;  
             break;
```

```
}  
$RDy = R_ısilgecirgenlikdirenci ( $yalitimbakınlıgı/100, $lambda_duvaryalitim ); //  
Yalıtım  
$RDİs = R_ısilgecirgenlikdirenci ( 0.008, 0.35 ); // İç sıva kalınlık 8 mm, lambda 0.35  
  
$RD = $RDs + $RDt + $RDy + $RDİs; // Duvarın toplam ısıl geçirgenlik direnci  
$RİD = 0.13;  
$ReD = 0.04;
```

```

$UD = U_toplamisilgecirgenlikkatsayisi ( $RiD, $RD, $ReD );

return $UD;

}

function UT_tavanisilgecirgenlikkatsayisi ( ) {

/*****
*****
$RTs - Tavan siva katmanı ısı geçirenlik direnci
$RTb - Tavan betonarme katmanı ısı geçirenlik direnci
$RTy - Tavan yalıtım katmanı ısı geçirenlik direnci

$RT - Tavanın toplam ısı geçirenlik direnci
$RiT - Tavan için iç yüzeyin yüzeysel iletim direnci
$ReT - Tavan için dış yüzeyin yüzeysel iletim direnci

$UT - Tavanın ısı geçirenlik katsayısı

*****
*****/

$RTs = R_isilgecirgenlikdirenci ( 0.02, 1 ); // Siva kalınlık 2 cm, lambda 1
$RTb = R_isilgecirgenlikdirenci ( 0.12, 2.5 ); // Betonarmekalınlık 12 cm, lambda 2,5
$RTy = R_isilgecirgenlikdirenci ( 0.12, 0.04 ); // Yalıtımkalınlık 12 cm, lambda 0.04

$RT = $RTs + $RTb + $RTy; // Tavanın toplam ısı geçirenlik direnci
$RiT = 0.13;
$ReT = 0.08;

$UT = U_toplamisilgecirgenlikkatsayisi ( $RiT, $RT, $ReT );
return $UT;

}

function Ut_tabanisilgecirgenlikkatsayisi ( ) {

/*****
*****
$Rty - Taban yer döşemesi ısı geçirenlik direnci
$Rts - Taban şap ısı geçirenlik direnci
$Rtyal - Taban yalıtım döşemesi ısı geçirenlik direnci
$Rts2 - Taban şap ısı geçirenlik direnci
$Rth - Taban hafif beton ısı geçirenlik direnci

$Rt - Tabanın toplam ısı geçirenlik direnci

```

\$Rit - Taban için iç yüzeyin yüzeysel iletim direnci
\$Ret - Taban için dış yüzeyin yüzeysel iletim direnci

\$Ut - Tabanın ısı geçirgenlik katsayısı

*****/

\$Rty = R_isilgecirgenlikdirenci (0.005, 0.23); // Yer döşemesi
\$Rts = R_isilgecirgenlikdirenci (0.03, 1.4); // Şap
\$Rtyal = R_isilgecirgenlikdirenci (0.06, 0.03); // Yalıtım
\$Rts2 = R_isilgecirgenlikdirenci (0.02, 1.4); // Şap
\$Rth = R_isilgecirgenlikdirenci (0.1, 1.1); // Hafif Beton

\$Rt = \$Rty + \$Rts + \$Rtyal + \$Rts2 + \$Rth; // Tavanın toplam ısı geçirgenlik direnci
\$Rit = 0.17;
\$Ret = 0;

\$Ut = U_toplamisilgecirgenlikkatsayisi (\$Rit, \$Rt, \$Ret);

return \$Ut;

}

function H_yapininozgulisikaybi (\$UD,
\$AD,
\$Up,
\$Ap,
\$Uk,
\$Ak,
\$UT,
\$AT,
\$Ut,
\$At,
\$Ud,
\$Ad,
\$Uds,
\$Ads) {

/******

\$UD - Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı
\$AD - Duvar Alanı
\$Up - Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı
\$Ap - Pencere alanı
\$Uk - Dış kapının ısı geçirgenlik katsayısı
\$Ak - Dış kapı alanı
\$UT - Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı

\$AT - Tavan alanı
\$Ut -Zeminin ısı geçirgenlik katsayısı
\$At- Zemin döşeme alanı
\$Ud - Dış hava ile temas eden döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı
\$Ad - Dış hava ile temas eden döşemenin alanı
\$Uds- Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı
\$Ads- Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı
\$H - Yapının özgül ısı kaybı

```
*****  
*****/
```

```
    $H = ( $UD * $AD ) +  
    ( $Up * $Ap ) +  
    ( $Uk * $Ak ) +  
    ( 0.8 * $UT * $AT ) +  
    ( 0.5 * $Ut * $At ) +  
    ( $Ud * $Ad ) +  
    ( 0.5 * $Uds * $Ads );
```

```
    return $H;
```

```
}
```

```
function giay_gunesenerjisigecirmefaktoru ( $camtipi ) {
```

```
/******  
*****
```

```
    $camtipi - Yapıda kullanılan cam tipi  
    $gdik - Dik gelen ışınlar  
    $giay - Güneş enerjisi geçirme faktörü
```

```
*****  
*****/
```

```
    switch ( $camtipi ) {  
    case 1 : $gdik = 0.85; // Renksiz tek cam  
    break;  
    case 2 : $gdik = 0.75; // Renksiz Yalıtım camı  
    break;  
    default : $gdik = 0.85; //  
    break;
```

```
}
```

```
    $Fw = 0.8;  
    $giay = $Fw * $gdik;
```

```

return $giay;

}

function Qsay_aylikgunesenerjisikazanclari ( $riay,
$giay,
$liay,
$Ap ) {

/*****
*****

$riay - i yönünde saydam yüzeyin ortalama gölgelenme faktörü ( 0.8 )
$giay - Güneş enerjisi geçirme faktörü
$liay - i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti ( Tablodan
alınır )
$Ap - Toplam pencere alanı
Qsay - Ortalama güneş enerjisi kazancı (aylık)

*****/

$Qsay = $riay * $giay * $liay * $Ap;

return $Qsay;
}

function Qiay_aylikickazanclar( $An ) {

/*****
*****

$An - Yapının kullanılan alanı
$Qiay - Aylık iç kazançlar

*****/

$Qiay = 5 * $An;

return $Qiay;
}

function KKOay_kazanckayiporani ( $Qiay,
$Qsay,

```

\$H,
\$Oi,
\$Oe) {

```
/*  
*****
```

\$Qiay - Ortalama iç kazançlar (aylık)
\$Qsay - Ortalama güneş enerjisi kazancı (aylık)
\$H - Yapının özgül ısı kaybı
\$Oi - Aylık ortalama iç sıcaklık
\$Oe - Aylık ortalama dış sıcaklık

\$KKOay - Kazanç kayıp oranı

```
*****  
*****/
```

$$\$KKOay = (\$Qiay + \$Qsay) / (\$H * (\$Oi - \$Oe));$$

return \$KKOay;

}

function nay_kazanckullanimfaktoru (\$KKOay) {

```
/*  
*****
```

\$KKOay - Kazanç kayıp oranı
\$nay - Kazanç kullanım faktörü

```
*****  
*****/
```

$$\$nay = 1 - \exp(-1/\$KKOay);$$

return \$nay;

}

function Qay_aylikgerekenisimiktari (\$H,
\$Oi,

\$Oe,
\$nay,
\$Qiay,
\$Qsay,
\$t) {

```
/*  
*****  
*****
```

```
    $H - Yapının özgül ısı kaybı  
    $Oi - Aylık ortalama iç sıcaklık  
    $Oe - Aylık ortalama dış sıcaklık.  
$nay - Kazanç kullanım faktörü  
$Qiay - Ortalama iç kazançlar (aylık)  
$Qsay - Ortalama güneş enerjisi kazancı (aylık)  
    $t - Zaman (aylık)
```

```
*****  
*****/
```

```
$Qay = ( $H * ( $Oi - $Oe ) - $nay * ( $Qiay + $Qsay ) ) * $t;
```

```
return $Qay;  
}
```

```
/* Uygulama değişkenleri ve sabitleri
```

```
    $en - Yapının eni  
    $boy - Yapının boyu  
    $yükseklik - Yapının yüksekliği  
    $yalitimmalzemesi - Kullanıcı tarafından belirlenen yalıtım malzemesi tipi.  
    $yalitimkalinligi - Kullanıcı tarafından belirlenen yalıtım malzemesi kalınlığı  
    $camtipi - Kullanıcı tarafından belirlenen cam tipi.  
    $pencereorani - Uygulama içinde 5'er 5'er artırılarak hesaplamalar yapılacak olan  
    pencere alanının taban alanına oranı. Yüzde cinsinden.  
    $Ak - Kapının metrekare büyüklüğü. Program genelinde 2.2 m2 olarak alınmıştır.  
    $Ap - Pencere alanı  
    $AD - Dış Duvar Alanı  
    $AT - Tavan alanı  
    $At- Zemin döşeme alanı  
    $Atop - Yapının ısı kaybeden yüzeylerinin toplamı  
    $Vbrut - Yapının ısıtılan brüt hacmi  
    $An - Yapının kullanılan alanı
```

```
$RDs - Duvar sıva katmanı ısıl geçirgenlik direnci  
$RDt - Duvar tuğla katmanı ısıl geçirgenlik direnci  
$lambda_duvaryalitim - Duvar yalıtım katmanı lambda değeri  
    $RDy - Duvar yalıtım katmanı ısıl geçirgenlik direnci  
    $RDİs - Duvar iç sıva katmanı ısıl geçirgenlik direnci  
    $RD - Duvarın toplam ısıl geçirgenlik direnci  
    $Rİd - Duvar için iç yüzeyin yüzeysel iletim direnci  
    $ReD - Duvar için dış yüzeyin yüzeysel iletim direnci
```

ŞUD - Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı

ŞRTs - Tavan sıva katmanı ısı geçirgenlik direnci

ŞRTb - Tavan betonarme katmanı ısı geçirgenlik direnci

ŞRTy - Tavan yalıtım katmanı ısı geçirgenlik direnci

ŞRT - Tavanın toplam ısı geçirgenlik direnci

ŞRiT - Tavan için iç yüzeyin yüzeysel iletim direnci

ŞReT - Tavan için dış yüzeyin yüzeysel iletim direnci

ŞUT - Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı

ŞRty - Taban yer döşemesi ısı geçirgenlik direnci

ŞRts - Taban şap ısı geçirgenlik direnci

ŞRtyal - Taban yalıtım döşemesi ısı geçirgenlik direnci

ŞRts2 - Taban şap ısı geçirgenlik direnci

ŞRth - Taban hafif beton ısı geçirgenlik direnci

ŞRt - Tabanın toplam ısı geçirgenlik direnci

ŞRit - Taban için iç yüzeyin yüzeysel iletim direnci

ŞRet - Taban için dış yüzeyin yüzeysel iletim direnci

ŞUt - Tabanın ısı geçirgenlik katsayısı

ŞUk - Kapı ısı geçirgenlik katsayısı

ŞUp = Pencere ısı geçirgenlik katsayısı

Şgdik - Dik gelen ışınlar

Şgiay - Güneş enerjisi geçirme faktörü

Şriay - i yönünde saydam yüzeyin ortalama gölgelenme faktörü (0.8)

Şgiay - Güneş enerjisi geçirme faktörü

Şliay - i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti (Tablodan alınır)

ŞAp - Toplam pencere alanı

ŞQsay - Ortalama güneş enerjisi kazancı (aylık)

ŞQiay - Aylık iç kazançlar

ŞOi - Aylık ortalama iç sıcaklık

ŞOe - Aylık ortalama dış sıcaklık

ŞKKOay - Kazanç kayıp oranı

Şnay - Kazanç kullanım faktörü

```

$Qay - Aylık gereken ısı miktarı
$t - Zaman (aylık)

*/

// Kullanıcı parametrelerini oku

$en = NULL;
if ( array_key_exists('en',$_REQUEST) )
    $en = $_REQUEST['en'];

$boy = NULL;
if ( array_key_exists('boy',$_REQUEST) )
    $boy = $_REQUEST['boy'];

$yukseklk = NULL;
if ( array_key_exists('yukseklk',$_REQUEST) )
    $yukseklk = $_REQUEST['yukseklk'];

$yalitimmalzemesi = NULL;
if ( array_key_exists('yalitimmalzemesi',$_REQUEST) )
    $yalitimmalzemesi = $_REQUEST['yalitimmalzemesi'];

$yalitimkalinligi = NULL;
if ( array_key_exists('yalitimkalinligi',$_REQUEST) )
    $yalitimkalinligi = $_REQUEST['yalitimkalinligi'];

$camtipi = NULL;
if ( array_key_exists('camtipi',$_REQUEST) )
    $camtipi = $_REQUEST['camtipi'];

// Uygulama sabitleri

$Ak = 2.2; // Kapı alanı
$Uk = 4; // Kapı ısı geçirenlik katsayısı
$Up = 2.4; // Pencere ısı geçirenlik katsayısı
$Oi = 20; // Aylık ortalama iç sıcaklık

// Kuzey ışınım
$liay[0][0] = 57; // Eylül
$liay[0][1] = 40; // Ekim
$liay[0][2] = 27; // Kasım
$liay[0][3] = 22; // Aralık
$liay[0][4] = 26; // Ocak
$liay[0][5] = 37; // Şubat
$liay[0][6] = 52; // Mart

```

\$liay[0][7] = 66; // Nisan
\$liay[0][8] = 79; // Mayıs
\$liay[0][9] = 83; // Haziran

// Doğu ışınım
\$liay[1][0] = 81; // Eylül
\$liay[1][1] = 59; // Ekim
\$liay[1][2] = 41; // Kasım
\$liay[1][3] = 37; // Aralık
\$liay[1][4] = 43; // Ocak
\$liay[1][5] = 57; // Şubat
\$liay[1][6] = 77; // Mart
\$liay[1][7] = 90; // Nisan
\$liay[1][8] = 114; // Mayıs
\$liay[1][9] = 122; // Haziran

// Güney ışınım
\$liay[2][0] = 89; // Eylül
\$liay[2][1] = 82; // Ekim
\$liay[2][2] = 67; // Kasım
\$liay[2][3] = 64; // Aralık
\$liay[2][4] = 72; // Ocak
\$liay[2][5] = 84; // Şubat
\$liay[2][6] = 87; // Mart
\$liay[2][7] = 90; // Nisan
\$liay[2][8] = 92; // Mayıs
\$liay[2][9] = 95; // Haziran

// Batı ışınım
\$liay[3][0] = 81; // Eylül
\$liay[3][1] = 59; // Ekim
\$liay[3][2] = 41; // Kasım
\$liay[3][3] = 37; // Aralık
\$liay[3][4] = 43; // Ocak
\$liay[3][5] = 57; // Şubat
\$liay[3][6] = 77; // Mart
\$liay[3][7] = 90; // Nisan
\$liay[3][8] = 114; // Mayıs
\$liay[3][9] = 122; // Haziran

// Aylık ortalama dış sıcaklıklar
\$Oe[0] = 19.9; // Eylül
\$Oe[1] = 14.1; // Ekim
\$Oe[2] = 8.5; // Kasım
\$Oe[3] = 3.8; // Aralık
\$Oe[4] = 2.9; // Ocak
\$Oe[5] = 4.4; // Şubat

```

$Oe[6] = 7.3; // Mart
$Oe[7] = 12.8; // Nisan
$Oe[8] = 18; // Mayıs
$Oe[9] = 22.5; // Haziran

// Zaman parametresinin aylara göre değişimi
$t[0] = 30 * 24 * 3600; // Eylöl 30 gőn
$t[1] = 31 * 24 * 3600; // Ekim 31 gőn
$t[2] = 30 * 24 * 3600; // Kasım 30 gőn
$t[3] = 31 * 24 * 3600; // Aralık 31 gőn
$t[4] = 31 * 24 * 3600; // Ocak 31 gőn
$t[5] = 28 * 24 * 3600; // şubat 28 gőn
$t[6] = 31 * 24 * 3600; // Mart 31 gőn
$t[7] = 30 * 24 * 3600; // Nisan 30 gőn
$t[8] = 31 * 24 * 3600; // Mayıs 31 gőn
$t[9] = 30 * 24 * 3600; // Haziran 30 gőn

// Ay isimleri
$aylar[0] = "Eylöl";
$aylar[1] = "Ekim";
$aylar[2] = "Kasım";
$aylar[3] = "Aralık";
$aylar[4] = "Ocak";
$aylar[5] = "şubat";
$aylar[6] = "Mart";
$aylar[7] = "Nisan";
$aylar[8] = "Mayıs";
$aylar[9] = "Haziran";

// Yön isimleri
$yonler[0] = "Kuzey";
$yonler[1] = "Doğu";
$yonler[2] = "Gőney";
$yonler[3] = "Batı";

// Gőrseli çiz

?>

<canvas id="c" width="1000" height="250"></canvas>
<script>
var c = document.querySelector("#c");
var ctx = c.getContext("2d");

var en = <?php echo $en; ?>;
var boy = <?php echo $boy; ?>;
var yukseklik = <?php echo $yukseklik; ?>;

```



```

ctx.beginPath();

ctx.scale(0.5,0.5);
ctx.rect(50,100,en*50,yukseklk*50); // Binanın sol üst noktasından dikdörtgen

// Catı
ctx.moveTo(50,100);
ctx.lineTo(50+boy*5, 25 ); // Catının sol üst noktası
ctx.lineTo(50+boy*5+en*50, 25 ); // Çatının sağ üst noktası
ctx.lineTo(50+en*50, 100 ); // Binanın sağ üst noktası
ctx.moveTo(50+boy*5+en*50, 25);
ctx.lineTo(50+en*50+boy*10, 50 ); // Binanın sağ arka üst noktası

// Yan duvar
ctx.moveTo(50+en*50,100); // Binanın sağ üst noktası
ctx.lineTo(50+en*50+boy*10, 50 ); // Binanın sağ arka üst noktası

ctx.moveTo(50+en*50,100+yukseklk*50); // Binanın sağ alt noktası
ctx.lineTo(50+en*50+boy*10,50+yukseklk*50); // Binanın sağ arka alt noktası

ctx.lineTo(50+en*50+boy*10,50); // Binanın sağ arka üst noktası

// Kat arası

ctx.moveTo(50,100+yukseklk*25);
ctx.lineTo(50+en*50, 100+yukseklk*25);
ctx.lineTo(50+en*50+boy*10, 50+yukseklk*25);

// Pencereleler

// İkinci kat sol pencere
ctx.rect(50+en*5,100+yukseklk*5,en*15,yukseklk*15);

// İkinci kat sağ pencere
ctx.rect(50+en*30,100+yukseklk*5,en*15,yukseklk*15);

// Birinci kat sol pencere
ctx.rect(50+en*5,100+yukseklk*30,en*15,yukseklk*15);

// Birinci kat sağ pencere
ctx.rect(50+en*30,100+yukseklk*30,en*15,yukseklk*15);

// Yan duvar üst pencere

ctx.moveTo(50+en*50+boy*2,100+yukseklk*5); // Sol üst köşe

```

```
ctx.lineTo(50+en*50+boy*8,60+yukseklk*5 ); // Sağ üst köşe
ctx.lineTo(50+en*50+boy*8,60+yukseklk*20 ); // Sağ alt köşe
ctx.lineTo(50+en*50+boy*2,100+yukseklk*20); // Sol alt köşe
ctx.lineTo(50+en*50+boy*2,100+yukseklk*5);
```

```
// Yan duvar alt pencere
```

```
ctx.moveTo(50+en*50+boy*2,100+yukseklk*30); // Sol üst köşe
ctx.lineTo(50+en*50+boy*8,60+yukseklk*30 ); // Sağ üst köşe
ctx.lineTo(50+en*50+boy*8,60+yukseklk*45 ); // Sağ alt köşe
ctx.lineTo(50+en*50+boy*2,100+yukseklk*45); // Sol alt köşe
ctx.lineTo(50+en*50+boy*2,100+yukseklk*30);
```

```
// Uzunluklar
```

```
ctx.font = "25px Arial";
ctx.fillText("En: "+en+" m.",50+en*25, 100 + yukseklk*55 );
ctx.fillText("Boy: "+boy+" m.",100+en*50, 120 + yukseklk*50 );
ctx.fillText("Yükseklik: "+yukseklk+" m.",55+en*50+boy*10, 70 + yukseklk*25 );
```

```
ctx.stroke();
```

```
</script>
```

```
<?php
```

```
for ( $yon = 0; $yon < 4; $yon ++ ) { // Yön değişkeni binanın alternatif yönlerinin denemeleri için kullanılmaktadır.
```

```
for ( $pencereorani=25; $pencereorani<=50; $pencereorani += 5 ) {
```

```
echo '<br><table border="1">';
    echo '<tr>
<td align="center">Yön</td>
<td align="center">Taban alanı /<br>Pencere Alanı Oranı</td>
<td align="center">Ay</td>
<td align="center">Zaman<br><t</td>
<td align="center">Özgül ısı kaybı<br>H</td>
<td align="center">İç ortam sıcaklık<br>Oi</td>
<td align="center">Dış ortam sıcaklık<br>Oe</td>
<td align="center">Sıcaklık Farkı</td>
<td align="center">Isı Kaybı<br>H * Sıcaklık Farkı</td>
<td align="center">İç Isı Kazancı<br>Qiay:</td>
<td align="center">Güneş Kazançları<br>Qsay:</td>
<td align="center">KKO:</td>
<td align="center">Kazanç Kullanım Faktörü<br>nay:</td>
```

```
<td align="center">Gerekli ısı miktarı<br>( Joule )</td>
```

```
</tr>';
```

```
$Qyil = 0;
```

```
$yilliktoplamisikaybi = 0;
```

```
$Qsayyil = 0;
```

```
for ( $say = 0; $say<10; $say++ ) {
```

```
list ($Ap, $AD, $AT, $At, $An, $Atop, $Vbrut ) = yapiozellikleri_hesapla( $en, $boy,  
$yukseklk, $pencereorani );
```

```
// U değerlerini hesapla
```

```
$UD = UD_duvarisilgecirgenlikkatsayisi ( $yalitimmalzemesi, $yalitimkalinligi ); // Duvar
```

```
$UT = UT_tavanisilgecirgenlikkatsayisi(); // Tavan
```

```
$Ut = Ut_tabanisilgecirgenlikkatsayisi(); // Taban
```

```
// Ozgül ısı kaybı hesapla
```

```
$H = H_yapininozgulisikaybi ( $UD,
```

```
$AD,
```

```
$Up,
```

```
$Ap,
```

```
$Uk,
```

```
$Ak,
```

```
$UT,
```

```
$AT,
```

```
$Ut,
```

```
$At,
```

```
0,
```

```
0,
```

```
0,
```

```
0 );
```

```
$giay = giay_gunesenerjisigecirmefaktoru ( $camtipi );
```

```
$Qsay = Qsay_aylikgunesenerjisikazanclari ( 0.8,
```

```
$giay,
```

```
$liay[$yon][$say],
```

```
$Ap );
```

```
$Qiay = Qiay_aylikickazanclar( $An );
```

```
$KKOay = KKOay_kazanckayiporani ( $Qiay,
```

```
$Qsay,
```

```
$H,
```

```
$Oi,
```

```
$Oe[$say] );
```

```
if ( $KKOay >= 2.5 ) {
```

```

$KKOay = 0;
$nay = 0;
} else $nay = nay_kazanckullanimfaktoru ( $KKOay );

$Qay = Qay_aylikgerekenisimiktari ( $H,
$Oi,
$Oe[$ay],
$nay,
$Qiay,
$Qsay,
$t[$ay] );
if ( ( $Oi - $Oe[$ay] ) <= 0 ) {
$KKOay = 0;
$nay = 0;
$Qay = 0;
}

$Qyil += $Qay;

if ( ($H*($Oi - $Oe[$ay])) >= 0 ) $yilliktoplamisikaybi+= $H*($Oi - $Oe[$ay]);

$Qsayyil += $Qsay;
echo "<tr>
<td align='center'>",$yonler[$yon],"</td>
<td align='center'>%"$pencereorani,"</td>
<td align='center'>",$aylar[$ay],"</td>
<td align='center'>",$t[$ay],"</td>
<td align='center'>",$number_format($H, 2, ',', '.'), "</td>
<td align='center'>",$Oi,"</td>
<td align='center'>",$number_format($Oe[$ay], 1, ',', '.'),"</td>
<td align='center'>",$number_format($Oi - $Oe[$ay], 1, ',', '.'),"</td>
<td align='center'>",$number_format($H*($Oi - $Oe[$ay]), 1, ',', '.'),"</td>
<td align='center'>",$round($Qiay),"</td>
<td align='center'>",$round($Qsay),"</td>
<td align='center'>",$number_format($KKOay, 4, ',', '.'),"</td>
<td align='center'>",$number_format($nay, 4, ',', '.'),"</td>
<td align='center'>",$round($Qay),"</td>

</tr>";

}
echo '</table><br>';
echo "Toplam Yillik Gerekli Isı Miktarı:",round($Qyil),' Joule';

$maksimumkayip = 22.4 * $Atop/$Vbrut + 7.8;
$birimhacmedusenisi = $Qay / $Vbrut;

```

```
if ( $birimhacmedusenisi >= $maksimumkayip ) echo ' Referans aralığına göre enerji
açısından uygun değildir!';
else echo ' Referans aralığına göre enerji açısından uygundur!';

echo "<br><br>Toplam Yıllık Isı Kaybı: ",round($yilliktoplamisikaybi),' W';;
echo "<br><br>Toplam Yıllık Güneş Kazançları: ",round($Qsayyil),' W';;
echo '<br><br><br>';

    }

}

echo "</table>";

?>
```



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Sertaç KARSAN ERBAŞ
Yabancı Dili : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Trabzon, 1969
E-posta : sertac.karsan@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Fen Bilimleri	MSGSÜ Bilgisayar Ortamında Sanat ve Tasarım Programı	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
1999-2004	MSGSÜ Meslek Yüksekokulu	Öğretim Görevlisi
2004-	MSGSÜ Enformatik Bölümü	Öğretim Görevlisi

YAYINLARI

Makale

1. Karsan Erbaş, S., (2013), "Mimaride Parametrik Tasarım ve Eğitimi", Journal of Research in Education and Teaching,3(3): 304-312,ISSN: 2146-9199.
2. Karsan Erbaş, S., (2014), "Temel Robotik Uygulamalar Ve Bilgisayar Destekli Tasarım Eğitimiindeki Yeri", Journal of Research in Education and Teaching,2(4): 119-124,ISSN: 2146-9199.

Bildiri

1. Karsan Erbaş, S., (2011), "Sayısal Görüntü ve Sayısal Görüntü İşlemenin Tasarım Eğitimine Etkisi", 3rd International Congress on New Trends in Education, Antalya.
2. Karsan Erbaş, S., (2015), "Hesaplamalı Tasarım Yaklaşımının Bilgisayar Destekli Tasarım Eğitimine Etkisi", 6th International Congress on New Trends in Education, Antalya.
3. Karsan Erbaş, S., (2017), "Örüntü Tasarımında Hesaplamalı Yöntemler", 2. Uluslararası Sanat Sempozyumu, Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
4. Karsan Erbaş, S., (2017), "Hareketli Uygulamaların Mimarlık Eğitiminde Kullanılması", 8th International Congress on New Trends in Education, Antalya.
5. Karsan Erbaş, S., (2018), "Algoritma ve Hesaplamalı Tasarım", International Congress of High Technology in Arts, Gelişim Üniversitesi, İstanbul.
6. Karsan Erbaş, S.,Tong, T., (2018),"Boşluk Alanı-Taban Alanı Oranlarının Enerji Verimliliği Açısından Sayısal Ortamda Düzenlenmesi İçin Bir Kodlama Örneği", 2. Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Kongresi, 18 Mart Üniversitesi, Çanakkale.