

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT BİR KONUTUN ENERJİ ETKİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK
BİR ÇALIŞMA: TOKİ AFYON TARIMKÖY ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gizem DİNÇ KOBALAS

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT BİR KONUTUN ENERJİ ETKİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK
BİR ÇALIŞMA: TOKİ AFYON TARIMKÖY ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Gizem DİNÇ KOBALAS
(502111508)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502111508 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Gizem DİNÇ KOBALAS**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**MEVCUT BİR KONUTUN ENERJİ ETKİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA: TOKİ AFYON TARIMKÖY ÖRNEĞİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Rana KUTLU
İstanbul Kültür Üniversitesi

Teslim Tarihi : **15 Aralık 2014**
Savunma Tarihi : **22 Ocak 2015**

Eşime ve aileme,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca çalışmamın her aşamasında değerli yardım ve katkılarıyla bana destek olan tez danışmanım Prof. Dr. Gül Koçlar Oral'a, her zaman ilgiyle yanımda olan arkadaşım Dilek Eker'e, hayatımın her dönemine sevgi ve güvenle destek veren değerli aileme ve hayatımın her anına ortak olan sevgili eşim Tarık Kobalas'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2014

Gizem Dinç Kobalas
Mimar

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Sorun	2
1.2 Amaç	3
1.3 Kapsam.....	4
1.4 Yöntem.....	4
2. KONUTLARDA ENERJİ ETKİNLİĞİ	7
2.1 Mevcut Konutların Enerji Etkin Geliştirilmesi	8
2.2 Konutların Enerji Etkin Geliştirilmesinde Etkili Olan Tasarım Parametreleri	11
2.2.1 Dış çevreye ilişkin tasarım parametreleri.....	12
2.2.1.1 İklim	12
2.2.1.2 Topografik koşullar	15
2.2.2 Yapma çevreye ilişkin tasarım parametreleri.....	16
2.2.2.1 Binanın yönü	17
2.2.2.2 Binanın diğer binalara göre konumu.....	18
2.2.2.3 Binanın formu	18
2.2.2.4 Bina kabuğu	20
2.3 Türkiye’de Enerji Etkinliğine İlişkin Mevzuat	20
3. KONUTLARIN ENERJİ ETKİN GELİŞTİRİLMESİNE İLİŞKİN YURTDIŞINDA YAPILAN ÖRNEK UYGULAMALAR	25
3.1 İsviçre Zug, Konut Binası	25
3.2 Hollanda Roosendaal, Konut Birimleri	28
3.3 İtalya Savona, Sosyal Konut Binaları	30
3.4 Çek Cumhuriyeti Brno, Konut Binası	33
3.5 İspanya Córdoba, Sosyal Konut Birimleri	35
4. MEVCUT BİR KONUTUN ENERJİ ETKİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK UYGULAMA ÇALIŞMASI: TOKİ AFYON TARIMKÖY ÖRNEĞİ	39
4.1 Afyon Tarımköy Konut Projesinin Dış Çevreye İlişkin Verilerinin Belirlenmesi	40
4.2 Afyon Tarımköy Konut Projesinin Yapma Çevreye İlişkin Verilerinin Belirlenmesi	42
4.3 Enerji Giderlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Verilerin Programa Girilmesi	49
4.4 Referans Binanın Belirlenmesi.....	51

4.5 Referans Binanın Enerji Performansının İyileştirilmesine Yönelik Enerji Etkin Tasarım Alternatiflerinin Geliştirilmesi	53
4.5.1 Farklı opak bileşenler ile bina kabuğu alternatifleri oluşturulması ve enerji yüklerinin kıyaslanması.....	55
4.5.2 Saydam bileşen alternatiflerinin oluşturulması ve enerji yüklerinin kıyaslanması	61
4.5.3 Güneş kontrol elemanlarının binaya entegrasyonu ve enerji yüklerinin kıyaslanması	65
4.5.4 Kış bahçesi uygulaması ve enerji yüklerinin kıyaslanması.....	71
4.5.5 Trombe duvar uygulaması ve enerji yüklerinin kıyaslanması	78
4.6 Uygulanan Enerji Etkin Tasarım Alternatifleri Arasından En Düşük Enerji Yüklerini Sağlayan Alternatiflerin Gruplandırılması Ve Enerji Yüklerinin Karşılaştırılması.....	84
4.7 En Düşük Enerji Yükünü Sağlayan Alternatif Grubunun Yapı Adası İle Birlikte Enerji Yüklerinin Hesaplanması	91
4.8 Uygulama Çalışmasının Sonuçları	92
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	97
KAYNAKLAR.....	101
EKLER.....	105
ÖZGEÇMİŞ	109

KISALTMALAR

ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers
DOE	: Enerji Departmanı (Department of Energy)
EERE	: Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji (Energy Efficiency and Renewable Energy)
EIA	: Enerji Bilgilendirme Dairesi (Energy Information Administration)
ETKB	: Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development)
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TS	: Türk Standardı
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Ana sektörler gere enerji tüketimi.....	3
Çizelge 3.1 : Yapı bileşenleri U değeri ve ısı kayıpları.....	34
Çizelge 3.2 : Bina kabuğu U değeri.....	36
Çizelge 4.1 : Afyon Serban dış çevreye ilişkin veriler.....	41
Çizelge 4.2 : TOKİ Afyon Tarımköy yapı malzemeleri.....	48
Çizelge 4.3 : TSE 825'e göre U değeri.....	49
Çizelge 4.4 : Farklı opak bileşen alternatifleri enerji yükleri.....	60
Çizelge 4.5 : Saydam bileşen alternatifleri U değeri.....	62
Çizelge 4.6 : Saydam bileşen alternatifleri enerji yükleri.....	65
Çizelge 4.7 : Güneş kontrol elemanları enerji yükleri.....	71
Çizelge 4.8 : Kış bahçesi uygulamaları enerji yükleri.....	77
Çizelge 4.9 : Trombe duvar uygulamaları enerji yükleri.....	83
Çizelge 4.10 : Alternatiflerin enerji yüklerinin karşılaştırılması.....	85
Çizelge 4.11 : Alternatif gruplarının enerji yüklerinin karşılaştırılması.....	91
Çizelge 4.12 : En düşük enerji yükünü sağlayan alternatif grubunun yapı adası ile birlikte enerji yüklerinin karşılaştırılması.....	92
Çizelge 4.13 : Tüm alternatiflerin enerji yüklerinin kıyaslanması.....	95

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Türkiye Sera gazı emisyonlarının sektörlere göre dağılımı	7
Şekil 2.2 : Türkiye enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı.....	8
Şekil 2.3 : Hane halklarının bina inşa yılına göre dağılımı	9
Şekil 2.4 : Hane halklarının konutta en çok kullanılan ısıtma sistemine göre dağılımı	9
Şekil 2.5 : EIA'ya göre konutlarda enerji tüketim oranları	10
Şekil 2.6 : Köppen iklim sınıflandırması	13
Şekil 2.7 : Türkiye iklimi	15
Şekil 2.8 : ABD EIA'ya göre ortalama konut başı enerji tüketimi.....	16
Şekil 2.9 : Güneş ışıınının ısıtıcı etkisinden optimum yararlanmada yön etkisi. ...	17
Şekil 2.10 : Yoğun konutlaşma alanlarında bina yönleri.....	18
Şekil 2.11 : Farklı iklimlere göre bina formları ve yönleri.....	19
Şekil 3.1 : İsviçre Zug konut binası güneybatı cephesi	25
Şekil 3.2 : İsviçre Zug konut binası kuzeydoğu cephesi	25
Şekil 3.3 : İsviçre Zug konut binası kat planı	26
Şekil 3.4 : İsviçre Zug konut binası yenileme çalışmaları	27
Şekil 3.5 : İsviçre Zug yenileme çalışması sonrası	27
Şekil 3.6 : Hollanda Roosendaal De Kroeven bölgesi	28
Şekil 3.7 : Hollanda Roosendaal konut kat planı	28
Şekil 3.8 : Hollanda Roosendaal konut yenileme çalışmaları	29
Şekil 3.9 : Hollanda Roosendaal yenileme çalışması sonrası	30
Şekil 3.10 : İtalya Savona sosyal konut binaları trombe duvarı	31
Şekil 3.11 : İtalya Savona konut binaları yenileme öncesi (sol) ve yenileme sonrası (sağ)	32
Şekil 3.12 : İtalya Savona konut binaları yenileme öncesi (sol) ve yenileme sonrası (sağ)	32
Şekil 3.13 : Çek Cumhuriyeti Brno konut binaları	33
Şekil 3.14 : Çek Cumhuriyeti Brno konut binası yenileme öncesi (sol) ve yenileme sonrası (sağ)	34
Şekil 3.15 : İspanya Córdoba sosyal konut birimleri kat planı.....	35
Şekil 3.16 : Kış aylarındaki iç-dış ortam sıcaklıkları	37
Şekil 3.17 : Yaz aylarındaki iç-dış ortam sıcaklıkları.....	37
Şekil 3.18 : İspanya Córdoba sosyal konut birimleri yenileme öncesi (sol) ve yenileme sonrası (sağ).....	38
Şekil 4.1 : Türkiye ortalama nem dağılımı	41
Şekil 4.2 : Afyon Serban mevki uydu görüntüsü.....	42
Şekil 4.3 : TOKİ Afyon Tarımköy vaziyet planı alternatif çalışma	43
Şekil 4.4 : TOKİ Afyon Tarımköy vaziyet planı yerleşimi	44
Şekil 4.5 : TOKİ Afyon Tarımköy plan tipi.	45
Şekil 4.6 : TOKİ Afyon Tarımköy görünüşler.	46
Şekil 4.7 : TOKİ Afyon Tarımköy 3 boyutlu model	47

Şekil 4.8 : TOKİ Afyon Tarımköy uygulanmış bina	47
Şekil 4.9 : Design Builder programında oluşturulan zonlar.	48
Şekil 4.10 : 3. Bölge derece gün illeri.....	49
Şekil 4.11 : Bina modeli.	51
Şekil 4.12 : Binanın farklı yönlendirilmesi.....	52
Şekil 4.13 : Uygulama çalışmasında izlenen adımlar.	54
Şekil 4.14 : Yalıtımsız bina kabuğu alternatifi.	55
Şekil 4.15 : Mevcut duvar + 10cm eps yalıtım.	56
Şekil 4.16 : 10cm eps yalıtımlı tuğla duvar.	56
Şekil 4.17 : 10cm eps yalıtımlı beton duvar.	57
Şekil 4.18 : 10cm eps yalıtımlı gaz beton duvar.....	57
Şekil 4.19 : Farklı opak bileşen alternatifleri için ısıtma yükü sonuçları.	58
Şekil 4.20 : Farklı opak bileşen alternatifleri için soğutma yükü sonuçları.	59
Şekil 4.21 : Farklı opak bileşen alternatifleri için toplam yük sonuçları.	59
Şekil 4.22 : Saydam bileşen alternatifleri ısıtma yükü sonuçları.....	63
Şekil 4.23 : Saydam bileşen alternatifleri soğutma yükü sonuçları.	63
Şekil 4.24 : Saydam bileşen alternatifleri toplam yük sonuçları.	64
Şekil 4.25 : Entegre güneş kontrol elemanları.	66
Şekil 4.26 : Saydam yatılım uygulamaları.	67
Şekil 4.27 : Güneş kontrol eleman alternatifleri ısıtma yükü sonuçları.....	68
Şekil 4.28 : Güneş kontrol eleman alternatifleri soğutma yükü sonuçları.....	69
Şekil 4.29 : Güneş kontrol eleman alternatifleri toplam yük sonuçları.	70
Şekil 4.30 : Mevcut binaya kış bahçesi eklenmesi.	72
Şekil 4.31 : Menfezli depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması.	73
Şekil 4.32 : Saydam depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması.	74
Şekil 4.33 : Opak depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması.....	74
Şekil 4.34 : Kış bahçesi alternatifleri ısıtma yükü sonuçları.	75
Şekil 4.35 : Kış bahçesi alternatifleri soğutma yükü sonuçları.....	75
Şekil 4.36 : Kış bahçesi alternatifleri toplam yük sonuçları.	76
Şekil 4.37 : Sadece salona uygulanan trombe duvar.	79
Şekil 4.38 : Sadece yatak odasına uygulanan trombe duvar.....	79
Şekil 4.39 : Salon+ yatak odasına uygulanan trombe duvar.....	80
Şekil 4.40 : Trombe duvar alternatifleri ısıtma yükü sonuçları.	81
Şekil 4.41 : Trombe duvar alternatifleri soğutma yükü sonuçları.	81
Şekil 4.42 : Trombe duvar alternatifleri toplam yük sonuçları.....	82
Şekil 4.43 : En düşük enerji yüklerini alternatiflerinin gruplandırılması.	86
Şekil 4.44 : Trombe duvar ve kış bahçesi ile alternatiflerin gruplandırılması.....	87
Şekil 4.45 : Alternatif gruplarının ısıtma yükü sonuçları.	88
Şekil 4.46 : Alternatif gruplarının soğutma yükü sonuçları.....	88
Şekil 4.47 : Alternatif gruplarının toplam yük sonuçları.	89

MEVCUT BİR KONUTUN ENERJİ ETKİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA: TOKİ AFYON TARIMKÖY ÖRNEĞİ

ÖZET

Günümüzde enerji tüketiminin artması ve doğal enerji kaynaklarının etkin kullanılmaması, içinde bulunduğumuz çevreyi olumsuz etkilemekte ve ekolojik dengeye zarar vermektedir. Dünya üzerinde enerji tüketimlerinin kıyaslanmasında önemli bir yüzdeye sahip olan bina sınıflarının başında en yoğun olarak kullanılan konutlar gelmektedir. Konutların yaşam süreleri boyunca, ekolojik dengeye en az seviyede etki edecek, sürdürülebilir enerji kaynaklarından en fazla seviyede yararlanacak şekilde inşa edilmesi veya iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, gelecek nesillerin doğal çevreye olan ihtiyaçlarını şimdiden karşılayan, enerji kaynaklarını verimli kullanan yapılar inşa ederken mimari detaylar önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada enerji tüketimi fazla olan yapı sınıfı olarak mevcut bir konut ele alınmış ve enerji etkin geliştirme alternatifleri önerilerek enerji tüketiminin azaltılması ve dolayısıyla binanın enerji etkin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda TOKİ (Toplu Konut İdaresi) tarafından Afyon Sinanpaşa ilçesi Serban mevkiinde inşası tamamlanan Tarımköy konut projelerinden bir örnek ele alınarak, farklı yapı bileşeni alternatifleri ve pasif güneş sistemlerinin entegrasyonu ile enerji tüketimi incelenmiştir.

Birinci bölümde, çalışmanın giriş kısmı bulunmaktadır. Enerjinin dünya ve Türkiye’de kullanım alanları ve oranlarından, çalışmanın amaç ve kapsamlarından bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, mevcut konutların enerji etkinliği ve enerji etkin geliştirmeye yönelik tasarım parametreleri açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, enerji etkin geliştirme uygulamalarının yapıldığı mevcut bina örneklerinden, Dünya’nın farklı iklim bölgeleri ve farklı şehirlerdeki uygulamalar incelenmiştir.

Dördüncü bölümde, tez çalışması kapsamında ele alınan TOKİ Afyon Tarımköy projesinin enerji etkin geliştirilmesine yönelik uygulama çalışması yapılmıştır. Design Builder adlı enerji simülasyon programında modelleme ve simülasyon yapılarak mevcut vaziyet planı yerleşimi içerisinde bir konut birimi referans bina olarak belirlenmiştir. Belirlenen binanın yıllık toplam ısıtma, soğutma ve toplam yük değerlerinin azaltılmasına yönelik alternatif önerileri detaylı olarak açıklanmıştır. Design Builder programında, enerji etkin tasarım alternatiflerinin enerji yükleri hesaplanarak genel değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme sonucu belirli kriterlerle önerilen alternatiflerin kombinasyonu yapılarak referans binaya entegre edilmiştir. Sonuçlar, referans bina ve referans binanın yalıtımsız olma durumu ile kıyaslanmıştır. Ayrıca çalışma boyunca yapılan tüm hesaplamalarda referans bina

tekil olarak ele alınmıştır. Dördüncü bölümün son aşamasında, en iyi kombinasyon grubu yapı adası kurgusu içerisinde çevre binaların etkisi ile ayrıca irdelenmiştir.

Beşinci bölümde, çalışma kapsamında yapılan simülasyonlar ve elde edilen sonuçlara ilişkin genel değerlendirme yapılmıştır. Mevcut konutların enerji etkin geliştirilmesinin enerji tüketimine olan etkisinden bahsedilerek, mevcut veya tasarım aşamasında olan binalar için enerji etkin tasarım kriterlerinin önemi açıklanmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışmada mevcut bir binanın enerji etkin geliştirilmesine yönelik iyileştirme alternatiflerinin entegrasyonu ile enerji yüklerinde ortaya çıkan farklılıklar irdelenerek, yapıların enerji etkin yenilenmesinin enerji tüketimi bakımından önemi tartışılmıştır.

ENERGY EFFICIENT RETROFIT STUDY FOR AN EXISTING RESIDENTIAL BUILDING: AFYON TOKI AGRICULTURAL VILLAGE PROJECT

SUMMARY

Increase of energy consumption and inefficient natural energy resources usage are affecting nature negatively with ecological balance damage nowadays. After the oil crisis in 1973, all over the world focus on fossil fuel consumption. Until today, energy conservation and environmental sustainability has become an evaluated topic. The general topic of energy consumption and additional environmental problems and their effects on global climate change, helped to define broad research areas concentrated on energy efficiency and energy performance of buildings. All over the world, beside end use energy usage comparison, residential share has significant ratio. Construction or refurbishment of residential buildings has to maximize utilisation of sustainable energy sources and minimize balance of nature through lifelong. Therefore, architectural technicality has considerable details for next generation's energy and natural habitat necessity.

The interest of energy consumption and increasing the usage of energy resource is important for new design building as well as the existing building. Especially in Turkey, existing building stock covers very high ratio of the general energy consumption. Most of the building stock that are built before 2000, has no thermal insulation layers. Until at the beginning of 2000, regarding the insufficiencies and regulation leaks in Turkish building stock, energy efficiency studies and applications require a methodological coverages to decrease the energy consumption through residential buildings. Refurbishment works of buildings primarily targets energy efficiency improvements for heating and cooling. Contribution to comfort standards, environmental life quality, ecological balance, sustainability are considered as additional benefits of retrofitting. Principally, existing residential building retrofitting projects has to start with defining accurate energy efficient design parameters. Improvements should be regarded by the factor of maximum performance gain. Suggestions are done considering these factors according to result of total energy load evaluations.

Within the scope of this study, energy efficient design alternatives are suggested for high energy demand existing buildings with the aim of improvements. Retrofit solutions are applied to TOKI (Turkey Housing Development Administration) Afyon Sinanpasa district Serban area completed agricultural village project with different building element alternatives and passive solar system integrations.

In the first two chapter, introduction of thesis has done within explanation of energy usages, comparisons for world and Turkey. Statistical analyses for household energy consumptions, ratios of energy usage areas, distributions of building ages are remarked. Moreover, energy efficiency, and energy efficient retrofit design parameters are stated. Natural environment relevant design parameters are examined based on climate and topographic conditions.

Effects of temperature, solar radiation, humidity, air flow, altitude and inclination on residential buildings design are clarified. Artificial environment relevant design parameters are examined based on direction, position, form and shell of building. Second chapter also contains regulations about energy efficiency in Turkey. The main purpose of the regulations is to focus on increasing efficiency in using energy sources and promoting energy efficiency in buildings. Using energy sources effectively is important for avoid waste, ease the burden of energy costs on the economy and protect environment. According to Energy Efficiency Law every building (which is existed or in built) having a total area more than 1000 m² has to have an Energy Identification Certificate. This certificate includes information on the minimum energy requirements, energy consumption classification, insulation characteristics, and efficiency of heating and/or cooling systems of a building. This certificate system restricts the large amount of energy usage especially in residential buildings.

Third chapter represents energy efficient refurbishment case studies for different climate and city examples of the world. Existing residential building samples are examined through several scenarios. Energy loads and thermal loss are analysed by before-after refurbishment comparisons. Five various country cases has showed with alternative solutions for energy gain. Sample implementations for energy retrofit of residential buildings or units from Switzerland Zug built in 1946, Netherland Roosendaal built in 1965 , Italy Savona built in 1970, Czech Republic Brno built nearly thirty years ago, and Spain Cordoba built in 1994 are presented. Most retrofitting examples contain modifications of facade insulations. Only the example which is built in Italy Savona has the different retrofitting systems. They use passive solar system to increasing efficiency in using solar energy. Trombe wall is fixed on the building and it works succesfully according to energy cost calculations.

In the fourth chapter Toki Afyon agricultural village project is analysed with aim of energy efficient retrofit regarding second chapter's criteria. Additionally, modelling and simulation has done by Design Builder program over a reference building on layout plan. Alternative suggestions for decrease of specified residential building's annual heating, cooling and total loads are developed. General evaluations are done via energy efficient design alternatives calculated by Design Builder simulation programme. Evaluation results are combined with suggested alternatives and defined conditions by integrating to reference building. Comparisons of origin and insulated studies are also explained in this chapter. Furthermore all calculations are made on reference as a unique building within the study. Different opaque shell elements, transparent elements, solar control equipments, solar garden, trombe wall usage and applications are studied for energy performance tuning. Energy efficient design alternatives are compared by energy loads and grouped by minimal solution. Fourth chapter ends with examination of reference building's energy efficiency inside a city block and interaction of neighbour structures.

In the fifth chapter, overall evaluation of simulations and results are represented. Energy efficient refurbishment of existing residential buildings is analysed with design phase parameters and effects on consumption. Evaluations are based on annual heating, cooling and total loads. Alternatives with lowest results are combined to occur new groups. Minimum load providing group is compared with origin building and the other selection which has no insulation.

As a result, this thesis aims to represent energy efficient retrofit significance from the point of energy consumption. Refurbishment studies are based on alternative integrations with a consequence of energy load variety. Modelling and calculations throughout this study presents that energy efficient increasing applications leads to decrease of heating and cooling loads at Afyon Serban Agricultural Village project. Retrofits could be applied as modifications of opaque and transparent elements, usage of solar control elements, additional solar gardens and trombe walls by considering suggested alternative costs. Design phase is most significant process to decide several parameters for maximum energy gain. Owing to simulation programs, energy efficient design parameters help to carry out evaluations. Thus, numerous parameters like direction, form, position of building could not be changed after construction.

1. GİRİŞ

Günümüzde, fosil yakıtların hızla tükenmesi, sera gazı emisyonlarının artması, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri gibi çevre problemlerinin başlıca nedenleri bilinçsiz enerji tüketimi ve enerji etkinliğine gereken önemin verilmemesidir. Enerji etkinliği, daha az enerji ile daha fazla hizmet verme ya da daha fazla ürün üretme olarak tanımlanabilir. Enerji girdisi ile ürün üretme arasındaki etkileşim verimli olarak kullanılamazsa, doğal kaynakların azalmasına, farklı enerji dönüşüm ve kayıplarına neden olur. Ekolojik dengelerin insan kaynaklı sebeplerden dolayı bozulmaya başlaması, iklimsel değişikliklerin gözle görülebilir duruma gelmesi, tüm dünyada enerji etkinliği konusunu daha önemli hale getirmektedir.

Dünya nüfusunun giderek artması, sanayinin hızla büyümesi, yaşam konfor standartlarının yükselmesi, elektronik, dijital, teknoloji kullanımının hayatın her aşamasına dâhil olması, otomasyon ve seri üretim ile arzın ve tüketimin yükselmesi, bireyselliğin çoğalması, ulaşımın kolaylaşması gibi faktörler enerji tüketimini büyük ölçüde arttırmaktadır. İnsanoğlu geçen zamana göre daha iyi yaşam koşullarında, daha çok tüketerek ve daha hızlı hayatına devam etmektedir ve bu sebeple daha fazla enerji ihtiyacı gerekmektedir. Bu fazla enerjiyi üretme daha çok doğal kaynak tüketilmesi anlamına gelmektedir. Ancak doğal kaynakların azalmasını önlemenin ve buna bağlı olarak ekolojik dengenin korunmasında başlıca çözümler enerjinin korunumu, tasarrufu ve verimli kullanılmasıdır. Mevcut enerji ile daha fazla verimlilik elde edilmesi, ya da aynı verimliliğinin daha az enerji ile elde edilmesi sürdürülebilir çevre koşullarının sağlıklı ve konforlu gelişmesini sağlamaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı tarafından hazırlanan enerji tüketim istatistiklerine göre tüm dünyada 1990-2000 yıllarında nüfus %1,4 oranında artarken enerji tüketimi %1,3 artmaktadır. Aynı değerlerin, teknolojinin daha fazla kullanılmaya başlandığı milenyum yıllarının başında daha fazla olduğu görülmektedir. 2000-2010 yıllarında nüfus %1,0 oranında artarken, enerji tüketimi ise %2,8 artış göstermektedir. Sanayi ve kentleşmenin en yaygın olduğu ülke olarak bilinen Çin'in nüfus artış oranında fazla fark olmamasına rağmen enerji tüketim oranının %11,1 olarak arttığı

görülmektedir. Aksine sanayileşmesini tamamlamış, Amerika, Almanya, Japonya, Fransa, İngiltere gibi gelişmiş ülkelerde ise enerji tüketim miktarlarında düşüş olduğu belirtilmektedir. EU28 olarak bilinen Avrupa Birliği'nde bulunan 28 ülkenin toplam enerji tüketimi 2003 yıllarında 75 milyon terajoule civarlarındayken bu değer 2012'de 71 milyon olarak kayıtlara geçmiştir. Aynı yıllara ait veriler ülkemiz için 3,3 milyon terajoule ve 5 milyon terajoule olarak **Ek A** 'da yer almaktadır (Url-1).

Geçmişten günümüze yapılan enerji tüketim istatistikleri sektörel olarak analiz edildiğinde ilk üç sırada konutlar ve ticari birimler, sanayi, ulaşım sektörleri yer almaktadır. Dünya genelinde, toplam tüketilen enerjinin %40'lık bölümünü binalar oluşturmaktadır. Türkiye'de ise bu oran %30 olarak tespit edilmiştir. (Koç Üniversitesi, 2012). Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de binaların büyük çoğunluğu konut kullanımıdır. Sürekli yaşamın devam ettiği, konfor koşullarının optimum değerler ile sağlanmasını gerektiren ve insan sağlığına yönelik durumlarla içiçe olması sebebiyle konutlarda enerji etkinliği büyük önem taşımaktadır.

1.1 Sorun

Konut binaları, enerji tüketimlerinin sektörel olarak analizleri sonucu, uzun ömürlü olmaları ve ihtiyaçlar doğrultusunda önemli boyutta enerji tüketimleri nedeniyle enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar kapsamında öncelikli olarak ele alınmaktadır. Artan nüfusa paralel olarak gelişen şehirleşme yapısında konut üretiminin hızla artmasının aksine mevcut yapılaşmada bulunan konut sayısının fazla olması sera gazı salınımlarının ve enerji tüketimlerinin azaltılması konusunda endişe oluşturmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu tarafından yapılan çalışmalar doğrultusunda 2000 yılı bina sayımına göre 1984 – 2000 yılları arasında bina sayısı %78 oranında artışla 4,3milyondan 7,8 milyona ulaşmıştır. Konut bazında değerlendirildiğinde %129 artış oranı ile 400milyon m² ısıtma alanını kapsayan 16,2 milyon adet mevcut konut olduğu belirlenmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2011)

Mevcut konut stokunun sayıca fazla olması, inşaat aşamasında enerji etkin tasarım kriterlerinin birincil kıstas olmaması, zaman içinde yapı bileşenlerinin deforme olması gibi sebeplerle mevcut konutlarda enerji kayıplarını arttırmaktadır. Buna bağlı olarak uygun konfor koşullarının sağlanabilmesi için kullanıcıların müdahalesi ile enerji tüketimi de artmaktadır. İlgili bakanlıklar tarafından yayınlanan standartlar ve yönetmelikler kapsamında yeni inşa edilecek olan konut binaları için zorunlu kılınan

parametreler ile üretilen konutların enerji etkin tasarlanması sağlanmaktadır. Buna paralel olarak mevcut konut stokunun da enerji verimliliğinin artırılması gerekmektedir. Bu kapsamda konutların ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrik sistemleri için daha az enerji tüketimini sağlayan enerji etkin geliştirme yöntemleri uygulanması gerekmektedir.

1.2 Amaç

Dünya genelinde ülkelerin toplam enerji tüketimlerinin sektörlere göre dağılımları incelendiğinde Türkiye’de, binaların enerji tüketimindeki pay %30 oranında ciddi bir değer içermektedir. Tüketimi etkileyen faktörlerin incelenerek uygun alternatifler geliştirilmesi ile konutlardaki enerji tüketimi azaltılabilir. Çizelge 1.1 ‘de görüldüğü gibi konut birimlerinde farklı yenilemeler ile %50 oranında enerji tasarrufu sağlanabilir (Özyurt, 2009). Türkiye’deki mevcut konut sayısının yaklaşık 16 milyon olması ve iyileştirme çalışmaları ile %50 oranında kazanç sağlanabileceği göz önünde bulundurulduğunda, sürdürülebilirlik anlamında çevreye sağlanan olumlu etkilerin yanında ülke ekonomisinin de büyük oranda etkileneceği görülmektedir.

Çizelge 1.1 : Ana sektörler göre enerji tüketimi (Özyurt, 2009).

Sektör	Toplam tüketimdeki payı	Tasarruf potansiyeli
Sanayi	% 39	% 20 - 25
Binalar	% 30	% 30 - 50
Ulaşım	% 21	% 15 – 20
Tarım	% 5	
Enerji dışı	% 5	

Türkiye’de mevcut konut binalarında tüketilen enerjinin yaklaşık %35 oranındaki payı konutların ısıtma veya soğutma yükleri için harcanmaktadır (Keskin, 2010). Mevcut konutlar inşa edildikleri dönemin şartları ile değerlendirildiğinde, yapı malzemelerinin ısı geçirgenliklerinin yetersizliği, yalıtım katmanlarının ihmal edilmesi, binanın enerji etkin tasarım parametrelerine göre doğru yönlendirilmemesi, iklim koşullarına uygun forma sahip olmaması gibi nedenlerle ısıtma, soğutma ve elektrik enerjisi yükleri dolayısıyla enerji tüketimleri fazla olmaktadır. Mevcut konutlar günümüz şartları ile değerlendirildiğinde, üretilen yenilikçi sistemler ve yapı bileşenleri ile enerji etkin geliştirmeye yönelik alternatifler oluşturularak ve enerji tüketimine olan etki incelenerek, mevcut binalarda enerji verimliliğini arttırmaya yönelik önerilerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

1.3 Kapsam

Artan nüfusla birlikte ihtiyaç dâhilinde ya da ihtiyaç olmamasına rağmen inşa edilen yeni konut binalarının aksine mevcut konut stoklarının ekolojik dengeyi olumsuz etkilemesi mevcut binalarda enerji verimliliğinin önemini ortaya koymaktadır. Mevcut konutların enerji tüketimlerinin azaltılmasında en temel adım, enerji ihtiyacını minimuma indirgeyecek kriterlerin sağlanmasıdır. Isıtma ihtiyacını fazla oranlarla arttırmayacak yalıtım kabuğu tasarımları, güneşin fazla ısıtma etkisine karşın soğutma ihtiyacını arttırmayacak önlemler, pencere boyutları ve ışıksız geçirgenliği, aydınlatma için harcanan elektrik enerjisi tüketimini arttırmayacak tasarımlar ve bunun gibi örnekler ile konutların enerji tüketimleri büyük oranda etkilenmektedir. Bu çalışma kapsamında, Türkiye'nin Afyon ilinde bulunan, TOKİ (Toplu Konut İdaresi Başkanlığı) tarafından uygulanan bir Tarımköy konut birimi üzerinde enerji etkin geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Konut biriminin bulunduğu iklim bölgesi ve şartları göz önünde tutularak enerji tüketimlerinin azaltılması yönünde geliştirilen iyileştirme alternatifleri incelenmiştir.

1.4 Yöntem

Çalışmada, ilk olarak Dünya genelinde ve Türkiye'de mevcut konutların enerji verimliliğinin önemi ve enerji etkinliğinin geliştirilmesi yönünde oluşturulan politikalar ve yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu kapsamda dünya üzerinden örneklerle mevcut konutlarda yapılan enerji etkin iyileştirme uygulamaları irdelenmiş ve enerji tüketimi açısından kazançları değerlendirilmiştir.

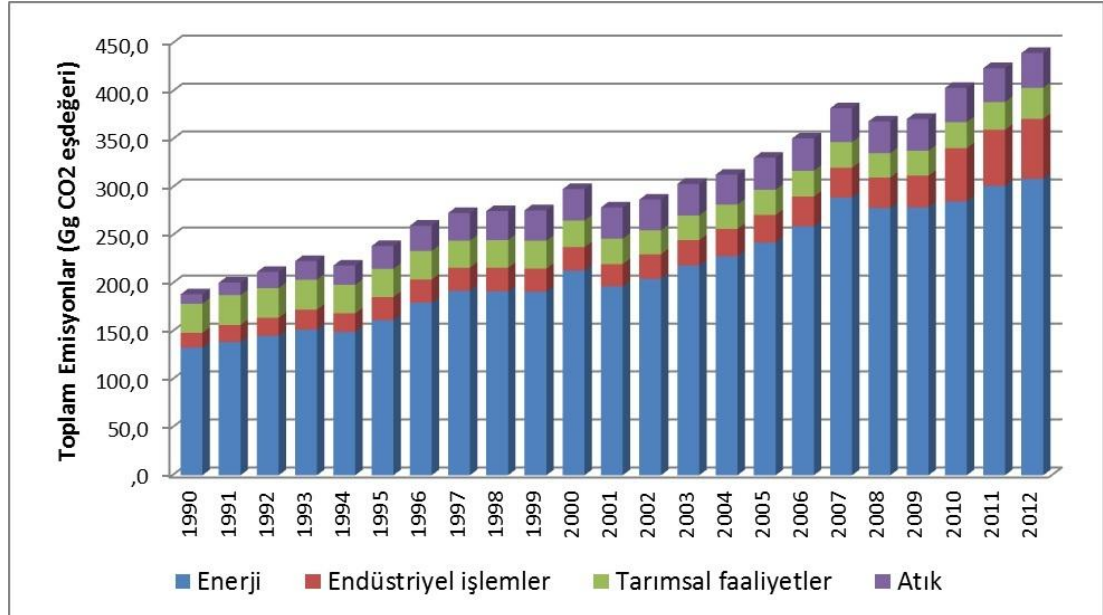
Uygulama çalışması kapsamında TOKİ (Toplu Konut İdaresi Başkanlığı) tarafından Türkiye'nin 23 farklı ilinde uygulanan Tarımköy konsepti konut binaları arasından Afyon ilinde yapılan uygulama ele alınarak enerji etkin geliştirilmesi yönünde alternatifler önerilmiştir. Design Builder enerji simülasyon programı ile önerilen alternatiflerin enerji harcamaları hesaplanmıştır. Aydınlatma yükleri ihmal edilerek ısıtma, soğutma ve toplam yük bakımından kıyaslamalar yapılarak en verimli değerleri sağlayan alternatifler gruplandırılmış ve mevcut konut birimine entegre edilmiştir. İlk aşamada, hesaplamalarda konut biriminin çevre binaları ile etkileşimi ihmal edilmiştir. İkinci aşamada enerji etkin tasarım parametrelerinin en önemli kriteri olan bina aralıklarının, mevcut yapının enerji yüklerine olan etkisinin sayısal

olarak saptanması amacıyla vaziyet planı yerleşimi içerisinde yapı adası ile birlikte yeniden değerlendirilmiştir. Tüm alternatif uygulamaları ve mevcut konut binaya entegrasyonu ile elde edilen sonuçlar, konut binasının mevcut durumu ve yalıtımsız olma durumu ile kıyaslanarak enerji tüketimi açısından oluşan farklılıklar kıyaslanmıştır.

2. KONUTLARDA ENERJİ ETKİNLİĞİ

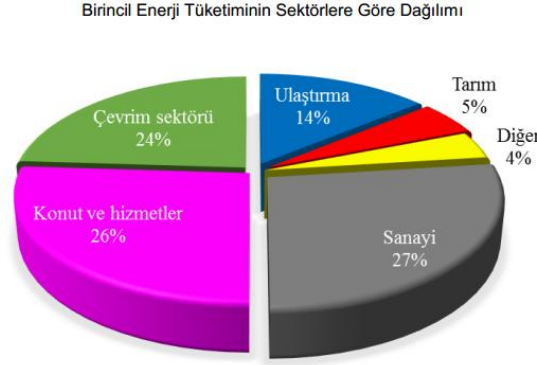
Yapı sektörü ve yapma çevreyi oluşturan binalar içerisinde, toplam enerji tüketiminde önemli bir payı oluşturan alt birim konutlardır. Aktif ve uzun ömürlü kullanımının olması, yaşam alanlarını barındırması, konfor koşullarının optimum değerlerde sağlanması ve insan sağlığına direkt etki eden sistemlerden oluşması enerji etkinliği alanında konut binalarının öncelikli olarak ele alınmasına neden olmaktadır.

Hızlı nüfus artışı ile birlikte enerji tüketimlerinin katlanarak artması ekolojik dengeyi bozan sera gazı emisyonlarını büyük oranda arttırmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun 1990 – 2012 yılları aralığında Türkiye için, arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılıktan kaynaklanan emisyonlar ve yutakların ihmal edilerek yapılan CO₂ eşdeğeri Toplam Sera Gazı Emisyonları çalışmasına göre, 1990 yılında toplam sera gazı emisyonu 188,5 milyon ton iken 2012 yılında 439,9 milyon ton olarak %133,4 oranında artış gözlenmektedir (Url-2).



Şekil 2.1 : Türkiye Sera gazı emisyonlarının sektörlere göre dağılımı (Url-3).

Bu değerler ile Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (UNFCCC) EK-I kıyaslamasında toplam sera gazı emisyonu artış oranı en yüksek olan ülke olarak belirlenmiştir (Keskin, 2010).



Şekil 2.2 : Türkiye enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı
(T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013).

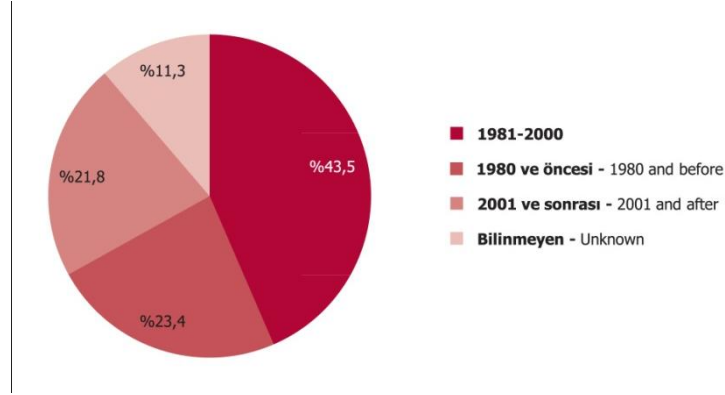
ETKB 2014 bütçe sunum raporuna göre, enerji tüketimi ve buna bağlı olarak ekolojik dengiyi etkileyen sera gazı emisyonunu etkileyen faktörler arasında, Şekil 2.2 'de görüldüğü gibi, konutlar önemli bir yere sahiptir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013).

Konutlarda enerji tüketim eğilimlerini etkileyen birçok değişken bulunmaktadır. Bu etkenler; nüfus değişimi, kentleşme oranı, iskân edilen konut sayıları, konut alanı, form ve bina karakteri, konut yapım yılı, konut kullanıcısı davranışları, iklim şartları, ekipman uyumlulukları gibi yapma çevreye ve kullanıcıya bağlı olarak değişmektedir (Url-4).

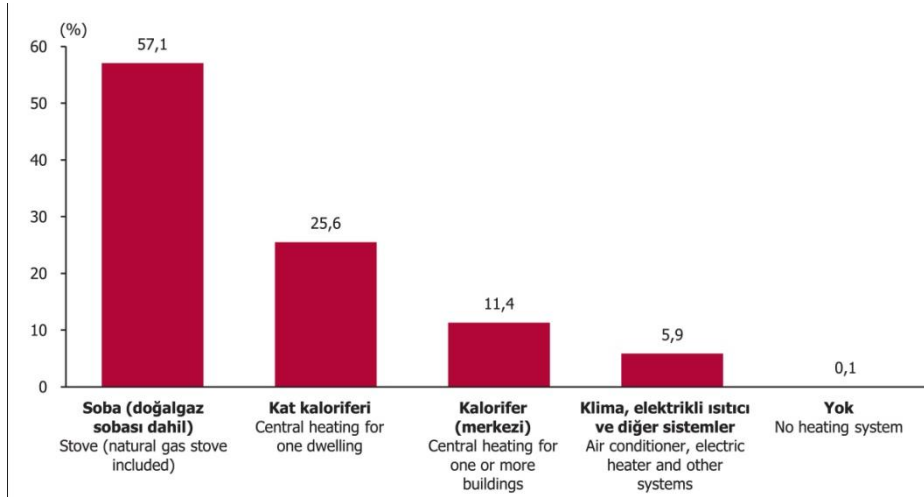
2.1 Mevcut Konutların Enerji Etkin Geliştirilmesi

Ekonomik değişkenler paralelinde nüfusun artması ile konut sektörünün gelişimi hızla ilerlemektedir. Bunun aksine şehirleşmenin yoğun olarak görüldüğü büyük şehirlerde mevcut konut stoklarının sayıca fazla olması, enerji verimliliği açısından önemli bir kriter oluşturmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu 2011 Nüfus ve Konut Araştırma Çalışmasına göre, hane halklarının ikamet ettikleri konutların bulunduğu binaların %23,4'ü 1980 ve öncesinde, %43,5'i 1981-2000 yılları arasında, %21,8'i ise 2001 ve sonraki yıllarda inşa edilmiştir. Aynı araştırma kapsamında konutta en çok kullanılan ısıtma sisteminin dağılımı incelendiğinde, hane halklarının %57,1'inin

soba (doğalgaz sobası dâhil) kullanmakta olduğu görülmektedir. Kat kaloriferi (kombi vb.) %25,6 oranında, merkezi kalorifer %11,4 oranında, klima, elektrikli ısıtıcı ve diğer sistemler ise %5,9 oranındadır. (Türkiye İstatistik Kurumu, 2011).



Şekil 2.3 : Hane halklarının bina inşa yılına göre dağılımı (Türkiye İstatistik Kurumu, 2011).



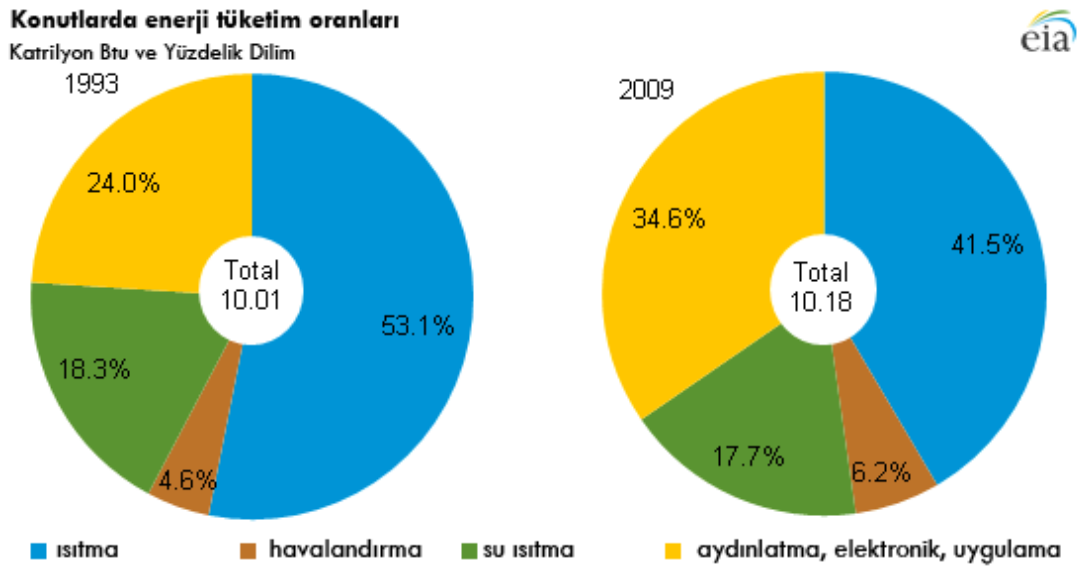
Şekil 2.4 : Hane halklarının konutta en çok kullanılan ısıtma sistemine göre dağılımı (Türkiye İstatistik Kurumu, 2011).

Şekil 2.3 ve Şekil 2.4 ‘teki analizlerde de belirtildiği gibi, mevcut konut stokunun büyük çoğunluğu 2000 yılı öncesinde inşa edilmiştir. Türkiye’de binalarda enerji etkinliğini arttırmaya yönelik TS 825 Isı Yalıtım Yönetmeliği 2000 yılında yürürlüğe girmiştir. Ortalama bina ömrü 50-70 yıl olarak hesaplandığında, mevcut yapı stoklarının enerji kayıplarının azaltılması ve enerji etkin olarak iyileştirilmesi açısından öncelikli olarak ele alınması gerekmektedir.

Türkiye’nin Enerji Verimliliği Bilinci Araştırması kapsamında 2009 yılında yapılan çalışmada, Türkiye’de konutlar tarafından tüketilen enerjinin %82’lik dilimi ısıtma yükleri tarafından oluşturulmaktadır. Farklı iklim bölgelerinde, farklı yerleşimler ile

ısıtma ve soğutma yükleri değişiklik gösterme ve genelde kış aylarında artan ısıtma ihtiyacının aksine, yaz aylarında özellikle güney cephelerinde soğutma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Konutlar için soğutma yüklerinin maliyeti ısıtma yüklerine kıyasla yaklaşık 3-6 kat daha fazladır (Keskin, 2010).

Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bilgilendirme İdaresi'nin yayınladığı bildiriye göre 1993 yılında ısıtma ve soğutma için kullanılan %58'lik enerji oranı, binaların daha iyi yalıtım, verimli saydam bileşen ile 2009 yılında %48'lere kadar düşürülmüştür (Url-1).



Şekil 2.5 : EIA'ya göre konutlarda enerji tüketim oranları (Url-1).

Şekil 2.5 'teki istatistiksel veriler incelendiğinde 16 sene sonrasında elektronik ve aydınlatma için kullanılan enerji %10 artarken, toplam kullanılan enerjide fazla fark görülmektedir.

Isıtma ve soğutma yükleri bakımından konutlarda ısı kayıplarının azaltılmasında en etkin önlemlerden biri bina kabuğunun yalıtımıdır. İyi tasarlanmış bina kabuğu ile konutlarda ısıtma ve soğutma yüklerinde ortalama %50 oranında tasarruf sağlanabilir (Url-5). Ancak sadece bina kabuğu etkeni, mevcut bir konutun enerji verimliliği üzerinde etkili olmayabilir. Yapılan bir çalışmaya göre çatılardan %7, dış duvarlardan %40, pencerelerden %30, döşemelerden %6 ve kapılardan %17 oranlarında ısı kayıpları olmaktadır (Topal, 2009). Yapının diğer bileşenleri de incelenerek enerji tüketiminin artmasına sebep olacak ısı kayıp nedenleri belirlenmeli ve bu doğrultuda önlem alınması gerekmektedir.

Türkiye’de yapılan çalışmalar doğrultusunda mevcut konut stokunun;

- %88’lik dilimi tek camlı, %12’lik dilimi çift camlı ve %4’lük dilimi ise yalıtımlı camlı pencere sistemlerine sahiptir (Url-5).

- %15’lik diliminin ısı yalıtımına sahip olduğu belirtilmektedir (Dizkırıcı, 2009).

- %16’lık dilimin çatı yalıtımına sahip olduğu belirtilmiştir (Keskin, 2010).

Yapılan çalışmalar kapsamında mevcut konutların sayıca fazla olması, enerji tüketimleri ve çevreye verilen zarar göz önünde bulundurulduğunda, mevcut yapı stoku için enerji etkin iyileştirme çalışmalarına hız verilmektedir. Bu noktada dikkat edilmesi gereken en önemli konu öncelikli olarak ısıtma ve soğutma dönemlerinde enerji giderlerinin azaltılmasını sağlayacak olan yalıtım katmanıdır. Ancak mevcut konutların enerji etkin geliştirilmesi yönünde enerji yüklerinde belirli optimum bir değer sağlandıktan sonra binaya yapılan iyileştirme önerilerinin enerji yüklerine etkisi azalacaktır. Dolayısı ile iyileştirme önerileri günümüz teknolojisi ile simülasyon programları tarafından analiz edilerek uygulanmalıdır. Yaygın uygulanan iyileştirme önerileri olarak; ısı yalıtımı, ısı pompası, bina otomasyonu, enerji verimli ekipman kullanımı, mantolama, ısıtma sistemlerinin yalıtımı, enerji verimli aydınlatma, pasif mimari uygulamaları, ısı pompası ve güneş panelleri gibi enerji etkin geliştirmeye yönelik uygulamalar yapılarak enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Konutların enerji etkinliğinde optimum bir sonuca ulaşmak için öncelikle konutların enerji etkin olarak geliştirilmesinde etkili olan parametrelerinin belirlenmesi gereklidir.

2.2 Konutların Enerji Etkin Geliştirilmesinde Etkili Olan Tasarım

Parametreleri

Konutlar, hem çevresel etki hem enerji verimliliği açısından maksimum fayda sağlayacak şekilde tasarlanması için enerji etkin pasif sistemlerinin kullanımlarının arttırılması gerekmektedir. Kullanıcı konforunu daha düşük enerji ile sağlayabilmek için binanın yapımı öncesinde tasarım aşamasında önlemler alınabilir. Binaların enerji etkin pasif sistem olarak tasarlanmasında etkili olan parametreler aşağıda açıklanmaktadır.

- **Dış Çevre Parametreleri:** Konutun bulunduğu bölgeye ait iklimsel, coğrafi, doğal özelliklerinden oluşur. Tasarımcı dış çevreye uygun bina tasarlamalıdır. Bu parametreler kısa vadede değişkenlik göstermez, ancak zaman ve mevsime göre dinamik değerlere sahiptir. İstatistiksel analizler ve doğal karakteristik özelliklerinin incelenmesi sonucunda tasarım kriterlerine karar verilir.
- **Yapma Çevre Parametreleri:** Konutun yapısını oluşturan ve çevresiyle ilişkisini belirleyen parametrelerdir. Yapısal, biçimsel, konumsal özelliklerini oluşturan değerlere tasarım başlangıcında karar verilebilir ya da kullanım sonrasında revizyonlar getirilebilir. Binanın formu, yönü, diğer binalara göre konumu sonradan değiştirilmesi mümkün olmayan parametreler olduğu için tasarım öncesinde analizlerin dikkatli yapılması gerekmektedir. Yapısal bileşen, bina kabuğu parametreleri için yapım aşaması sonrasında iyileştirme yapılabilir.

Sürdürülebilir ekolojik yapılarda enerji verimliliği, dış çevre ve yapma çevreye ilişkin tasarım parametrelerinin doğru belirlenmesi ile elde edilir.

2.2.1 Dış çevreye ilişkin tasarım parametreleri

Konutun bulunduğu dış ortama dair karakteristik özelliklerden oluşur. İnsan elinin kısa sürede değiştiremediği, bölgesel ve mevsimsel verilerin göz önünde bulundurulacağı parametrelerdir. Bu parametreler, bulunan bölgeye ait sıcaklık, rüzgâr, nem, ışıma gibi iklimsel özelliklerin yanı sıra; rakım, doğal bitki örtüsü, eğim, yer şekilleri gibi coğrafi özellikleri içerir. Dış çevreye ilişkin tasarım parametreleri bina enerji tasarrufu için yapma çevre parametrelerini doğrudan etkilemektedir.

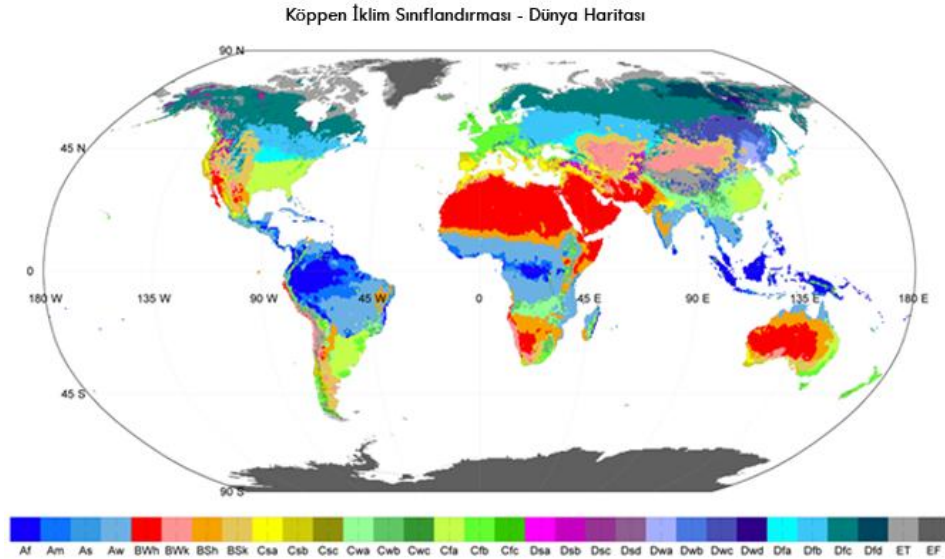
2.2.1.1 İklim

İklim belirli bir bölgede, uzun bir zaman aralığı için geçerli olan sıcaklık, nem, atmosfer basıncı, rüzgâr, yağış ve meteorolojik değişkenlerdeki çeşitliliğin ortalama ölçümü olarak tanımlanmaktadır (Url-6). İklim bileşenlerinin her biri, binanın tasarım parametrelerini doğrudan etkilemektedir. Bu bileşenlerin analizi yapım aşaması başlangıcında iklime uyum sağlayacak şekilde detaylıca yapılmalıdır. İklim bölgelerinin karakteristik özelliğine göre, binanın kabuk, form ve yönü farklılık

gösterecektir. Örneğin, ılımlı nemli bölgelerdeki konutlarda güneş enerjisinden kış aylarında en iyi seviyede yararlanmak için güney cephelerde kontrol edilebilir saydam bileşenler kullanılması olumludur. Yaz aylarında güneş ışıınımlarını engellemek için çatılarda geniş saçaklar veya yatay güneş kontrol elemanları çözüm olacaktır. Nem oranı yüksek iklim kuşağında, rüzgârın nemi dağıtıcı özelliğinden yararlanmak gerekir.

Dünya üzerinde iklim sınıflandırılması için dört yöntem (Aridity, Köppen, Holdridge Yaşam Alano, Trewartha iklim sınıflandırması) kullanılmaktadır. Bu sınıflandırmalardan en yaygın kullanılanı, Alman iklimci, botanist, meteorolojist Wladimir Köppen tarafından geliştirilen Köppen sınıflandırmasıdır. Tasniflemenin detayında bitki örtüsü, yıllık/aylık sıcaklık ortalamaları ve yağış miktarları temel alınmıştır. Köppen iklim sınıflandırmasına göre beş iklim bölgesi bulunur;

- A grubu İklim Bölgesi (Tropikal İklim Bölgesi)
- B grubu İklim Bölgesi (Kurak İklim Bölgesi)
- C grubu İklim bölgesi (Ilıman İklim Bölgesi)
- D grubu İklim bölgesi (Karasal İklim Bölgesi)
- E grubu İklim bölgesi (Soğuk İklim Bölgesi)



İlk harf; A: Tropikal, B: Kurak, C: Ilıman, D: Karasal, E: Soğuk

İkinci Harf; f: Tam nemli, m: Muson, s: Kuru Yaz, w: Kuru Kış, W: Çöl, S: Step, T: Tundra, F: Orman

Üçüncü Harf; h: Sıcak Kurak, k: Soğuk Kurak, a: Sıcak Yaz, b: Ilık Yaz, c: Serin Yaz, d: Soğuk Yaz

Şekil 2.6 : Köppen iklim sınıflandırması (Chen, D. ve H. W. Chen, 2013).

Bilow (2012) dünya iklim çeşitlerine göre binalarda tasarlanması gereken özellikleri ve yararlanılması gereken doğal kaynakları davranış bazlı özetlemiştir (Bilow, 2012).

Tropik İklim

- Doğal havalandırmadan en yüksek seviyede yararlanma
- Çabuk kuruyan malzeme seçimi
- Yapı içerisinde mikro iklim oluşturma için tampon bölge kullanımı
- Yoğun kütleli malzemelerden kaçınma
- Bina aralık ve açıklıklarında gölgelendirme

Kurak İklim (Çöl İklimi)

- Güneş koruyucu, gölgeleme, havalandırma elemanları kullanma
- Sürekli akışı sağlayacak doğal hava kanalları oluşturma
- Isı geçirmez soğutma sistemleri
- Gece soğuklarında, gündüz depolanan ısıyı kullanmak için yoğun kütleli malzeme seçimi

Ilıman İklim

- Isıtma ya da soğutma (mevsime göre) doğal ve yapay ısı akışları oluşturma
- Doğal gölgelendirmeden yararlanma
- Enerji kazancı için güney cepheden faydalanma
- Kışın soğumadan korunmak için kuzey cepheyi yalıtma

Karasal İklim

- Zemini ve yer şekillerini yalıtım için ısıtıcı kütle olarak kullanma
- Hava çıkışının binanın en yüksek noktasından sağlama
- Verimli ısıtma için yüksek yalıtımlı malzemeler kullanma
- Isıtma, soğutma süresini uzatmak için yoğun kütleli kullanımı
- Geniş alanları ısıtmak için hava akışını kullanma, yüzey alanını artırma

Soğuk İklim (Kutup İklimi)

- Güçlü yalıtım ve rüzgârdan korunmuş giriş alanları
- Farklı sıcaklıkları oluşturacak, hava katmanları ve bölümleri

Şekil 2.7 'de ülkemizde meteorolojik verilerin değerlendirilmesi ve bilimsel çalışmalar ışığında 5 iklim bölgesinden söz edilebilmektedir (Zeren, 1987).

- Ilımlı nemli
- Ilımlı kuru
- Sıcak nemli
- Sıcak kuru
- Soğuk



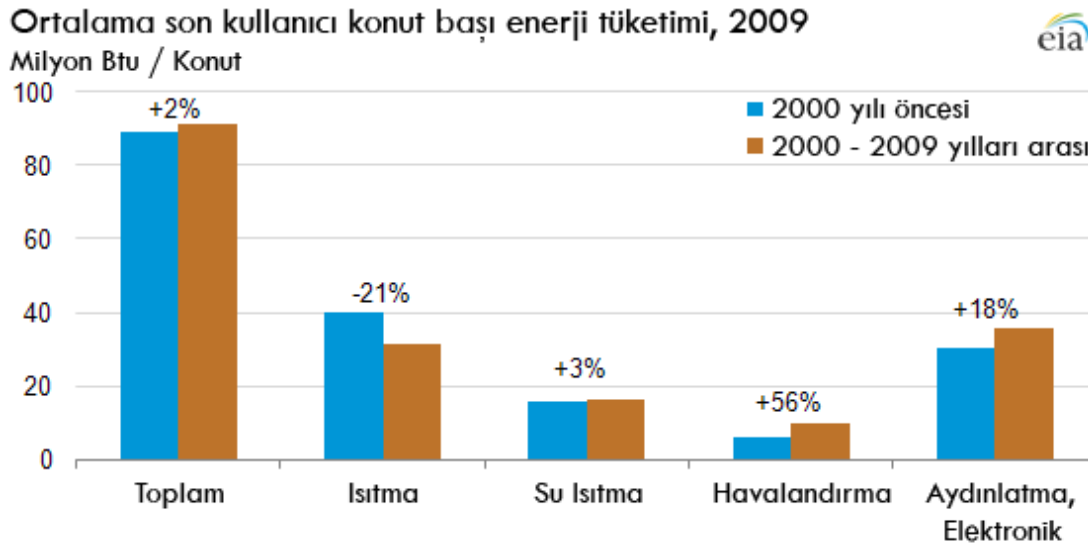
Şekil 2.7 : Türkiye iklimi (Zeren, 1987).

2.2.1.2 Topografik koşullar

Dış çevreye ilişkin enerji etkin tasarım parametrelerinden diğeri coğrafi konumdur. Konutun bulunduğu topografik yere göre form, yön, diğer binalara göre konum ve cepheyi etkileyen özellikler olup yapım öncesinde karar verilmesi gereken değerler olmaktadır. İklim ile birebir ilişki içerisinde olan bu parametre için detaya inildiğinde rakım, eğim, bitki örtüsü, yeryüzü şekilleri gibi özellikler öne çıkmaktadır. Aynı

iklim içerisinde farklı deniz yükseklikleri ya da farklı eğimlerdeki konutlar için aynı tasarım parametreleri ile inşa etmek doğru olmayacaktır. Düz zemin ve eğimli bölgenin güneşlenme açısı ve süresi, rüzgâr yön ve yolları farklı olacağından, konut için farklı tasarım değerleri ile ilerlemek gerekir. Bu nedenle, topoğrafya bu konudaki ana etkenlerden biri haline gelmektedir.

Şekil 2.8 'de görüldüğü üzere Amerika Enerji Bilgilendirme idaresinin 2013 yılında yayımladığı bildiriye göre Amerika'da 2000-2009 yılların arasında yapılan binaların, 2000 yılı öncesinde inşa edilen binalara göre alan olarak %30 daha fazla büyümesine rağmen enerji olarak sadece %2 daha fazla tüketim yaptığı açıklanmıştır. İyileşmenin birincil etmeni konutların daha ılımlı coğrafi konumlara taşınarak yalıtımlarının iyileştirilmesidir (Url-1).



Şekil 2.8 : ABD EIA'ya göre ortalama konut başı enerji tüketimi (Url-1).

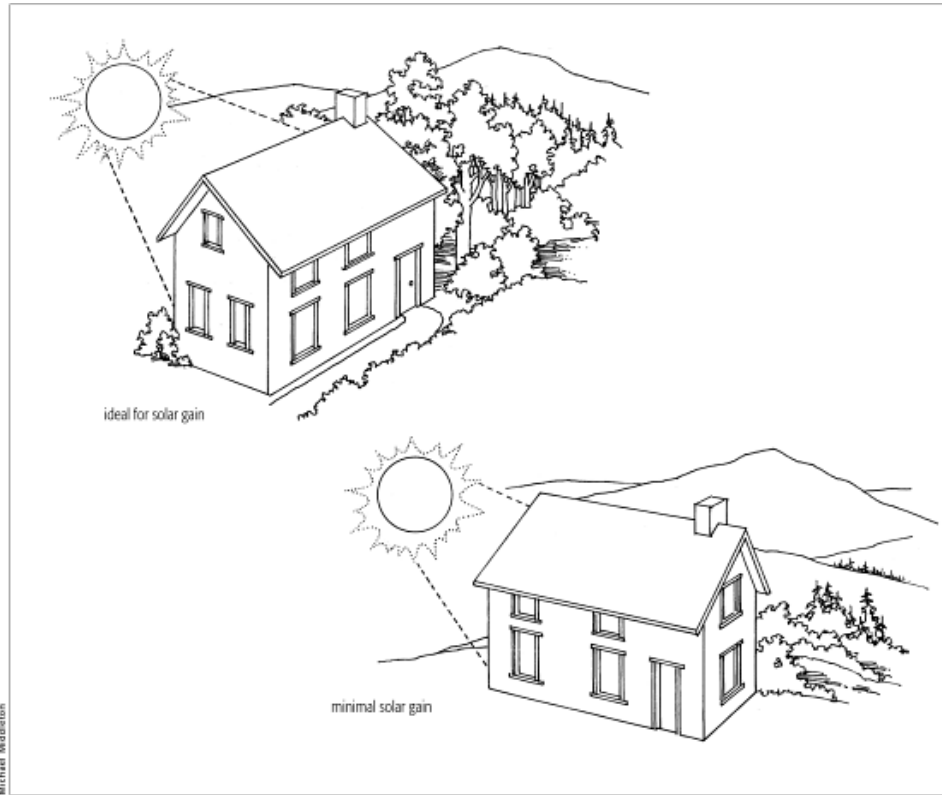
2.2.2 Yapma çevreye ilişkin tasarım parametreleri

Ekolojik dengeye zarar vermeyen, enerji performansı yüksek konutların yapılmasında, dış çevreye ait parametrelere uyumlu, yapma çevre parametreleri belirlenmelidir. Dış çevre özellikleri insan etkisi ile kısa sürede değiştirilemeyeceğinden bu şartlara uygun, doğal ortama olumlu katkıda bulunacak ve bundan maksimum şekilde istifade edecek yapay özellikler seçilmelidir. Konfor standartlarını düşürmeden, enerji etkin pasif sistemler geliştirmek için tasarım parametreleri için uygun değerlerin, bina yapımından önce tasarım aşamasında belirlenmesi gerekir. Aksi takdirde enerji verimliliği çözümü için aktif sistemlere başvurulması ve enerji harcamalarının artması sorunu ile karşılaşılacaktır.

2.2.2.1 Binanın yönü

Yapının konumlandığı iklim ve coğrafyaya göre, güneş ve rüzgârdan maksimum faydalanma ya da korunma için yön kavramı çok önemlidir. Sıcak mevsimler için güneş ışınlarından kaçınmak, soğuk mevsimler için ısıнын depolanması hedefi için yapının hangi doğrultuda inşa edileceğine karar verilir. Güneye bakan cepheler kış mevsiminde güneşi ısınımının ısıtıcı etkisinden yararlanmak için kullanılır. Bina içerisinde kullanılan odaların çeşidi ve sayısına göre binanın yönü belirlenir. Güney cephesinde yazın sıcaktan korunmak için saçaklar daha geniş tutulur. Yön parametresi rüzgâr akışı açısından da önemlidir. Nemli iklimlerde nemin etkisini, sıcak iklimlerde ısıнын etkisini azaltmak için doğal havalandırmadan yararlanılmaktadır. Sert rüzgârlara sahip bölgelerde, rüzgâr esme doğrultusuna göre binaya yön verilmesi gerekmektedir.

İdeal ısı kazanç için konutun uzun aksını doğu batı ekseninde konumlandırarak, güneşlenen maksimum cephe alanının güneye bakması sağlanır (Chiras, 2002). Güney cephe alanının azaltıldığı durumlar için güneş enerjisinden daha az seviyede yararlanılır.



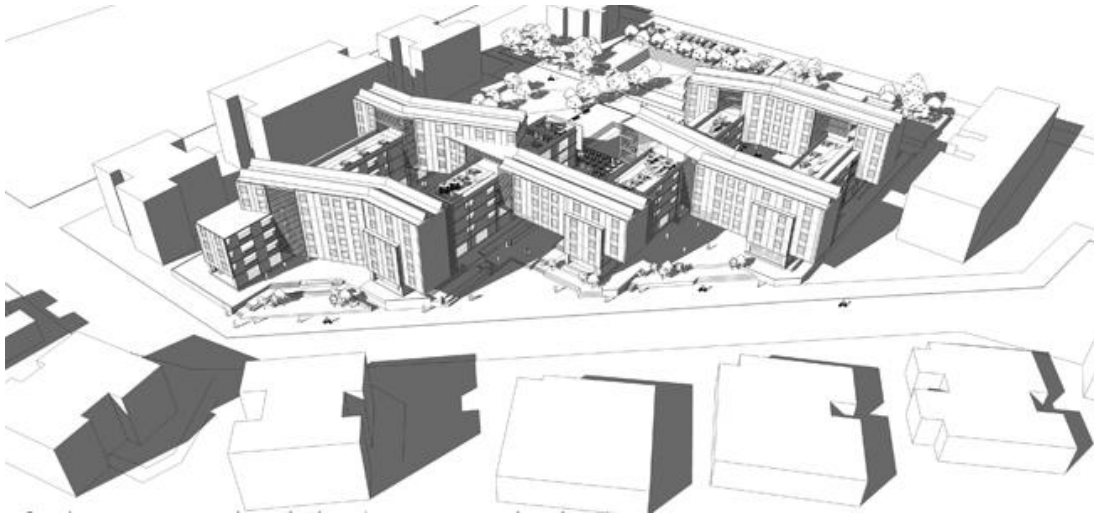
Şekil 2.9 : Güneş ısınımının ısıtıcı etkisinden optimum yararlanmada yön etkisi (Chiras, 2002).

Kuzey cephelerinin ısıtma yükü güney cephesine göre daha fazladır. Güneşlenme açısı ve süresi bina yönünü tasarlamada önemli etkindir.

2.2.2.2 Binanın diğer binalara göre konumu

Binanın etrafındaki diğer doğal ve yapay yapılara göre konumu, bina çevresindeki güneş ışıınım geliş açısı, rüzgâr hız ve türünü etkilemesi yönünden önemlidir. Gelen güneşin diğer binalara ulaşımını engellemek, ya da rüzgârı bir yapıda sonlandırmamak gerekir. Enerji performansı açısından güneşlenme süreleri etkilememek için bina aralıkları maksimum gölge boyundan büyük olmalıdır. Bina konumu, diğer binalar ve çevresel faktörlere göre belirlenmelidir.

Binanın uygun yönlendirilmesi yoğun kentleşmenin olduğu bölgelerde daha zordur. Gerek gölge değerleri gerekse rüzgâra ilişkin değerlerin hesaplanması birçok değişkene bağlı olarak da değişir. Yerleşim bölgesinde yoğun yapılaşmadan kaynaklanan yansımalar, araç, insan, fabrika yoğunluğundan kaynaklanan hava kirliliği, enerji kazanç kayıplarını etkilemektedir.

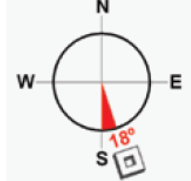
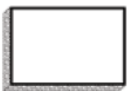
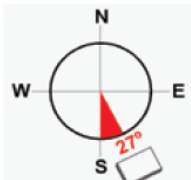
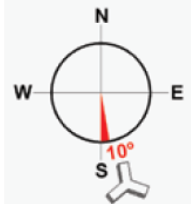
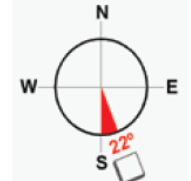


Şekil 2.10 : Yoğun konutlaşma alanlarında bina yönleri (Url-11).

2.2.2.3 Binanın formu

Konut biçimsel özelliği, yatay-dikey boyut, yüzey-taban alan, hacim, girinti, çıkıntı, cephe eğim, düzlük gibi geometrik değer ve şekillerinden oluşur. Bu özellik enerji etkin pasif sistemler için önemli bir parametredir. İç ortam sıcaklığını dolayısıyla enerji tüketim değerlerini etkileyen bina formu bulunulan konum ve iklime göre

düzenlenmelidir. Örneğin rakımı yüksek bölgede tasarlanan bir bina, soğuk iklim ve şiddetli rüzgâr nedeniyle, küçük hacimde ve rüzgâr yönü formunda olmalıdır. Yüzey alan ve yüksekliğin az olması sayesinde, enerji kayıpları ve soğuk rüzgâr etkisi minimuma indirilir. Tropikal bölge binalarında, sıcaklığın etkisini azaltmak ve konforu sağlamak için gölgeleme etkilerinden yararlanılmalıdır. Yüzey alanı fazla yapılar kullanılabilir. Şekil 2.11’ de Türkiye’de binalarda enerji tasarrufu için farklı iklim bölgeleri üzerinde inşa edilen konutların form ve yönlendirilişi üzerine yapılan çalışmada optimum tasarım detayları açıklanmıştır (Zeren, 1987).

İKLİM BÖLGESİ	BİNA FORMU	BİNA YÖNLENDİRİLİŞİ (optimum yön)
SICAK NEMLİ (Pilot şehir: Antalya)	Rüzgara açık yüzeyli, uzun dikdörtgene yakın 	
SICAK KURU (Pilot şehir: Diyarbakır)	Avlulu, kare tabanlı, avlulu mekana açık yüzeyli 	
ILIMLI KURU (Pilot şehir: Ankara)	Isıtmanın istendiği dönemde rüzgara kapalı, kareye yakın kompakt 	
ILIMLI NEMLİ (Pilot şehir: İstanbul)	Isıtmanın istenmediği dönemdeki rüzgara geniş yüzeyli, dikdörtgen ya da serbest planlı 	
SOĞUK (Pilot şehir: Erzurum)	Rüzgara az yüzey veren, dış yüzeyi minimize eden, kompakt, kare vb. tabanlı 	

Şekil 2.11 : Farklı iklimlere göre bina formları ve yönleri (Zeren, 1987).

2.2.2.4 Bina kabuğu

Yapının dış çevresini saran, iç ve dış çevreyi ayıran, enerji korunumunda etkin bir tasarım parametresidir. Enerji performansı doğrultusunda temel olarak optik, termofiziksel ve nem geçişine ilişkin fiziksel özelliği ısı kazancını, iç ortam sıcaklığını etkilemektedir (Koçlar, 1998).

Optik özellik olarak;

- Güneş ışınımına karşı yutuculuk, geçirgenlik, yansıtıcılık

Termofiziksel özellik olarak;

- Toplam ısı geçirme katsayısı, zaman geciktirmesi, genlik küçültme faktörü, saydamlık oranı sayılabilir.

Bina kabuğunun ısı kontrolünde göstereceği performans düzeyi, kabuğun ısı geçişine ilişkin fiziksel özelliklerin alacağı değerlerin yanısıra kabuğun sağlığı ile de ilişkilidir. Bina kabuğunun sağlığını etkileyen en önemli etkenlerden biri de yoğunlaşma olayıdır. Opak kabuktaki yoğunlaşma olayına bağlı olarak meydana gelecek hasarlar, bina kabuğunun sağlığını bozmakta ve kabuk ısı (termal) konfor koşullarını gerçekleştirmede beklenen performansı gösterememektedir. Bina kabuğunda, yetersiz ısı kontrolü, yetersiz bir yoğunlaşma kontrolü kabuğu oluşturan malzemelerin ısı geçirme direncini azaltarak, istenmeyen ısı kaybına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra meydana gelecek yoğunlaşma olayı sürekli olarak yapısal hasarlara yol açmaktadır (Koçlar, 1998)

2.3 Türkiye’de Enerji Etkinliğine İlişkin Mevzuat

Türkiye, bulunduğu coğrafi konum ve iklim zenginliği ile doğal kaynaklardan enerji elde edebilecek potansiyele sahiptir. Ancak artan enerji tüketimi, arz karşılamaında kalınan yetersizlik ile enerji ve aynı ekseninde ekonomi bakımından dışa bağımlılık artmaktadır. Bu nedenle son yıllarda enerji tasarrufunu sağlanması ve enerji etkinliğinin önemi üzerine yapılan çalışmalar artmaktadır. Bu kapsamda ülkemizde bir takım mevzuatlar geliştirilerek yasal yaptırımlar ile enerji verimliliğinin arttırılması hedeflenmiştir.

Enerji verimliliği kavramı 1996 -2000 yıllarını içeren Beş Yıllık Kalkınma Planı ile Türkiye gündemine gelmiştir. Günümüzde ise 2 Mayıs 2007 tarihinden itibaren

yürürlükte olan 5627 sayılı enerji verimliliği kanunu uygulanmaktadır. Enerji verimliliği kanunu kapsamında enerji verimliliğine ilişkin çalışmaların etkin olarak yürütülmesi sürecine ilişkin bölümlerden oluşmaktadır. Enerji verimliliği uygulamaları ve koordinasyonu için birçok farklı başlıkta yönetmelik ve tebliğler de yayınlanmaktadır.

Yönetmelikler;

- Enerji Kaynaklarının Ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelikte Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 25.04.2014 Resmi Gazete Sayısı: 28952
- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 27.10.2011 Resmi Gazete Sayısı: 28097
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 20.04.2011 Resmi Gazete Sayısı: 27911
- Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) Destekleri Yönetmeliği Resmi Gazete Tarihi: 15.06.2010 Resmi Gazete Sayısı: 27612
- Ev Tipi Buzdolapları, Derin Dondurucular, Buzdolabı Derin Dondurucular ve Bunların Bileşimlerinin Enerji Etiketlemesine Dair Yönetmelikte (94/2/AT) Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 21.05.2010 Resmi Gazete Sayısı: 27587
- Millî Eğitim Bakanlığına Bağlı Okullarda Enerji Yöneticisi Görevlendirilmesine İlişkin Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 17.04.2009 Resmi Gazete Sayısı: 27203
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği Resmi Gazete Tarihi: 05.12.2008 Resmi Gazete Sayısı: 27075
- Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 09.06.2008 Resmi Gazete Sayısı: 26901
- Sıvı ve Gaz Yakıtlı Yeni Sıcak Su Kazanlarının Verimlilik Gereklerine Dair Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 05.06.2008 Resmi Gazete Sayısı: 26897

- Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 14.04.2008 Resmi Gazete Sayısı: 26847(Mükerrer)
- Tanıtma ve Kullanma Kılavuzu Uygulama Esaslarına Dair Yönetmelikte Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 08.10.2007 Resmi Gazete Sayısı: 26667
- Ev Tipi Klimaların Enerji Etiketlenmesine İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 11.06.2007 Resmi Gazete Sayısı: 26549
- Ev Tipi Klimaların Enerji Etiketlemesine İlişkin Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 14.12.2006 Resmi Gazete Sayısı: 26376
- Tanıtma ve Kullanma Kılavuzu Uygulama Esaslarına Dair Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 14.06.2003 Resmi Gazete Sayısı: 25138
- Ev Tipi Klimaların Enerji Etiketlenmesine İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 11.06.2007 Resmi Gazete Sayısı: 26549
- Ev Tipi Klimaların Enerji Etiketlemesine İlişkin Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 14.12.2006 Resmi Gazete Sayısı: 26376
- Tanıtma ve Kullanma Kılavuzu Uygulama Esaslarına Dair Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi: 14.06.2003 Resmi Gazete Sayısı: 25138

Tebliğler;

- Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararın Uygulanmasına İlişkin Tebliğ (TEBLİĞ NO: 2012/1)'de Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ (Sıra No: 2014/3) Resmi Gazete Tarihi: 25.09.2014 Resmi Gazete Sayısı: 29130
- 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanununun 10 'uncu Maddesine Göre 2014 Yılında Uygulanacak Olan İdari Para Cezalarına İlişkin Tebliğ (Sıra No: 2014/2) Resmi Gazete Tarihi: 28.01.2014 Resmi Gazete Sayısı: 28896
- Yetki Belgesi ve Sertifika Bedelleri ile Sertifika Bedellerinin Yetkilendirilmiş Kurumlara Ödenecek Bölümü Hakkında Tebliğ (Sıra No: 2014/1) Resmi Gazete Tarihi: 28.01.2014 Resmi Gazete Sayısı: 28896

- 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanununun 10 ‘uncu Maddesine Göre 2013 Yılında Uygulanacak Olan İdari Para Cezalarına İlişkin Tebliğ (Sıra No: 2013/3) Resmi Gazete Tarihi: 13.02.2013 Resmi Gazete Sayısı: 28558
- Yetki Belgesi ve Sertifika Bedelleri İle Sertifika Bedellerinin Yetkilendirilmiş Kurumlara Ödenecek Bölümü Hakkında Tebliğ (Sıra No: 2013/2) Resmi Gazete Tarihi: 13.02.2013 Resmi Gazete Sayısı: 28558
- Enerji Verimliliği Hizmetlerini Yürütecek Kurum ve Kuruluşlara Yetki Belgesi Verilmesi Hakkında Tebliğ (Sıra No: 2012/4'de Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ) (Sıra No: 2013/1) Resmi Gazete Tarihi: 05.01.2013 Resmi Gazete Sayısı: 28519
- Enerji Verimliliği Eğitim ve Sertifikalandırma Faaliyetleri Hakkında Tebliğ (Sıra No: 2012/5'de Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ) (Sıra No: 2012/6) Resmi Gazete Tarihi: 10.11.2012 Resmi Gazete Sayısı: 28463
- Enerji Verimliliği Eğitim ve Sertifikalandırma Faaliyetleri Hakkında Tebliğ (Sıra No: 2012/5) Resmi Gazete Tarihi: 18.09.2012 Resmi Gazete Sayısı: 28415
- Enerji Verimliliği Hizmetlerini Yürütecek Kurum ve Kuruluşlara Yetki Belgesi Verilmesi Hakkında Tebliğ (Sıra No: 2012/4) Resmi Gazete Tarihi: 25.07.2012 Resmi Gazete Sayısı: 28364
- Enerji Verimliliği Destekleri Hakkında Tebliğ (Sıra No: 2012/3) Resmi Gazete Tarihi: 03.07.2012 Resmi Gazete Sayısı: 28342
- 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'nun 10 ‘uncu Maddesine ve 5326 Sayılı Kabahatler Kanunu'nun 3 ‘üncü ve 17/7 nci Maddelerine Göre 2012 Yılında Uygulanacak Olan İdarî Para Cezalarına İlişkin Tebliğ (Sıra No: 2012/2) Resmi Gazete Tarihi: 19.01.2012 Resmi Gazete Sayısı: 28178
- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmeliğin 7 ‘nci Maddesine Göre Yetki Belgesi ve Sertifika Bedelleri ve Sertifika Bedellerinin Yetkilendirilmiş Kurumlara Ödenecek Bölümü Hakkında Tebliğ (Sıra No: 2012/1) Resmi Gazete Tarihi: 19.01.2012 Resmi Gazete Sayısı: 28178

Türkiye’de enerji verimliliği konusunda yayınlanan mevzuatlar kapsamında mevcut binaların enerji etkin geliştirilmesi konusunda içerikler aşağıda açıklanmaktadır.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ne göre;

- Mevcut binalarda yapılan tamir, tadil ve eklemelerde, binaların dış kabuğu binanın enerji performansını olumsuz etkileyecek uygulamalar ile değiştirilemeyeceği belirtilmiştir.

- Mevcut binaların herhangi bir değişiklik gerektiren esaslı onarım ve tadilat projelerinde, özellikle mekanik ve elektrik tesisat projelerinde binanın özelliklerine göre Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nde belirtilen esaslar göz önüne alınmalıdır. Yönetmelik esaslarına uygun olarak hazırlanan projeye göre birebir uygulama yapılmayan binaların tespiti halinde, eksiklikler ve uyumsuzluklar giderilinceye kadar ilgili idare tarafından yapı kullanım izin belgesi verilmemektedir ve cezai yükümlülük uygulanmaktadır.

- 1 Ocak 2011 tarihi itibarıyla mevcut binaların Enerji Kimlik Belgesi alması zorunlu hale getirilmiştir. Enerji Kimlik Belgesi, 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ve buna bağlı olarak yayınlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kapsamında oluşturulmuştur. Binalarda enerji verimliliği sağlamak, enerji ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli tüketilmesi, enerji tasarrufu sağlanması amacıyla binanın asgari enerji ihtiyacının belirlenerek enerji tüketimi açısından değerlendirildiği sınıf, yalıtım özellikleri, ısıtma ve/veya soğutma yüklerinde verimliliğe ilişkin bilgileri içeren belgedir (Url-3). Mevcut binalar için Enerji Kimlik Belgesi 2017 yılına kadar alınması gerekmektedir.

Yeni yapılacak düzenlemelere göre binalar, enerji kimlik belgelerinde belirlenen sınıflara göre vergilendirilecektir. En çok vergi dilimi en kötü bina sınıfına, en az vergi ise enerji verimliliği bakımından en iyi bina sınıfı kapsamına uygulanacaktır. Ayrıca 2017 yılı için öngörülen mevzuatlar içeriğinde, bina alım satım ve kiralama işlemlerinde Enerji Kimlik Belgesi zorunlu tutulacaktır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun çalışmalarına göre Türkiye'de 2014 yılında ilk satış olarak geçen yeni bina rakamı 427582 iken ikinci el konut satış rakamı ise 499350 olarak belirtilmiştir. Bu sebeple Türkiye'de mevcut konutlar için enerji kimlik belgesi önemli bir değer haline getirilmekte ve mevcut konutların enerji etkinliğinin geliştirilmesi yönünde önemli bir katkı sağlayacaktır.

3. KONUTLARIN ENERJİ ETKİN GELİŞTİRİLMESİNE İLİŞKİN YURTDIŞINDA YAPILAN ÖRNEK UYGULAMALAR

3.1 İsviçre Zug, Konut Binası

İsviçre orta kuzey bölgesinin merkezi Zug kentinde bulunan binanın yapımı 1946 yılında tamamlanmıştır (Zimmermann, 2011). Binanın yenileme yapılmadan önceki görselleri Şekil 3.1 ‘de belirtilmektedir.

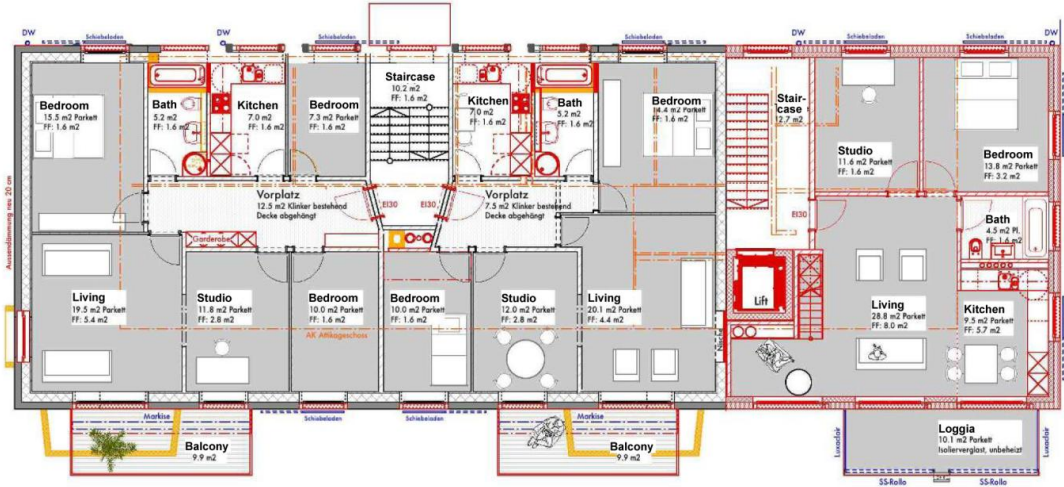


Şekil 3.1 : İsviçre Zug konut binası güneybatı cephesi (Zimmermann, 2011).



Şekil 3.2 : İsviçre Zug konut binası kuzeydoğu cephesi (Zimmermann, 2011).

Bina dikdörtgen formlu plan tipine sahiptir. Şekil 3.3 'te belirtilmektedir.



Şekil 3.3 : İsviçre Zug konut binası kat planı (Zimmermann, 2011).

Binanın orijinal durumunda yalıtımın yetersiz olması, ısı köprüleri sebebiyle ısı kayıplarının fazla olması ve termal konforun sağlanamaması başlıca problemlerdendir. Bu sebeple enerji etkin geliştirmeye yönelik yenileme çalışmaları yapılmıştır.

Yenileme çalışmaları

2009 yılında tamamlanan yenileme çalışması kapsamında genel yaklaşım ve stratejiler aşağıda belirtilmektedir:

- İlk üç katta bulunan tuğla duvarlara polistren yalıtım eklenmesi
- En son döşeme ve çatı katının prefabrik hafif ahşap sistemlerle yenilenmesi
- Tüm pencere ve kapıların yenilenmesi
- Isıtma mekanizmasının kontrollü havalandırma sağlayan sistem ile yenilenmesi
- 15,5 m²lik 10 vakumlu kolektörler ile 2,850litre sıcak su tankı entegre edilmesi
- Çatıda 53,5m²lik alana pv güneş sistemleri yerleştirilmesi
- Isı köprülerini engellemek için mevcut beton balkonların kaldırılarak yerine çelik ve daha geniş balkonların entegre edilmesi



Şekil 3.4 : İsviçre Zug konut binası yenileme çalışmaları (Zimmermann, 2011).

Yenileme sonrası kıyaslamalar

Yenileme çalışması yapılırken mevcutta 5 olan daire sayısı 8'e çıkarılarak ısıtma yapılacak alan 442m^2 'den 803m^2 olarak arttırılmıştır. Buna rağmen sıcak su sistemleri de dâhil edilerek yenileme öncesi hesaplanan m^2 başına düşen yıllık ısıtma yükü $226,2 \text{ kWh/m}^2$ iken yenileme sonrası m^2 başına düşen yıllık ısıtma yükü 25 kWh/m^2 olarak ölçülmüş, toplamda ısıtma yüklerinde %89 verimlilik sağlanmıştır. Yenilenen konut birimine ilişkin görsel şekil belirtilmiştir.



Şekil 3.5 : İsviçre Zug yenileme çalışması sonrası (Zimmermann, 2011).

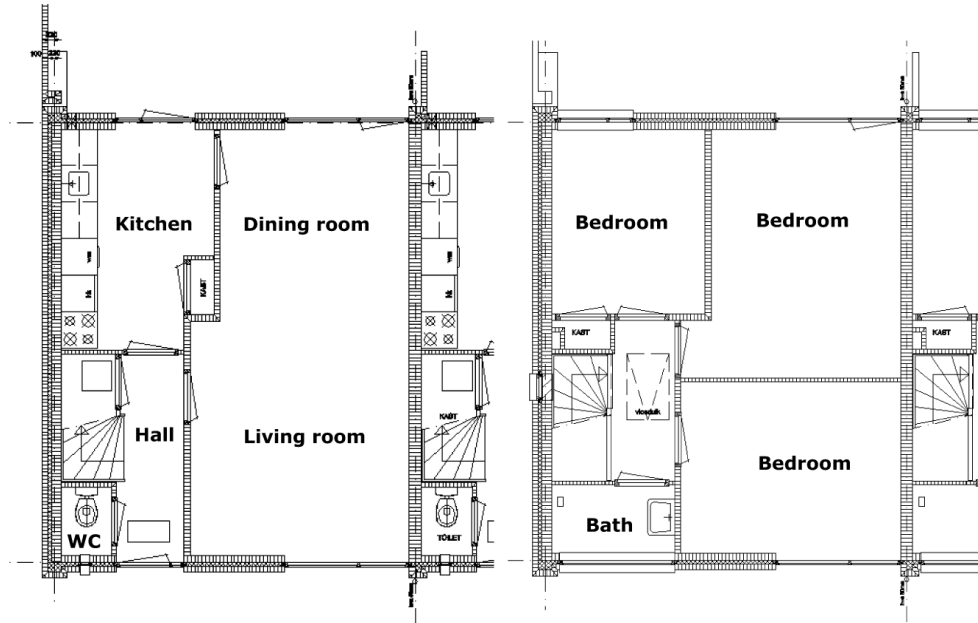
3.2 Hollanda Roosendaal, Konut Birimleri

Hollanda'nın güneybatısında Roosendaal kentinde De Kroeven bölgesinde bulunan müstakil konutların yapımı 1965 yılında tamamlanmıştır (Zimmermann, 2011).



Şekil 3.6 : Hollanda Roosendaal De Kroeven bölgesi (Zimmermann, 2011).

370 konut birimlerini içeren yapılaşmanın 40 yıl kullanımı sonrası, alanın yeniden düzenlenmesi ve binaların pasif güneş sistemleri ile enerji etkin geliştirilmesi kararı alınmıştır.



Şekil 3.7 : Hollanda Roosendaal konut kat planı (Zimmermann, 2011).

Yenileme çalışmaları

2011 yılında tamamlanan 134 birim için yapılan yenileme çalışması kapsamında genel yaklaşım ve stratejiler aşağıda belirtilmektedir:

- 350 mm ahşap selülozik içerikli yalıtım uygulanması
- Pasif güneş evlerinde kullanılan pencere sistemleri ile üçlü cam sistemlerinin uygulanması
- 350 mm selülozik yalıtım ile prefabrik ahşap çatı ve cephe yenilemesi
- Isıtma ve sıcak su sistemlerinin yenilenmesi
- Çatıya güneş kolektörleri entegre edilmesi



Şekil 3.8 : Hollanda Roosendaal konut yenileme çalışmaları (Zimmermann, 2011).

Yenileme sonrası kıyaslamalar

Yapılan uygulama sonrasında toplam ısıtma alanı değişmeyerek 16080 m²'dir. Yenileme öncesi m² başına düşen yıllık toplam yük 137 kWh/m² iken, yenileme sonrasında 38kWh/m² olarak tespit edilmiştir. Isıtma kapasitesi m² başına 160 W/m² iken, yenileme sonrası ısıtma kapasitesi m² başına 30 W/m²'dir. Binanın toplam enerji yükleri açısından değerlendirildiğinde %72 oranında verimlilik sağlanmıştır. Yenilenen konut birimlerine ilişkin görsel şekil belirtilmiştir.



Şekil 3.9 : Hollanda Roosendaal yenileme çalışması sonrası (Zimmermann, 2011).

3.3 İtalya Savona, Sosyal Konut Binaları

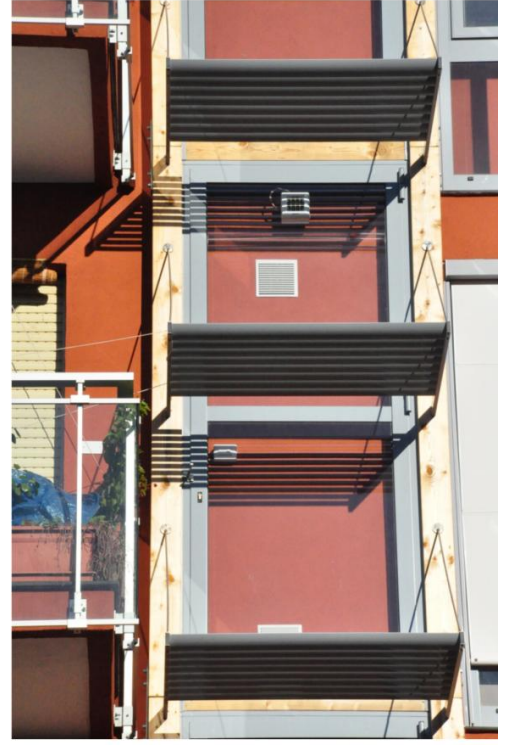
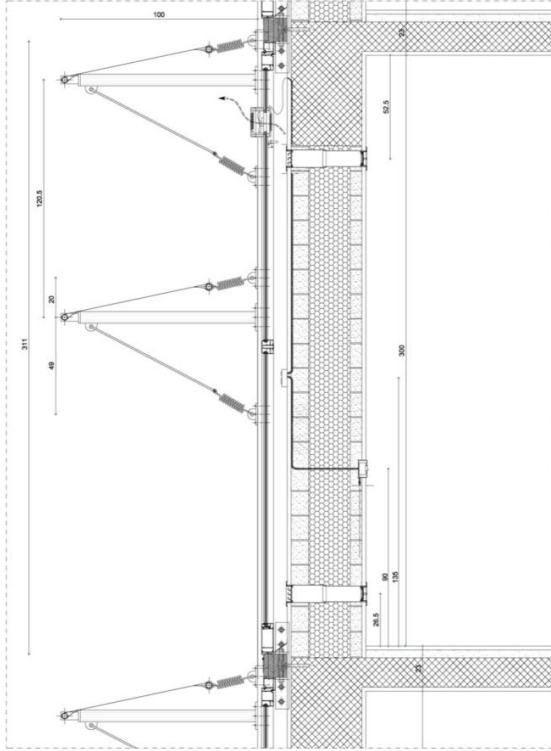
İtalya'nın kuzeybatı bölgesi Savona kentinde bulunan sosyal konutların yapımı 1970 yılının başlarında tamamlanmıştır (Giachetta, Magliocco ve Piccardo, 2014). Binaların termal konfor koşullarını sağlamaması, ısıtma için harcanan enerji yüklerinin fazla olması ve yaz aylarında soğutma yüklerinin artması sebebiyle yenileme çalışması yapılmasına karar verilmiştir.

Yenileme çalışması

2011-2014 yılları arasında yapılan yenileme çalışmaları kapsamında 3 bina ele alınarak pasif güneş sistemleri ile tasarlanan yenileme önerileri uygulanmıştır. Yenileme stratejileri olarak her bina için uygulanan çalışmalar şu şekildedir:

- 4 cm kalınlığında genişletilmiş mantar dış yalıtım tabakası ve 15cm hava boşluklu cephe uygulaması
- Çatı katmanlarına ısı yalıtımı ve su geçirmez izolasyon eklenmesi
- Pasif güneş ısıtma sistemi entegre edilmesi

Ele alınan 3 bina için ortak olarak uygulanan yenileme önerileri dışında, bina A ‘ya kış bahçesi ve çatıya güneş kolektörleri, bina B ve C’ye trombe duvar sistemleri entegre edilmiştir. Uygulanan kış bahçesi sistemi 5m² alana sahiptir. Bağlantılı olduğu iç mekânın ısıtılmasını sağlamaktadır. Alüminyum doğrama ve tek tabakalı cam uygulanmaktadır. İç mekân ile kış bahçesi arasında bulunan depolayıcı duvar görevindeki duvarlarda, 20x20cm boyutlarında iki adet menfezler bulunmaktadır. Mevsimsel konfor koşullarına göre ayarlanabilir olan menfezler, bina ile kış bahçesi arasındaki termal ısı transferini sağlamaktadır.



Şekil 3.10 : İtalya Savona sosyal konut binaları trombe duvarı (Giachetta, Magliocco ve Piccardo, 2014).

Trombe duvar sisteminde ise yenilenen dış duvar kabuğuna 10cm mesafede cam bileşen eklenerek, dış ortam ile ısı alışverişinin sağlanması için duvar üzerine menfez yerleştirilmiştir. Yaz aylarında güneş ışınımının fazla ısınma etkisini engellemek için güneş kırıcılar ve stor perdeler eklenmiştir.

Yenileme sonrası kıyaslamalar

Binalarda yapılan yenileme uygulamalarının enerji yükleri üzerindeki etkisinin sayısal olarak belirlenmesi için simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar

sonucu yapılan iyileştirme uygulamaları ile binaların yıllık toplam enerji yüklerinde yaklaşık %60-%70 oranında verimlilik sağlanmıştır.



Şekil 3.11 : İtalya Savona konut binaları yenileme öncesi (sol) ve yenileme sonrası (sağ) (Giachetta, Magliocco ve Piccardo, 2014).



Şekil 3.12 : İtalya Savona konut binaları yenileme öncesi (sol) ve yenileme sonrası (sağ) (Giachetta, Magliocco ve Piccardo, 2014).

3.4 Çek Cumhuriyeti Brno, Konut Binası

Çek Cumhuriyeti'nin ikinci büyük kenti Brno merkezinde bulunan yaklaşık 11200 nüfuslu yerleşim alanının yapımı yaklaşık 30 yıl önce tamamlanmıştır (Altan ve Mohelnikova, 2009).



Şekil 3.13 : Çek Cumhuriyeti Brno konut binaları (Altan ve Mohelnikova, 2009).

Konut binalarının ısı tüketimlerinin azaltılması ve pencere ve dış duvarlardan kaynaklanan ısı kayıplarının engellenmesi amacıyla 2001 yılında yenileme çalışmaları başlatılmıştır.

Yenileme çalışmaları

Binanın mevcut yapı bileşenleri ile yeterli konfor koşulları oluşturulamaması ve enerji tüketimlerinin fazla olmasından dolayı bina kabuğuna ilişkin yenileme uygulamaları yapılmıştır.

Binanın dış kabuğu prefabrik betonarme panellerden oluşmaktadır. Termal konfor gereksinimlerini sağlamaması sebebiyle 150mm kalınlığında ek yalıtım uygulanmıştır. Orijinal yapıda dış duvar ısı geçirgenlik katsayısı $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ iken, yeni dış duvar bileşeni ile uygulanan duvar sisteminde ısı geçirgenlik katsayısının $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ olması sağlanmıştır. Ayrıca ahşap çerçeveli iki ayrı cam bölmeli pencere sistemleri yenilenerek, plastik çerçeveli doğrama sistemi ile düşük emisyonlu argon dolgulu cam bileşeni önerilmiştir. Bina yenileme uygulamaları

yapılan diğer bileşenlerine ilişkin ısı geçirgenlik katsayıları ve m² başına düşen ısı kayıpları Çizelge 3.1 ‘de belirtilmektedir.

Çizelge 3.1 : Yapı bileşenleri U değerleri ve ısı kayıpları (Altan ve Mohelnikova, 2009).

yapı elemanları	U değerleri		ısı kayıpları	
	yenileme öncesi	yenileme sonrası	yenileme öncesi	yenileme sonrası
	[W m ⁻² K ⁻¹]	[W m ⁻² K ⁻¹]	[kW]	[kW]
dış duvar (zemin üstü)	1.7	0.25	72.54	10.67
pencereler (zemin üstü)	2.7	1.4	36.27	18.81
dış duvarlar (bodrum)	1.7	0.25	9.12	1.34
pencereler (bodrum)	2.7	1.4	1.01	0.52
döşeme	1.7	1.7	6.0	6.0
çatı	1.8	0.24	19.81	2.91
tüm bina	ortalama U değerleri		ortalama ısı kayıpları	
	2.05	0.87	144.76	40.26

Yenileme sonrası kıyaslamalar

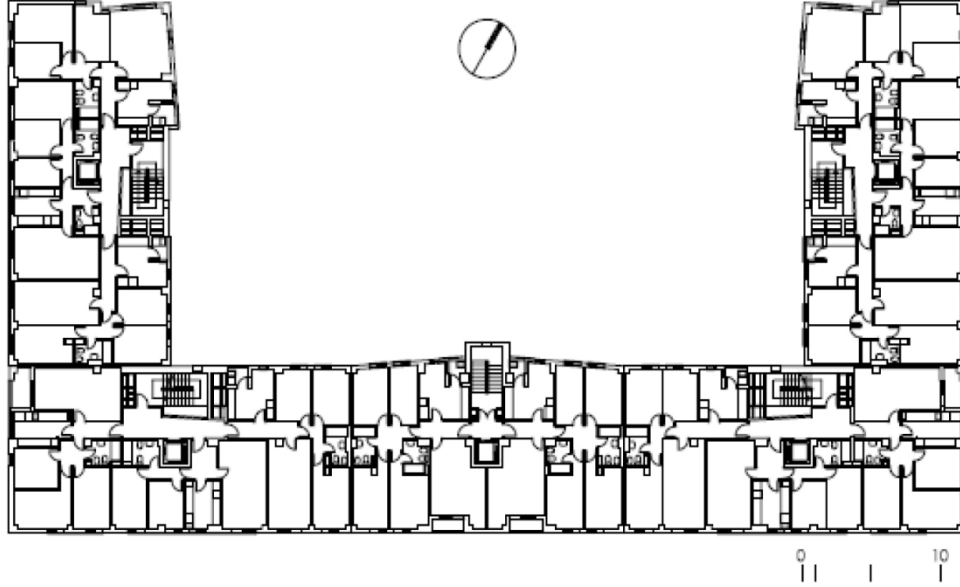
Yapılan yenileme uygulamaları sonunda binanın m² başına düşen ısı kayıpları hesaplandığında, yenileme öncesindeki ısı kaybı 144,76 kW/m² iken yenileme sonrası bu değer 40,26 kW/m² olmaktadır. Binanın toplam enerji yükleri açısından değerlendirildiğinde %71 oranında verimlilik sağlanmıştır. Binanın yenilenmiş cephe kabuğuna ilişkin görseli Şekil 3.14 ‘te gösterilmektedir.



Şekil 3.14 : Çek Cumhuriyeti Brno konut binası yenileme öncesi (sol) ve yenileme sonrası (sağ) (Altan ve Mohelnikova, 2009).

3.5 İspanya Córdoba, Sosyal Konut Birimleri

İspanya'nın Córdoba ilinde bulunan 68 birimden oluşan sosyal konut birimlerinin yapımı 1994 yılında tamamlanmıştır (Suárez ve Agüera, 2011). U formunda simetrik plan tipine sahiptir ve güneydoğu yönelimlidir.



Şekil 3.15 : İspanya Córdoba sosyal konut birimleri kat planı (Suárez ve Agüera, 2011).

İç ortam konfor koşullarını arttırmak ve enerji kayıplarını azaltmak amacı ile enerji etkin geliştirmeye yönelik yenileme çalışmaları yapılmıştır.

Yenileme çalışmaları

Binanın kuzey ve doğu cephelerinin güneş ile teması zor sağlanırken, güney ve güneybatı cepheleri özellikle yaz aylarında fazla ısınmaya neden olmaktadır. Uygulanan yenileme alternatiflerinde, bu problemlerin çözümüne odaklanılmaktadır. 2010 yılında tamamlanan yenileme çalışması kapsamında genel yaklaşım ve stratejiler aşağıda belirtilmektedir:

- Hava akımının daha konforlu olabilmesi için, yaz gecelerinde dış koşullara bağlı doğal havalandırma sağlanması
- Enerji tasarrufu, yalıtımın geliştirilmesi ve enerjinin depolanması amacı ile yaz aylarında termal kütlenin pasif soğutma sistemleri ile geceleri doğal havalandırma sağlanması, kış aylarında ise dış duvarların güneş ışınlarını iç ortama aktarmasının sağlanması

- Kış aylarında güneş ışınlamalarından ısınma sağlamak ve yaz aylarında fazla ısınmayı önlemek amacıyla soğutma döneminde doğu ve batı pencerelerinin dışardan hareketli güneş kontrol elemanları ile korunması
- Dış cephe ile bağlantılı kolon ve kirişlerde oluşan ısı köprüleri ve kayıplarını azaltmak amacı ile seramik veya metal bitiş malzemeleri kullanılarak havalandırılan bir cephe sisteminin önerilmesi
- Saydam bileşenler oluşan ısı kayıplarını azaltmak amacı ile cam ve doğrama özelliklerinin yenilenmiş pencere sistemlerinin önerilmesi

Çizelge 3.2 : Bina kabuğu U değerleri (Suárez ve Agüera, 2011).

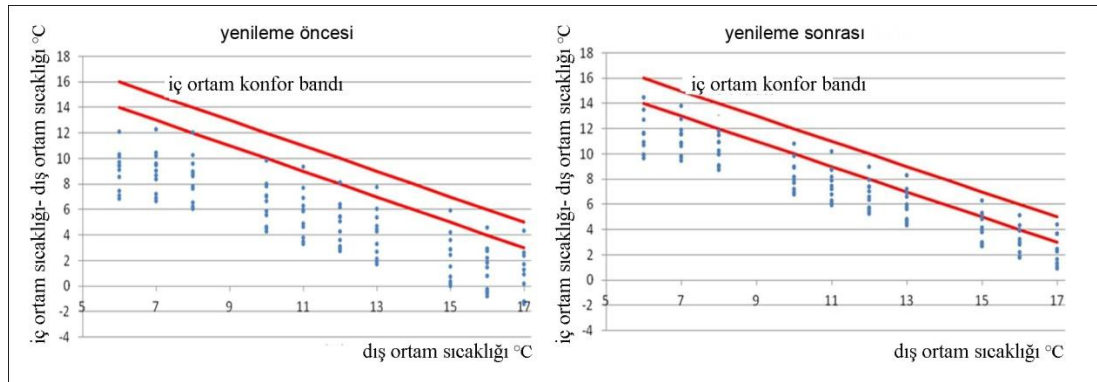
Bina elementleri		U(W/m ² K)		Yenileme önerileri
		yenileme öncesi	yenileme sonrası	
Cephe	24cm gözenekli seramik tuğla, dış ve iç sıva	0.94	0.33	6cm yalıtımlı havalandırılan cephe
	Merdiven: Tek katmanlı, delikli tuğla duvar, 5cm yalıtım, 5cm'yi aşan hava odası, sıvalı boşluklu tuğla duvar	0.52	0.52	-
Saydam bileşenler	5mm tek cam eloksal alüminyum çerçeve	5.70	3.8	4+6+6 cam
			3.3	Düşük emisyonlu 4+6+6 cam
Çatı	Seramik karo, harç, kum, asphalt levha, tesviye harcı üzerine yataklı, 10cm hücresel beton ve çerçeve üzerinde 5cm XPS	0.47	0.47	-
Döşeme	Tek yönlü çerçeve 25+5 yarı dayanıklı kirişler mozaik döşeme ve sıva	2.25	0.54	5cm XPS yalıtım, hava boşluğu ve metal asma tavan

Çizelge 3.2 'de, mevcut durumda ve yenileme sonrası bina kabuğuna ilişkin optik ve termal özellikleri belirten tablo bulunmaktadır. Yenileme çalışması kapsamında ısı geçirgenlik katsayıları daha düşük malzemeler olan yapı bileşenleri önerilmiştir.

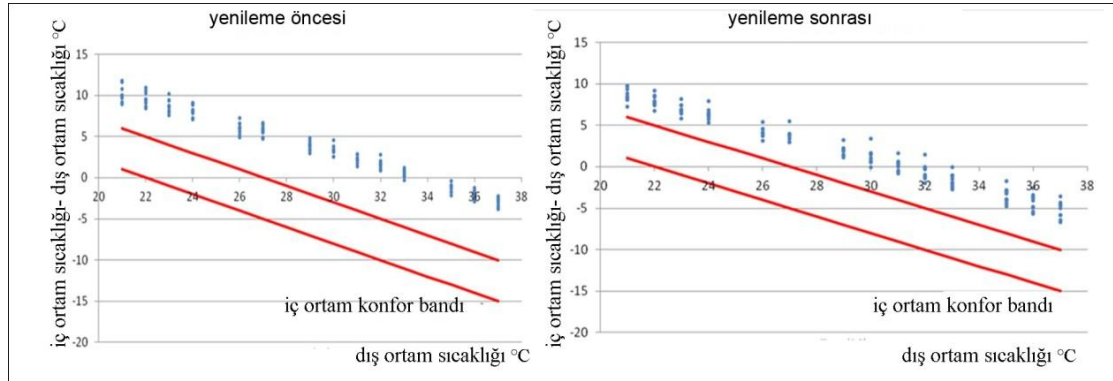
Yenileme sonrası kıyaslamalar

Enerji etkin geliştirme amaçlı yapılan yenileme uygulamaları sonrası binaya ilişkin kış aylarındaki ısıtma ve soğutma iç ortam farklılıklarını gösteren durum Şekil 3.16 'da bulunmaktadır. Yenileme sonrası iç ortam konfor koşulları için istenilen değer aralığının sağladığı görülmektedir.

Yaz aylarındaki ısıtma ve soğutma iç ortam farklılıklarını gösteren durum Şekil 3.17'de bulunmaktadır. Yenileme öncesinde iç ortam konfor bandında belirtilen değerler ile oluşan farklar, yenileme sonrası daha aza indirgenmiş ve konfor koşulları bandına yakın bir durum ortaya çıkmıştır.



Şekil 3.16 : Kış aylarındaki iç-dış ortam sıcaklıkları (Suárez ve Agüera, 2011).



Şekil 3.17 : Yaz aylarındaki iç-dış ortam sıcaklıkları (Suárez ve Agüera, 2011).

Yenileme çalışmaları sonunda binanın konfor koşullarını sağlamak için ihtiyacı olan enerji yüklerinde yaklaşık %38 oranında azalma görülmektedir. Bu oran ısıtma yüklerinde %45, soğutma yüklerinde ise yaklaşık %30 olarak hesaplanmaktadır. Şekil 3.18'de konut birimlerinin yenileme öncesi (sol) ve sonrasına (sağ) ait görseller bulunmaktadır.



Şekil 3.18 : İspanya Córdoba sosyal konut birimleri yenileme öncesi (sol) ve yenileme sonrası (sağ) (Suárez ve Agüera, 2011).

4. MEVCUT BİR KONUTUN ENERJİ ETKİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK UYGULAMA ÇALIŞMASI: TOKİ AFYON TARIMKÖY ÖRNEĞİ

Tez çalışması kapsamında TOKİ (Toplu Konut İdaresi Başkanlığı) Afyon ili Serban mevkiinde yapımı %98 oranda tamamlanan Tarımköy projesi ele alınmıştır. 2011 yılında ihaleye çıkan projede toplam 55 adet müstakil Tarımköy konutları bulunmaktadır. 26.02.2013 iş bitim tarihi olarak belirlenen projenin teslimatları devam etmektedir (Url-7).

TOKİ tarafından geliştirilen Tarımköy konsepti, 2005 yılı sonlarında gündeme gelmiştir. Tarımköy konsepti, kırsal alanda şehirleşme planlamasını esas almaktadır. Köy yaşantısını, modern konut, altyapı, sosyal alanlar ile donatmayı amaçlamaktadır. Kırsal yaşamın ihtiyaçlarını karşılayacak binaların yanı sıra, eğitim ve sağlık hizmetlerinin verildiği yapılar, sosyo-kültürel tesisler ve uygun çevre düzenlemeleri hedeflenmektedir. Bu sayede bölgede yaşayan insanlar için köy yaşantısını daha cazip hale getirerek, şehre göçlerin engellenmesi sağlanacaktır. Projeler uygulanırken, çalışılan bölgenin coğrafi ve iklimsel özellikleri göz önünde bulundurulmaktadır. Ayrıca yerel mimari dokular, tarım arazilerinin verimliliği, yöresel geçim şartları, doğal kaynakların konumu, projenin detaylarını etkileyen faktörlerdir (Url-7).

İlk Tarımköy projesine 2007 yılında Muğla'nın Yeşilbağcılar beldesinde başlanmış ve 2010 yılında tamamlanmıştır. Bu tarihten itibaren 2014 yılına kadar 23 farklı şehirde Tarımköy projeleri uygulanmaktadır. Türkiye'de Tarımköy projeleri dağılımları şu şekildedir; Adana:210, Afyon:249, Aydın:142, Batman:196, Bayburt:80, Bilecik:122, Bingöl:89, Çankırı:222, Erzincan:420, Erzurum:119, Gümüşhane:60, Isparta:105, Kahramanmaraş:119, Karaman:187, Kayseri:140, Kırşehir:116, Konya:200, Muğla:127, Siirt:225, Sivas:40, Şanlıurfa:787, Van:78, Yozgat:60.

Tez çalışması kapsamında, Afyon Serban mevkiinde uygulanan Tarımköy projesi, mevcut yapı bileşenleri ile incelenerek enerji performansını analiz etme amaçlı bir modelleme çalışması yapılmıştır.

Model çalışması yapılırken Design Builder simülasyon programı kullanılmıştır. Design Builder ile binaların enerji etkinliği, ısıtma-soğutma, aydınlatma, havalandırma yüklerini hesaplayarak değerlendirilebilmektedir. Amerikan Enerji Bakanlığı tarafından geliştirilmiş Energy Plus simülasyon motoru ile entegre çalışmaktadır. Energy Plus içeriğinde iklim verileri, ısıtma-soğutma, aydınlatma yükleri, CO2 emisyonları Design Builder yazılımında modellenen tasarım bileşenleri ile kolayca ilişkilendirilebilmektedir. Alternatif çözümler için modelleme ve veriler üzerinde geçişler yapılmasına olanak sağlanmaktadır. Bu sayede binalara ilişkin enerji performansları kolaylıkla belirlenebilmektedir. (Url-8).

Tez çalışması kapsamında Afyon'un Serban mevkiinde uygulanan projenin mevcut durumdaki enerji performansının analiz edilmesi ve enerji etkin tasarım kriterlerine göre geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Ele alınan Serban mevki Tarımköy projesi, aynı tasarım kriterlerine sahip farklı yönlendirme alternatifleriyle oluşturulmuş bir yapı adası şeklindedir. Aynı yapı bileşenleri ile tasarlanan binaların, vaziyet planında güneydoğu, güneybatı ve kuzeydoğu olmak üzere 3 farklı yönelim ile farklılaştıkları görülmektedir. Bu sebeple model çalışmasında mevcut yapılaşma içerisinde herhangi bir bina seçmek yerine 3 farklı yönelim içerisinde en düşük enerji yüküne sahip bina yerleşiminin tez kapsamında referans bina olarak seçilmesi uygun görülmüştür. Bu nedenle model çalışmasında enerji etkin tasarım parametreleri incelenirken tek bir yapı değil farklı yönelimli binaları kapsayan yapı adası ele alınmıştır.

4.1 Afyon Tarımköy Konut Projesinin Dış Çevreye İlişkin Verilerinin Belirlenmesi

Afyon ili Serban mevki 38° 44' kuzey paraleli ve 30° 34' doğu meridyeninde, ılımlı-kuru iklim bölgesinde bulunmaktadır. Çizelge 4.1 'de Afyon iline ait iklimsel veriler belirtilmektedir.

Dış hava sıcaklığı

Ortalama en yüksek sıcaklık değeri Temmuz ve Ağustos aylarında 29.4°C, en düşük sıcaklık ise Ocak ayında -3.4°C olduğu görülmektedir (Url-9).

Güneş ışınlımı

Ortalama en yüksek güneşlenme süresi Temmuz ayında 11.2 saat olarak tespit edilmiştir (Url-9).

Dış hava nemliliği

Ortalama yağışlı gün sayısı Aralık ve Ocak aylarında 12.7 gün, aylık toplam yağış miktarı ortalaması ise en çok Mayıs ayında 49.5 kg/m²'dir. Şekil 4.1'de belirtilen Türkiye'nin ortalama nem dağılımı grafiğinde Afyon % 60-63 aralığında yer almaktadır (Url-9).

Çizelge 4.1 : Afyon Serban dış çevreye ilişkin veriler (Url-9).

Afyonkarahisar	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
	Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1954 - 2013)											
Ort. sıcaklık (°C)	0.3	1.6	5.5	10.3	15.0	19.2	22.3	22.1	17.7	12.2	6.8	2.5
Ort. en yüksek sıcaklık (°C)	4.6	6.3	11.0	16.2	21.2	25.7	29.4	29.4	25.1	19.1	12.6	6.6
Ort. en düşük sıcaklık (°C)	-3.4	-2.5	0.3	4.4	8.2	11.4	13.9	13.8	10.0	6.0	1.7	-1.2
Ort. güneşlenme süresi (saat)	3.6	4.1	5.1	6.2	8.2	10.1	11.2	10.5	8.6	6.3	4.5	2.5
Ort. yağışlı gün sayısı	12.7	12.1	12.4	12.2	12.0	7.3	4.0	3.2	4.3	7.5	8.7	12.7
Aylık toplam yağış miktarı ort.(kg/m ²)	42.1	37.8	42.7	46.7	49.5	33.6	17.8	11.6	18.6	36.7	33.1	46.5
	Uzun yıllar içinde gerçekleşen en yüksek ve en düşük değerler (1954 - 2013)											
En yüksek sıcaklık (°C)	18.0	21.0	25.8	30.2	32.0	35.8	39.8	38.4	35.6	30.6	24.5	21.0
En düşük sıcaklık (°C)	-27.0	-25.3	-17.0	-7.6	-3.1	1.0	4.0	2.4	-2.9	-7.1	-14.9	-18.0



Şekil 4.1 : Türkiye ortalama nem dağılımı (Url-9).

Afyon için iklim verileri Design Builder programının iklim verilerini içeren kütüphaneden seçilmiştir ve programda tanımlanmıştır

4.2 Afyon Tarımköy Konut Projesinin Yapma Çevreye İlişkin Verilerinin Belirlenmesi

Bina yeri

Tez çalışması kapsamında ele alınan bina Afyon ili Sinanpaşa ilçesi Serban kasabasında bulunmaktadır. Tarımköy konsepti ile, şehir merkezlerinin yoğun yapılaşma dokusunun aksine kırsal alanlarda şehirleşme hedeflenmektedir. Bu nedenle merkezden uzakta kırsal alanda tasarlanmıştır. Şekil 4.2 'de Afyon Serban mevki uydu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.2 : Afyon Serban mevki uydu görüntüsü.

Bina konumu

Yapı adasında bulunan binalar belirli mesafelerde konumlanmıştır. Yerleşimdeki tüm binaların güneş ışığından yararlanması ve birbirlerine gölge etkisi yaratmayacak şekilde konumlandırılması en temel tasarım kriteridir.



Şekil 4.3 : TOKİ Afyon Tarımköy vaziyet planı alternatif çalışma (Url-10).

Şekil 4.3'te vaziyet planı alternatif çalışmadaki yerleşimde binalar arası mesafe minimum 6 metredir. Her bir konut biriminin yüksekliği ise 5.25 metredir. Bu şekilde yerleşim ile güneş ışınlarının belirli zamanlara göre geliş açılarına bağlı olarak binalar birbirleri üzerinde gölge yaratmamaktadır. Her bir bina güneş ışınımından verimli bir şekilde yararlanabilmektedir.

Tez çalışması kapsamında referans bina olarak belirlenecek binanın konumu vaziyet planındaki farklı yönlenmeler ile yerleşmiş farklı binaların mevcut durumdaki enerji performanslarına göre belirlenecektir. Vaziyet planının iki farklı noktasında konumlanmış iki bina için tüm kriterler aynı olsa bile çevre binalar ile ilişkisi, güneş ışınımının geliş açısına göre gölge etkisi ve rüzgâr hızı bakımından enerji performansları farklı olacaktır.

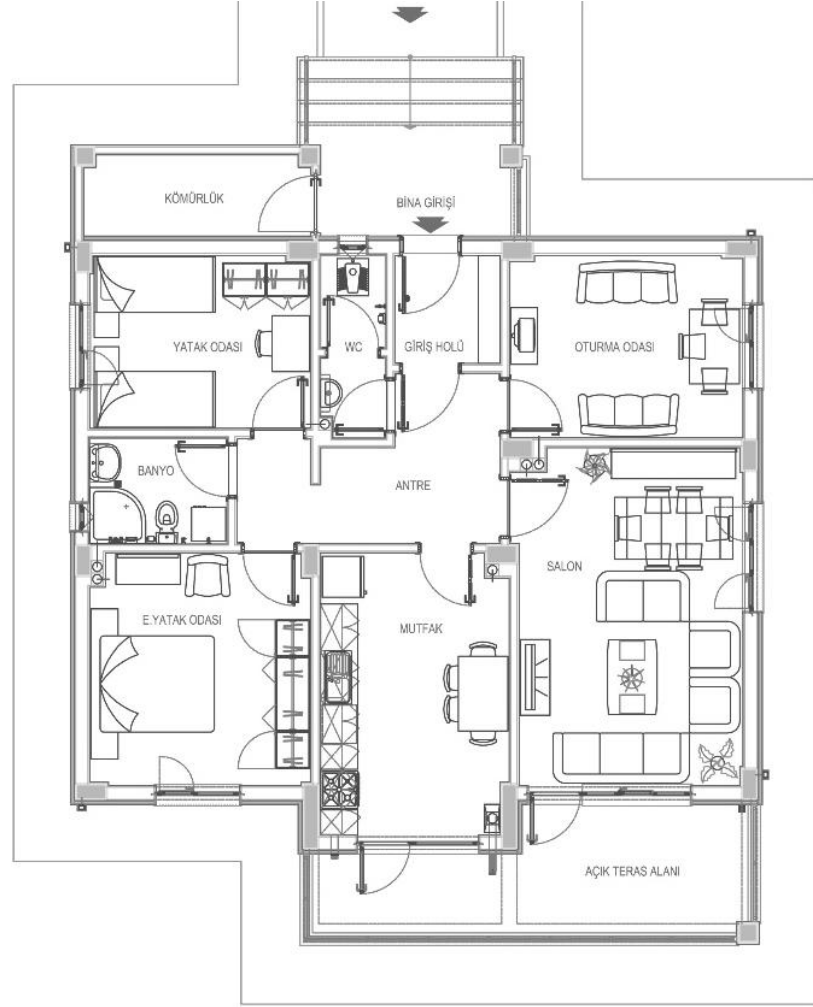
Bina yönlendirilişi

Yapı adası içerisinde binaların vaziyet planında genel olarak 3 farklı yönelimle yerleştikleri görülmektedir. Şekil 4.4' te belirtildiği üzere, yönlendirmede yaşama hacminin bulunduğu cephe referans alınarak değerlendirildiğinde 49 numaralı bina

VAZİYET PLANI

1, 26 ve 49 numaralı farklı yönlerde konumlandırılmış binalar aynı tasarım kriterleri ile ele alınarak mevcut durumdaki enerji performansları değerlendirilerek referans bina belirlenecektir.

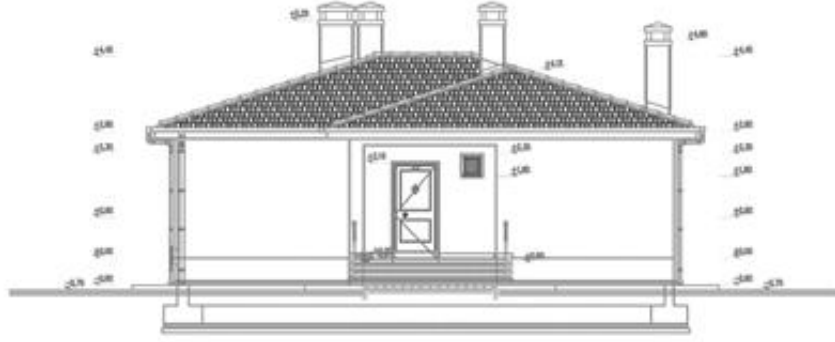
Afyon Serban Tarımköy projesinde yapı adasında bulunan her bir konut birimi aynı form ve tek bir plan tipine sahiptir. Plan tipi yaklaşık 11metre eninde, 9.70metre genişliğinde dikdörtgen formda ve 5.25metre yüksekliğindedir. 5.96m² kömürlük alanı da dâhil olmak üzere konut birimi toplam 107.63m² brüt alana sahiptir.



Şekil 4.5 : TOKİ Afyon Tarımköy plan tipi.

Şekil 4.5 'te görüldüğü üzere TOKİ Afyon Serban Tarımköy projesi 1 salon,1 oturma odası, 1 mutfak, 1beveyn yatak odası, 1 banyo, 1 wc, 1 yatak odası, antre ve giriş holü olmak üzere toplam 9 ayrı mahalden oluşmaktadır. Ayrıca salon ve mutfaktan ulaşılabilen açık teras alanı ve binanın dışından ulaşılabilen kömürlük alanı bulunmaktadır. Çatı döşemesine kadar olan yükseklik 2.80metre, binanın toplam yüksekliği 5.25 metredir. Çatı eğimi %33 olup çatı örtüsü malzemesi olarak kiremit kullanılmıştır.

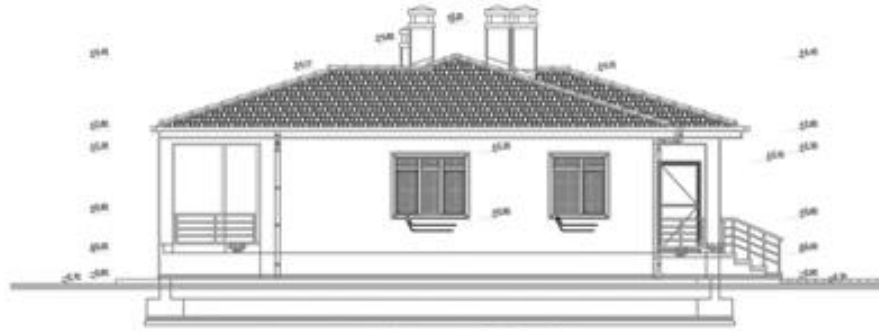
Şekil 4.6 'da konut birimine ait görünüşler belirtilmektedir.



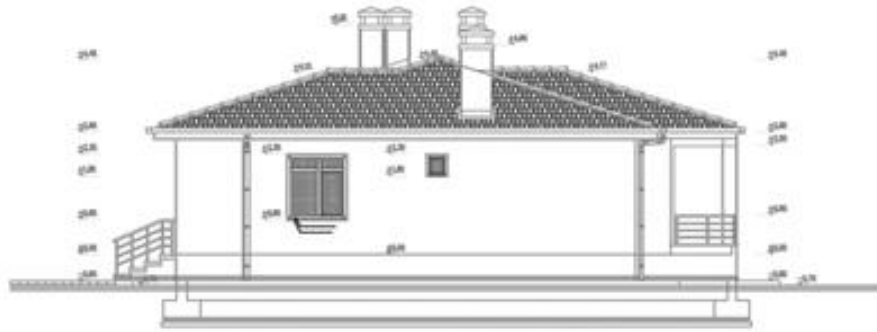
ARKA GÖRÜNÜŞ



ÖN GÖRÜNÜŞ



SAĞ YAN GÖRÜNÜŞ



SOL YAN GÖRÜNÜŞ

Şekil 4.6 : TOKİ Afyon Tarımköy görünüşler.

Şekil 4.7 ‘de konut birimleri için yapılan 3 boyutlu model görseli bulunmaktadır.



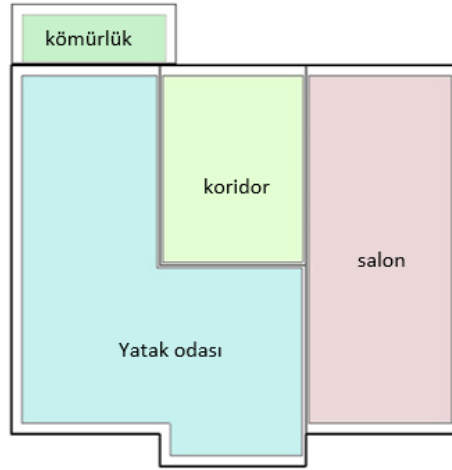
Şekil 4.7 : TOKİ Afyon Tarımköy 3 boyutlu model (Url-10).

Şekil 4.8 ‘de ise projenin uygulandıktan sonraki gerçek görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4.8 : TOKİ Afyon Tarımköy uygulanmış bina (Url-10).

Design Builder programında modelleme ve simülasyon çalışması yapılmadan önce mevcut projedeki tip kat planı 3 ana zona ayrılmıştır. Yaşam alanları olarak kullanılan mahaller yatak odası olarak bir zon, oturma odası olarak kullanılan mahal salonla birleştirilerek bir zon ve sürekli olarak kullanılmayan bina giriş ve koridorları ayrı bir zon olarak belirlenmiştir. Oluşturulan zonlar Şekil 4.9 ’da belirtilmiştir.



Şekil 4.9 : Design Builder programında oluşturulan zonlar.

Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri

TOKİ tarafından hazırlanan mimari uygulama projelerinde her bir yapı bileşenindeki poz numaralarına göre malzemeler tanımlanmıştır. Tanımlanan malzemelerin fiziksel özellikleri ve Design Builder simülasyon programı tarafından hesaplanan U değerleri Çizelge 4.2 ‘de belirtilmiştir.

Çizelge 4.2 : TOKİ Afyon Tarımköy yapı malzemeleri.

Yapı bileşenleri		Kalınlık - d - (m)	Isı geçirgenlik λ - (W/m ² K)	Isı geçirme katsayısı U (W/m ² K)
Dış duvar	İç sıva + boya	0,02	0,72	0,522
	Delikli tuğla	0,2	0,45	
	Eps yalıtım	0,05	0,04	
	Dış sıva + boya	0,02	0,8	
Döşeme	Tesviye betonu	0,05	1,4	0,492
	Temel betonu	0,5	0,38	
	Koruma betonu	0,05	0,38	
	Grobeton	0,1	0,38	
	Toprak	0,1	1,28	
İç duvar	İç sıva + boya	0,02	0,72	1,879
	Tuğla	0,1	0,62	
	İç sıva + boya	0,02	0,72	
Çatı	Tavan sıvası	0,02	0,72	0,363
	Betonarme döşeme	0,2	2,3	
	Cam yünü yalıtım	0,1	0,04	

Mimari uygulama projelerinde çatı %33 eğimli kırma çatı olarak tasarlanmıştır. Design Builder kapsamında yapılan modelleme ve uygulama çalışmalarında, çatı boşluğu ısıtma, soğutma veya herhangi bir mekanik sistem içermemesinden dolayı ihmal edilerek çalışma kapsamında çatı döşemesi ele alınmıştır.

Bina kabuğunda doğramalar PVC olarak tanımlanmıştır. Saydam bileşenler 16mm boşluklu, çift tabakalı 4mm berrak cam olarak belirtilmiştir. Pencerenin programda hesaplanan U değeri: 2,715 W/m²'dir.

TSE 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardına göre projenin bulunduğu bölge 3.bölge olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.10 'da gösterilmiştir (TSE 825, 2013).

3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ			
AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KIRŞEHİR	TUNCELİ
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA	

Şekil 4.10 : 3. Bölge derece gün illeri (TSE 825, 2013)

Bu doğrultuda TSE 825'te belirtilen U değerleri ile programda hesaplanan U değerleri kıyaslanmıştır.

Çizelge 4.3 : TSE 825'e göre U değerleri.

Sınır U değerleri	Uduvar (W/m ² K)	Utavan (W/m ² K)	Utaban (W/m ² K)	Upencere (W/m ² K)
TSE 825'e göre	0,48	0,28	0,43	1,8
Design Builder 'da hesaplanan	0,522	0,363	0,492	2,715

Design Builder hesaplama yönteminde bazı kabuller ve varsayımlar üzerinden hesap yapılmaktadır. Çizelge 4.3 'te görüldüğü üzere programdan elde edilen U değerleri ile TSE 825 standartları arasındaki fark ihmal edilerek mevcut binanın yapı bileşenleri ısı iletkenlik katsayılarının TSE 825 'te belirtilen sınır değerlere göre uygun olduğu kabul edilmektedir

4.3 Enerji Giderlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Verilerin Programa Girilmesi

Afyon Serban Mevkii Tarımköy projesi model çalışmasında, enerji giderlerinin hesaplanabilmesi için Design Builder programına veri girişi yapılmıştır. Bu veriler

enerji giderlerini büyük ölçüde etkilediğinden, herhangi bir parametre farklılığı hesaplamaları büyük ölçüde etkilemektedir.

Amerikan Enerji Bakanlığı tarafından geliştirilen Energy Plus simülasyon programı ile entegre çalışan Design Builder programında modelleme yapılacak binanın verileri 5 ana bölüm kapsamında detaylandırılmaktadır.

Aktivitelere ilişkin bölümde;

Her bir zon için ayrı ayrı tanımlanan aktivite değerleri bulunmaktadır. Bina kullanıcı sayısı 4 olarak tanımlanmıştır. Hafta sonu ve hafta içi tüm zamanlı evde bulunan kullanıcı şablonu ile sistemlerin hiç duraksamadan çalışması sağlanmaktadır.

Design Builder kütüphanesinde bulunan genel sirkülasyon alanları şablonuna göre, koridorlar için m^2 başına düşen kullanıcı yoğunluk değeri $0,0196 \text{ kişi}/m^2$, salon için seçilen yeme içme alanları şablonuna göre yoğunluk değeri $0,0169 \text{ kişi}/m^2$, yatak odası alanları için yoğunluk değeri $0,0229 \text{ kişi}/m^2$, tüm alanlar için metabolik faktör değeri ise 0,90 olarak tanımlanmıştır.

Binanın iç ortam sıcaklığı ve ısıtma soğutma sistemleri çalışma prensibini etkileyen çevresel faktörler de bu bölümde bulunmaktadır. TS 2164/T2 Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları Çizelge 2- Kalorifer Tesisatı Projelendirmesine Esas Mahal İç Hava (Standart) Sıcaklıkları tablosuna göre koridorda sağlanması gereken iç ortam sıcaklığı $15 \text{ }^\circ\text{C}$, salon ve yatak odalarında ise $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Bu doğrultuda zonların iç ortam sıcaklıkları programda tanımlanmıştır (TS 2164/T2, 2000).

Yapım bölümünde;

Binanın yapı elemanları Çizelge 4.2 'de belirtildiği şekilde programa aktarılmıştır. Konut birimlerinde kullanılan malzemeler programın kütüphanesinde olmadığı durumda, yeni malzeme tanımı eklenerek her bir malzeme için ısı iletkenlik λ değeri, özgül ısı ve öz kütle değerleri ayrıca tanımlanarak program kapsamında u değerleri hesaplanmıştır.

Açıklıklar bölümünde;

Uygulama projesinde tanımlanan pencere ve doğrama bilgileri girilmiştir. Mevcut binanın doğrama malzemesi PVC, cam bileşenleri ise 4mm berrak cam ve 16mm ara boşluklu çift cam sistemidir.

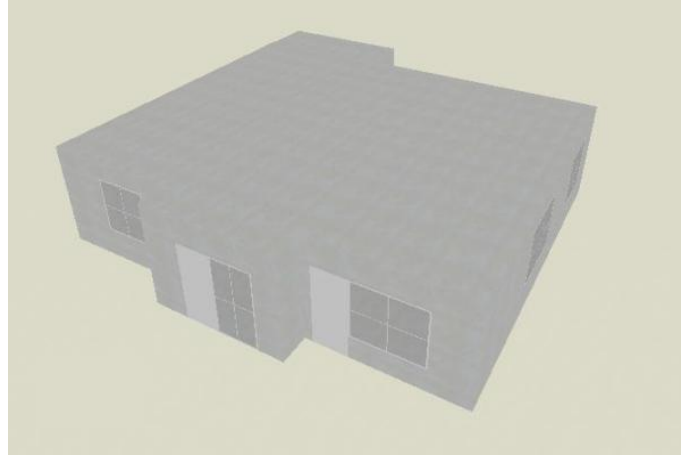
Aydınlatma bölümünde;

Tüm zonlar için aydınlatma elemanı olarak floresan tanımlanmıştır. Aydınlatma elemanlarının kademeli olarak kontrol edildiği bir sistem (stepped control) ile gün ışığından 150lux değer sağlandığı durumlarda aydınlatma elemanlarının çalışmadığı varsayılmıştır. Yapılan hesaplamalarda aydınlatma elemanlarının ısıtma ve soğutma yüklerine etkisi ihmal edilmiştir.

Isıtma-Soğutma, Havalandırma ve İklimlendirme bölümünde;

Tüm zonların ısıtma soğutma sistemi tanımlanmıştır. Isıtma, sıcak sulu radyatör sistem ile sağlanmakta olup yakıt olarak kömür kullanılmaktadır. Soğutma, elektrikli klima sistemi ile sağlanmaktadır. Binada doğal havalandırma olduğu varsayılmış ve iç ortam sıcaklığı 24 °C'yi aştığında aktif olacağı öngörülmüştür. Tüm zonlarda aynı prensip uygulanmaktadır. Yalnızca koridorda soğutmanın olmadığı, kömürlükte ise hiç bir ısıtma, soğutma, havalandırma sistemlerinin olmadığı kabul edilerek simülasyon yapılmıştır.

Şekil 4.11 'de binanın simülasyon öncesinde programda 3 boyutlu olarak model görseli bulunmaktadır.



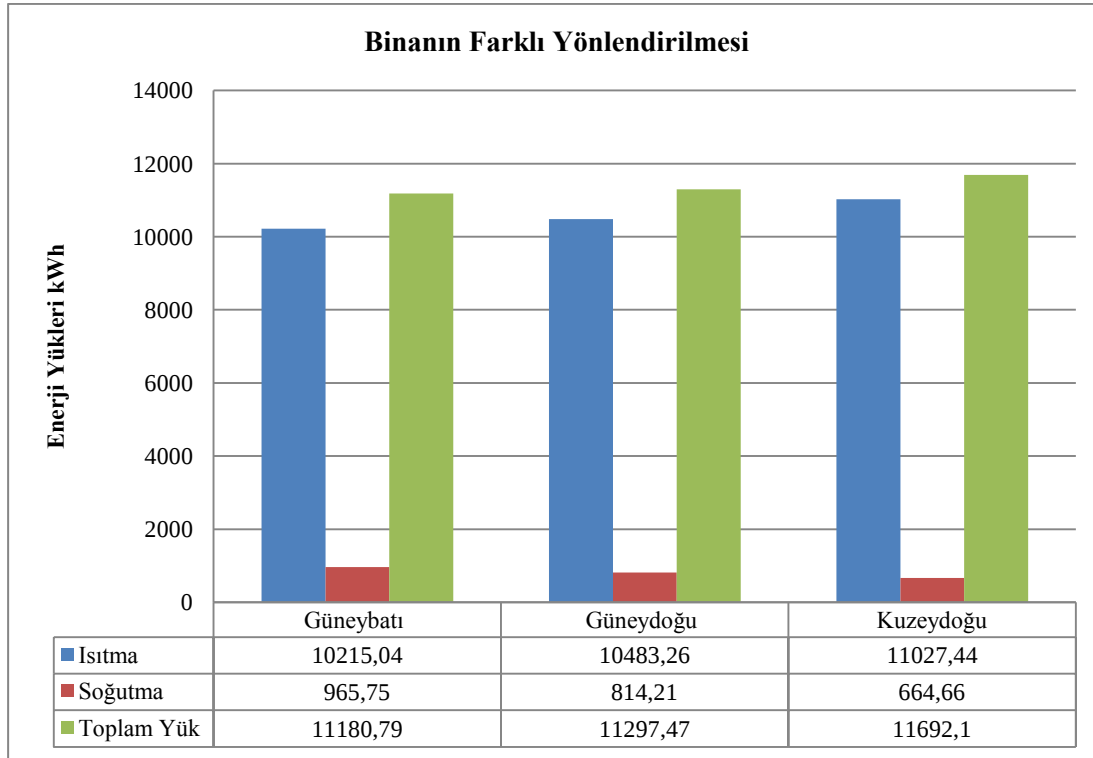
Şekil 4.11 : Bina modeli.

4.4 Referans Binanın Belirlenmesi

TOKİ Serban mevki Tarımköy projesi kapsamında vaziyet planı yerleşiminde 3 farklı yönlendirmenin hâkim olduğu görülmektedir. Tez çalışması kapsamında enerji etkin iyileştirme alternatiflerinde kıyaslama yapılabilmesi amaçlı referans bina, vaziyet planı yerleşimlerinde aynı tip tasarıma sahip binalardan biri olarak

belirlenmiştir. Bu doğrultuda mevcut yerleşimlerin enerji simülasyonları yapılarak enerji yükleri bakımından en düşük değere sahip olan yerleşimin referans bina olarak kabul edilmesi uygun görülmüştür.

Kullanıcı profili tanımlamaları, iklimsel veriler, yapma çevreye ilişkin bilgiler ve uygulama projesi doğrultusunda bina kabuğuna ilişkin detaylar Design Builder simülasyon programına aktarıldıktan sonra binanın ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanarak vaziyet planında farklı yönlendirme için kıyaslama grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.12 : Binanın farklı yönlendirilmesi.

Şekil 4.12 'de görüldüğü üzere; ısıtma, soğutma ve toplam yükler kıyaslandığında Kuzeydoğu yönlendirilişine sahip bina en yüksek enerji yüklerine sahipken Güneybatı yönlendirilişine sahip bina en düşük enerji yüklerini sağlamaktadır. Bu nedenle tez çalışmasında vaziyet planında güneybatı yönlendirilişine sahip bina referans bina olarak kabul edilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan modelleme ve enerji hesaplamalarında mevcutta güneybatı yönemli yerleşime sahip mevcut bina ele alınarak, geliştirilen alternatifleri ve önerilen sistemlerin referans binaya entegre edildiği kabul edilmiştir.

4.5 Referans Binanın Enerji Performansının İyileştirilmesine Yönelik Enerji Etkin Tasarım Alternatiflerinin Geliştirilmesi

Çalışma kapsamında uygulanan projenin enerji performansını iyileştirmeye yönelik farklı alternatifler geliştirilmiştir. Bu alternatifler A, B, C, D, E olmak üzere 5 ana başlıkta gruplandırılmıştır. Oluşturulan ana başlıklar şu şekilde özetlenebilir;

A - Opak bileşen alternatifleri

B - Saydam bileşen alternatifleri

C - Güneş kontrol elemanları

D - Kış bahçesi uygulaması

E - Trombe duvar uygulaması

Referans binanın enerji performansının iyileştirilmesine yönelik önerilen alternatifler bölüm 4.5.1, 2, 3, 4, 5'te detaylı şekilde açıklanmaktadır.

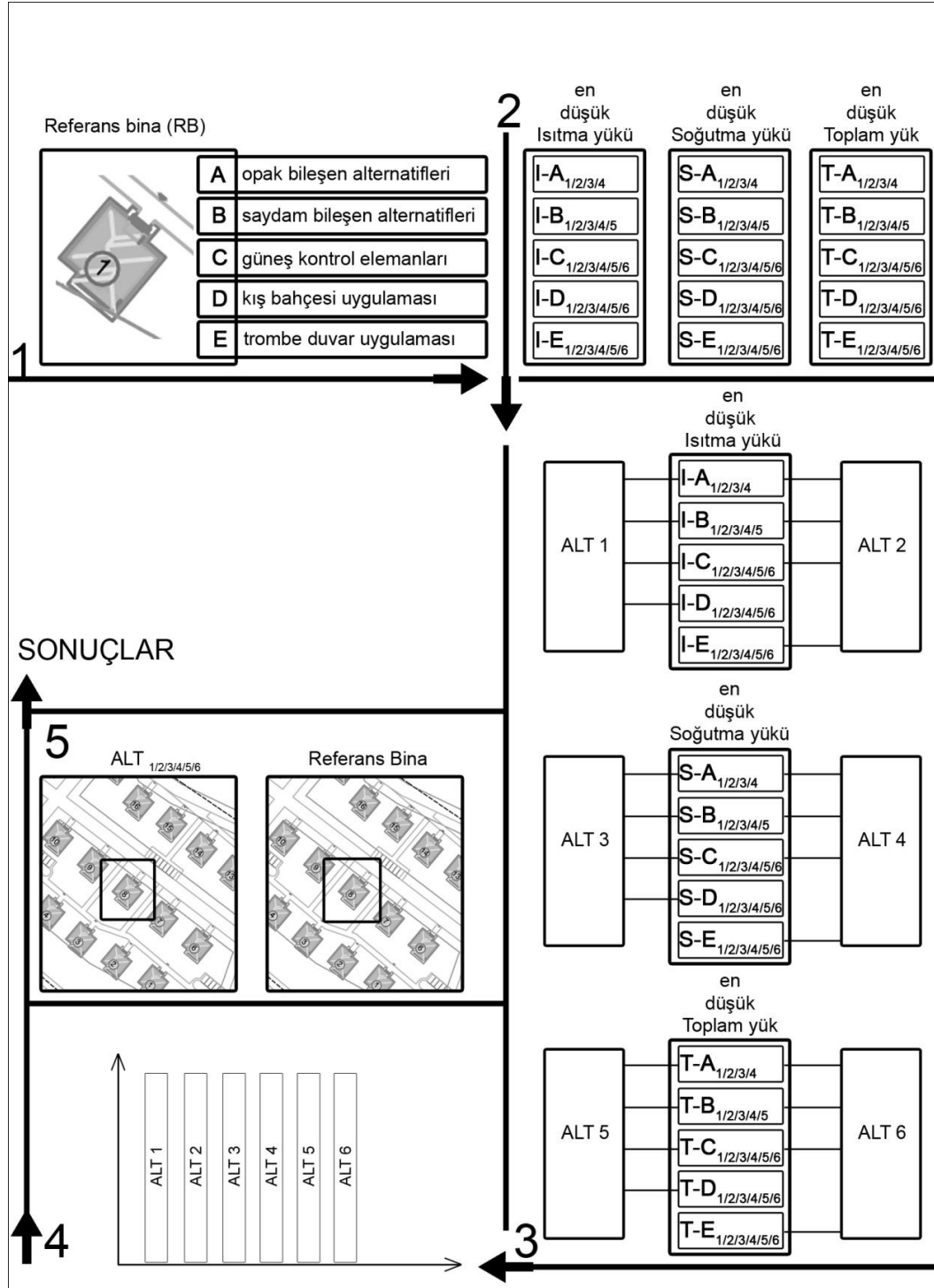
Tez kapsamında modellenen ve vaziyet yerleşimlerine göre enerji yükü açısından en düşük değeri sağlayan güneybatı yönlendirilişine sahip bina referans bina olarak seçilmiş ve uygulanacak alternatifler için yapılan hesaplama sonuçları referans bina için yapılan hesaplama sonuçları ile kıyaslanmıştır. Dış çevre ve yapma çevreye ilişkin veriler tüm hesaplamalar için sabit olarak korunmaktadır.

Simülasyon sonuçlarında program tarafından hesaplanan enerji yükleri yıllık ısıtma, soğutma ve toplam yük (ısıtma yükü + soğutma yükü) olarak 3 grupta kıyaslanmaktadır. Tez çalışması kapsamında diğer yükler ele alınmamıştır.

Uygulama çalışmasında izlenilen adımlar Şekil 4.13 'te şematik olarak ifade edilmiştir ve 6 ana başlık olarak aşağıda özetlenmiştir;

1. Referans binanın enerji performansının iyileştirilmesine yönelik geliştirilen enerji etkin yenileme önerilerinin uygulanması ve enerji yüklerinin hesaplanması
2. Yıllık toplam ısıtma yükü, soğutma yükü ve toplam yük sonuçlarından en düşük enerji yüklerini sağlayan alternatiflerin kıyaslanması
3. En düşük enerji yükleri sağlayan önerilerin gruplandırılarak alternatiflerin oluşturulması

4. Tüm yenileme alternatiflerinin birbirleri ile kıyaslanması
5. Referans bina ve en iyi sonuç elde edilen yenileme alternatifinin yapı adası içerisinde çevre binaların etkisi ile enerji yüklerinin yeniden hesaplanması
6. Sonuçların elde edilmesi ve değerlendirilmesi



Şekil 4.13 : Uygulama çalışmasında izlenen adımlar.

4.5.1 Farklı opak bileşenler ile bina kabuğu alternatifleri oluşturulması ve enerji yüklerinin kıyaslanması

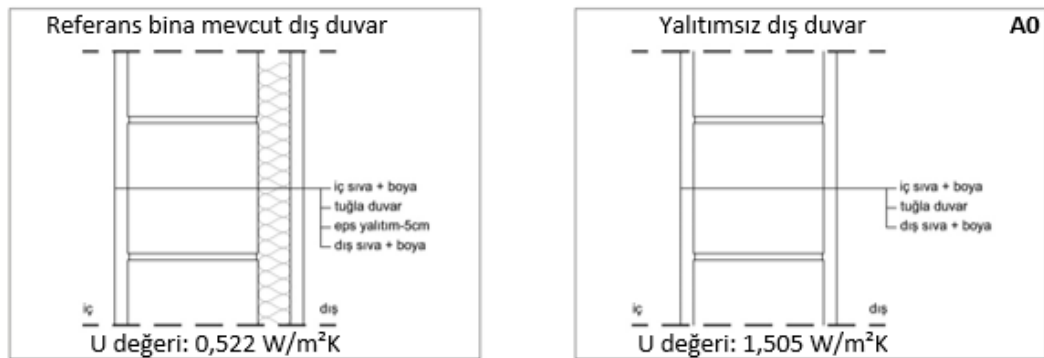
Bina kabuğu, binanın enerji verimliliğini ve ısı performansını etkileyen en önemli tasarım parametrelerinden biridir. Bu sebeple ısıtma ve soğutma yükleri açısından büyük önem taşımaktadır. Kabuğu oluşturan opak bileşenler; ana bileşen malzemelerin fiziksel özellikleri, oluşturulan katmanlar ile sağlanan ısı geçirgenlik katsayıları gibi kriterlere göre farklı enerji performansı gösterirler.

Güneş ışınları dış duvar ya da opak yüzeylere çarptığında enerjinin bir kısmı emilip ısıya dönüşürken geri kalanı dışarı yansıtılır (Goulding ve Lewis, 1993). Uygun ısı geçirgenlik katsayılarına göre doğru tasarlanmış bina kabuğu alternatifleri ile güneş ışınlarından elde edilen enerjinin kayıpları en aza indirgenebilir.

Bu adımda referans binanın ısı kazançlarını arttırmak ve ısı kayıplarını azaltmak amacıyla dış duvar katmanlarında alternatifler geliştirilmiştir. Isı yalıtım direnci artırılmış yeni dış duvar önerilerinin her birinin TSE 825'te 3.bölge için belirtilen Uduvar: 0,48 W/m²K sınır değerine uygunluğu teyit edilmiştir. Her bir alternatif için simülasyon yapılarak sayısal kıyaslama grafikleri oluşturulmuştur.

Tez çalışması kapsamında TOKİ Afyon Serban mevki Tarımköy projesi için önerilen opak bileşenler ile oluşturulmuş dış duvar bina kabuğu alternatifleri şu şekildedir;

- A0: yalıtımsız bina kabuğu alternatifi

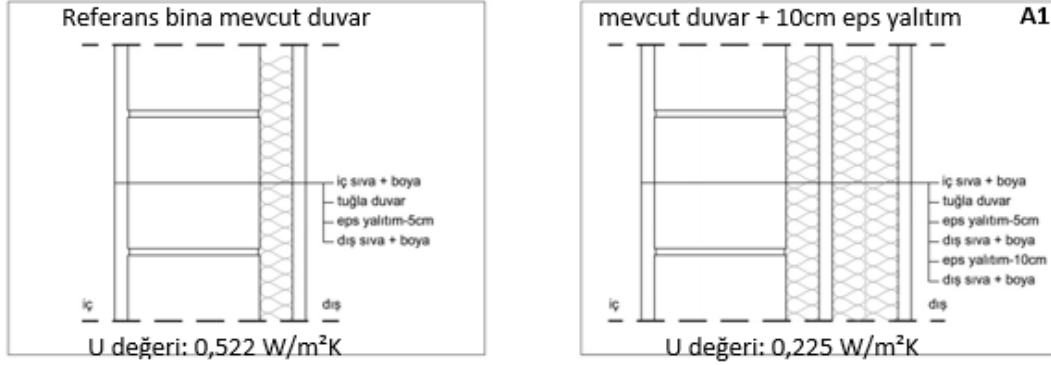


Şekil 4.14 : Yalıtımsız bina kabuğu alternatifi.

Mevcut binanın dış duvar katmanlarında 5cm eps yalıtım malzemesi bulunmaktadır. A0 alternatifi ile 5cm eps yalıtımının iptal edilerek binanın yalıtımsız olma durumdaki dış duvar katmanlaşması değerlendirilmiştir.

Mevcut binanın dış duvar ısı geçirme katsayısı $0,522 \text{ W/m}^2\text{K}$ iken yalıtımsız olma durumunda ısı geçirme katsayısı $1,505 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak hesaplanmaktadır.

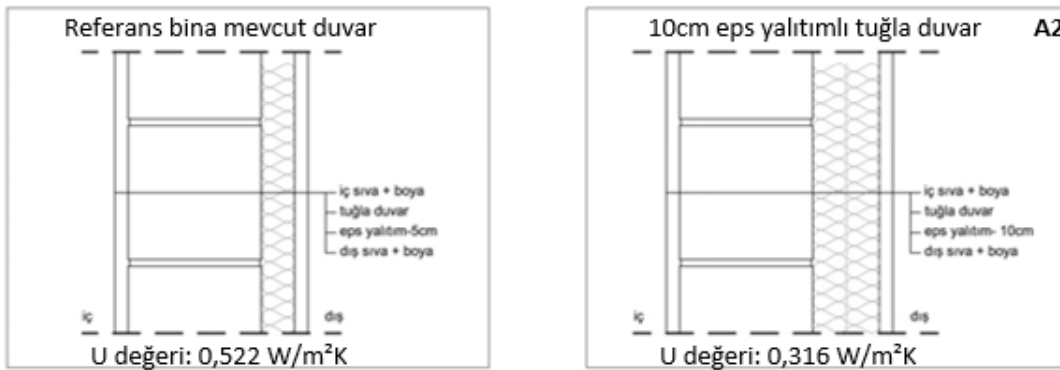
– A1: mevcut duvar + 10cm eps yalıtım



Şekil 4.15 : Mevcut duvar + 10cm eps yalıtım.

Mevcut binanın dış duvar katmanlaşmasına ek olarak 10cm eps yalıtım eklenerek yeni bir dış duvar alternatifi oluşturulmuştur. Yeni oluşturulan A1 duvar tipi ısı geçirme katsayısı, mevcut dış duvar ısı geçirme katsayısına göre yaklaşık yarı yarıya oranda fark göstermiştir. Mevcut binanın dış duvar ısı geçirme katsayısı $0,522 \text{ W/m}^2\text{K}$ iken 10cm eps yalıtım eklenmesi durumunda ısı geçirme katsayısı $0,225 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak hesaplanmaktadır.

– A2: 10cm eps yalıtımlı tuğla duvar

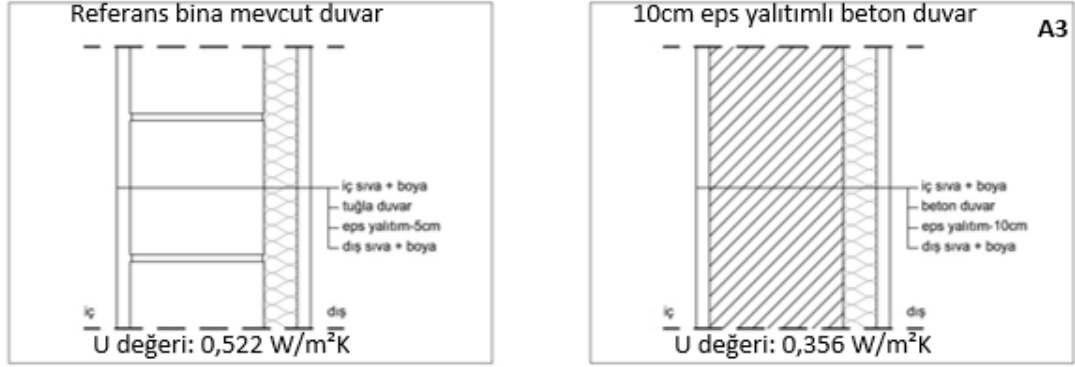


Şekil 4.16 : 10cm eps yalıtımlı tuğla duvar.

Mevcut bina dış duvar katmanlarında ısı yalıtımı 5cm eps olarak belirtilmektedir. A2 dış duvar kabuk alternatifinde, duvar ana bileşenleri değiştirmeden sadece ısı yalıtım katmanının kalınlığının arttırılması önerilmiştir. 5cm olan eps yalıtım iptal edilerek yine aynı katmanlaşma ile 10cm eps yalıtımlı yeni bir duvar alternatifi oluşturulmuştur. 10cm eps yalıtım ile oluşturulan A2 duvar alternatifi

ve mevcut binanın dış duvar katmanları ısı geçirme katsayıları kıyaslandığında referans bina olarak tanımlanan mevcut binanın dış duvar ısı geçirme katsayısı 0,522 W/m²K iken yeni oluşturulan A2 dış duvar alternatifi ısı geçirme katsayısı 0,316 W/m²K olarak hesaplanmaktadır.

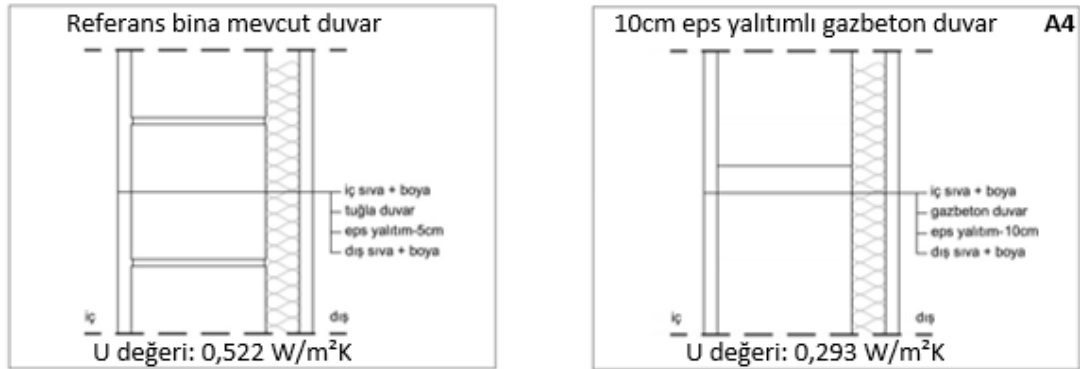
– A3: 10cm eps yalıtımlı beton duvar



Şekil 4.17 : 10cm eps yalıtımlı beton duvar.

Referans binada dış duvar ana bileşeni tuğladır. A3 alternatifinde bina kabuğu katmanlaşmasında herhangi bir değişiklik yapmadan sadece dış duvar ana malzemesi beton olarak önerilmiştir. Isı geçirme katsayıları kıyaslandığında mevcut binanın dış duvar ısı geçirme katsayısı 0,522 W/m²K iken aynı katmanlaşma ile beton duvar ısı geçirme katsayısı 0,356 W/m²K olarak hesaplanmaktadır.

– A4: 10cm eps yalıtımlı gaz beton duvar

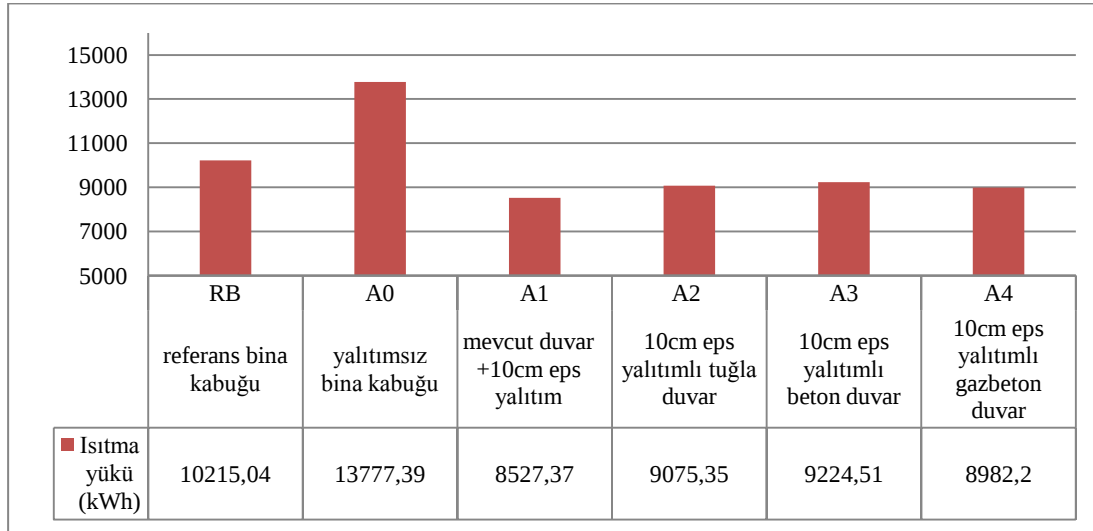


Şekil 4.18 : 10cm eps yalıtımlı gaz beton duvar.

A4 alternatifinde bina kabuğu katmanlaşmasında herhangi bir değişiklik yapmadan yalnızca dış duvar ana malzemesi gaz beton olarak önerilmiştir.

Isı geçirime katsayıları kıyaslandığında mevcut binanın dış duvar ısı geçirime katsayısı 0,522 W/m²K iken aynı katmanlaşma ile gaz beton duvar ısı geçirime katsayısı 0,293 W/m²K olarak hesaplanmaktadır.

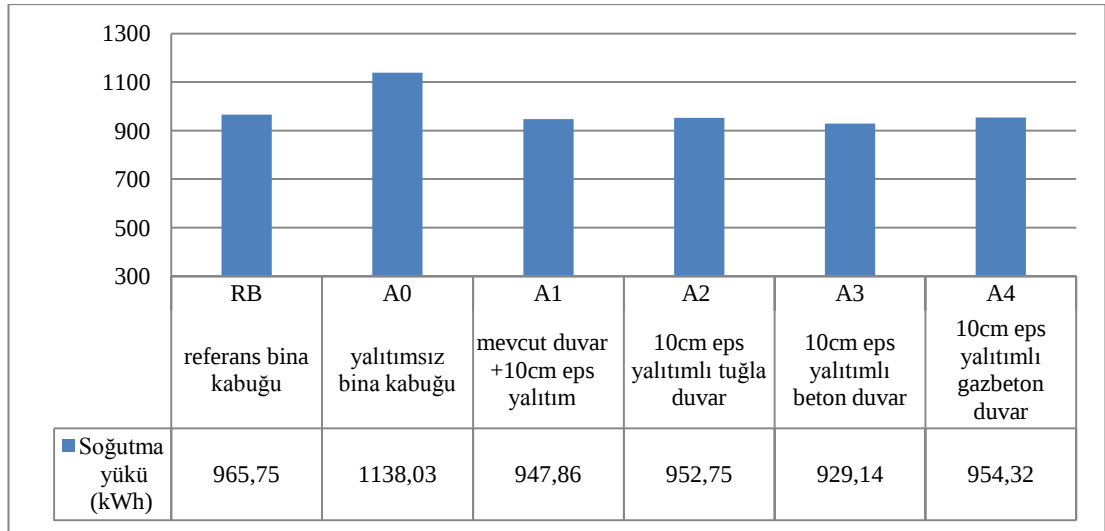
Tez çalışması kapsamında önerilen opak bileşen alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam ısıtma yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.19 'da verilmiştir.



Şekil 4.19 : Farklı opak bileşen alternatifleri için ısıtma yükü sonuçları.

Farklı opak bileşenler ile oluşturulan bina kabuğu alternatifleri arasından yıllık en düşük ısıtma yükü, mevcut binanın dış duvar katmanlaşmasına eklenen 10cm eps yalıtımlı bina kabuğu A1 alternatifi ile sağlanmaktadır. Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam ısıtma yükü 10215,04 kWh iken, A1 alternatifi ile binanın yıllık toplam ısıtma yükü 8527,37 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek ısıtma yüküne sahip alternatif ise duvar ana malzemesi beton olarak önerilen 10cm eps yalıtımlı A3 alternatifidir. Yıllık toplam ısıtma yükü 9224,51 kWh olarak hesaplanan A3 alternatifi ısıtma yükü bakımından mevcut bina dış duvar katmanından daha verimlidir.

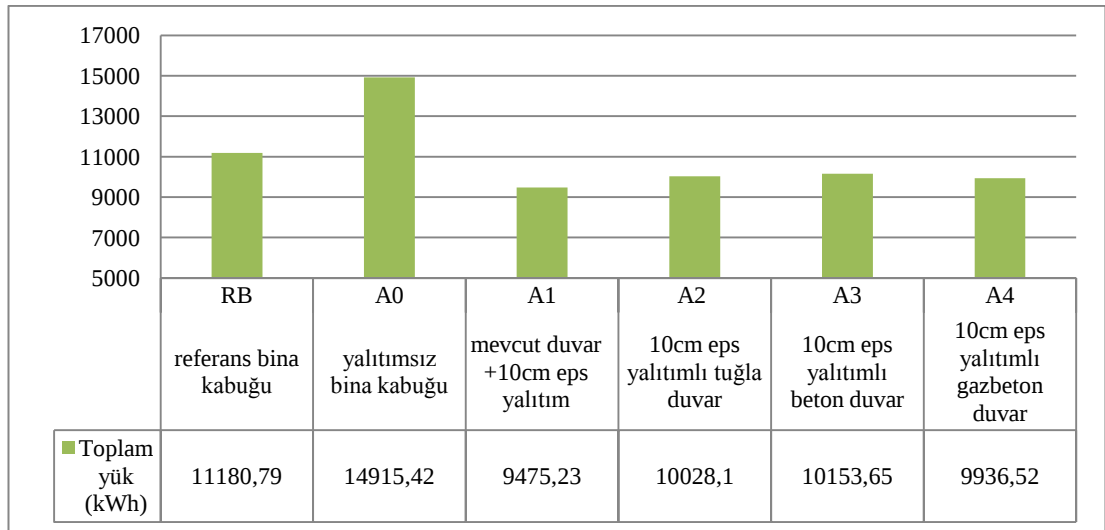
Önerilen opak bileşen alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam soğutma yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.20 'de verilmiştir.



Şekil 4.20 : Farklı opak bileşen alternatifleri için soğutma yükü sonuçları.

Farklı opak bileşenler ile oluşturulan bina kabuğu alternatifleri arasından yıllık en düşük toplam soğutma yükü, duvar ana malzemesi beton olarak önerilen 10cm eps yalıtımlı A3 alternatifi ile sağlanmaktadır. Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam soğutma yükü 965,75 kWh iken, A3 alternatifi ile binanın yıllık toplam soğutma yükü 929,14 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek soğutma yüküne sahip alternatif ise duvar ana malzemesi gaz beton olarak önerilen 10cm eps yalıtımlı A4 alternatifidir. Yıllık toplam soğutma yükü 954,32 kWh olarak hesaplanan A4 alternatifi soğutma yükü bakımından mevcut bina katmanından daha verimlidir.

Önerilen opak bileşen alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.21 'de verilmiştir.



Şekil 4.21 : Farklı opak bileşen alternatifleri için toplam yük sonuçları.

Farklı opak bileşenler ile oluşturulan bina kabuğu alternatifleri arasından yıllık en düşük toplam yük değeri, mevcut bina kabuğuna eklenen 10cm eps yalıtımlı bina kabuğu olan A1 alternatifi ile sağlanmaktadır. Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam yükü 11180,79 kWh iken, A1 alternatifi ile binanın yıllık toplam yükü 9475,23 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek toplam yük değerine sahip alternatif ise duvar ana malzemesi beton olarak önerilen 10cm eps yalıtımlı A3 alternatifidir. Yıllık toplam yükü 10153,65 kWh olarak hesaplanan A3 alternatifi toplam yük bakımından mevcut bina dış duvar katmanından daha verimlidir.

Çizelge 4.4 'te belirtilen tabloda, önerilen bina kabuğu alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu binanın yıllık toplam ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri, mevcut uygulama projesi olan referans bina ve binanın yalıtımsız olma durumu ile kıyaslanarak farklılıklar yüzdelik oranlarla ifade edilmiştir. Negatif değerler uygulanan alternatifi bina enerji performansını iyileştirdiği anlamına gelmektedir. Pozitif değerler ise binanın alternatif uygulanmadan önceki enerji performansından daha yetersiz sonuç verdiğini göstermektedir. Diğer bir deyişle negatif değerler, uygulanan alternatifler ile enerji yüklerindeki yüzdesel düşüşü, pozitif değerler ise artışı göstermektedir.

Çizelge 4.4 : Farklı opak bileşen alternatifleri enerji yükleri.

Opak bileşen alternatifleri	Isıtma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Soğutma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Toplam yük (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark
A0-Yalıtımsız bina kabuğu	13777,39	34,87%	-	1138,03	17,84%	-	14915,42	33,40%	-
A1-Mevcut duvar +10cm eps yalıtım	8527,37	-16,52%	-38,11%	947,86	-1,85%	-16,71%	9475,23	-15,25%	-36,47%
A2-10cm eps yalıtımlı tuğla duvar	9075,35	-11,16%	-34,13%	952,75	-1,35%	-16,28%	10028,1	-10,31%	-32,77%
A3-10cm eps yalıtımlı beton duvar	9224,51	-9,70%	-33,05%	929,14	-3,79%	-18,36%	10153,65	-9,19%	-31,93%
A4-10cm eps yalıtımlı gazbeton duvar	8982,2	-12,07%	-34,80%	954,32	-1,18%	-16,14%	9936,52	-11,13%	-33,38%
RB-Referans bina	10215,04	-	-	965,75	-	-	11180,79	-	-

4.5.2 Saydam bileşen alternatiflerinin oluşturulması ve enerji yüklerinin kıyaslanması

Binaların güneş ışıınımı almadığı dönemlerde ısıtma yüklerini, binaların fazla güneş ışıınımına maruz kaldığı dönemlerde ise soğutma yüklerini arttırması sebebiyle saydam bileşenler binanın enerji performansını büyük ölçüde etkilemektedir (Tıkır, 2009). Dış ortam ile direkt olarak etkileşim sağlanabilmesi ve binadaki doğal havalandırma sirkülasyonunu etkileyerek binaların ısıtma ve soğutma yüklerini etkilemesi sebebiyle, saydam bileşenlerin enerji etkin tasarım kriterlerine uygun tasarlanması önemlidir.

Saydam bileşenlerin en önemli tasarım kriteri, farklı iklim bölgesine göre katmanlaşma ve malzeme çeşitliliği gösteren cam sistemleridir. Günümüzde tek cam kullanımları çok yaygın olmamakla birlikte, saydam bileşenlerden sağlanan ısı kazanç ve kayıplarının ihmal edilebileceği durumlarda kullanılmaktadır (Karakurt, 2008). Cam sistemleri ısı performans açısından değerlendirildiğinde; üç ve dört katmanlı cam sistemleri çift katmanlı sistemlere göre ısı performans açısından daha iyi iken, çift katmanlı cam sistemleri ise tek katmanlı sistemlere göre daha iyi performans göstermektedir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan çift katmanlı cam sistemleridir (Yurttakal, 2007).

Tez çalışması kapsamında ele alınan referans binanın mevcut pencere doğrama malzemesi PVC olup, cam bileşenleri ise 4mm berrak cam ve 16mm ara boşluklu çift cam sistemidir. Design Builder programında hesaplanan Up değeri: 2,715 W/m²K 'dir. Çalışmanın bulunduğu bölge olan Afyon için TSE 825'te belirtilen Up değeri: 1,8 W/m²K 'dir. Binanın doğrama malzemesi PVC sabit tutularak, cam türleri ve birleşimlerinde öneriler geliştirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında TOKİ Afyon Serban mevki Tarımköy projesi için önerilen saydam bileşen alternatifleri şu şekildedir;

- B1: çift cam low-E berrak cam; argon gazı dolgulu 3mm/13mm

3mm low-E berrak cam türü ve 13mm argon gazı dolgusu ile oluşturulan 2 katmanlı cam sistemidir.

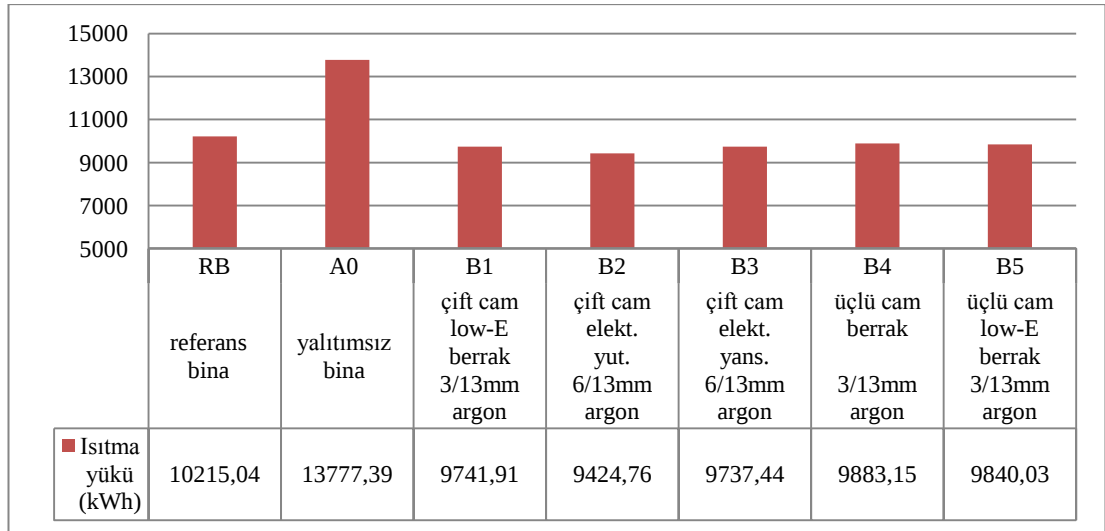
- B2: çift cam; elektronik yutucu özellikli, argon gazı dolgulu 6mm/13mm
6mm elektronik yutucu özellikli cam türü ve 13mm argon gazı dolgusu ile oluşturulan 2 katmanlı cam sistemidir.
- B3: çift cam; elektronik yansıtıcı özellikli, argon gazı dolgulu 6mm/13mm
6mm elektronik yansıtıcı özellikli cam türü ve 13mm argon gazı dolgu ile oluşturulan 2 katmanlı cam sistemidir.
- B4: üçlü berrak cam; argon gazı dolgulu 3mm/13mm
3mm berrak cam türü ve 13mm argon gazı dolgusu ile oluşturulan 3 katmanlı cam sistemidir.
- B5: üçlü low-E berrak cam; argon gazı dolgulu 3mm/13mm
3mm low-E berrak cam türü ve 13mm argon gazı dolgusu ile oluşturulan 3 katmanlı cam sistemidir.

Çizelge 4.5 : Saydam bileşen alternatifleri U değerleri.

Saydam bileşen alternatifleri	Isı geçirme katsayısı U_p (W/m ² K)
B1-Çift cam low-E berrak cam argon gazı dolgulu 3mm/13mm	1,512
B2-Çift cam elektronik yutucu özellikli argon gazı dolgulu 6mm/13mm	1,493
B3-Çift cam elektronik yansıtıcı özellikli argon gazı dolgulu 6mm/13mm	1,493
B4-Üçlü berrak cam argon gazı dolgulu 3mm/13mm	1,62
B5-Üçlü low-E berrak cam argon gazı dolgulu 3mm/13mm	1,058
RB-Çift cam berrak boşluklu 4mm/16mm	2,715

Çalışmada önerilen cam sistemlerinin U_p değerleri Çizelge 4.5 ‘de belirtilmiştir. Çok katmanlı cam sistemlerinde ısı geçirme katsayısı U_p ; bileşenlerin katman sayısı ve aralarındaki boşluk, seçilen cam türleri ve ara dolgu malzemesinin türüne göre değişmektedir. Dolayısıyla çok katmanlı cam sistemlerinde, farklı dolgu gazları farklı cam türü bileşenleri ile kombine edilerek oluşturulan alternatiflerin ısı geçirme katsayıları farklılık göstermektedir.

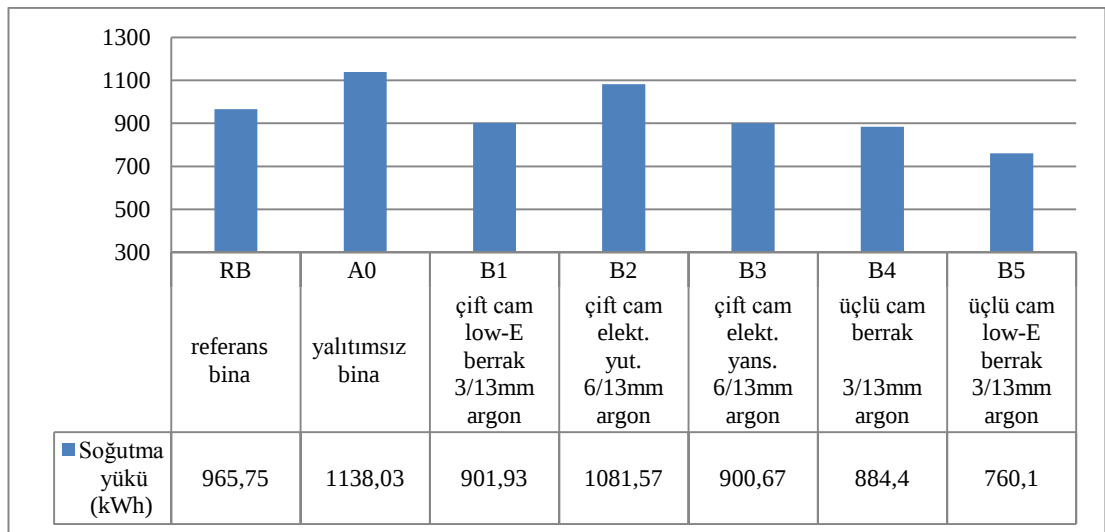
Tez çalışması kapsamında önerilen saydam bileşen alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam ısıtma yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.22’ de verilmiştir.



Şekil 4.22 : Saydam bileşen alternatifleri ısıtma yükü sonuçları.

Saydam bileşen alternatifleri ile yıllık en düşük toplam ısıtma yükü, 6mm elektronik yutucu özellikli cam ve 13mm argon gazı dolgusundan 2 katmanlı cam sistemi olan B2 alternatifi ile sağlanmaktadır. Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam ısıtma yükü 10215,04 kWh iken, B2 alternatifi ile binanın yıllık toplam ısıtma yükü 9424,76 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek ısıtma yüküne sahip alternatif ise berrak cam ve 13mm argon gazı dolgulu 3 katmanlı cam sistemi olan B4 alternatiftir. Yıllık toplam ısıtma yükü 9883,15 kWh olarak hesaplanan B4 alternatifi ısıtma yükü bakımından mevcut bina bileşenlerinden daha verimlidir.

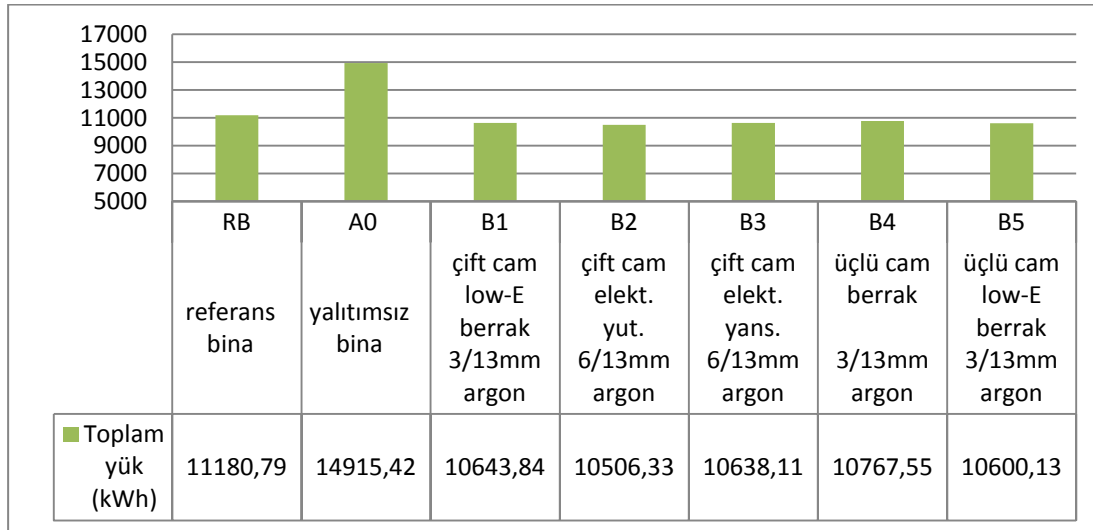
Önerilen saydam bileşen alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam soğutma yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.23 'te verilmiştir.



Şekil 4.23 : Saydam bileşen alternatifleri soğutma yükü sonuçları.

Saydam bileşen alternatifleri ile yıllık en düşük toplam soğutma yükü, 3mm low-E berrak cam ve 13mm argon gazı dolgusundan oluşan 3 katmanlı cam sistemi olan B5 alternatifi ile sağlanmaktadır. Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam soğutma yükü 965,75 kWh iken, B5 alternatifi ile binanın yıllık toplam soğutma yükü 760,10 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek soğutma yüküne sahip alternatif ise 6mm elektronik yutucu özellikli cam ve 13mm argon gazı dolgusundan 2 katmanlı cam sistemi olan B2 alternatiftir. Yıllık toplam soğutma yükü 1081,57 kWh olarak hesaplanan B2 alternatifi soğutma yükü bakımından mevcut bina saydam bileşenlerinden daha düşük verimlilik sağlamaktadır.

Önerilen saydam bileşen alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.24 'te verilmiştir.



Şekil 4.24 : Saydam bileşen alternatifleri toplam yük sonuçları.

Saydam bileşen alternatifleri ile yıllık en düşük toplam yük değeri, 6mm elektronik yutucu özellikli cam ve 13mm argon gazı dolgusundan oluşan 2 katmanlı cam sistemi olan B2 alternatifi ile sağlanmaktadır. Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam yükü 11180,79 kWh iken, B2 alternatifi ile binanın yıllık toplam yükü 10506,33 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek toplam yük değerine sahip alternatif ise berrak cam ve 13mm argon gazı dolgulu 3 katmanlı cam sistemi olan B4 alternatiftir. Yıllık toplam yükü 10767,55 kWh olarak hesaplanan B4 alternatifi toplam yük bakımından mevcut bina saydam bileşenlerinden daha verimlidir.

Çizelge 4.6 'da belirtilen tabloda, önerilen saydam bileşen alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu binanın yıllık toplam ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri,

mevcut uygulama projesi olan referans bina ve binanın yalıtımsız olma durumu ile kıyaslanarak farklılıklar yüzdelik oranlarla ifade edilmiştir. Negatif değerler uygulanan alternatifin bina enerji performansını iyileştirdiği anlamına gelmektedir. Pozitif değerler ise binanın alternatif uygulanmadan önceki enerji performansından daha yetersiz sonuç verdiğini göstermektedir. Diğer bir deyişle negatif değerler, uygulanan alternatifler ile enerji yüklerindeki yüzdesel düşüşü, pozitif değerler ise artışı göstermektedir.

Çizelge 4.6 : Saydam bileşen alternatifleri enerji yükleri.

Saydam bileşen alternatifleri	Isıtma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Soğutma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Toplam yük (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark
A0-Yalıtımsız bina	13777,39	-	-	1138,03	-	-	14915,42	-	-
B1-Çift cam low-E berrak cam argon gazı dolgulu 3mm/13mm	9741,91	-4,63%	-29,29%	901,93	-6,61%	-20,75%	10643,84	-4,80%	-28,64%
B2-Çift cam elektronik yutucu özellikli argon gazı dolgulu 6mm/13mm	9424,76	-7,74%	-31,59%	1081,57	11,99%	-4,96%	10506,33	-6,03%	-29,56%
B3-Çift cam elektronik yansıtıcı özellikli argon gazı dolgulu 6mm/13mm	9737,44	-4,68%	-29,32%	900,67	-6,74%	-20,86%	10638,11	-4,85%	-28,68%
B4-Üçlü berrak cam argon gazı dolgulu 3mm/13mm	9883,15	-3,25%	-28,27%	884,4	-8,42%	-22,29%	10767,55	-3,70%	-27,81%
B5-Üçlü low-E berrak cam argon gazı dolgulu 3mm/13mm	9840,03	-3,67%	-28,58%	760,1	-21,29%	-33,21%	10600,13	-5,19%	-28,93%
RB-Referans bina	10215,04	-	-	965,75	-	-	11180,79	-	-

4.5.3 Güneş kontrol elemanlarının binaya entegrasyonu ve enerji yüklerinin kıyaslanması

Enerji etkin bina tasarımlarında güneş ışınlımından yararlanmak en temel kriterdir. Güneş ışınlımından elde edilen enerji ısıtma yüklerinde büyük ölçüde yarar sağlarken, soğutma yükleri açısından da kontrol edilebilir olmalıdır. Bu sebeple binalara güneş

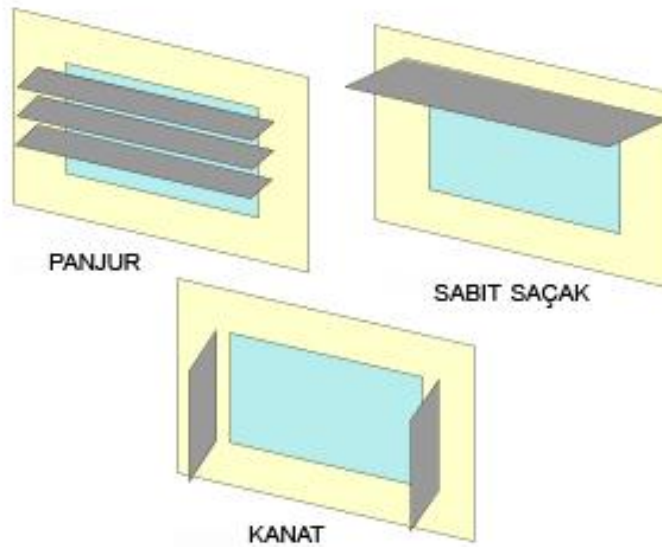
kontrol elemanları uygulanarak ısıtma yüklerine sağlanacak fayda ile birlikte fazla ısınmaya sebep olacak zarar da denetlenebilir.

Güneş kontrol elemanları, binanın bulunduğu iklim bölgesi, binanın konumu ve yönelimi gibi enerji etkin tasarım parametrelerine bağlı olarak farklılaşabilir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan güneş kontrol elemanları aşağıda belirtilmiştir:

- Cepheye uygulanan sabit elemanlar; Saçaklar, düşey kanatlar, panjurlar, kepenkler
- Cepheye uygulanan hareketli elemanlar; panjurlar, tenteler, jaluziler, storlar
- İç mekâna uygulanan hareketli elemanlar; perde, stor, jaluzi
- Çift cam sistemine entegre edilen elemanlar; iki cam arası jaluziler

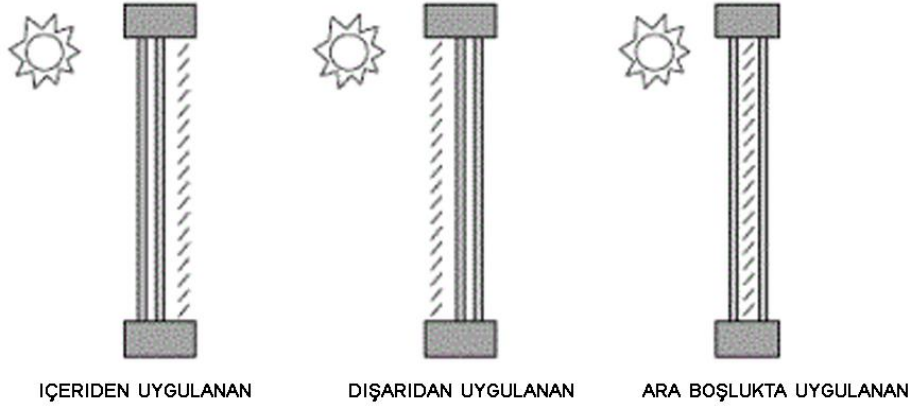
Design Builder programı içeriğinde güneş kontrol elemanları 2 ayrı kategoride ele alınmıştır;

- Binaya lokal olarak entegre edilen sistemler; %100 opak malzemelerden oluşan sabit saçak, panjur ve kanatlardır (Şekil 4.25).



Şekil 4.25 : Entegre güneş kontrol elemanları (Url-8).

- Pencereleere entegre edilen sistemler; jaluzi sistemleri ve saydam yalıtım uygulamalarıdır. Bu sistem 3 farklı yerleşim ile saydam bileşenlere entegre edilebilir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26 : Saydam yatılım uygulamaları (Url-8).

Güneş kontrol elemanları uygulamaları kıyaslandığında içeriden uygulanan sistemlerin kullanıcı tarafından daha çok tercih edildiği ve daha avantajlı olduğu görülmektedir. Binanın enerji performansına olan katkısı değerlendirildiğinde ise dışarıdan uygulanan sistemlerin daha verimli olduğu görülmektedir. Dışarıdan uygulanan güneş kontrol elemanları güneş ışınımının bir kısmını yansıtarak fazla ısınmaya karşı önlem oluşturur. Fakat yine de güneş kontrol elemanları uygulama şekilleri ve malzeme türleri ile ısı performans açısından farklılık göstermektedir.

Tez çalışması kapsamında TOKİ Afyon Serban mevki Tarımköy projesi için önerilen, bina cephesinde farklı yerleşim ve farklı sistemlerle kombine edilmiş güneş kontrol elemanları alternatifleri aşağıda açıklanmıştır:

- C1: güney cephesine uygulanan sabit saçak

Binanın güney cephesinde bulunan saydam bileşenlere sabit saçak eklenerek oluşturulmuş alternatiftir. Pencerenin üst hizasına entegre edilen saçaklar herhangi bir koşula bağlı kalmaksızın gölgeleme sağlamaktadır.

- C2: doğu ve batı cephesine uygulanan sabit saçak

Binanın doğu ve batı cephelerine sabit saçak eklenerek oluşturulmuş alternatiftir.

- C3: tüm cephelere uygulanan iç saydam yalıtım

Binanın tüm cephelerindeki saydam bileşenlere entegre edilmiş, içerden uygulanan saydam yalıtım sistemidir.

- C4: tüm cephelere uygulanan dış saydam yalıtım

Binanın tüm cephelerindeki saydam bileşenlere entegre edilmiş, dışarıdan uygulanan saydam yalıtım sistemidir.

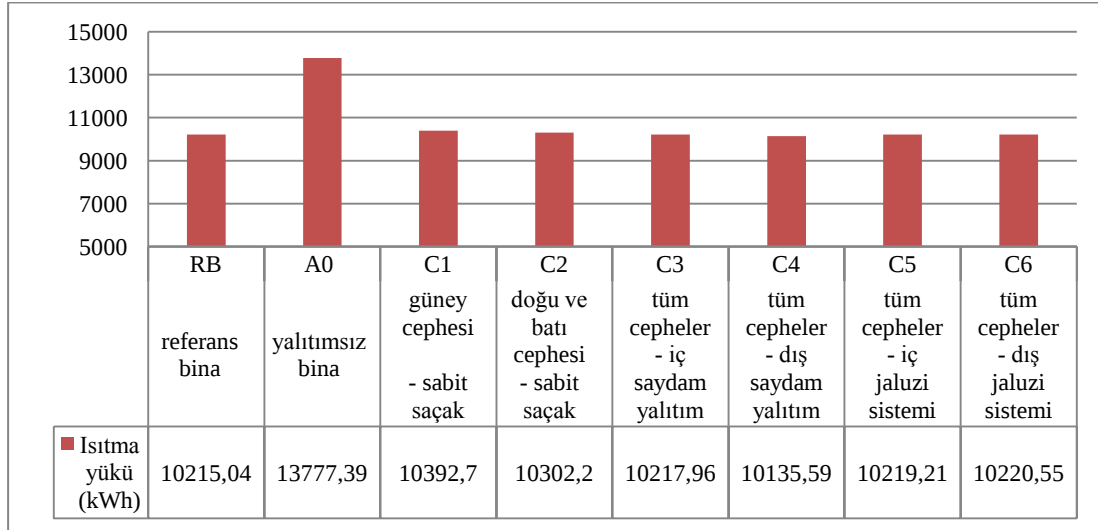
- C5: tüm cephelere uygulanan iç jaluzi sistemi

Binanın tüm cephelerindeki saydam bileşenlere entegre edilmiş, içerden uygulanan jaluzi sistemidir. Bu sistem için, programda tanımlı olan aktivite şablonları kullanılmıştır. Soğutma dönemleri için enerji yüklerini azaltmak amacıyla; iç ortam sıcaklığı 24 °C ‘yi aşması halinde güneş ışınımından yararlanılan gündüz saatlerinde jaluzilerin kapalı olacağı kabul edilmiştir.

- C6: tüm cephelere uygulanan dış jaluzi sistemi

Binanın tüm cephelerindeki saydam bileşenlere entegre edilmiş, dışarıdan uygulanan jaluzi sistemidir. Enerji hesaplamalarında, içerden uygulanan jaluzi sisteminde olduğu gibi iç ortam sıcaklığı 24 °C ‘yi aşması halinde güneş ışınımından yararlanıldığı, gündüz saatlerinde jaluzilerin kapalı olacağı kabul edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında önerilen güneş kontrol elemanları alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam ısıtma yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.27 ‘de verilmiştir.

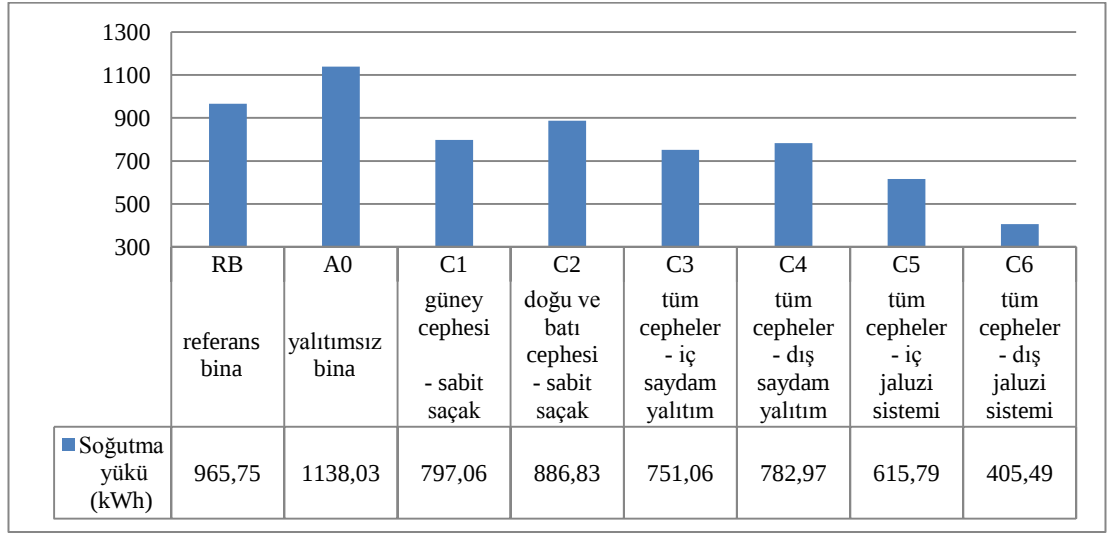


Şekil 4.27 : Güneş kontrol eleman alternatifleri ısıtma yükü sonuçları.

Güneş kontrol elemanları alternatifleri ile yıllık en düşük toplam ısıtma yükü, tüm cephelere dışarıdan uygulanan saydam yalıtım sistemi olan C4 alternatifi ile sağlanmaktadır. Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam ısıtma yükü

10215,04 kWh iken, C4 alternatifi ile binanın yıllık toplam ısıtma yükü 10135,59 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek ısıtma yüküne sahip alternatif ise sadece güney cephesine uygulanan sabit saçak sistemi olan C1 alternatifidir. Yıllık toplam ısıtma yükü 10392,7 kWh olarak hesaplanan C1 alternatifi mevcut binanın yıllık ısıtma yükü ile kıyaslandığında daha düşük verimlilik sağlamaktadır.

Önerilen güneş kontrol elemanları alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam soğutma yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.28’ de verilmiştir.

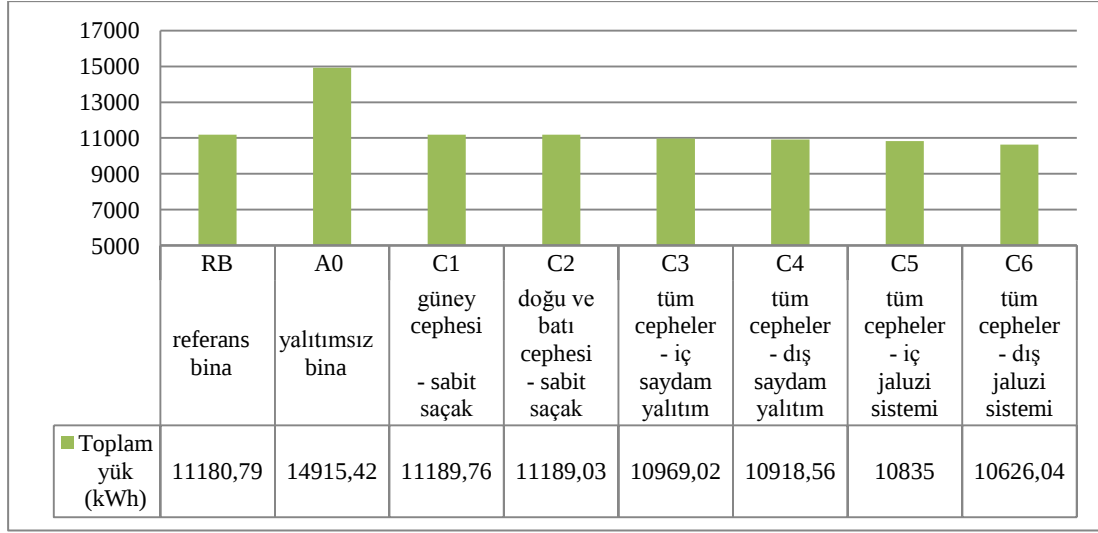


Şekil 4.28 : Güneş kontrol eleman alternatifleri soğutma yükü sonuçları.

Güneş kontrol elemanları alternatifleri ile yıllık en düşük toplam soğutma yükü, tüm cephelere dışarıdan uygulanan jaluzi sistemi olan C6 alternatifi ile sağlanmaktadır.

Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam soğutma yükü 965,75 kWh iken, C6 alternatifi ile binanın yıllık toplam soğutma yükü 405,49 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek soğutma yüküne sahip alternatif ise doğu ve batı cephelerine uygulanan sabit saçak sistemi olan C2 alternatifidir. Yıllık toplam soğutma yükü 886,83 kWh olarak hesaplanan C2 alternatifi soğutma yükü bakımından mevcut binadan daha verimlidir.

Önerilen güneş kontrol elemanları alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.29 ‘da verilmiştir.



Şekil 4.29 : Güneş kontrol eleman alternatifleri toplam yük sonuçları.

Güneş kontrol elemanları alternatifleri ile yıllık en düşük toplam yük değeri, tüm cephelere dışarıdan uygulanan jaluzi sistemi olan C6 alternatifi ile sağlanmaktadır.

Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam yükü 11180,79 kWh iken, C6 alternatifi ile binanın yıllık toplam yükü 10626,04 kWh olarak hesaplanmaktadır.

En yüksek toplam yük değerine sahip alternatif ise sadece güney cephesine uygulanan sabit saçak sistemi olan C1 alternatifi. Yıllık toplam yükü 11189,76 kWh olarak hesaplanan C1 alternatifi mevcut binanın yıllık toplam yükü ile kıyaslandığında daha düşük verimlilik sağlamaktadır.

Çizelge 4.5 ‘te belirtilen tabloda, önerilen güneş kontrol elemanları alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu binanın yıllık toplam ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri, mevcut uygulama projesi olan referans bina ve binanın yalıtımsız olma durumu ile kıyaslanarak farklılıklar yüzdelik oranlarla ifade edilmiştir. Negatif değerler uygulanan alternatifi binanın enerji performansını iyileştirdiği anlamına gelmektedir. Pozitif değerler ise binanın alternatif uygulanmadan önceki enerji performansından daha yetersiz sonuç verdiğini göstermektedir. Diğer bir deyişle negatif değerler, uygulanan alternatifler ile enerji yüklerindeki yüzdesel düşüşü, pozitif değerler ise artışı göstermektedir.

Çizelge 4.7 : Güneş kontrol elemanları enerji yükleri.

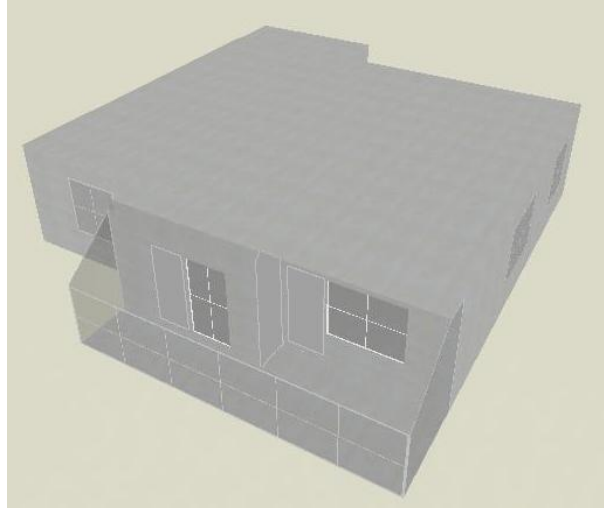
Güneş kontrol elemanları	Isıtma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Soğutma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Toplam yük (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark
A0-Yalıtımsız bina	13777,39	-	-	1138,03	-	-	14915,42	-	-
C1-Güney cephesine uygulanan sabit saçak	10392,7	1,74%	-24,57%	797,06	-17,47%	-29,96%	11189,76	0,08%	-24,98%
C2-Doğu ve batı cephesine uygulanan sabit saçak	10302,2	0,85%	-25,22%	886,83	-8,17%	-22,07%	11189,03	0,07%	-24,98%
C3-Tüm cephelere uygulanan iç saydam yalıtım	10217,96	0,03%	-25,84%	751,06	-22,23%	-34,00%	10969,02	-1,89%	-26,46%
C4-Tüm cephelere uygulanan dış saydam yalıtım	10135,59	-0,78%	-26,43%	782,97	-18,93%	-31,20%	10918,56	-2,35%	-26,80%
C5-Tüm cephelere uygulanan iç jaluzi sistemi	10219,21	0,04%	-25,83%	615,79	-36,24%	-45,89%	10835	-3,09%	-27,36%
C6-Tüm cephelere uygulanan dış jaluzi sistemi	10220,55	0,05%	-25,82%	405,49	-58,01%	-64,37%	10626,04	-4,96%	-28,76%
RB-Referans bina	10215,04	-	-	965,75	-	-	11180,79	-	-

4.5.4 Kış bahçesi uygulaması ve enerji yüklerinin kıyaslanması

Kış bahçeleri güneş ışınlamından doğrudan enerji kazancı sağlayan bir sistemdir. Binaya sonradan entegre edilebilen kış bahçeleri, güneş odaları ya da kullanım detayına göre sera olarak da çeşitlendirilebilmektedir. Yapının güney cephesine konumlandırılan, inşaat sırasında ya da sonrasında cam yüzeyler ile çevrelenmiş bu alanlar sayesinde doğrudan gelen güneş ışınlarından elde edilen ısı, iç mekânlara iletilir. Binalarda kış bahçesi tasarımları ile ek yaşam alanları oluşturularak sera yapılmasına olanak sağlanmaktadır ve seralar binanın enerji performansını büyük ölçüde etkilemektedir (Yöre, 2007).

Kış bahçeleri bulunduğu iklim bölgesine göre farklı şekillerde tasarlanabilir. Ayırıştırılmış alan olarak binanın dışında veya içinde, bir cephenin saydam bileşenler kaplanmasıyla oluşturulabilir. Güneş ışınlamının çarptığı iç yüzey doğrudan ısıнын depolanmasını sağlar ve depolayıcı duvarlar olarak tanımlanmaktadır. Isının komşu alanlara iletilmesi için farklı yapı malzemelerini içeren duvarlar kullanılmaktadır.

Kış bahçesi uygulamasının yapıldığı binalarda ısı yalıtımının doğru yapılamaması enerji kayıplarına neden olmaktadır (Wachberger, 1988). Bu sebeple gün batımı sonrasında ısı kayıplarının fazla olmaması için soğuk iklim bölgelerinde çift cam sistemi uygulanmaktadır. Kış bahçesi uygulamasının ısıl performansını etkileyen değişkenlerin fazla olması, uygulamalarda istenilen enerji performansının sağlanamamasına sebep olmaktadır. Doğru tasarım parametreleri kullanılmadan tasarlanan kış bahçesi uygulamalarında, yaz aylarında gündüz soğutma yüklerinin, kış aylarında ise gece ısıtma yüklerinin artmasına sebep olmaktadır. Sera ve bitki yetiştirme olarak kullanılan kış bahçelerinde nem, koku, böcek, sulama ve drenaj problemlerinin çözülmesi gerekmektedir (Steven, 1998). Tez çalışması kapsamında TOKİ Afyon Serban mevki Tarımköy projesi için önerilen, farklı yapı malzemeleri ve farklı bileşenler ile kombine edilmiş kış bahçesi uygulama alternatifleri aşağıda açıklanmıştır:



Şekil 4.30 : Mevcut binaya kış bahçesi eklenmesi.

- D1: mevcut binaya kış bahçesi eklenmesi

Binanın tüm sistem ve bileşenleri aynı şekilde korunarak, güneybatı cephesine kış bahçesi eklenmiştir (Şekil 4.30). Kış bahçesi saydam bileşeni; 3mm low-E berrak cam ve 13mm argon gazı dolgusundan oluşan 2 katmanlı cam sistemidir.

- D2: mevcut depolayıcı duvardaki saydam bileşenlerin yenilenmesi

Binanın güneybatı cephesine eklenen kış bahçesi uygulaması ile binanın mevcut dış duvarları depolayıcı duvar görevi görmektedir. Mevcut projede

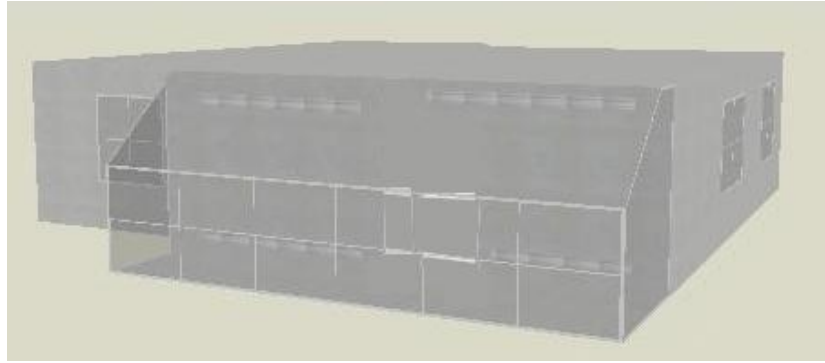
bulunan saydam bileşen türü PVC doğrama, pencere bileşenleri ise 4mm berrak cam ve 16mm ara boşluklu çift cam sistemidir. D2 alternatifi kapsamında, pencere bileşenlerinin 3mm low-E berrak cam ve 13mm argon gazı dolgusundan oluşan 2 katmanlı cam sistemi ile yenilenmesi önerilmektedir.

- D3: mevcut depolayıcı duvardaki opak ve saydam bileşenlerin yenilenmesi

D2 alternatifine ek olarak binanın güneybatı cephesi opak bileşen ana malzemesinin de yenilenmesi önerilmektedir. Oluşturulan d3 alternatifinde, depolayıcı duvar opak bileşen malzemesi gaz beton, saydam bileşen ise 3mm low-E berrak cam ve 13mm argon gazı dolgusundan oluşan 2 katmanlı cam sistemidir.

- D4: menfezli depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması

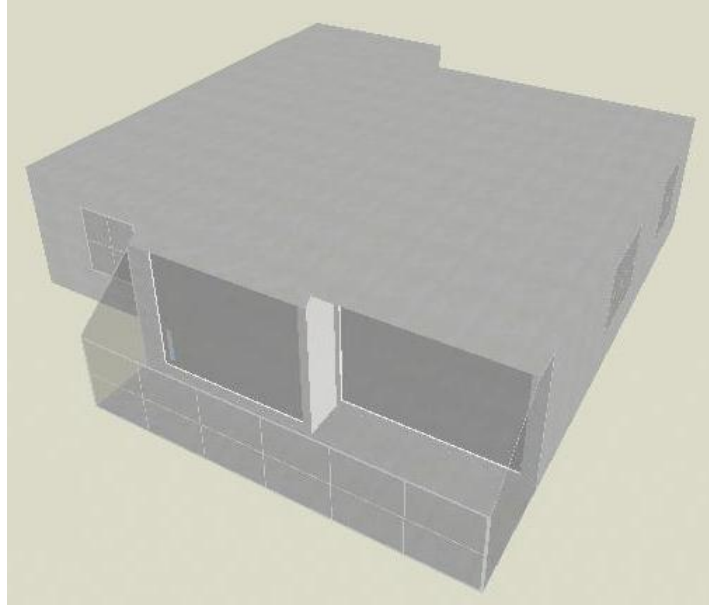
Mevcut binanın güneybatı cephesindeki saydam bileşenler kaldırılarak, duvar ana bileşen malzemesinin yenilenmesi önerilmektedir (Şekil 4.31). Buna ek olarak kış bahçesi çalışma prensibine uygun olarak menfezler eklenmiştir.



Şekil 4.31 : Menfezli depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması.

- D5: saydam depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması

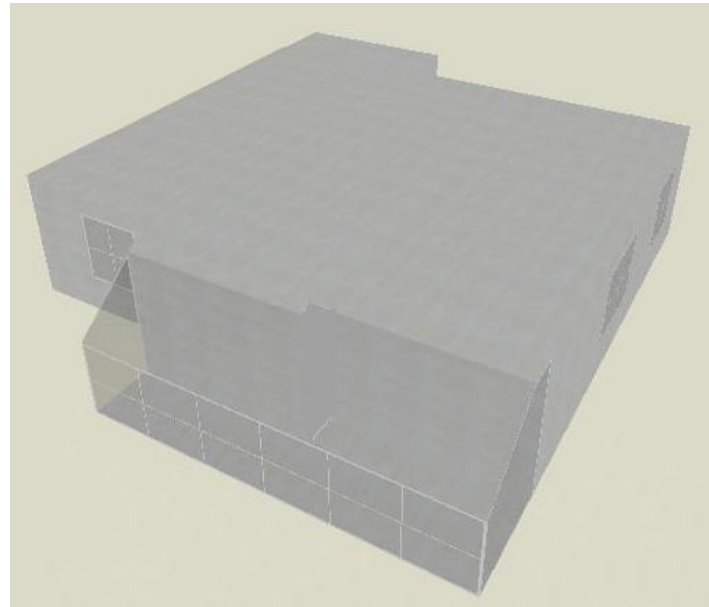
Depolayıcı duvar görevi gören referans binanın güneybatı cephesi dış duvarındaki opak ve saydam bileşenler iptal edilerek, tamamen saydam depolayıcı duvar tasarımı önerilmiştir (Şekil 4.32).



Şekil 4.32 : Saydam depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması.

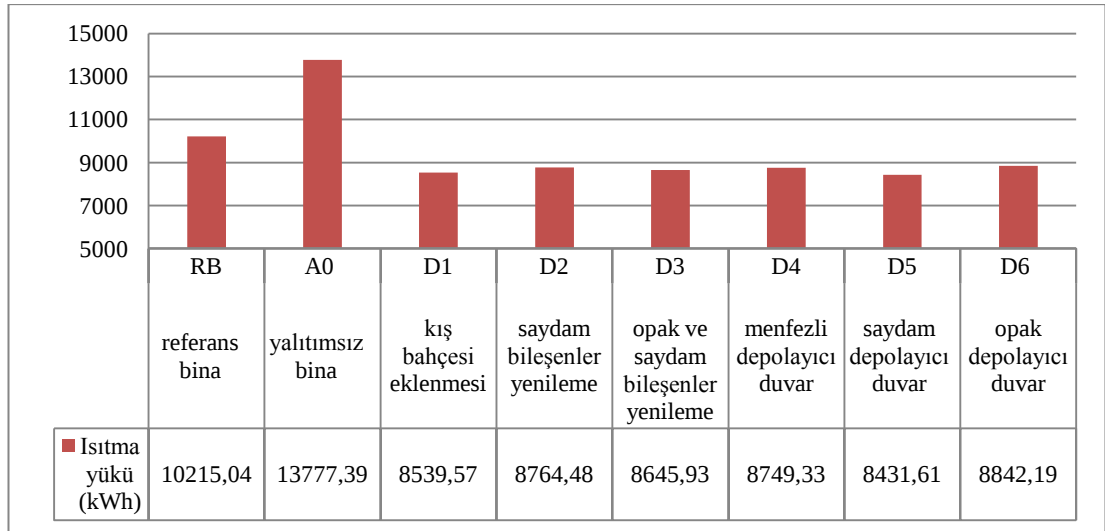
- D6: opak depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması

Depolayıcı duvar görevi gören referans binanın güneybatı cephesi dış duvarındaki saydam bileşenler iptal edilerek tamamen opak depolayıcı duvar tasarımı önerilmiştir (Şekil 4.33).



Şekil 4.33 : Opak depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması.

Tez çalışması kapsamında önerilen kış bahçesi alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam ısıtma yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.34 ‘te verilmiştir.

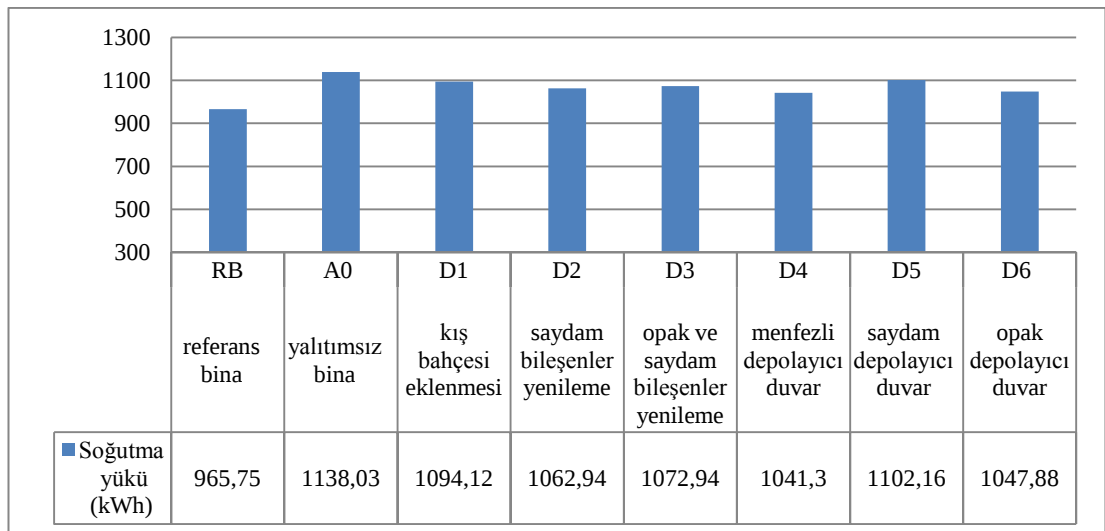


Şekil 4.34 : Kış bahçesi alternatifleri ısıtma yükü sonuçları.

Kış bahçesi alternatifleri ile yıllık en düşük toplam ısıtma yükü, tamamen saydam depolayıcı duvar uygulaması olan D5 alternatifi ile sağlanmaktadır. Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam ısıtma yükü 10215,04 kWh iken, D5 alternatifi ile binanın yıllık toplam ısıtma yükü 8431,61 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek ısıtma yüküne sahip alternatif ise mevcut depolayıcı duvarda bulunan saydam bileşenlerin yenilenmesi uygulaması olan D2 alternatifidir.

Yıllık toplam ısıtma yükü 8764,48 kWh olarak hesaplanan D2 alternatifi mevcut binanın yıllık ısıtma yükü ile kıyaslandığında daha fazla verimlilik sağlamaktadır.

Önerilen kış bahçesi alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam soğutma yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.35 'te verilmiştir.



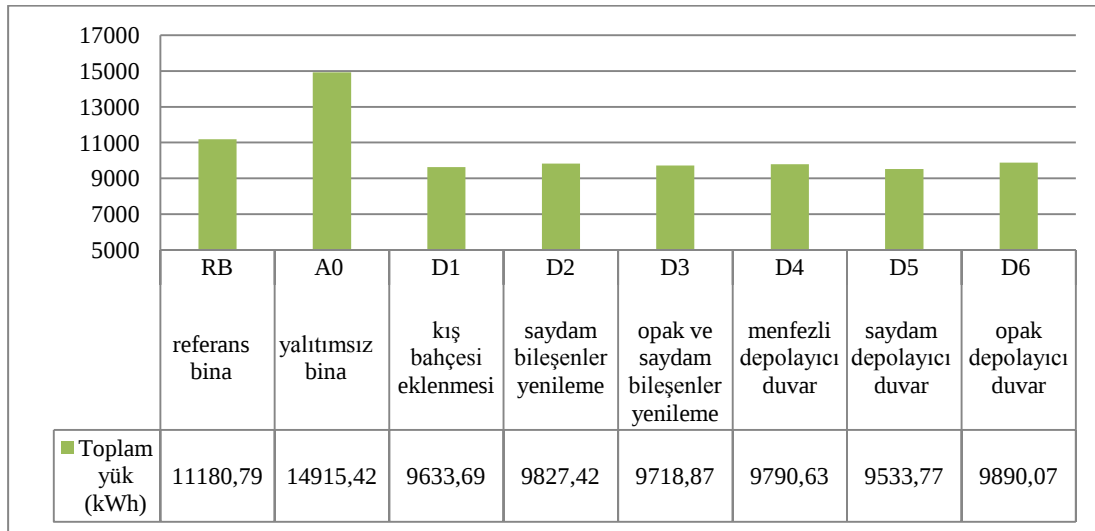
Şekil 4.35 : Kış bahçesi alternatifleri soğutma yükü sonuçları.

Kış bahçesi alternatifleri ile yıllık en düşük toplam soğutma yükü, menfezli tasarlanan depolayıcı duvar uygulaması olan D4 alternatifi ile sağlanmaktadır.

Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam soğutma yükü 965,75 kWh iken, D4 alternatifi ile binanın yıllık toplam soğutma yükü 1041,3 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek soğutma yüküne sahip alternatif ise tamamen saydam depolayıcı duvar uygulaması olan D5 alternatiftir. Yıllık toplam soğutma yükü 1102,16 kWh olarak hesaplanan D5 alternatifi ve en düşük toplam soğutma yüküne sahip D4 alternatifi, mevcut binanın yıllık soğutma yükü ile kıyaslandığında daha düşük verimlilik sağlamaktadırlar.

Şekil 4.35 'te grafikte görüldüğü gibi trombe duvarı alternatifleri soğutma yükleri, referans binanın mevcut soğutma yükünden daha fazla değerlere sahiptir. Bunun sebebi, simülasyon yapılan program kapsamında soğutma döneminde kış bahçesi olarak tanımlanan alanın havalandırma ve dış ortam ile temasının verimli sağlanamamasından kaynaklanmaktadır.

Önerilen kış bahçesi alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.36 ' da verilmiştir.



Şekil 4.36 : Kış bahçesi alternatifleri toplam yük sonuçları.

Kış bahçesi alternatifleri ile yıllık en düşük toplam yük değeri, tamamen saydam depolayıcı duvar uygulaması olan D5 alternatifi ile sağlanmaktadır. Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam yükü 11180,79 kWh iken, D5 alternatifi ile binanın yıllık toplam yükü 9533,77 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek toplam yük değerine sahip alternatif ise tamamen opak depolayıcı duvar uygulaması olan D6

alternatifidir. Yıllık toplam yükü 9890,07 kWh olarak hesaplanan D6 alternatifi toplam yük bakımından mevcut binadan daha verimlidir.

Çizelge 4.8 'de belirtilen tabloda, önerilen kış bahçesi alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu binanın yıllık toplam ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri, mevcut uygulama projesi olan referans bina ve binanın yalıtımsız olma durumu ile kıyaslanarak farklılıklar yüzdelik oranlarla ifade edilmiştir. Negatif değerler uygulanan alternatifi binanın enerji performansını iyileştirdiği anlamına gelmektedir. Pozitif değerler ise binanın alternatif uygulanmadan önceki enerji performansından daha yetersiz sonuç verdiğini göstermektedir. Diğer bir deyişle negatif değerler, uygulanan alternatifler ile enerji yüklerindeki yüzdesel düşüşü, pozitif değerler ise artışı göstermektedir.

Çizelge 4.8 : Kış bahçesi uygulamaları enerji yükleri.

Kış bahçesi alternatifleri	Isıtma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Soğutma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Toplam yük (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark
A0- Yalıtımsız bina	13777,39	-	-	1138,03	-	-	14915,42	-	-
D1-Mevcut binaya kış bahçesi eklenmesi	8539,57	-16,40%	-38,02%	1094,12	13,29%	-3,86%	9633,69	-13,84%	-35,41%
D2-Mevcut depolayıcı duvardaki saydam bileşenlerin yenilenmesi	8764,48	-14,20%	-36,39%	1062,94	10,06%	-6,60%	9827,42	-12,10%	-34,11%
D3-Mevcut depolayıcı duvardaki opak ve saydam bileşenlerin yenilenmesi	8645,93	-15,36%	-37,25%	1072,94	11,10%	-5,72%	9718,87	-13,08%	-34,84%
D4-Menfezli depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması	8749,33	-14,35%	-36,50%	1041,3	7,82%	-8,50%	9790,63	-12,43%	-34,36%
D5-Saydam depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması	8431,61	-17,46%	-38,80%	1102,16	14,12%	-3,15%	9533,77	-14,73%	-36,08%
D6-Opak depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması	8842,19	-13,44%	-35,82%	1047,88	8,50%	-7,92%	9890,07	-11,54%	-33,69%
RB-Referans bina	10215,04	-	-	965,75	-	-	11180,79	-	-

4.5.5 Trombe duvar uygulaması ve enerji yüklerinin kıyaslanması

Trombe duvarlarının öncelikli kullanım amacı ılımlı veya soğuk iklimlerde bulunan yapıların gece boyu ısıtılmasını sağlamaktır. Binanın güney cephesine uygulanan, yoğunluğu yüksek malzemeden oluşan duvarın güneşe bakan kısımları koyu renklerle kaplanır. Dış duvara 5-15cm aralıklı boşlukla yerleştirilen saydam bileşen, güneş ışınımının ara boşluğa iletilmesini sağlamaktadır. Boşlukta bulunan ısı duvar tarafından emilir ve oda içine iletilir. Trombe duvar uygulaması, masif duvar ile sıcak hava (cam-duvar) ve soğuk hava (duvar-oda) arasında termal ısı transferi sağlaması ile binanın enerji performansı açısından önemli bir sistemdir.

Trombe duvar uygulamaları Isıtma sistemi olarak kullanılmaktadır. Kış aylarında güneşin hareketi doğu batı yönünde güneye yatık şekilde olması sebebiyle, trombe duvarlar yapının güney cephesine uygulanır (Wachberger, 1988). Yaz aylarında ise güneş ışınları dike yakın açıyla yeryüzüne ulaştığından saçak ya da farklı gölgeleme yöntemleri ile soğutma yüklerinin artması engellenebilir.

Trombe duvarlar tasarımında malzeme, ısıl iletkenlik, renk, mesafe, yön, iklim değerleri önemli kriterlerdir. Güneye bakan dış duvarın koyu renkle kaplanması güneş ışınlarının daha çok absorbe edilmesini ve daha çok ısı kazancı elde edilmesini sağlar. Soğuk iklim bölgelerinde trombe duvar uygulamalarında kullanılan cam sisteminde ısıl direnci yüksek malzeme kullanılması önemlidir (Akdur, 2012). Ayrıca, masif duvarın yoğun malzemeden oluşması güneş ışınımının daha çok emilip daha az yansımaya sağlamaktadır. Duvar kalınlığının artması ise ısıtmanın daha uzun süre etkileşiminde etkili olmaktadır. Duvar kalınlığı malzeme çeşidine göre farklılık göstermektedir (Kachadorian, 2006).

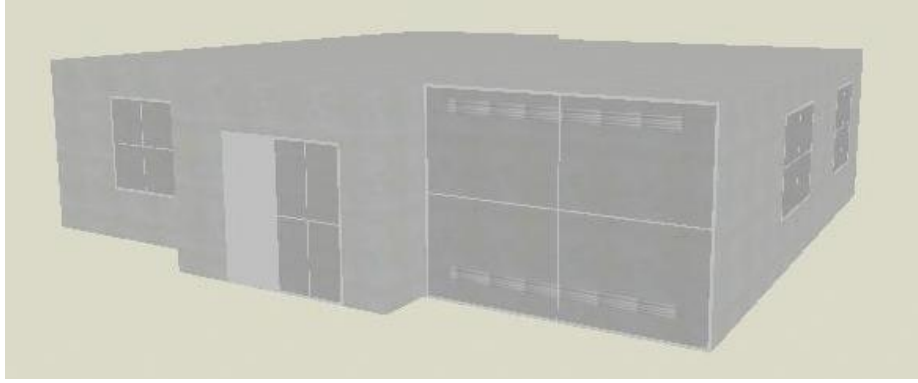
Trombe duvarları yaygın olarak havalandırma delikleri ile birlikte tasarlanmaktadır. Duvarın alt ve üst taraflarına menfezler konumlandırılarak doğal hava sirkülasyonu oluşturulur. Güneşe maruz kalan duvar tarafından emilen ısımlar sonucunda cam ile duvar arasındaki havanın ısınması sağlanır. Isınan hava yükselerek yukarıdaki havalandırma deliklerinden iç ortam sıcaklığı düşük olan odaya ilerlemektedir. İç ortamdaki sıcaklığı düşük ve yoğunluğu fazla olan hava alt menfezlerden duvar ve cam arasındaki boşluğa iletilmiş olur. Bu şekilde gün batana kadar pasif bir yöntem ile odanın sıcaklığı korunmaktadır. Güneş ışınımının olmadığı gece saatlerinde termal kondüksiyon yöntemi ile ısı kaybını önlemek için deliklerin kapatılması

gerekmektedir (Doğan, 2009). Menfezli trombe duvarlarda oda gündüz daha çabuk ısınmaktadır, gece sirkülasyonun ters yönde olması sebebiyle daha çabuk soğumaktadır.

Tez çalışması kapsamında TOKİ Afyon Serban mevki Tarımköy projesi için önerilen, farklı mahallere farklı yapı malzemeleri ile kombine edilmiş trombe duvar alternatifleri aşağıda açıklanmıştır:

- E1: sadece salona uygulanan beton trombe duvar

Salonun güneybatı cephesi dış duvarına uygulanan, duvar ana bileşeni beton olan, 10cm boşluklu trombe duvar sistemi önerilmiştir (Şekil 4.37).



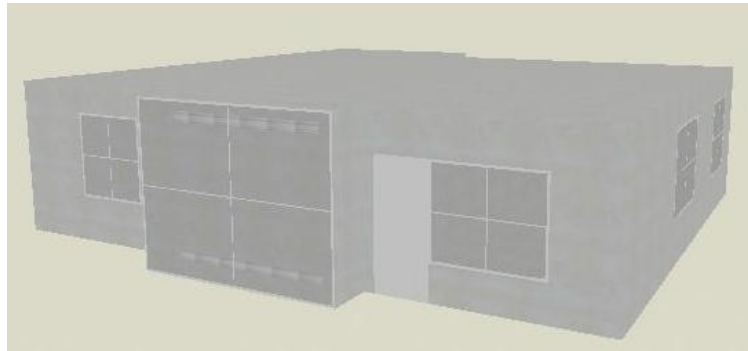
Şekil 4.37 : Sadece salona uygulanan trombe duvar.

- E2: sadece salona uygulanan tuğla trombe duvar

Salonun güneybatı cephesi dış duvarına uygulanan, duvar ana bileşeni tuğla olan, 10cm boşluklu trombe duvar sistemi önerilmiştir (Şekil 4.37).

- E3: sadece yatak odasına uygulanan beton trombe duvar

Yatak odası güneybatı cephesi dış duvarına uygulanan, duvar ana bileşeni beton olan, 10cm boşluklu trombe duvar sistemi önerilmiştir.



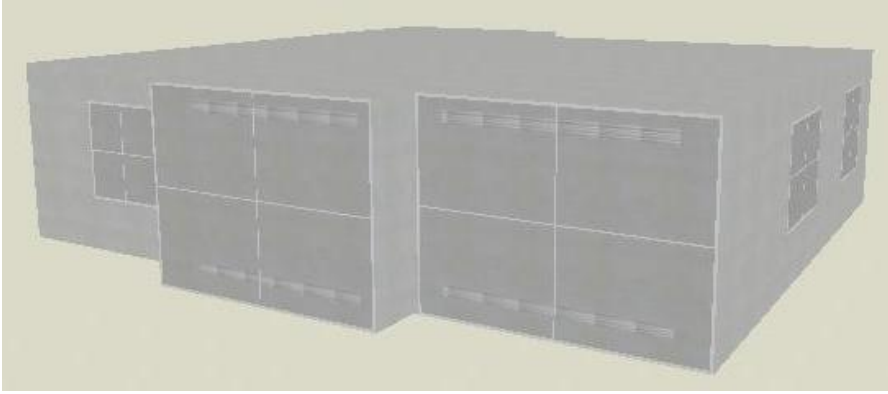
Şekil 4.38 : Sadece yatak odasına uygulanan trombe duvar.

- E4: sadece yatak odasına uygulanan tuğla trombe duvar

Yatak odası güneybatı cephesi dış duvarına uygulanan, duvar ana bileşeni tuğla olan, 10cm boşluklu trombe duvar sistemi önerilmiştir (Şekil 4.38).

- E5: salon+ yatak odasına uygulanan beton trombe duvar

Salon ve yatak odası güneybatı cephesi dış duvarlarına uygulanan, duvar ana bileşeni beton olan, 10cm boşluklu trombe duvar sistemi önerilmiştir.



Şekil 4.39 : Salon+ yatak odasına uygulanan trombe duvar.

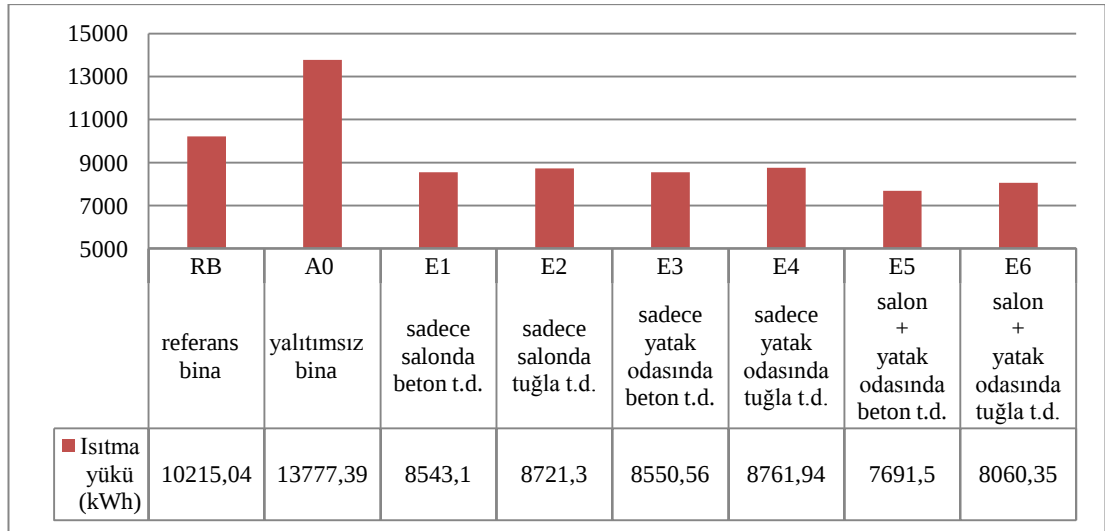
- E6: salon+ yatak odasına uygulanan tuğla trombe duvar

Salon ve yatak odası güneybatı cephesi dış duvarlarına uygulanan, duvar ana bileşeni tuğla olan, 10cm boşluklu trombe duvar sistemi önerilmiştir (Şekil 4.39).

Önerilen trombe duvar alternatiflerinde menfezli duvar tasarlanmıştır. Güneş ışınlamalarının etkisi ile 10cm boşluk içerisinde bulunan hava ısınarak yükselir. Yükselen sıcak hava üst kapaklardan geçerek binanın ısınmasını sağlar. Soğuyan havanın sirkülasyonu ise alt menfez ile sağlanmaktadır. I

sıtma yüklerini azaltmak amacıyla tasarlanan trombe duvar alternatiflerinde menfezler yazın gündüz açık, geceleri kapalı bırakıldığı varsayılmaktadır.

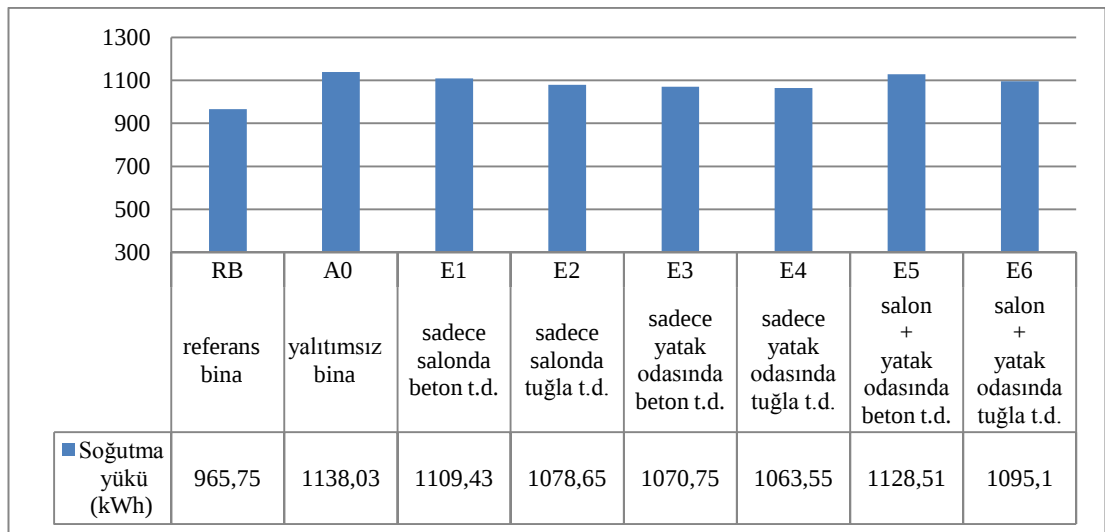
Tez çalışması kapsamında önerilen trombe duvar alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam ısıtma yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.40 ‘da verilmiştir.



Şekil 4.40 : Trombe duvar alternatifleri ısıtma yükü sonuçları.

Trombe duvar alternatifleri ile yıllık en düşük toplam ısıtma yükü, salon ve yatak odası güneybatı cephesi dış duvarlarına uygulanan, ana bileşeni beton olan E5 ile sağlanmaktadır. Referans binanın yıllık toplam ısıtma yükü 10215,04 kWh iken, E5 alternatifi ile binanın yıllık toplam ısıtma yükü 7691,5 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek ısıtma yüküne sahip alternatif ise binanın güneybatı cephesinde bulunan yatak odası dış duvarına uygulanan, ana bileşeni tuğla olan E4 alternatifi'dir. Yıllık toplam ısıtma yükü 8761,94 kWh olarak hesaplanan E4 alternatifi mevcut binanın yıllık ısıtma yükü ile kıyaslandığında daha fazla verimlilik sağlamaktadır.

Önerilen trombe duvar alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam soğutma yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.41 'de verilmiştir.

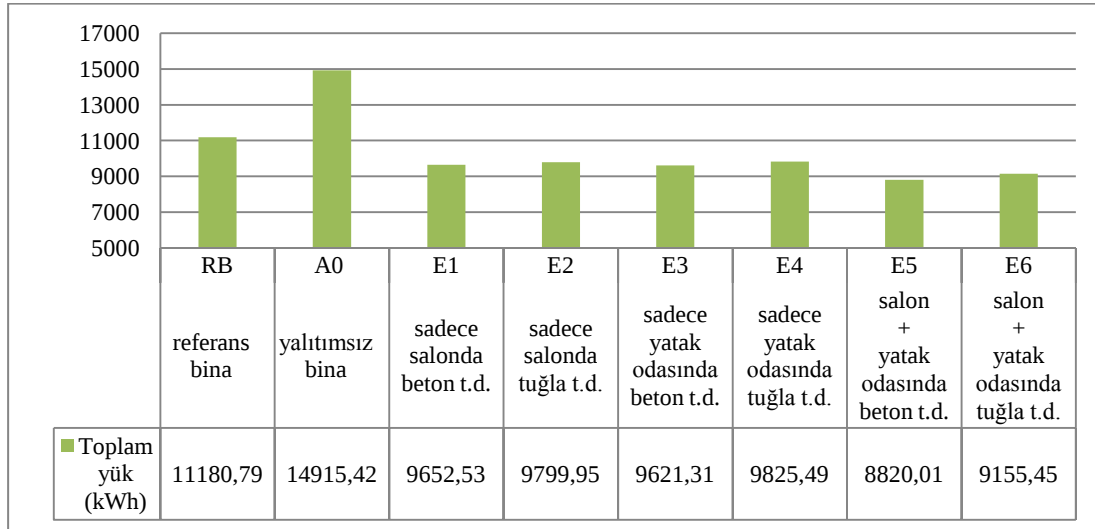


Şekil 4.41 : Trombe duvar alternatifleri soğutma yükü sonuçları.

Trombe duvar alternatifleri ile yıllık en düşük toplam soğutma yükü, binanın güneybatı cephesinde bulunan yatak odası dış duvarına uygulanan, ana bileşeni tuğla olan E4 alternatifi ile sağlanmaktadır. Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam soğutma yükü 965,75 kWh iken, E4 alternatifi ile binanın yıllık toplam soğutma yükü 1063,55 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek soğutma yüküne sahip alternatif ise salon ve yatak odası güneybatı cephesi dış duvarlarına uygulanan, ana bileşeni beton olan E5 alternatiftir. Yıllık toplam soğutma yükü 1128,51 kWh olarak hesaplanan E5 alternatifi mevcut binanın yıllık soğutma yükü ile kıyaslandığında daha düşük verimlilik sağlamaktadır.

Şekil 4.41 'de grafikte görüldüğü gibi trombe duvarı alternatifleri referans binanın mevcut soğutma yükünden daha fazla yük değerlerine sahiptir. Bunun sebebi, simülasyon yapılan program kapsamında cam yüzey de boşluk bırakılamaması, böylelikle soğutma döneminde boşlukta bulunan havanın sıcaklığın artması ile ısınması ve yükselerek dış ortama atılamamasından kaynaklanmaktadır.

Önerilen trombe duvar alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu elde edilen yıllık toplam yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.42 'de verilmiştir.



Şekil 4.42 : Trombe duvar alternatifleri toplam yük sonuçları.

Trombe duvar alternatifleri ile yıllık en düşük toplam yük değeri, salon ve yatak odası güneybatı cephesi dış duvarlarına uygulanan, ana bileşeni beton olan E5 alternatifi ile sağlanmaktadır. Referans bina olarak belirlenen binanın yıllık toplam yükü 11180,79 kWh iken, E5 alternatifi ile binanın yıllık toplam yükü 8820,01 kWh olarak hesaplanmaktadır. En yüksek toplam yük değerine sahip alternatif ise binanın

güneybatı cephesinde bulunan yatak odası dış duvarına uygulanan, ana bileşeni tuğla olan E4 alternatifidir. Yıllık toplam yükü 9825,49 kWh olarak hesaplanan E4 alternatifi toplam yük bakımından mevcut binadan daha verimlidir.

Çizelge 4.9 'da belirtilen tabloda, önerilen trombe duvar alternatifleri ile yapılan simülasyonlar sonucu binanın yıllık toplam ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri, mevcut uygulama projesi olan referans bina ve binanın yalıtımsız olma durumu ile kıyaslanarak farklılıklar yüzdelik oranlarla ifade edilmiştir. Negatif değerler uygulanan alternatife bina enerji performansını iyileştirdiği anlamına gelmektedir. Pozitif değerler ise binanın alternatif uygulanmadan önceki enerji performansından daha yetersiz sonuç verdiğini göstermektedir. Diğer bir deyişle negatif değerler, uygulanan alternatifler ile enerji yüklerindeki yüzdesel düşüşü, pozitif değerler ise artışı göstermektedir.

Çizelge 4.9 : Trombe duvar uygulamaları enerji yükleri.

Trombe duvar alternatifleri	Isıtma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Soğutma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Toplam yük (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark
A0-Yalıtımsız bina	13777,39	-	-	1138,03	-	-	14915,42	-	-
E1-Sadece salona uygulanan beton trombe duvar	8543,1	-16,37%	-37,99%	1109,43	14,88%	-2,51%	9652,53	-13,67%	-35,28%
E2-Sadece salona uygulanan tuğla trombe duvar	8721,3	-14,62%	-36,70%	1078,65	11,69%	-5,22%	9799,95	-12,35%	-34,30%
E3-Sadece yatak odasına uygulanan beton trombe duvar	8550,56	-16,29%	-37,94%	1070,75	10,87%	-5,91%	9621,31	-13,95%	-35,49%
E4-Sadece yatak odasına uygulanan tuğla trombe duvar	8761,94	-14,23%	-36,40%	1063,55	10,13%	-6,54%	9825,49	-12,12%	-34,13%
E5-Salon+ yatak odasına uygulanan beton trombe duvar	7691,5	-24,70%	-44,17%	1128,51	16,85%	-0,84%	8820,01	-21,11%	-40,87%
E6-Salon+ yatak odasına uygulanan tuğla trombe duvar	8060,35	-21,09%	-41,50%	1095,1	13,39%	-3,77%	9155,45	-18,11%	-38,62%
RB-Referans bina	10215,04	-	-	965,75	-	-	11180,79	-	-

4.6 Uygulanan Enerji Etkin Tasarım Alternatifleri Arasında En Düşük Enerji Yüklerini Sağlayan Alternatiflerin Gruplandırılması Ve Enerji Yüklerinin Karşılaştırılması

Referans binanın enerji performansının iyileştirilmesine yönelik geliştirilen enerji etkin yenileme önerilerinin uygulanması ile elde edilen sonuçlar Çizelge 4.10 'da verilmiştir. Önerilen alternatiflerin yıllık toplam ısıtma yükü, soğutma yükü ve toplam yük bakımından hesaplanan değerleri tek bir tablo üzerinde karşılaştırılarak öneriler arasında kıyaslamalar yapılmıştır.

Çizelge 4.10 : Alternatiflerin enerji yüklerinin karşılaştırılması.

Enerji etkin yenileme alternatifleri	Isıtma yükü (kWh)	Soğutma yükü (kWh)	Toplam yük (kWh)
A0-Yalıtımsız bina kabuğu	13777,39	1138,03	14915,42
A1-Mevcut duvar +10cm eps yalıtım	8527,37	947,86	9475,23
A2-10cm eps yalıtımlı tuğla duvar	9075,35	952,75	10028,1
A3-10cm eps yalıtımlı beton duvar	9224,51	929,14	10153,65
A4-10cm eps yalıtımlı gazbeton duvar	8982,2	954,32	9936,52
B1-Çift cam low-E berrak cam argon gazı dolgulu 3mm/13mm	9741,91	901,93	10643,84
B2-Çift cam elektronik yutucu özellikli argon gazı dolgulu 6mm/13mm	9424,76	1081,57	10506,33
B3-Çift cam elektronik yansıtıcı özellikli argon gazı dolgulu 6mm/13mm	9737,44	900,67	10638,11
B4-Üçlü berrak cam argon gazı dolgulu 3mm/13mm	9883,15	884,4	10767,55
B5-Üçlü low-E berrak cam argon gazı dolgulu 3mm/13mm	9840,03	760,1	10600,13
C1-Güney cephesine uygulanan sabit saçak	10392,7	797,06	11189,76
C2-Doğu ve batı cephesine uygulanan sabit saçak	10302,2	886,83	11189,03
C3-Tüm cephelere uygulanan iç saydam yalıtım	10217,96	751,06	10969,02
C4-Tüm cephelere uygulanan dış saydam yalıtım	10135,59	782,97	10918,56
C5-Tüm cephelere uygulanan iç jaluzi sistemi	10219,21	615,79	10835
C6-Tüm cephelere uygulanan dış jaluzi sistemi	10220,55	405,49	10626,04
D1-Mevcut binaya kış bahçesi eklenmesi	8539,57	1094,12	9633,69
D2-Mevcut depolayıcı duvardaki saydam bileşenlerin yenilenmesi	8764,48	1062,94	9827,42
D3-Mevcut depolayıcı duvardaki opak ve saydam bileşenlerin yenilenmesi	8645,93	1072,94	9718,87
D4-Menfezli depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması	8749,33	1041,3	9790,63
D5-Saydam depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması	8431,61	1102,16	9533,77
D6-Opak depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması	8842,19	1047,88	9890,07
E1-Sadece salona uygulanan beton trombe duvar	8543,1	1109,43	9652,53
E2-Sadece salona uygulanan tuğla trombe duvar	8721,3	1078,65	9799,95
E3-Sadece yatak odasına uygulanan beton trombe duvar	8550,56	1070,75	9621,31
E4-Sadece yatak odasına uygulanan tuğla trombe duvar	8761,94	1063,55	9825,49
E5-Salon+ yatak odasına uygulanan beton trombe duvar	7691,5	1128,51	8820,01
E6-Salon+ yatak odasına uygulanan tuğla trombe duvar	8060,35	1095,1	9155,45

Çizelge 4.10 ‘da belirtilen yıllık toplam ısıtma yükü, soğutma yükü ve toplam yük değerleri arasından en düşük enerji yüklerini sağlayan öneriler seçilmiştir.

en düşük Isıtma yükü	en düşük Soğutma yükü	en düşük Toplam yük
I-A ₁	S-A ₃	T-A ₁
I-B ₂	S-B ₅	T-B ₂
I-C ₄	S-C ₆	T-C ₆
I-D ₅	S-D ₄	T-D ₅
I-E ₅	S-E ₄	T-E ₅

Şekil 4.43 : En düşük enerji yüklerini alternatiflerinin gruplandırılması.

Trombe duvar ve kış bahçesi uygulamalarında elde edilen enerji yükleri, Design Builder simülasyon programında modellemenin yetersiz kaldığı durumlarda varsayım ve kabuller üzerinden hesaplanmaktadır. Soğutma döneminde ısınan havanın depolanmaması ve hava akımının sağlanması program kapsamında verimli olarak işlenemediğinden trombe duvar ve kış bahçesi için elde edilen enerji yükleri, bu mekânların dış ortam ile hava sirkülasyonlarının ihmal edilmesi kabulü üzerinden yapılmaktadır. Dolayısıyla tüm sonuçlara göre oluşturulan enerji etkin yenileme alternatiflerinde trombe duvar ve kış bahçesi uygulamaları ayrı ayrı kombinasyonlar oluşturularak Şekil 4.44 ‘te belirtilmiştir.

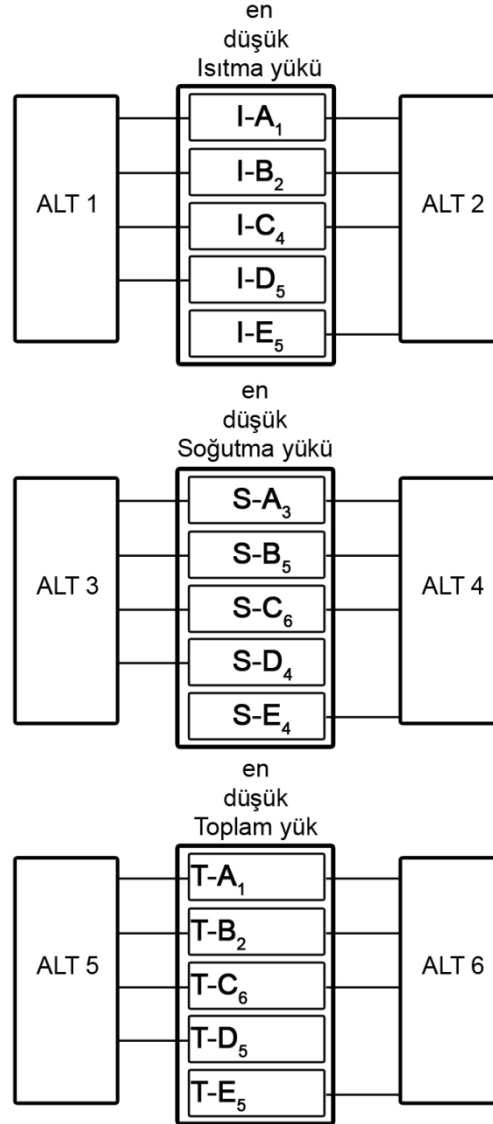
- ALT 1: En düşük ısıtma yüklerini sağlayan enerji etkin yenileme alternatifleri (kış bahçesi ile)
A1, B2, C4, D5
- ALT 2: En düşük ısıtma yüklerini sağlayan enerji etkin yenileme alternatifleri (trombe duvar ile)
A1, B2, C4, E5
- ALT 3: En düşük soğutma yüklerini sağlayan enerji etkin yenileme alternatifleri (kış bahçesi ile)
A3, B5, C6, D4
- ALT 4: En düşük soğutma yüklerini sağlayan enerji etkin yenileme alternatifleri (trombe duvar ile)
A3, B5, C6, E4

- ALT 5: En düşük toplam yük değerlerini sağlayan enerji etkin yenileme alternatifleri (kış bahçesi ile)

A1, B2, C6, D5

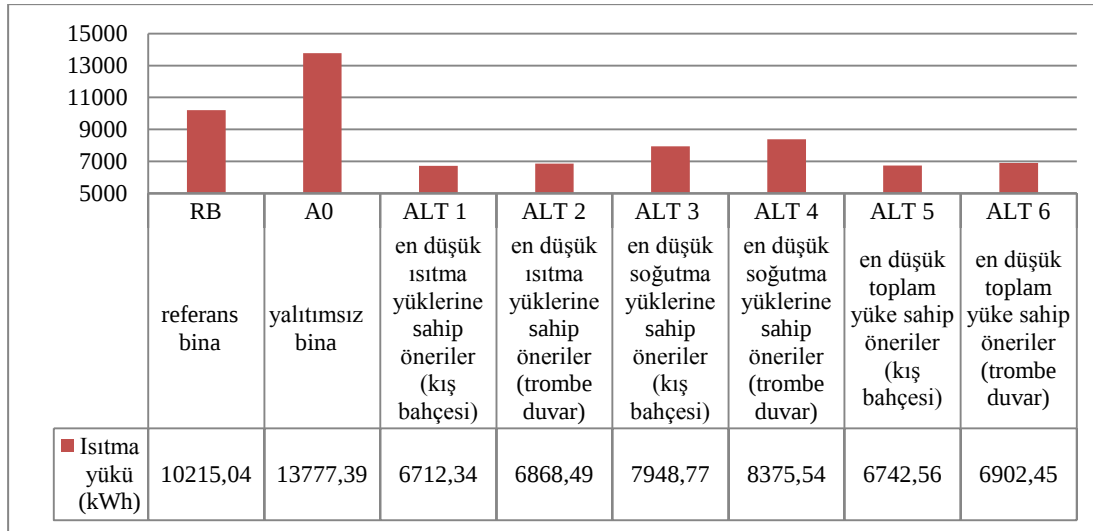
- ALT 6: En düşük toplam yük değerlerini sağlayan enerji etkin yenileme alternatifleri (trombe duvar ile)

A1, B2, C6, E5



Şekil 4.44 : Trombe duvar ve kış bahçesi ile alternatiflerin gruplandırılması.

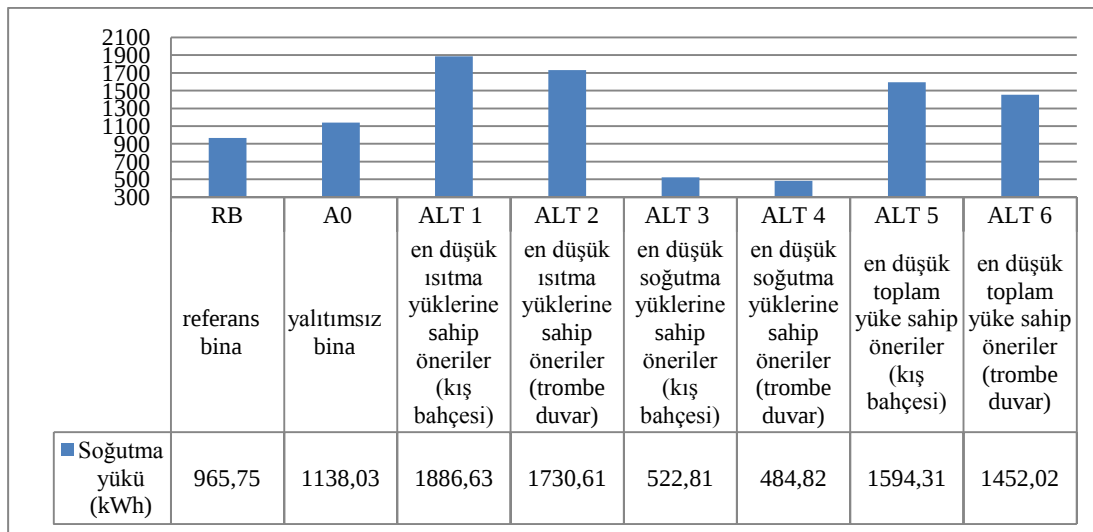
Tez çalışması kapsamında enerji etkin yenileme alternatiflerinden en düşük yük değerlerine sahip önerilerin kombinasyonları ile oluşturulan alternatif gruplarının yıllık toplam ısıtma yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.45 'te verilmiştir.



Şekil 4.45 : Alternatif gruplarının ısıtma yükü sonuçları.

En düşük yük değerlerine sahip önerilerin kombinasyonları ile oluşturulan alternatif grupları kıyaslamasında yıllık en düşük toplam ısıtma yükü ALT1 ile sağlanmaktadır. ALT1 kapsamında mevcut bina cephesine 10cm eps yalıtım eklenerek oluşturulan bina kabuğu (A1), 6mm elektronik yutucu cam ve 13mm argon gazı dolgusundan oluşan 2 katmanlı cam (B2), tüm cephelere uygulanan saydam yalıtım (C4), referans binanın güneybatı cephesi duvarındaki opak ve saydam bileşenler yerine, saydam duvar ile kış bahçesi sistemi (D5) bir arada uygulanmıştır.

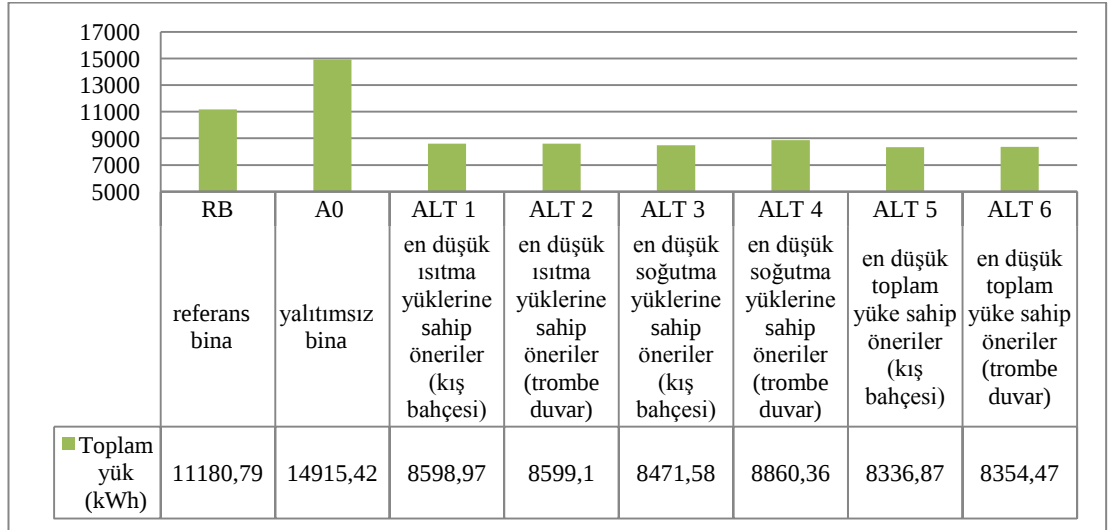
Enerji etkin yenileme alternatiflerinden en düşük yük değerlerine sahip önerilerin kombinasyonları ile oluşturulan alternatif gruplarının yıllık toplam soğutma yükleri kıyaslama grafiği Şekil 4.46 'da verilmiştir.



Şekil 4.46 : Alternatif gruplarının soğutma yükü sonuçları.

En düşük yük değerlerine sahip önerilerin kombinasyonları ile oluşturulan alternatif grupları kıyaslamasında yıllık en düşük toplam soğutma yükü ALT4 ile sağlanmaktadır. ALT4 kapsamında bina kabuğu katmanlaşmasında herhangi bir değişiklik yapmadan yalnızca dış duvar ana malzemesi beton olarak önerilen bina kabuğu (A3), 3mm low-E berrak cam ve 13mm argon gazı dolgusundan oluşan 3 katmanlı cam sistemi (B5), tüm cephelere uygulanan dış jaluzi sistemi (C6), binanın güneybatı cephesinde bulunan yatak odası dış duvarına uygulanan, ana bileşeni tuğla olan trombe duvar sistemi (E4) bir arada uygulanmıştır.

Enerji etkin yenileme alternatiflerinden en düşük yük değerlerine sahip önerilerin kombinasyonları ile oluşturulan alternatif gruplarının yıllık toplam yüklerine göre kıyaslama grafiği Şekil 4.47 'de verilmiştir.



Şekil 4.47 : Alternatif gruplarının toplam yük sonuçları.

En düşük yük değerlerine sahip önerilerin kombinasyonları ile oluşturulan alternatif grupları kıyaslamasında yıllık en düşük toplam yük değeri ALT5 ile sağlanmaktadır. ALT5 kapsamında, mevcut bina cephesine mantolama yöntemi ile 10cm eps yalıtım eklenerek oluşturulan bina kabuğu (A1), 6mm elektronik yutucu özellikli cam ve 13mm argon gazı dolgusundan oluşan 2 katmanlı cam sistemi (B2), binanın tüm cephelerine uygulanan dış jaluzi sistemi (C4), depolayıcı duvar görevi gören referans binanın güneybatı cephesi dış duvarındaki opak ve saydam bileşenler iptal edilerek, tamamen saydam depolayıcı duvar tasarımı ile kış bahçesi sistemi (D5) bir arada uygulanmıştır.

Çizelge 4.11 'de belirtilen tabloda, en düşük yük değerlerine sahip önerilerin kombinasyonları ile oluşturulan alternatif grupları ile yapılan simülasyonlar sonucu binanın yıllık toplam ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri, mevcut uygulama projesi olan referans bina ve binanın yalıtımsız olma durumu ile kıyaslanarak farklılıklar yüzdelik oranlarla ifade edilmiştir. Negatif değerler, uygulanan alternatifler ile enerji yüklerindeki yüzdesel düşüşü, pozitif değerler ise artışı göstermektedir. Yıllık en düşük toplam yük değeri sağlayan ALT5 grubunun referans binaya entegre edilmesi halinde toplam yükler açısından yaklaşık %44 oranında kazanç sağlanacağı görülmektedir.

Çizelge 4.11 : Alternatif gruplarının enerji yüklerinin karşılaştırılması.

Alternatif grupları	Isıtma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Soğutma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Toplam yük (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark
A0-Yalıtımsız bina	13777,39	-	-	1138,03	-	-	14915,42	-	-
ALT1-En düşük ısıtma yüklerine sahip öneriler (kış bahçesi ile)	6712,34	-34,29%	-51,28%	1886,63	95,35%	65,78%	8598,97	-23,09%	-42,35%
ALT2-En düşük ısıtma yüklerine sahip öneriler (trombe duvar ile)	6868,49	-32,76%	-50,15%	1730,61	79,20%	52,07%	8599,1	-23,09%	-42,35%
ALT3-En düşük soğutma yüklerine sahip öneriler (kış bahçesi ile)	7948,77	-22,19%	-42,31%	522,81	-45,86%	-54,06%	8471,58	-24,23%	-43,20%
ALT4-En düşük soğutma yüklerine sahip öneriler (trombe duvar ile)	8375,54	-18,01%	-39,21%	484,82	-49,80%	-57,40%	8860,36	-20,75%	-40,60%
ALT5-En düşük toplam yüke sahip öneriler (kış bahçesi ile)	6742,56	-33,99%	-51,06%	1594,31	65,09%	40,09%	8336,87	-25,44%	-44,11%
ALT6-En düşük toplam yüke sahip öneriler (trombe duvar ile)	6902,45	-32,43%	-49,90%	1452,02	50,35%	27,59%	8354,47	-25,28%	-43,99%
RB-Referans bina	10215,04	-	-	965,75	-	-	11180,79	-	-

4.7 En Düşük Enerji Yükünü Sağlayan Alternatif Grubunun Yapı Adası İle Birlikte Enerji Yüklerinin Hesaplanması

En düşük enerji yükünü sağlayan alternatif grubu yapılan simülasyonlar sonucu kıyaslamaları ile ALT5 olarak belirlenmiştir. Tez çalışmasının bu aşamasına kadar yapılan tüm simülasyon ve hesaplamalarda binaların vaziyet planı yerleşimi

içerisinde tekil olarak yer aldığı, çevre binalar ile etkileşiminin olmadığı kabul edilmiştir. Bu aşamada ise referans bina ve ALT5 sistemlerinin binaya entegrasyonu ile yeniden simülasyon çalışması yapılarak, kıyaslamaların vaziyet planı yerleşimine göre komşu binaların etkisi açısından kıyaslanmıştır.

Çizelge 4.12 : En düşük enerji yükünü sağlayan alternatif grubunun yapı adası ile birlikte enerji yüklerinin karşılaştırılması.

Alternatif grupları	Isıtma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Soğutma yükü (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	Toplam yük (kWh)	RB'ye göre fark	A0'a göre fark
A0- Yalıtımsız bina	13777,39	-	-	1138,03	-	-	14915,42	-	-
RB-Y Referans bina yapı adasındaki yerleşim ile	10297,21	0,80%	-25,26%	866,26	-10,30%	-23,88%	11163,47	-0,15%	-25,15%
ALT5 – ALT 5 tekil	6742,56	-33,99%	-51,06%	1594,31	65,09%	40,09%	8336,87	-25,44%	-44,11%
ALT5-Y ALT5 yapı adasındaki yerleşim ile	6817,57	-33,26%	-50,52%	1490,03	54,29%	30,93%	8307,6	-25,70%	-44,30%
RB-Referans bina	10215,04	-	-	965,75	-	-	11180,79	-	-

Çizelge 4.12 'de görüldüğü gibi, vaziyet planında mevcut binalar ile birlikte modellenen yapı adası yerleşimleri simülasyonlarında, çevre binaların etkisi ile yapılan hesaplamalar sonucu ısıtma yüklerinde artış gözlemlenirken soğutma yüklerinde azalma sağlanmaktadır.

4.8 Uygulama Çalışmasının Sonuçları

Bu bölümde referans bina ve yalıtımsız binanın enerji performansları ile tez çalışması kapsamında önerilen enerji etkin iyileştirme alternatiflerinin enerji performansları kıyaslaması sayısal olarak yüzdelik farklarla incelenmektedir (Çizelge 4.13). Negatif değerler, uygulanan alternatifin bina enerji performansını iyileştirdiği anlamına gelmektedir. Pozitif değerler ise binanın alternatif uygulanmadan önceki enerji performansından daha yetersiz sonuç verdiğini göstermektedir.

Çizelge 4.13 'e göre;

- Opak bileşenler ile oluşturulan bina kabuğu alternatifleri arasından yıllık en düşük ısıtma yükü; mevcut bina kabuğuna eklenen 10cm eps yalıtımlı bina kabuğu A1 alternatifi ile yıllık en düşük toplam soğutma yükü; duvar ana

malzemesi beton olarak önerilen 10cm eps yalıtımlı A3 alternatifi ile yıllık en düşük toplam yük değeri; mevcut binaya eklenen 10cm eps yalıtımlı bina kabuğu olan A1 alternatifi ile sağlanmaktadır.

- Saydam bileşen alternatifleri ile yıllık en düşük toplam ısıtma yükü; 6mm elektronik yutucu özellikli cam ve 13mm argon gazı dolgusundan 2 katmanlı cam sistemi olan B2 alternatifi ile yıllık en düşük toplam soğutma yükü; 3mm low-E berrak cam ve 13mm argon gazı dolgusundan oluşan 3 katmanlı cam sistemi olan B5 alternatifi ile yıllık en düşük toplam yük değeri; 6mm elektronik yutucu özellikli cam ve 13mm argon gazı dolgusundan oluşan 2 katmanlı cam sistemi olan B2 alternatifi ile sağlanmaktadır.
- Güneş kontrol elemanları alternatifleri ile yıllık en düşük toplam ısıtma yükü; tüm cephelere dışarıdan uygulanan saydam yalıtım sistemi olan C4 alternatifi ile yıllık en düşük toplam soğutma yükü; tüm cephelere dışarıdan uygulanan jaluzi sistemi olan C6 alternatifi ile yıllık en düşük toplam yük değeri; tüm cephelere dışarıdan uygulanan jaluzi sistemi olan C6 alternatifi ile sağlanmaktadır.
- Kış bahçesi alternatifleri ile yıllık en düşük toplam ısıtma yükü; tamamen saydam depolayıcı duvar uygulaması olan D5 alternatifi ile yıllık en düşük toplam soğutma yükü; menfezli tasarlanan depolayıcı duvar uygulaması olan D4 alternatifi ile yıllık en düşük toplam yük değeri; tamamen saydam depolayıcı duvar uygulaması olan D5 alternatifi ile sağlanmaktadır.
- Trombe duvar alternatifleri ile yıllık en düşük toplam ısıtma yükü; salon ve yatak odası güneybatı cephesi dış duvarlarına uygulanan, ana bileşeni beton olan E5 alternatifi ile yıllık en düşük toplam soğutma yükü; binanın güneybatı cephesinde bulunan yatak odası dış duvarına uygulanan, ana bileşeni tuğla olan E4 alternatifi ile yıllık en düşük toplam yük değeri; salon ve yatak odası güneybatı cephesi dış duvarlarına uygulanan, ana bileşeni beton olan E5 alternatifi ile sağlanmaktadır.

En düşük enerji yüklerine sahip öneriler ayrıca gruplandırılarak oluşturulan alternatifler referans binaya entegre edilerek ayrı kıyaslamalar oluşturulmuştur (Şekil 4.44).

Enerji performansı bakımından en verimli alternatif, yıllık toplam en düşük enerji yüküne sahip öneriler grubu olan ALT5 olarak belirlenmiştir. ALT5 kapsamında, mevcut bina cephesine 10cm eps yalıtım eklenerek oluşturulan bina kabuğu (A1), 6mm elektronik yutucu özellikli cam ve 13mm argon gazı dolgusundan oluşan 2 katmanlı cam sistemi (B2),binanın tüm cephelerine uygulanan dış jaluzi sistemi (C4), depolayıcı duvar görevi gören referans binanın güneybatı cephesi dış duvarındaki opak ve saydam bileşenler iptal edilerek, tamamen saydam depolayıcı duvar tasarımı ile kış bahçesi sistemi (D5) bir arada uygulanması önerilmektedir. Bu sistemlerin referans binaya entegre edilmesi ile birlikte referans binanın yıllık toplam ısıtma yükünde %33.99 azalma gözlenmekte, yıllık toplam soğutma yükünde %65,09 oranında bir artış olmasına rağmen yıllık toplam yükte %25,44 oranında azalma görülmektedir. Mevcut vaziyet planı yapı adasındaki yerleşimde çevre binalar ile etkileşim hesaplandığında ise yıllık toplam yük bakımından %25,70 oranında azalma olmaktadır.

Çizelge 4.13 : Tüm alternatiflerin enerji yüklerinin kıyaslanması.

Enerji etkin geliştirme alternatifleri	Isıtma yükü		Soğutma yükü		Toplam yük	
	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	RB'ye göre fark	A0'a göre fark	RB'ye göre fark	A0'a göre fark
A0-Yalıtımsız bina kabuğu	34,87%	-	17,84%	-	33,40%	-
A1-Mevcut duvar +10cm eps yalıtım	-16,52%	-38,11%	-1,85%	-16,71%	-15,25%	-36,47%
A2-10cm eps yalıtımlı tuğla duvar	-11,16%	-34,13%	-1,35%	-16,28%	-10,31%	-32,77%
A3-10cm eps yalıtımlı beton duvar	-9,70%	-33,05%	-3,79%	-18,36%	-9,19%	-31,93%
A4-10cm eps yalıtımlı gazbeton duvar	-12,07%	-34,80%	-1,18%	-16,14%	-11,13%	-33,38%
B1-Çift cam low-E berrak cam argon gazı dolgulu 3mm/13mm	-4,63%	-29,29%	-6,61%	-20,75%	-4,80%	-28,64%
B2-Çift cam elektronik yutucu özellikli argon gazı dolgulu 6mm/13mm	-7,74%	-31,59%	11,99%	-4,96%	-6,03%	-29,56%
B3-Çift cam elektronik yansıtıcı özellikli argon gazı dolgulu 6mm/13mm	-4,68%	-29,32%	-6,74%	-20,86%	-4,85%	-28,68%
B4-Üçlü berrak cam argon gazı dolgulu 3mm/13mm	-3,25%	-28,27%	-8,42%	-22,29%	-3,70%	-27,81%
B5-Üçlü low-E berrak cam argon gazı dolgulu 3mm/13mm	-3,67%	-28,58%	-21,29%	-33,21%	-5,19%	-28,93%
C1-Güney cephesine uygulanan sabit saçak	1,74%	-24,57%	-17,47%	-29,96%	0,08%	-24,98%
C2-Doğu ve batı cephesine uygulanan sabit saçak	0,85%	-25,22%	-8,17%	-22,07%	0,07%	-24,98%
C3-Tüm cephelere uygulanan iç saydam yalıtım	0,03%	-25,84%	-22,23%	-34,00%	-1,89%	-26,46%
C4-Tüm cephelere uygulanan dış saydam yalıtım	-0,78%	-26,43%	-18,93%	-31,20%	-2,35%	-26,80%
C5-Tüm cephelere uygulanan iç jaluzi sistemi	0,04%	-25,83%	-36,24%	-45,89%	-3,09%	-27,36%
C6-Tüm cephelere uygulanan dış jaluzi sistemi	0,05%	-25,82%	-58,01%	-64,37%	-4,96%	-28,76%
D1-Mevcut binaya kış bahçesi eklenmesi	-16,40%	-38,02%	13,29%	-3,86%	-13,84%	-35,41%
D2-Mevcut depolayıcı duvardaki saydam bileşenlerin yenilenmesi	-14,20%	-36,39%	10,06%	-6,60%	-12,10%	-34,11%
D3-Mevcut depolayıcı duvardaki opak ve saydam bileşenlerin yenilenmesi	-15,36%	-37,25%	11,10%	-5,72%	-13,08%	-34,84%
D4-Menfezli depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması	-14,35%	-36,50%	7,82%	-8,50%	-12,43%	-34,36%
D5-Saydam depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması	-17,46%	-38,80%	14,12%	-3,15%	-14,73%	-36,08%
D6-Opak depolayıcı duvar ile kış bahçesi uygulaması	-13,44%	-35,82%	8,50%	-7,92%	-11,54%	-33,69%
E1-Sadece salona uygulanan beton trombe duvar	-16,37%	-37,99%	14,88%	-2,51%	-13,67%	-35,28%
E2-Sadece salona uygulanan tuğla trombe duvar	-14,62%	-36,70%	11,69%	-5,22%	-12,35%	-34,30%
E3-Sadece yatak odasına uygulanan beton trombe duvar	-16,29%	-37,94%	10,87%	-5,91%	-13,95%	-35,49%
E4-Sadece yatak odasına uygulanan tuğla trombe duvar	-14,23%	-36,40%	10,13%	-6,54%	-12,12%	-34,13%
E5-Salon+ yatak odasına uygulanan beton trombe duvar	-24,70%	-44,17%	16,85%	-0,84%	-21,11%	-40,87%
E6-Salon+ yatak odasına uygulanan tuğla trombe duvar	-21,09%	-41,50%	13,39%	-3,77%	-18,11%	-38,62%

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde, sürekli artan enerji tüketimi birçok çevresel sorunları ortaya çıkarmaktadır. Artan nüfus ile birlikte enerji tüketiminin daha fazla oranlarla artması doğal ve yenilenebilir enerji kaynaklarının farkındalığını arttırmıştır. Özellikle hızla gelişen ve büyüyen kentlerde, enerji tüketimi büyük oranda yapı sektöründen kaynaklanmalıdır. Bu durum, tüm dünya ülkelerinde doğal ve yenilenebilir kaynaklara yönelim ile bina tasarımlarında enerji etkin tasarım parametrelerinin önemini arttırmıştır.

Enerji tüketiminde büyük bir orana sahip olan yapı sektöründe, binaların büyük bir çoğunluğu konut işlevli ve sürekli kullanımlıdır. Bu sebeple enerji etkin tasarımda konut birimlerinin doğru kriterlerle tasarlanması, temel ihtiyaç olan ısıtma, soğutma, aydınlatma, sıcak su gibi sistemlerin enerji gereksinimlerini direkt olarak etkilemektedir. Yeni yapılacak olan konut binaları için enerji tüketimini azaltmaya yönelik, doğal kaynaklardan enerji elde edilecek sistemler tasarlanırken, mevcut konutlar için yapı bileşenlerinde yenileme ve ekleme yapılarak enerji tasarrufu sağlanabilir.

Tez çalışması kapsamında mevcut bir TOKİ Tarımköy projesinin enerji yüklerini azaltmak amacıyla iyileştirme alternatifleri oluşturularak binanın enerji performansının değerlendirilmesi yapılmıştır. Kullanıcıların konfor şartlarını, binanın daha az enerji tüketerek sağlanması amacıyla pasif sistem alternatifleri geliştirilmiş ve mevcut referans binaya entegre edilerek enerji performansları irdelenmiştir.

İncelenen Tarımköy projesi Afyon Sinanpaşa ilçesi, Serban mevkiindedir. Türkiye'nin 23 farklı ilinde uygulanan Tarımköy projeleri, iklim bölgelerine göre değişken plan tiplerine sahiptir. Genellikle aynı iklim bölgesindeki yerleşkelerde aynı plan tipi uygulanmaktadır. Serban mevki için uygulanan plan tipi Design Builder simülasyon programında modellenerek, daha sonrasında iyileştirme alternatifleri ile enerji hesaplamaları yapılmıştır.

Ülkemiz için en zengin doğal kaynak olan güneşten ısıtma ve soğutmanın istendiği dönemlerin yararlanma olanaklarının farklı olması binaların enerji yüklerini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında önerilen iyileştirme alternatifleri, güneş ışınlamalarının kontrollü bir şekilde binaya alınması ve binanın enerji tüketiminin azaltılması amacıyla pasif güneş enerjisi sistemleri alternatifleri olarak geliştirilmiştir. Bina kabuğu opak ve saydam bileşenler için farklı malzemelerden oluşan katmanlar ele alınmış ve güneş ışınlamalarını kontrol edebilmek için güneş kontrol elemanları entegre edilmiştir. Önerilen kış bahçesi ve trombe duvar sistemleri sayesinde, güneş ışınlamalarının etkisi ile ısınan havanın bina içerisinde sirkülasyonu sağlanmıştır. Simülasyon programında yapılan enerji yükü hesaplamaları ile binanın yıllık toplam ısıtma, soğutma ve toplam yük(ısıtma+soğutma) değerleri sayısal olarak irdelenmiştir. En düşük yıllık yük değerlerini sağlayan öneriler kombine edilerek yeni alternatif grupları oluşturulmuş, bu alternatifler arasından ise en düşük yıllık toplam yük değerini sağlayan grup, referans bina ve referans binanın yalıtımsız olma durumu ile kıyaslanmıştır. Çalışma tekil olarak ele alınan referans bina ve geliştirilen alternatifler ile değerlendirilmiş, en düşük toplam enerji yüküne sahip öneriler grubu olan alternatif belirlenerek bu alternatifin çevre binaların enerji yüklerine etkisinin incelenmesi amacıyla yapı adası içerisinde yer alması durumundaki enerji yükleri hesaplanarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Mevcutta uygulanmış bir proje üzerinde yapılan bu çalışma sonuçları, binanın enerji performansını arttırmaya yönelik önerilerle ısıtma, soğutma yüklerinin azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Önerilen alternatiflerin maliyetleri de göz önünde bulundurularak mevcut bina kabuğunda opak ve saydam bileşenler yenilenebilir, güneş kontrol elemanları ve kış bahçesi eklenebilir, dış duvarların yenilenecek trombe duvar önerileri sunulabilir. Tasarım sürecinde olan projeler için enerji simülasyon programları aracılığı ile yapıda kullanılacak farklı malzemeler ve sistemlerle oluşturulan alternatifler için enerji yükleri hesaplamaları yapılarak enerji giderlerini azaltacak önerilerin geliştirilmesi ve binalar için uygun ısıtma soğutma sistemleri önerilmesi hem maliyet açısından hem enerji tüketimi açısından büyük fayda sağlayacaktır. Ayrıca tasarım aşamasında enerji etkin parametrelerin değerlendirilmesi ve uygulanması daha kolay olacaktır. Yapımı tamamlanmış bir binanın bina yönü, diğer binalar ile arasındaki mesafe, bina formu gibi

parametrelerin değiştirilmesinin olanaklı olamayacağı gözünde bulundurulduğunda tasarım aşamasında enerji etkin parametrelerinin değerlendirilmesi ve uygulanması ile enerji etkinliği açısından doğru kararların alınması olanaklı olacaktır.

Sonuç olarak, enerji tüketimde ilk sıralarda yer alan yapı sektörünün hızla yayılan ve en aktif kullanıma sahip olan alt birimi konutlarda enerji etkinliğinin sağlanması, doğaya verilen zararın an aza indirgenmesi ve sağlıklı bir çevre oluşturulması bakımından çok önemli bir değere sahiptir. Gerek yeni tasarlanan binaların enerji etkin olarak tasarlanması gerekse mevcut konut stokunun enerji etkinliği açısından geliştirilmesi ile elde edilecek enerji tasarrufu, ülkenin enerji harcamalarının azalması ile enerji maliyetlerinin de azaltılarak ülke ekonomisine önemli bir katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Akdur, B.** (2012). Güneş Enerjisi İle Hava Isıtacak, İzolasyonlu Kompozit Duvar Dizaynı ve Simülasyonu Bitirme Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Altan, H. ve Mohelnikova, J.** (2009). Energy Savings and Carbon Reduction Due to Renovated Buildings, Praise Worthy Prize S.r.l. International Review of Mechanical Engineering, Vol. 3, N.6.
- Bilow, M.** (2012). International façades – CROFT, Doktora Tezi, TU Delft Faculty of Architecture, Architectural Engineering Technology Department, Hollanda.
- Chen, D. ve Chen, H. W.** (2013). Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. Environmental Development, 6, 69-79.
- Chiras, D. D.** (2002). The Solar House Passive Heating and Cooling, Syf 19-22, Chelsea Green Publishing Company, Canada.
- Dizkırırcı, A. S.** (2009). Konutlarda Enerji Verimliliğinin Ölçümü İçin 5-Yıldızlı Derecelendirme Sistemi ve Ekonometrik Uygulama, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Doğan, A.** (2009). Bina Cephelerinde Yalıtım Yerine Trombe Duvar Kullanımının İncelenmesi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Yıl 2009, sayı 112, syf:41-51.
- Giachetta, A., Magliocco, A. ve Piccardo, C.** (2014). Performance of Passive Solar Systems in a Case of Retrofitted Buildings, Athens: ATINER'S Conference Paper Series, No: ARC2014-1217.
- Goulding, J. R. ve Lewis, J. O.** (1993). Energy Conscious Design, A Primer for Architects, Batsford for the Comission of thw European Countries, Londra.
- İzoder,** (2010). 2010 – 2023 Isı Yalıtımı Planlama Raporu, Alındığı tarih: 19.11.2014, adres: http://www.izoder.org.tr/tr/dokumanlar/isi_yalitimi/izoder_isi_yalitimi_raporu.pdf
- Kachadorian, J.** (2006). The Passive Solar House, To Complete Guide Heating and Cooling Your Home, Chelsea Green Publishing Company, Vermont.
- Karakurt, H. S.** (2008). Pencere Sistemlerinin Isıl Performansının Doğrama Seçeneklerine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi.
- Keskin, T.** (2010). Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı'nın Geliştirilmesi Projesi Binalar Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu.

- Koç Üniversitesi**, (2012). Türkiye'nin Enerji Verimliliği Haritası ve Hedefler, Alındığı tarih: 21.11.2014, adres: <http://www.enver.org.tr/UserFiles/Article/90dfee6d-4004-4165-99c0-5642a4e90ed0.pdf>
- Koçlar, G.** (1998). Korunumunu Hedefleyen Bina Tasarımında Gazbeton Uygulamaları, İstanbul Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu.
- Özyurt, G.** (2009). Enerji Verimliliği, Binaların Enerji Performansı ve Türkiye'deki Durum, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 457, 32-32, Alındığı tarih: 12.09.2014, adres: http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/28224e0022eca3a_ek.pdf?dergi=141
- Steven, W.** (1998). The Passive Solar Design and Construction Handbook, Steven Winter Yayınları.
- Suárez, R.** ve Agüera, J.F. (2011). Retrofitting of Energy Habitability in Social Housing: A Case Study in a Mediterranean Climate, İspanya, Sevilya.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, (2013). 2014 yılı Bütçe Sunumu, Alındığı tarih: 02.12.2014, adres: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Butce-Uygulama-SonucLari-->
- Tıkrır, A.** (2009). İstanbul'da Mevcut Bir Konutun Dış Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenmesinde ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Topal, O.** (2009). Binalarda Enerji Verimliliği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- TS 2164/T2** (2000). Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 825** (2013). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türkiye İstatistik Kurumu**, (2011). Nüfus ve Konut Araştırması, Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, Ankara.
- Wachberger, M. ve Wachberger, H.** (1988). Güneş İle İnşaa Etmek, Yaprak Kitabevi, Ankara.
- Yöre, T.** (2007). Güneş Enerjisinden Edilgen Sistem Yararlanmada Güneş Odası Ekleme Yönteminin Ortam Sıcaklığına Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yurttakal, Ö.** (2007). Pencere Sistemlerinin Isıl Performansının Eleman ve Bina Düzeyinde Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zeren, L.** (1987). Türkiye'de Yeni Yerleşmeler ve Binalarda Enerji Tasarrufu Amacıyla Bir Mevzuat Modeline İlişkin Çalışma, Çevre ve Şehircilik Uygulama-Araştırma Merkezi, İ.T.Ü, İstanbul.

Zimmermann, M. (2011). Building Renovation Case Studies, IEA ECBCS Annex 50 Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings, Empa - Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, İsviçre.

Url-1 <<http://www.eia.gov>>, alındığı tarih: 10.09.2014.

Url-2 <<http://www.tuik.gov.tr>>, alındığı tarih: 11.09.2014.

Url-3 <<http://www.csb.gov.tr>>, alındığı tarih: 26.09.2014.

Url-4 <<http://www.iea.org>>, alındığı tarih: 03.10.2014.

Url-5 <<http://www.eie.gov.tr>>, alındığı tarih: 22.10.2014.

Url-6 <<http://tr.wikipedia.org>>, alındığı tarih: 22.10.2014.

Url-7 <<http://www.toki.gov.tr>>, alındığı tarih: 27.08.2014.

Url-8 <<http://www.designbuilder.co.uk>>, alındığı tarih: 07.10.2014.

Url-9 <<http://www.dmi.gov.tr>>, alındığı tarih: 13.10.2014.

Url-10 <<http://www.serban.bel.tr>>, alındığı tarih: 11.11.2014.

Url-11 <<http://www.tboake.com>>, alındığı tarih: 13.11.2014

EKLER

EK A: Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) istatistikleri

EK A

Çizelge A.1 : Ülke Bölge/Yıl Enerji Tüketimleri

Ülke/Yıl	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Avrupa Birliği (28 Ülke)	75,232,874	76,121,860	76,377,009	76,697,930	75,513,382	75,328,547	70,961,989	73,676,349	71,154,048	70,484,551
Avrupa Birliği (15 Ülke)	63,549,599	64,431,094	64,572,209	64,581,157	63,402,257	63,220,253	59,660,513	61,950,721	59,448,888	59,145,589
Avrupa Ülkeleri (18 Ülke)	52,543,499	53,324,918	53,498,686	53,649,258	52,824,703	52,884,471	49,924,143	51,799,854	49,948,899	49,410,708
Almanya	14,297,714	14,400,461	14,312,763	14,722,925	13,971,587	14,141,767	13,278,765	13,970,291	13,277,288	13,374,791
Fransa	11,363,333	11,534,987	11,570,850	11,426,543	11,301,811	11,366,819	10,866,468	11,183,848	10,795,317	10,818,381
İngiltere	9,686,381	9,732,281	9,796,762	9,649,234	9,315,184	9,131,741	8,595,294	8,843,116	8,260,078	8,469,532
İtalya	7,668,946	7,751,221	7,849,060	7,757,441	7,680,189	7,559,763	7,072,586	7,316,978	7,200,959	6,833,503
İspanya	5,657,426	5,910,816	6,038,310	6,047,274	6,124,630	5,935,999	5,459,374	5,437,336	5,367,997	5,329,571
Türkiye	3,312,781	3,424,898	3,582,420	3,946,767	4,243,678	4,194,839	4,188,093	4,474,266	4,767,881	5,014,764
Polonya	3,837,330	3,838,149	3,874,443	4,069,308	4,066,103	4,111,718	3,966,777	4,225,244	4,237,875	4,101,994
Hollanda	3,362,759	3,418,371	3,410,930	3,328,250	3,460,795	3,495,153	3,393,232	3,626,258	3,358,330	3,423,772
Belçika	2,485,285	2,470,536	2,459,030	2,408,675	2,346,478	2,495,370	2,390,110	2,555,477	2,498,201	2,358,039
İsveç	2,091,083	2,171,224	2,134,987	2,075,786	2,074,877	2,064,362	1,903,075	2,126,187	2,081,328	2,084,721
Çek Cumhuriyeti	1,863,414	1,910,380	1,889,095	1,938,750	1,938,402	1,895,252	1,775,735	1,872,664	1,809,771	1,791,261
Romanya	1,678,749	1,655,008	1,641,491	1,698,951	1,691,947	1,686,302	1,488,606	1,498,857	1,530,629	1,480,882
Finlandiya	1,548,140	1,560,778	1,445,538	1,572,517	1,562,804	1,503,802	1,417,437	1,551,978	1,486,674	1,427,205
Avusturya	1,362,693	1,393,754	1,438,284	1,443,828	1,425,235	1,436,865	1,353,372	1,448,623	1,408,856	1,409,063
Norveç	1,142,049	1,120,857	1,137,984	1,155,349	1,171,158	1,259,764	1,239,011	1,391,174	1,175,871	1,268,126
Yunanistan	1,270,893	1,291,476	1,314,999	1,322,341	1,319,654	1,333,113	1,275,971	1,202,911	1,163,776	1,161,792
Macaristan	1,105,933	1,095,893	1,156,038	1,149,644	1,123,113	1,114,924	1,053,343	1,080,656	1,051,072	986,037
Portekiz	1,084,238	1,120,921	1,150,325	1,096,686	1,095,905	1,064,024	1,049,548	1,016,617	988,625	929,461
Bulgaristan	807,891	793,000	827,066	854,057	838,906	834,285	732,860	743,985	799,255	763,392
Danimarka	869,882	845,563	819,711	881,928	860,079	837,829	803,309	843,502	784,920	759,509
Slovakya	786,193	774,654	796,716	790,152	747,816	766,394	702,534	747,945	728,603	699,258
Sırbistan	687,212	740,243	657,399	699,680	691,239	699,179	637,388	652,757	675,726	606,036
İrlandan	624,284	632,362	629,877	650,226	669,299	659,959	619,408	633,455	585,629	579,759
Hırvatistan	370,117	368,924	374,076	373,473	390,736	379,419	364,349	358,439	357,155	339,899
Litvanya	378,594	386,519	364,654	357,541	389,332	388,244	354,498	283,844	293,066	296,615
Slovenya	290,916	299,778	306,702	306,909	307,095	324,637	295,429	302,547	304,833	293,264
Estonya	231,752	237,213	235,249	229,958	257,769	249,059	224,278	257,785	259,061	256,263
İzlanda	141,690	146,315	151,627	181,886	209,787	230,348	230,427	230,261	245,998	244,731
Letonya	183,140	187,920	192,243	199,472	204,571	196,543	188,799	199,530	183,230	189,979
Lüksemburg	176,541	196,345	200,782	197,501	193,731	193,688	182,562	194,144	190,911	186,490
Makedonya	115,521	113,617	115,236	119,864	124,382	123,330	115,504	118,639	129,095	123,357
Kıbrıs	111,222	104,222	106,310	110,313	114,693	120,973	117,802	114,222	112,144	105,060
Karadağ	0	0	45,471	49,878	50,140	53,976	42,652	49,256	47,376	44,762
Malta	38,024	39,104	40,718	38,247	40,641	40,543	36,467	39,910	38,465	35,058

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Gizem Dinç Kobalas

Doğum Tarihi ve Yeri: 27 Nisan 1988, Denizli

E-posta : gizemdinc.gd@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2011, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık.