

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

BİNALARIN TASARIM STRATEJİLERİNİN SİMÜLASYON OPTİMİZASYONUNA DAYALI
OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ: ÇOK KATLI KONUT YAPILARI TOKİ ÖRNEĞİ

DOKTORA TEZİ

Kübra SÜMER HAYDARASLAN

MART-2021
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

**BİNALARIN TASARIM STRATEJİLERİNİN SİMÜLASYON OPTİMİZASYONUNA
DAYALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ: ÇOK KATLI KONUT YAPILARI
TOKİ ÖRNEĞİ**

Kübra SÜMER HAYDARASLAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (MİMARLIK)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 / 02 / 2021

Tezin Savunma Tarihi : 24 / 03 / 2021

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yalçın YAŞAR

Trabzon 2021

ÖNSÖZ

Doktora sürecim boyunca bana sağladığı bilimsel ve hayata dair katkılardan dolayı ilk olarak değerli danışmanım Prof. Dr. Yalçın YAŞAR'a sonsuz teşekkür ederim. Tez İzleme Komitesi üyelerim Dr. Öğr. Üyesi Sibel MAÇKA KALFA ve Prof. Dr. H. Tolga KAHRAMAN'a tezime sağladığı katkılar ve her an destekleri, yardımları ve sabırları için çok teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmama katkı sağlayan İstanbul Teknik Üniversitesi'nden Prof. Dr. Zerrin YILMAZ'a ve kendisi aracılığı ile çalışma fırsatı bulduğum Politecnico di Torino Üniversitesi'nden Dr. Cristina BECCHIO'a teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında tezime sağladığı katkılardan dolayı Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi'ne teşekkür ederim. Politecnico di Torino Üniversitesi'nde geçirdiğim süre boyunca Karadeniz Teknik Üniversitesi Dış İlişkiler Ofisi'nin sağladığı imkanlar ve yardımları için teşekkür ederim. Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde bulunduğum süre içerisinde başta Prof. Dr. Asiye PEHLEVAN olmak üzere tüm hocalarıma ve çalışma arkadaşlarıma, ayrıca bende yerleri hep ayrı olacak Karadeniz Teknik Üniversitesi'nin bana kazandırdığı değerli arkadaşlarım Gizem UYGUN ALTUNKAYA ve Hande Nur GÜLEÇOĞLU'na teşekkür ederim. Politecnico di Torino Üniversitesi'nde bulunduğum süre içerisinde yardımlarını ve misafirperverliklerini hep hissettiğim değerli arkadaşlarım Giulia VERGERIO, Giulia CRESPI, Carola LINGUA ve Maria Valentina Di NICOLI'ye çok teşekkür ederim.

Akademik kariyerimin başladığı Süleyman Demirel Üniversitesi'ne sağladıkları katkılarından dolayı teşekkürü borç bilirim. Ayrıca bu süreçte gösterdikleri anlayış için Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Ali TÜRK ve Mimarlık Bölüm Başkanı Prof. Dr. Gülin BEYHAN başta olmak üzere Mimarlık Bölümü hocalarıma ve çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Son olarak tüm eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen değerli ailem; annem Ayşe SÜMER, babam Davut SÜMER ve kardeşim Mustafa SÜMER'e sonsuz teşekkür ederim. Bana olan büyük desteği, sabrı ve inancı için sevgili eşim Ersin HAYDARASLAN'a kelimelerin ötesindeki desteği için minnettarım.

Kübra SÜMER HAYDARASLAN
Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Binaların Tasarım Stratejilerinin Simülasyon Optimizasyonuna Dayalı Olarak Değerlendirilmesi: Çok Katlı Konut Yapıları TOKİ Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Yalçın Yaşar‘ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 24/03/2021

Kübra SÜMER HAYDARASLAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XV
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XXIV
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problemin Belirlenmesi.....	2
1.2. Amaç ve Hedefler.....	3
1.3. Kapsam.....	6
1.4. Hipotez.....	7
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	9
2.1. İklim Değişikliği.....	9
2.2. Enerji Tüketimi.....	13
2.3. Enerji ile İlgili Strateji, Plan ve Yasal Düzenlemeler.....	19
2.3.1. Binalarda Enerji Tüketimi ile İlgili Strateji, Plan ve Yasal Düzenlemeler.....	21
2.3.1.1. Türkiye'nin Enerji Plan ve Stratejileri.....	32
2.3.1.2. Türkiye'de Enerji Verimliliği Konusundaki Yasal Düzenlemeler.....	38
2.4. Binaların Enerji Performansında Etkili Olan Parametreler.....	48
2.5. Binalarda Enerji Tüketimi ve CO ₂ Salınımı Azaltılması İçin Yapılan Çalışmalar.....	51
3. BİNALARIN TASARIM STRATEJİLERİNİN SİMÜLASYON OPTİMİZASYONUNA DAYALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ.....	61

3.1.	Çalışma Yöntemi.....	62
3.2.	Seçilen İller ve Meteorolojik Veriler.....	65
3.3.	Referans Binalara Ait Bilgiler.....	70
3.3.1.	Antalya İli Referans Bina Bilgileri.....	75
3.3.2.	Isparta İli Referans Bina Bilgileri	77
3.3.3.	Malatya İli Referans Bina Bilgileri	79
3.3.4.	Ardahan İli Referans Bina Bilgileri.....	81
3.3.5.	İzmir İli Referans Bina Bilgileri.....	83
3.3.6.	Kütahya İli Referans Bina Bilgileri.....	85
3.3.7.	Şanlıurfa İli Referans Bina Bilgileri.....	87
3.3.8.	Gaziantep İli Referans Bina Bilgileri	89
3.3.9.	Kırıkkale İli Referans Bina Bilgileri	91
3.3.10.	Sivas İli Referans Bina Bilgileri.....	93
3.3.11.	Trabzon İli Referans Bina Bilgileri	95
3.3.12.	Bayburt İli Referans Bina Bilgileri	97
3.3.13.	Çanakkale İli Referans Bina Bilgileri	99
3.3.14.	Bilecik İli Referans Bina Bilgileri.....	101
3.4.	Binaların Tasarım Stratejilerine Ait Parametrelerinin Belirlenmesi	103
3.4.1.	Bina Kabuğu Grubu Tasarım Parametreleri	103
3.4.2.	Mekanik Sistemler Grubu Tasarım Parametreleri.....	109
3.4.3.	Bina Formu Grubu Tasarım Parametreleri	111
3.4.4.	İllere Göre Belirlenen Tasarım Parametreleri	112
3.5.	Enerji Tüketimi ve Global Maliyet Hesabı	127
3.5.1.	Birincil Enerji Tüketimi Hesabı	127
3.5.2.	CO ₂ Salınımı Hesabı.....	133
3.5.3.	Global Maliyet Hesabı.....	133

3.6.	Optimizasyon ve Değerlendirme	136
4.	BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	146
4.1.	Antalya İline Ait Bulgular	148
4.2.	Isparta İline Ait Bulgular	156
4.3.	Malatya İline Ait Bulgular	164
4.4.	Ardahan İline Ait Bulgular	172
4.5.	İzmir İline Ait Bulgular	180
4.6.	Kütahya İline Ait Bulgular	188
4.7.	Şanlıurfa İline Ait Bulgular	196
4.8.	Gaziantep İline Ait Bulgular	204
4.9.	Kırıkkale İline Ait Bulgular	212
4.10.	Sivas İline Ait Bulgular	220
4.11.	Trabzon İline Ait Bulgular	228
4.12.	Bayburt İline Ait Bulgular	236
4.13.	Çanakkale İline Ait Bulgular	244
4.14.	Bilecik İline Ait Bulgular	252
4.15.	Bulguların Değerlendirilmesi	260
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	283
6.	KAYNAKLAR	287
7.	EKLER	314
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

BİNALARIN TASARIM STRATEJİLERİNİN SİMÜLASYON OPTİMİZASYONUNA DAYALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ: ÇOK KATLI KONUT YAPILARI TOKİ ÖRNEĞİ

Kübra SÜMER HAYDARASLAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Yalçın YAŞAR
2021, 313 Sayfa, 123 Sayfa Ek

Tez çalışmasında Türkiye’de bulunan mevcut binalarda 2020 yılından 2080 yılına kadar gelecek yıllardaki iklim değişikliğinin etkileri dikkate alınarak enerji tüketimlerinin ve CO₂ salınımlarının azaltılması konusunda çalışılmıştır. Çalışmada Türkiye’nin üye olduğu kurum ve kuruluşların hükümlerini yerine getirmek üzere imzaladığı sözleşmelerdeki hedeflere ulaşabilmesi için, mevcut ve yeni inşa edilecek binalarda birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimum bina kabuğu, mekanik sistem ve bina formu grubu tasarım parametreleri önerilerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu öneriler mevcut binalara aşamalı olarak onar yıllık dönemlerde uygulanmış ve etkileri simülasyon tabanlı optimizasyon kullanılarak incelenmiştir. Tez çalışmasının sonunda farklı iklim özelliğine sahip illerde yer alan binalarda aşamalı öneriler ile binalarda birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı azalmıştır. Çalışma ile Türkiye’de kısa ve uzun dönemlerde iklim değişikliğinin etkileri göz önünde bulundurularak binaların enerji tüketimini azaltılabileceğini ortaya koyarak literatüre katkı sağlayan referans bir kaynak oluşturmuştur.

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından Desteklenmiştir (Proje numarası: FDK-2019-8564).

Anahtar Kelimeler: Bina enerji tüketimi, CO₂ salınımı, simülasyon tabanlı optimizasyon, iklim değişikliği

PhD. Thesis

SUMMARY

EVALUATION OF DESIGN STRATEGIES OF BUILDINGS BASED ON SIMULATION OPTIMIZATION: MULTI-STOREY HOUSING BUILDINGS CASE STUDY TOKI SAMPLE

Kübra SÜMER HAYDARASLAN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Architecture Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Yalçın YAŞAR
2021, 313 Pages, 123 Pages Appendix

In this thesis, from 2080 until the year 2020, it was worked on reducing energy consumption and CO₂ emissions in existing buildings in Turkey considering the effects of climate change in the coming years. In the study, it is aimed to develop suggestions for optimum building envelope, mechanical system and building form group design parameters in terms of primary energy consumption, CO₂ emission and global cost in existing and new buildings to reach the targets in the agreements signed by Turkey. These measures were gradually applied to existing buildings over a decade, and their effects were examined using simulation-based optimization. At the end of the thesis study, the primary energy consumption and CO₂ emission decrease thanks to gradual suggestions in the buildings located in the provinces with different climatic characteristics. In addition, it was found that the energy consumption of buildings can be reduced by taking the effects of climate change into consideration in Turkey. So, a reference resource contributing to the literature for existing and new buildings were created with the thesis.

This work was supported by Scientific Research Project Coordination Unit of Karadeniz Technical University (Project number: FDK-2019-8564).

Key Words: Building energy consumption, CO₂ emission, simulation based optimization, climate change

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1.	Yıllara göre birincil enerji ihtiyacındaki artış 14
Şekil 2.2.	Küresel CO ₂ salınımının yıllara göre değişimi..... 15
Şekil 2.3.	Doğalgaz ihtiyacının yıllara ve ülkelere göre değişimi 16
Şekil 2.4.	Elektrik enerjisi üretmek için kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları..... 17
Şekil 2.5.	Elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre değişimi 17
Şekil 2.6.	SDS'ye göre bina sektörünün bölgelere göre enerji yoğunluğu 18
Şekil 2.7.	Türkiye'nin enerji ihtiyacında kullanılan kaynakların dağılımı 19
Şekil 2.8.	Türkiye'nin yıllara göre Enerji Plan ve Stratejileri..... 32
Şekil 3.1.	Çalışma yöntemi akış diyagramı..... 64
Şekil 3.2.	A1B, A2 ve B1 senaryolarına göre yıllık ortalama sıcaklıklar 69
Şekil 3.3.	Yıllık dış ortam sıcaklıklarının senaryolara göre değişimi 70
Şekil 3.4.	Ortalama bina model örneği..... 71
Şekil 3.5.	Antalya yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları 75
Şekil 3.6.	Isparta yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları..... 77
Şekil 3.7.	Malatya yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları 79
Şekil 3.8.	Ardahan yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları 81
Şekil 3.9.	İzmir yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları..... 83
Şekil 3.10.	Kütahya yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları 85
Şekil 3.11.	Şanlıurfa yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları 87
Şekil 3.12.	Gaziantep yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları 89
Şekil 3.13.	Kırıkkale yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları 91

Şekil 3.14.	Sivas yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları.....	93
Şekil 3.15.	Trabzon yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları.....	95
Şekil 3.16.	Bayburt yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları.....	97
Şekil 3.17.	Çanakkale yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları.....	99
Şekil 3.18.	Bilecik yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı sonuçları.....	101
Şekil 3.19.	İçerisinde FDM bulunan örtü katmanı.....	107
Şekil 3.20.	FDM'nin katman kalınlığının ve erime sıcaklığının enerji performansına etkisi (a) Antalya (b) Isparta.....	108
Şekil 3.21.	Güneş enerjisi destekli merkezi ısıtma sistemi.....	110
Şekil 3.22.	Farklı biçim faktöründeki bina formları.....	112
Şekil 3.23.	Isı yükünün belirlenmesinde ısıl denge şeması (ısıtma yükü için) (a) iç ortama bakan yüzeye göre (b) dış ortama bakan yüzeye göre (c) iç ortam ısı denge yaklaşımı.....	128
Şekil 3.24.	İletimle sonlu fark modeli için düğüm tanımı.....	132
Şekil 3.25.	NSGA II algoritmasının çalışma süreci.....	141
Şekil 3.26.	nZEB, ütopya ve maliyet optimum noktalar.....	144
Şekil 4.1.	Tasarım parametreleri ile oluşturulacak öneri kombinasyonları.....	147
Şekil 4.2.	Antalya yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	148
Şekil 4.3.	Isparta yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	156
Şekil 4.4.	Malatya yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	164
Şekil 4.5.	Ardahan yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	172
Şekil 4.6.	İzmir yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	180
Şekil 4.7.	Kütahya yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	188

Şekil 4.8.	Şanlıurfa yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	196
Şekil 4.9.	Gaziantep yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	204
Şekil 4.10.	Kırıkkale yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	212
Şekil 4.11.	Sivas yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	220
Şekil 4.12.	Trabzon yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	228
Şekil 4.13.	Bayburt yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	236
Şekil 4.14.	Çanakkale yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	244
Şekil 4.15.	Bilecik yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı.....	252
Şekil 4.16.	Antalya için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları.....	260
Şekil 4.17.	Isparta için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları.....	261
Şekil 4.18.	Malatya için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları.....	261
Şekil 4.19.	Ardahan için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları.....	261
Şekil 4.20.	İzmir için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları.....	262
Şekil 4.21.	Kütahya için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları.....	262
Şekil 4.22.	Şanlıurfa için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları.....	262
Şekil 4.23.	Gaziantep için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları.....	263
Şekil 4.24.	Kırıkkale için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları.....	263
Şekil 4.25.	Sivas için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları.....	263

Şekil 4.26.	Trabzon için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları	264
Şekil 4.27.	Bayburt için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları	264
Şekil 4.28.	Çanakkale için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları	264
Şekil 4.29.	Bilecik için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları	265
Şekil 4.30.	Antalya için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi.....	270
Şekil 4.31.	Isparta için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi.....	270
Şekil 4.32.	Malatya için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi.....	271
Şekil 4.33.	Ardahan için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi.....	271
Şekil 4.34.	İzmir için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi	272
Şekil 4.35.	Kütahya için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi.....	272
Şekil 4.36.	Şanlıurfa için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi.....	273
Şekil 4.37.	Gaziantep için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi.....	273
Şekil 4.38.	Kırıkkale için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi.....	274
Şekil 4.39.	Sivas için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi	274
Şekil 4.40.	Trabzon için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi.....	275
Şekil 4.41.	Bayburt için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi.....	275
Şekil 4.42.	Çanakkale için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi.....	276
Şekil 4.43.	Bilecik için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi.....	276

Şekil 4.44.	Mevcut durum için illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi	278
Şekil 4.45.	2020-2029 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi	278
Şekil 4.46.	2030-2039 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi	279
Şekil 4.47.	2040-2049 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi	279
Şekil 4.48.	2050-2059 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi	280
Şekil 4.49.	2060-2069 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi	280
Şekil 4.50.	2070-2079 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi	281
Şekil 4.51.	2080-2089 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO ₂ salınımı değişimi	281

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Sera gazları içindeki gazların bulunma oranları	9
Tablo 2.2. AB’de enerji alanındaki çalışma başlıkları ve kapsamaları.....	21
Tablo 2.3. Enerji Stratejisi ve Enerji Birliği’nin alt başlıkları ve çalışma konuları	22
Tablo 2.4. 2020, 2030 ve 2050 Enerji strateji hedef ve politikaları	23
Tablo 2.5. Enerji Etkinliği alt başlıkları ve kapsamaları.....	24
Tablo 2.6. Enerji Etkinliği alt başlıklarının çalışma konuları	24
Tablo 2.7. Enerji verimliliğini artırmak için hazırlanan AB politikaları	25
Tablo 2.8. EPBD’lerin kapsamındaki bina tipleri, çalışma konuları ve bina enerji performansı hesap parametreleri açısından karşılaştırılması	27
Tablo 2.9. IEA’da odaklanılan ana alanlar ve kapsamaları	28
Tablo 2.10. IEA’da enerji konusunda incelenen başlıklar ve kapsamaları	29
Tablo 2.11. IEA’nın senaryoları ve amaçları	30
Tablo 2.12. Bina enerji performansını artırmak için IEA’nın önerileri	31
Tablo 2.13. Türkiye’nin enerji konusundaki plan ve strateji hedefleri	33
Tablo 2.14. Türkiye’nin enerji konusundaki plan ve stratejilerinin binalar açısından incelenmesi	37
Tablo 2.15. Türkiye’de enerji verimliliği konusundaki yönetmelikler	39
Tablo 2.16. Türkiye’de enerji verimliliği konusundaki tebliğler	41
Tablo 2.17. Türkiye’de enerji verimliliği konusundaki genelgeler ve diğer çalışmalar	42
Tablo 2.18. Binalarda enerji verimliliği ile ilgili yasal düzenlemelerde alınan önlemler	43
Tablo 2.19. Bina Enerji Performansı Yönetmeliği içeriği	45
Tablo 3.1. Coğrafi bölgelere göre illerin meteorolojik verileri (Ölçüm periyodu: 1929-2018).....	66
Tablo 3.2. Seçilen illerin TS 825’teki derece bölgelerindeki yeri.....	67
Tablo 3.3. Seçilen illere ait meteorolojik veriler.....	68
Tablo 3.4. İllerdeki referans binaların vaziyet planları	72

Tablo 3.5.	İllere göre binaların plan özelliği ve mekanik sistem bilgileri.....	73
Tablo 3.6.	İllere göre ortalama hane halkı büyüklüğü ve çalışma kabulü.....	73
Tablo 3.7.	Antalya ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler	76
Tablo 3.8.	Isparta ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler	78
Tablo 3.9.	Malatya ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler	80
Tablo 3.10.	Ardahan ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler	82
Tablo 3.11.	İzmir ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler	84
Tablo 3.12.	Kütahya ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler	86
Tablo 3.13.	Şanlıurfa ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler	88
Tablo 3.14.	Gaziantep ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler.....	90
Tablo 3.15.	Kırıkkale ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler	92
Tablo 3.16.	Sivas ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler	94
Tablo 3.17.	Trabzon ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler	96
Tablo 3.18.	Bayburt ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler	98
Tablo 3.19.	Çanakkale ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler.....	100
Tablo 3.20.	Bilecik ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler	102
Tablo 3.21.	Literatürde yer alan çalışmalarda kullanılan ısı yalıtım kalınlıkları	104
Tablo 3.22.	Tez çalışmasında kullanılan ısı yalıtım malzemesinin teknik özellikleri ..	104
Tablo 3.23.	IEA'nın pencere sistemi önerileri	105
Tablo 3.24.	Cam filmi özellikleri	106
Tablo 3.25.	Güneş enerjisi kolektörü özellikleri	110

Tablo 3.26.	PV kolektör özellikleri.....	111
Tablo 3.27.	Tez çalışmasında kullanılan tasarım parametreleri ve kodları.....	112
Tablo 3.28.	Antalya için kullanılan tasarım parametreleri.....	113
Tablo 3.29.	Isparta için kullanılan tasarım parametreleri.....	114
Tablo 3.30.	Malatya için kullanılan tasarım parametreleri	115
Tablo 3.31.	Ardahan için kullanılan tasarım parametreleri.....	116
Tablo 3.32.	İzmir için kullanılan tasarım parametreleri.....	117
Tablo 3.33.	Kütahya için kullanılan tasarım parametreleri.....	118
Tablo 3.34.	Şanlıurfa için kullanılan tasarım parametreleri.....	119
Tablo 3.35.	Gaziantep için kullanılan tasarım parametreleri	120
Tablo 3.36.	Kırıkkale için kullanılan tasarım parametreleri	121
Tablo 3.37.	Sivas için kullanılan tasarım parametreleri.....	122
Tablo 3.38.	Trabzon için kullanılan tasarım parametreleri	123
Tablo 3.39.	Bayburt için kullanılan tasarım parametreleri.....	124
Tablo 3.40.	Çanakale için kullanılan tasarım parametreleri.....	125
Tablo 3.41.	Bilecik için kullanılan tasarım parametreleri.....	126
Tablo 3.42.	Türkiye için CO ₂ salınımı dönüşüm katsayıları.....	133
Tablo 3.43.	Binalarda kullanılan bazı sistemlere ait ömür süreleri.....	136
Tablo 3.44.	Optimizasyon problemlerinin sınıflandırılması	138
Tablo 3.45.	Çalışmanın amaç fonksiyonu, kısıtları ve tasarım değişkenleri.....	145
Tablo 4.1.	Antalya 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	149
Tablo 4.2.	Antalya 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	150
Tablo 4.3.	Antalya 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	151
Tablo 4.4.	Antalya 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	152
Tablo 4.5.	Antalya 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	153

Tablo 4.6.	Antalya 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	154
Tablo 4.7.	Antalya 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	155
Tablo 4.8.	Isparta 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	157
Tablo 4.9.	Isparta 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	158
Tablo 4.10.	Isparta 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	159
Tablo 4.11.	Isparta 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	160
Tablo 4.12.	Isparta 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	161
Tablo 4.13.	Isparta 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	162
Tablo 4.14.	Isparta 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	163
Tablo 4.15.	Malatya 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	165
Tablo 4.16.	Malatya 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	166
Tablo 4.17.	Malatya 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	167
Tablo 4.18.	Malatya 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	168
Tablo 4.19.	Malatya 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	169
Tablo 4.20.	Malatya 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	170
Tablo 4.21.	Malatya 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	171
Tablo 4.22.	Ardahan 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	173
Tablo 4.23.	Ardahan 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	174

Tablo 4.24.	Ardahan 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	175
Tablo 4.25.	Ardahan 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	176
Tablo 4.26.	Ardahan 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	177
Tablo 4.27.	Ardahan 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	178
Tablo 4.28.	Ardahan 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	179
Tablo 4.29.	İzmir 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	181
Tablo 4.30.	İzmir 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	182
Tablo 4.31.	İzmir 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	183
Tablo 4.32.	İzmir 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	184
Tablo 4.33.	İzmir 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	185
Tablo 4.34.	İzmir 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	186
Tablo 4.35.	İzmir 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	187
Tablo 4.36.	Kütahya 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	189
Tablo 4.37.	Kütahya 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	190
Tablo 4.38.	Kütahya 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	191
Tablo 4.39.	Kütahya 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	192
Tablo 4.40.	Kütahya 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	193
Tablo 4.41.	Kütahya 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	194

Tablo 4.42.	Kütahya 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	195
Tablo 4.43.	Şanlıurfa 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	197
Tablo 4.44.	Şanlıurfa 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	198
Tablo 4.45.	Şanlıurfa 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	199
Tablo 4.46.	Şanlıurfa 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	200
Tablo 4.47.	Şanlıurfa 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	201
Tablo 4.48.	Şanlıurfa 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	202
Tablo 4.49.	Şanlıurfa 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	203
Tablo 4.50.	Gaziantep 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	205
Tablo 4.51.	Gaziantep 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	206
Tablo 4.52.	Gaziantep 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	207
Tablo 4.53.	Gaziantep 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	208
Tablo 4.54.	Gaziantep 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	209
Tablo 4.55.	Gaziantep 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	210
Tablo 4.56.	Gaziantep 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	211
Tablo 4.57.	Kırıkkale 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	213
Tablo 4.58.	Kırıkkale 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	214
Tablo 4.59.	Kırıkkale 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	215

Tablo 4.60.	Kırıkkale 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	216
Tablo 4.61.	Kırıkkale 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	217
Tablo 4.62.	Kırıkkale 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	218
Tablo 4.63.	Kırıkkale 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	219
Tablo 4.64.	Sivas 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	221
Tablo 4.65.	Sivas 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	222
Tablo 4.66.	Sivas 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	223
Tablo 4.67.	Sivas 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	224
Tablo 4.68.	Sivas 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	225
Tablo 4.69.	Sivas 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	226
Tablo 4.70.	Sivas 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler	227
Tablo 4.71.	Trabzon 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	229
Tablo 4.72.	Trabzon 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	230
Tablo 4.73.	Trabzon 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	231
Tablo 4.74.	Trabzon 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	232
Tablo 4.75.	Trabzon 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	233
Tablo 4.76.	Trabzon 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	234
Tablo 4.77.	Trabzon 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	235

Tablo 4.78.	Bayburt 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	237
Tablo 4.79.	Bayburt 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	238
Tablo 4.80.	Bayburt 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	239
Tablo 4.81.	Bayburt 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	240
Tablo 4.82.	Bayburt 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	241
Tablo 4.83.	Bayburt 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	242
Tablo 4.84.	Bayburt 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	243
Tablo 4.85.	Çanakkale 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	245
Tablo 4.86.	Çanakkale 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	246
Tablo 4.87.	Çanakkale 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	247
Tablo 4.88.	Çanakkale 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	248
Tablo 4.89.	Çanakkale 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	249
Tablo 4.90.	Çanakkale 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	250
Tablo 4.91.	Çanakkale 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	251
Tablo 4.92.	Bilecik 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	253
Tablo 4.93.	Bilecik 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	254
Tablo 4.94.	Bilecik 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	255
Tablo 4.95.	Bilecik 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	256

Tablo 4.96.	Bilecik 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	257
Tablo 4.97.	Bilecik 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	258
Tablo 4.98.	Bilecik 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler.....	259
Tablo 4.99.	İllere ve dönemlere göre önerilerde kullanılan ve seçilen tasarım parametreleri	267



SEMBOLLER DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
BEP	: Binalarda Enerji Performansı
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CH ₄	: Metan
CO ₂	: Karbondioksit
COP	: Sistemdeki Cihazın Etkinlik Katsayısı
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
EIA	: ABD Enerji Bilgi İdaresi
EKB	: Enerji Kimlik Belgesi
EPBD	: Binalarda Enerji Performans Direktifi
EPS	: Ekspande Polistiren Levha
FDM	: Faz Değiştiren Malzeme
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
HFCs	: Hidroflorür Karbonlar
IDK	: Isıtma / Soğutma Sistemi Dağıtım Kaybı
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
INC	: İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
İDKK	: İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu
KENTGES	: Kentsel Gelişme Stratejisi
LED	: Işık Yayan Diot
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
N ₂ O	: Diazot monoksit
NPS	: Yeni Politikalar Senaryosu
NSGA-II	: Non-Dominated Sorting Genetik Algoritma
nZEB	: Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina
NZEB	: Net Sıfır Enerjili Bina
PFCs	: Perfloro Karbonlar
PV	: Fotovoltaik
SDS	: Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu

SF ₆	: S�lf�rhekza Florid
SHGC	: Güneş Isı Kazanım Katsayısı
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
TS	: Türk Standartları
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	: Birleşmiş Milletler �evre Programı
WEO	: Dünya Enerji Görünümü
WMO	: Dünya Meteoroloji Organizasyonu
α	: Yutuculuk Katsayısı
ε	: Emissivite
h	: Saat
Gt	: Gigaton
K	: Kelvin
kWh	: Kilowatt saat
Λ	: Zaman gecikmesi (saat)
n	: Defa
�C	: Santigrat
τ	: Geçirgenlik
r	: Yansıtıcılık katsayısı
U	: Isı Geçirme Katsayısı (W/m ² K)
W	: Watt

1. GİRİŞ

Yıllar içerisinde teknolojinin gelişmesi ile ilk amacı korunak bir alan oluşturmak olan binalar değişime uğramıştır. Bu değişimlerden en köklü olanı sanayi devrimi ile yaşanmıştır. Binaların inşa süreleri kısalmış ve nüfusun artışı ile yapılaşma hızlanmıştır [1]. Diğer taraftan ekonomik ve sosyal alanda yaşanan gelişmeler ile bina kullanıcılarının yaşam kalitesi artmıştır. Yaşam kalitesinin artışı ile doğru orantılı olarak enerji tüketimi de artış göstermiştir. Enerji tüketiminin en fazla gerçekleştiği alanlar incelendiğinde binaların ilk sıralarda olduğu sonrasında endüstri, ulaşım ve tarımın izlediği görülmektedir [2]. Küresel ölçekte binalardaki bu tüketim değeri incelendiğinde yüksek ısıtma ve soğutma talebinden dolayı 2010 yılına kıyasla bugün iki katına çıktığı görülmüştür [3]. Enerji tüketimindeki bu artış iklim değişikliğini de hızlandırmaktadır.

İklim değişikliği tüm çevreyi etkileyen en önemli konulardan biridir. Enerji kaynaklarının çoğunlukla fosil yakıtlardan karşılanmasından dolayı sera gazlarının salınım miktarı artmaktadır. Salınan sera gazları içerisinde iklim değişikliğini tetikleyen en önemli parametre CO₂ salınımıdır [4]. Enerji tüketiminden kaynaklı CO₂ salınımı 2010 yılından 2018 yılına kadar %1.7 oranında artış göstermiştir. Bu oran 33.1 Gt CO₂ salınımı anlamına gelmektedir ve tarihi rekor seviyesine ulaşmıştır [5]. CO₂ salınımı miktarındaki artış ile sıcaklıkların artış göstereceği ve iklim değişikliğinin etkilerinin yüksek oranda hissedileceği ön görülmektedir [6]. Diğer bir yandan yapılan çalışmalar, bazı ülkelerin iklim değişikliğinden daha fazla etkileneceğinin göstermektedir. Doğu Akdeniz Havzası'nda yer alan Türkiye iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini daha fazla yaşayacak yüksek risk grubunda olan ülkeler arasında yer almaktadır [7].

Türkiye iklim değişikliği konusunda çalışmalar yürütmektedir ve en kapsamlı hedef olarak CO₂ salınımı miktarındaki artışın önüne geçilmesini belirlemiştir [8,9]. CO₂ salınımının kontrolü için yapılan çalışmalar enerji, ulaştırma, sanayi, atık ve arazi kullanımı, tarım ve ormancılık olarak ele alınmıştır. Üst başlık olan enerji başlığının altında kısa sürede ele alınması gereken parametrelerde, binaların enerji verimliliğinin artırılması hedefi bulunmaktadır [9]. Küresel ölçekte binaların ısıtma ve soğutma ihtiyacı için tükettiği enerji ve endüstride tüketilen enerji, toplam enerji tüketiminin %40'ına karşılık gelmektedir. Avrupa'da binalardan kaynaklı nihai enerji tüketimi oranı incelendiğinde ise bu oranın %60 olduğu ve tüketilen bu enerjinin %50'lik kısmının binaların yalnızca ısıtılması ve

soğutulması için kullanıldığı görülmektedir. Bu tüketilen enerji miktarının %65 fosil kaynaklardan sağlanmaktadır [10]. Binalardan kaynaklı CO₂ salınımının azaltılması için binaların tükettiği enerji miktarının azaltılması gerekmektedir. Ancak diğer bir yandan iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması için çalışmalar yapılmaya devam ediyor olsa da binaların en iyi senaryoları düşünerek iklim değişikliğine uyum sağlaması gerekmektedir. Bu konuda yapılan uyum çalışmalarında, gelecek yıllar için ön görülen iklim senaryoları doğrultusunda iklim değişikliğinden kaynaklı sıcaklık değişiminin, bina kabuğu elemanlarının fiziksel performanslarını, binanın elektrik tüketimindeki etkilerini, mekanik sistemlerin performanslarını ve enerji tüketim maliyetlerini inceleyen çalışmalar yapılmıştır [11-30].

Bina teknolojilerinde yaşanan gelişmeler ile bina ömürleri uzamaktadır. Gelecek yıllarda kuzey yarım kürede bulunan mevcut binaların %75-90'nının 2050 yılında kullanılmaya devam edeceği ön görülmektedir [11, 30]. Bu nedenden dolayı hem mevcut binalarda hem de yeni inşa edilecek binalarda enerji tüketiminin azaltılması gerekmektedir. Binalarda tüketilen enerji, alınan önlemler ile %25-40 oranında azaltılabilmektedir [31]. Bu kapsamda 2012 yılında Avrupa Birliği (AB)'nde yayınlanan enerji direktifinde, mevcut binaların enerji tüketimlerinin optimum çözümlerle azaltılabilmesi için yenileme çalışmalarının yapılması önerilmiştir [32]. Türkiye'de yapılan çalışmalarda ise, birincil enerji tüketiminde %14 oranında iyileştirme hedefi kapsamında mevcut binaların enerji tüketimlerinin azaltılması gerektiği belirtilmiştir [33]. Bu doğrultuda tez çalışmasında iklim değişikliğinin etkileri dikkate alınarak, mevcut ve yeni yapılacak binalarda birincil enerji tüketiminin ve CO₂ salınımının azaltılması konusunda çalışılmıştır.

1.1. Problemin Belirlenmesi

Binalarda ve diğer sektörlerde tüketilen enerji miktarı hızla artış göstermektedir. Fosil kaynaklardan sağlanan enerji, salınan sera gazlarının miktarını artırmaktadır. Tüm dünyadaki sera gazları miktarındaki artış iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliği son yıllarda dünya için önemli bir sorun haline gelmiştir. Uluslararası iklim değişikliği panelinde 21. yüzyılın sonuna kadar sıcaklıkların 1.1 °C – 6.4 °C aralığında artış gösterebileceği ve bu artışın ana sebeplerinden birinin fosil yakıtların kullanımı olduğu belirtilmiştir [6]. 2018 yılında enerji tüketimindeki artışın yaklaşık 5'te 1'i, iklim değişikliğine bağlı sıcaklıkların yükselmesi ve soğutma ihtiyacının artmasından

kaynaklanmaktadır [5]. Bu doğrultuda, çevreye verilen zararları azaltmak için enerji talebinin azaltılması ve enerjinin tasarruflu kullanılması önem kazanmıştır. Enerjinin en çok tüketildiği alanlardan birinin binalar olmasından dolayı, binalarda enerji talebinin ve tüketiminin azaltılması amacıyla gelecek yıllara ait stratejiler geliştirilmekte ve planlar yapılmaktadır [9, 33-38]. Ayrıca AB ve Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'na üye ülkelerden bazıları için 2060 yıllarına kadar plan ve stratejiler geliştirilmiştir. AB'ye üye ve Türkiye gibi aday ülkeler AB tarafından hazırlanan plan ve stratejilere uymakla yükümlüdür. Ayrıca Türkiye IEA'nın kurucu üyeleri arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda tez çalışmasında Türkiye'deki konutlarda birincil enerji tüketiminin ve CO₂ salınımının azaltılması için uzun dönem bir planlamanın yapılabilirliği sorusuna cevap aranmıştır.

1.2. Amaç ve Hedefler

Enerjinin gerektiği alanlarda enerji kaynağı olarak büyük oranda fosil yakıtların kullanılıyor olmasından dolayı sera gazlarının salınımı hızla artmıştır. Bu nedenle aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 160 ülkeyi kapsayan sera gazlarının azaltılmasını amaçlayan Kyoto protokolü imzalanmıştır [39]. Bu kapsamda enerjinin verimli kullanımı ile ilgili çalışmalar hızlanmıştır. Binalar toplamda tüketilen enerjinin %40'ndan sorumlu olmasından dolayı bu konuda birçok çalışma yapılmaktadır [17,40-73]. Avrupa'da 2002 yılında binalarda enerji verimliliğinin sağlanması için 2002/91/EC sayılı Binalarda Enerji Performansı Direktifi'ni (EPBD) yayımlamıştır [74]. 2010 yılında bu direktif yenilenip "EPBD recast" ismi ile yayınlanmıştır [75]. Son olarak direktif güncellenmiş ve 2018 yılında yayınlanmıştır. AB tarafından hazırlanan 2010/31/AB sayılı enerji direktifinde AB'de bulunan binalar için 2020 yılının sonuna kadar inşa edilen tüm yeni binaların yaklaşık sıfır enerjili bina (nZEB) olması ve üye olan devletlerin binalarda minimum enerji performansı gereksinimlerini maliyet-optimum olarak karşılaması beklenmektedir [76]. Bu yönetmelik üye ve Türkiye gibi aday olan ülkeleri kapsamaktadır.

Türkiye'deki enerji politikaları; enerjinin arz güvenliğinin sağlanması, enerjinin dışa bağlı olarak kullanımında risklerin azaltılması ve iklim değişikliği ile mücadele edilmesi olarak üç başlık altında toplanmaktadır. Türkiye'de enerjinin verimli kullanılması ile ilgili ilk çalışmalardan biri 1970 yılında Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanan "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardıdır. [77]. 2000 yılında yeni inşa edilecek yapılarda uygulanmak üzere "Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği" yayınlanmıştır. Enerjinin verimli

kullanılabilmesi için yapılan çalışma ile 2007 yılında Enerji Verimliliği Kanunu çıkarılmıştır. Enerji Verimliliği Kanunu doğrultusunda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, “Merkezi Isıtma ve Sıhhi Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik” ve “Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği’ni” yayınlamıştır [39,77-79]. Hazırlanan Bina Enerji Performans (BEP) Yönetmeliği Enerji Verimliliği Kanunu yanı sıra 2002/91/EC sayılı EPBD dikkate alarak hazırlanmıştır [74]. Enerji Verimliliği Kanunu ve BEP Yönetmeliği ile binaların enerji tüketimlerinin sınıflandırılması doğrultusunda Enerji Kimlik Belgesi (EKB)’nin binalar için düzenlenmesi zorunlu hale getirilmiştir [77-79].

Türkiye ve Avrupa’da binaların enerji tüketiminin azaltılması için yapılan çalışmalar doğrultusunda tez çalışmasında mevcut ve yeni inşa edilecek binaların bulundukları iklime göre enerji tüketimlerinin ve CO₂ salınımlarının azaltılması konusunda çalışılmıştır. Tez çalışmasında Türkiye’nin uzun dönem enerji plan ve stratejilerde belirtilen hedeflere ulaşabilmesi için, mevcut ve yeni yapılacak binalarda birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimum bina kabuğu, mekanik sistem ve bina formu grubu tasarım parametreleri ile oluşturulan önerilerin iklim değişikliği göz önüne alınarak belirlenmesi ve bu öneriler ile binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımlarının yıllara göre aşamalı olarak azaltılması amaçlanmaktadır.

Uluslararası iklim değişikliği panelinde 21. yüzyılın sonuna kadar sıcaklıkların 1.1 °C – 6.4 °C aralığında artış göstereceği tahmin edilmektedir [6]. Bu nedenle çalışmada binaların inşa edildikleri ya da inşa edilecekleri bölgenin mevcut ve gelecek iklim koşullarına göre enerjinin verimli kullanımının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Binaların enerji tüketimlerinin ve CO₂ salınımlarının azaltılması için ilk olarak iklimsel ve konumsal parametrelerin doğru bir şekilde ele alınması gerekmektedir. Binalarda enerjinin verimli kullanımının sağlanması mevcut ve gelecek iklim verileri gerekliliklerinin doğru karşılanması ile mümkün olmaktadır. Bu doğrultuda Türkiye’de yedi coğrafi bölgeden yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı en yüksek ve en düşük olan iller tüm Türkiye’nin iklim ve coğrafyasını temsilen seçilmiştir. Bu illerde Toplu Konut İdaresi Başkanlığı (TOKİ) tarafından inşa edilen binalar üzerinde 2020 yılından 2080 yılına kadar her on yıllık dönemde gelecek iklim verileri kullanılarak, belirlenen tasarım parametrelerinden birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimum öneriler oluşturulmuştur. Tez çalışmasının sonunda Türkiye’nin de üye olduğu kuruluşlar tarafından belirlenen enerji tüketimi ve CO₂ salınımlarını azaltma hedeflerini (örneğin 2040 yılına kadar birincil enerji

tüketiminin %20, CO₂ salınımının %40 azaltılması) yerine getirebilecek öneriler oluşturulmuştur. Türkiye’de mevcut ve yeni yapılacak binalarda birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimum bina kabuğu, mekanik sistem ve bina formu grubu tasarım parametreleri ile oluşturulan önerilerin iklim değişikliği göz önüne alınarak belirlenmesi ve bu öneriler ile binaların birincil enerji tüketiminin ve CO₂ salınımının yıllara göre aşamalı olarak azaltılması amaçlanan tez çalışmasının hedefleri aşağıda verilmiştir.

(i) İlk olarak tez çalışmasında referans kabul edilen binaların belirlenmesi için illerin ve bu illerdeki yerleşimlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda Türkiye’de yedi farklı coğrafi bölgedeki illerin yıllık ortalama en düşük ve en yüksek dış ortam sıcaklıkları belirlenmiştir. Bu illerden her bir coğrafi bölge için yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı en düşük ve en yüksek olmak üzere Türkiye’nin bütün illerindeki coğrafya ve iklim tiplerini temsil etmesi için ikişer il (toplam 14) seçilmiştir. İllerin belirlenmesinden sonra, bu illerdeki TOKİ tarafından inşa edilen yerleşimler çalışma bölgesi olarak kabul edilmiştir.

(ii) Tez çalışmasında seçilen yerleşimlerin fiziksel özelliklerin elde edilmesi ikinci hedefdir. Yerleşimlerdeki binaların mimari planları, bina konstrüksiyon bilgileri, mekanik sistem ve kullanım sıcak suyu elde etme sistem özelliklerini içeren bilgiler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Toplu Konut İdaresi Başkanlığı’ndan elde edilmiştir.

(iii) Tez çalışmasındaki üçüncü hedef referans binaların belirlenmesi ve bina enerji simülasyon programı kullanılarak modellenip simüle edilmesidir.

(iv) Gelecek iklim verileri kullanılarak 2020 yılından 2080 yılına kadar onar yıllık dönemlerde birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımını azaltacak tasarım parametrelerinin oluşturulması tez çalışmasının dördüncü hedefidir. Bu kapsamda gelecek iklim verileri iklim senaryolarına göre iklim verisi üretme programı aracılığı ile üretilmiştir. Üretilen veriler kullanılarak referans bina modellerinde yıllara göre aşamalı tasarım parametreleri oluşturulmuştur.

(v) Tez çalışmasının beşinci hedefi her bir ildeki referans binalar için 2020 yılından 2080 yılına kadar onar yıllık dönemlerde gelecek iklim verileri kullanılarak birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet hesapları yapılmasıdır.

(vi) Seçilen her bir il için, 2020 yılından 2080 yılına kadar birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimum öneriler simülasyon tabanlı optimizasyon teknikleri kullanılarak belirlenmesi tezin altıncı hedefidir.

(vii) Tez çalışmasının son hedefi ise referans yerleşimlere optimum önerilerin uygulanması ile birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı azalma oranlarının Türkiye ve AB hedefleri doğrultusunda incelenmesidir.

1.3. Kapsam

Mevcut bir binanın enerji tüketiminin azaltılması ve yeni inşa edilecek binaların enerjiyi verimli kullanabilmeleri için iklim değişikliğinden kaynaklı sıcaklık değişimlerinin, yenilikçi teknolojilerin ve kullanıcıların gelecek eğilimlerinin dikkate alınması gerekmektedir. Bu doğrultuda çalışmada gelecek iklim verileri kullanılarak binaların birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları global maliyetler de göz önünde bulundurularak azaltılmaya çalışılmıştır. Çalışma için, belirlenen 14 farklı TOKİ yerleşimindeki konut binalarının konstrüksiyon, mekanik sistem bilgileri Toplu Konut İdaresi Başkanlığı'ndan elde edilmiştir [78]. Elde edilen bilgiler doğrultusunda yerleşimlerin mevcut birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı bina enerji simülasyon programı kullanılarak hesaplanmıştır [79].

Mevcut durumlar için hesaplanan birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımı değerleri referans kabul edilmiştir. Farklı illerde bulunan yerleşimlerin mevcut birincil enerji tüketimlerinin ve CO₂ salınımlarının azaltılabilmesi için iklim değişikliği, teknoloji ve kullanıcıların gelecekteki eğilimleri doğrultusunda tasarım parametreleri belirlenmiş ve bu parametrelerle öneriler oluşturulmuştur. Bu kapsamda binalar için oluşturulan öneriler 2020 yılından 2080 yılına kadar onar yıllık dönemlerde aşamalı olarak uygulanmıştır. Öneriler uygulanırken 2020 yılından 2080 yılına kadar gelecek iklim verileri kullanılmıştır. Mevcut binalar için oluşturulan öneriler bina kabuğu bileşenlerinin ısıl özelliklerinin (ısı geçirme katsayısı, güneş ısı kazanım katsayısı vb.) iyileştirilmesi, mekanik sistem verimlerinin iyileştirilmesi ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanılarak elektrik üretiminin sağlanmasıdır. Binaların ortalama ömürlerinin 50-100 yıl olduğu dikkate alındığında mevcut binaların 2080 yılına kadar yıkılıp tekrar yapılabileceği düşünülebilir. Bu sayede gelecekte yeni inşa edilecek binalar için de öneriler oluşturulmuştur. Farklı tasarım parametreleri referans binalara uygulanarak bu binaların birincil enerji tüketimleri, CO₂ salınımları ve her bir tasarım parametresinin uygulanması durumunda onar yıllık global maliyetler bina enerji simülasyon programı kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar bina enerji simülasyon tabanlı optimizasyon ile birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimize edilmiştir. Sonuç olarak, mevcut ve yeni yapılacak binalarda birincil enerji tüketimi, CO₂

salınımı ve global maliyet açısından optimum bina kabuğu, mekanik sistem ve bina formu gibi tasarım parametreleri ile oluşturulan öneriler iklim değişikliği göz önüne alınarak belirlenmiştir. Bu öneriler ile referans binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınıminin yıllara göre aşamalı olarak azaltılması amaçlanmıştır.

1.4. Hipotez

Enerji tüketimlerindeki artışla birlikte üretilen enerjinin tüketilen enerjiyi karşılamamasından dolayı gelişmekte olan ülkeler enerjinin verimli kullanımı için tedbirler almaktadır. Bu doğrultuda enerji tüketiminin azaltılması için yasalar ve yönetmelikler çıkmaktadır. Enerjinin en çok tüketildiği alanın binalar olmasından dolayı bu sektörün en önemli bileşeni olan konut binalarında tüketilen enerjinin azaltılması amacıyla yapılmış çalışmaların önemi ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmanın hipotezi mevcut ve yeni inşa edilecek binaların enerji tüketimlerinin ve CO₂ salınımlarının gelecek iklim verileri dikkate alınarak azaltılmasıdır.

Bu tez çalışması ile yapılaşma ve enerji gereksinimi hızla artan Türkiye'deki konutlarda enerji tüketiminin azaltılması için uzun dönem bir planlamanın yapılabilirliği sorusuna cevap aranmıştır. Uzun dönem planlama yapılırken sadece yeni yapılacak binalar için değil aynı zamanda mevcut binalardaki enerji tüketimlerinin de düşünülmesi gerektiği için, Türkiye'de her ilde TOKİ tarafından inşa edilen binalar referans olarak alınmıştır. Ayrıca binalarda enerji tüketimi iklime ve coğrafyaya bağlı olduğu için, farklı coğrafi bölgelerden iller seçilmiştir. Bu doğrultuda Türkiye'nin bütün illerini temsil edebilecek hem farklı iklim tipleri hem de farklı coğrafi bölgeler için çalışma yapılmıştır. Bu kapsamda tez çalışmasının bilimsel ve teknolojik olarak özgün değeri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

(i) Türkiye'nin üye olduğu kuruluşların hedefleri doğrultusunda, 2020 yılından 2080 yılına kadar her on yıllık dönemde mevcut ve yeni inşa edilecek binalarda enerji tüketimlerinin ve CO₂ salınımlarının azaltılabilmesi için öneriler oluşturulmuştur. Bu sayede uzun dönem enerji strateji ve planları için referans bir kaynak oluşturulmuştur.

(ii) Çalışmada Türkiye'deki farklı coğrafi bölgelerde bulunan iller için bina kabuğunda yer alan ısı yalıtım kalınlığı ve tipi, cam filmi, gölgeleme elemanı ve faz değiştiren malzeme (FDM) kullanımının bina enerji performansına etkisi gelecek iklim verileri kullanılarak incelenmiştir. İnceleme sonucunda bu tasarım parametrelerinden birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimum öneriler oluşturulmuştur. Gelecek iklim

verileri kullanılarak Türkiye’de mevcut binalar hakkında uzun dönem önerilerin oluşturulması kullanılan malzemelerin ömrü boyunca meydana gelecek iklim değişikliği sebebiyle, uzun dönem enerji planlamasının yapılması açısından önemlidir. Bu tez çalışması ile, belirtilen parametrelerin Türkiye’de kısa ve uzun dönemlerde binalara uygulanması için referans bir kaynak elde edilmiştir.

(iii) Tez çalışmasında gelecek iklim verileri kullanılarak, Türkiye’deki farklı coğrafi bölgelerde bulunan illerde 2020 yılından 2080 yılına kadar her on yıllık dönem için ısıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu sistemlerinde enerji kaynağı (fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerji kaynakları) ve sistem tipleri (bireysel, merkezi vb.) tasarım parametreleri oluşturulmuştur. Bu sayede tez çalışması ile Türkiye’de kısa ve uzun dönemlerde kullanılabilecek enerjiyi verimli bir şekilde kullanan ısıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu sistemleri için referans bir kaynak oluşturulmuştur. Yapılan çalışmalar incelendiğinde mevcut ve yeni inşa edilecek binalar için sistem önerileri olsa da mevcut iklim verileri ile kısa dönem planlar yapılmaktadır. Oysaki kullanılan sistemlerin ömrü boyunca meydana gelecek iklim değişikliği sebebiyle, gelecek iklim verileri doğrultusunda sistemlerin ve kapasitelerinin belirlenmesi uzun dönem enerji planlamasının yapılması açısından önemlidir.

(iv) Türkiye’de mevcut binaların ömürlerinin sona ermesi ile yeniden inşa edilmesi sırasında ya da yeni inşa edilecek binalarda uygulanması için enerji ihtiyacının azaltılabildiği bina formu önerileri geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında referans binalar için, bulunduğu iklime bağlı olarak farklı biçim faktörlerinde inşa edilmesi ile enerji ihtiyacının değişimi incelenmiştir. Bu doğrultuda tez çalışması ile belirtilen parametrelerin Türkiye’de kısa ve uzun dönemlerde özellikle toplu konutların planlanmasında kullanılabilecek referans bir kaynak oluşturulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. İklim Değişikliği

Çevrenin bileşenleri ile etkileşimde olan iklim, geniş bölgelerde uzun zaman dilimlerinde gerçekleşen ortalama hava koşulları olarak tanımlanmaktadır. Dünya'nın oluşumundan itibaren çevre ile olan etkileşimden kaynaklı iklimde değişimler yaşanmaktadır [7]. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının yaklaşık %50'si dünya yüzeyinden geri yansımaktadır. Sera gazları olarak tanımlanan karbon dioksit (CO_2), metan (CH_4), diazot monoksit (N_2O), hidroflorür karbonlar (HFCs), perfloro karbonlar (PFCs), sülfürhekza florid (SF_6) gibi gazlar aracılığı ile geri yansıyan güneş ışınlarının bir kısmı tekrar yeryüzüne dönmektedir. Bu gazlar ısı tutma özelliğine sahip olması nedeni ile ısı ayarına yardımcı olmaktadır. Sera gazlarının sağlamış olduğu ısı ayarı doğal sera gazı etkisi olarak tanımlanmıştır. Bu etki sayesinde yeryüzündeki sıcaklık düzeyi 15°C iken eğer bu sera etkisi olmasaydı yeryüzündeki sıcaklık düzeyi -18°C olacağı belirtilmektedir [80]. Sera gazlarının oranları, sanayileşmenin etkisi ile hızla değişmiştir. Bu gazların oranlarının değişmesi iklim sorunlarına neden olmaktadır. Bu gazlar içerisinde en fazla orana sahip olan gaz CO_2 gazıdır. Atmosferde bulunan sera gazlarından, yoğunluklarının artması probleme neden olan gazlar Tablo 2.1'de verilmiştir [4].

Tablo 2.1. Sera gazları içindeki gazların bulunma oranları

Sera Gazı	Oran
Karbondioksit (CO_2)	%72
Metan (CH_4)	%19
Diazotmonoksit (N_2O)	%6
Florlu Gazlar (Hidro-floro-karbonlar (HFCs), Perfloro-karbonlar (PFCs), Sülfür hegza florür (SF_6))	%3

Sera gazlarının etkisini 1957'de Hawai'ye kurduğu CO_2 gözlem istasyonu ile ilk kez Charles David Keeling kanıtlamıştır [81]. Sera gazlarında meydana gelen değişimler iklim değişikliğine yol açmaktadır. İklimde olan bu değişimler doğal kaynaklı (güneş, volkanik patlamalar vb.) ya da insan kaynaklı değişiklikler olabilmektedir [7]. Ancak sera gazlarında meydana gelen değişikliklerin çok büyük bir çoğunluğu insan kaynaklıdır. Özellikle fosil

yakıtların enerji kaynağı olarak kullanılıyor olması sera gazı salınımlarının ve iklim değişikliğinin en büyük nedenidir [4]. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (BMİDÇS) iklim değişikliğini; “Karşılaştırılabilen bir zaman periyodunda gerçekleşen doğal iklim değişikliğine ek olarak, küresel atmosferin insan etkileri sonucunda değişmesi” olarak tanımlamıştır [82]. Günümüzde fosil yakıtların kullanımı, yeşil alanların yok olması ve sanayi atıklarının artması gibi nedenlerden kaynaklı olarak iklim değişikliğine neden olan sera gazları salınımlarının insan kaynaklı olarak artırdığı bilinmektedir. 1980'lerde insan kaynaklı sera gazı salınımlarının iklimi etkilediği ile ilgili ilk çalışmalar ortaya konmuştur. Bu çalışmalar hükümetlerin konu ile ilgili küresel bir anlaşma yapma konusunda hızlanmalarına neden olmuştur. Bu kapsamda 1990 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu BMİDÇS 'nin hazırlanması için Hükümetler Arası Müzakere Komitesi'nin (INC) kurulması ile ilgili karar almıştır. 1992 yılında INC İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin taslağını hazırlamış ve sözleşme 154 ülkenin başkanı tarafından kabul edilmiştir. Sözleşme 1994 yılında yürürlüğe girmiş ve 2002 yılında 185 ülke tarafından imzalanmıştır [82]. Türkiye 24 Mayıs 2004 tarihinde 189. taraf olarak sözleşmeyi imzalamış ve sözleşmenin yükümlülüklerini yerine getireceğini taahhüt etmiştir [7]. Sözleşme sera gazı salınımlarına neden olan bütün alanları kapsamakta ve ülkelere yükümlülükler belirtmektedir [83].

Birleşmiş Milletler kuruluşu olan Dünya Meteoroloji Organizasyonu (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) aracılığıyla insandan kaynaklı iklim değişikliğinin etkilerinin incelenmesi amacı ile 1988 yılında Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. BMİDÇS'nin bilimsel dayanakları IPCC tarafından “İklim sistemi üzerindeki insan kaynaklı tehlikeli etki” başlığı altında hazırlanmıştır [84]. IPCC bu konudaki çalışmalarını, UNEP ve WMO ortak çalışmaları ile ortaya koymuştur [85, 86]. IPCC 1990, 1995, 2001, 2007 ve 2013 yıllarında iklim değişikliği ile ilgili raporlar yayınlamıştır. IPCC tarafından iklim değişikliği ile ilgili son yayınlanan raporda Uluslararası İklim Değişikliği Paneli'nde 21. yüzyılın sonuna kadar sıcaklıkların 1.1 °C – 6.4 °C aralığında artış göstereceğinden bahsedilmektedir [6]. Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında yayınlanan “İklim Bağlantılı Doğal Afetlerin İnsani Maliyeti” başlıklı raporda ise son 20 yılda kaydedilen doğal afetlerin %90'ının iklim değişikliğinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

İklim değişikliği bütün ülkeleri kapsayan en önemli konulardan biridir [87]. Bu konuda ilk Taraflar Konferansı (COP) 1995 yılında gerçekleştirilmiştir [82]. Daha sonra BMİDÇS kapsamında belirlenen hedeflere rağmen sera gazları salınımlarının artışının devam

etmesinden dolayı, mevcut çevre sözleşmesinin niteliğinin güçlendirilmesi amacı ile Kyoto Protokolü hazırlanmıştır. Kyoto Protokolü ile 2008-2012 yılları arasında sera gazı salınımlarının %5 oranında azaltılması öngörülmüştür. Türkiye 2009 yılında bu protokole taraf olmuştur. Ancak protokole göre sayısal salınım sınırlandırma ve azaltım taahhüdü bulunan listede değildir [82]. Türkiye iklim değişikliği ile mücadele edilmesi kapsamında ayrıca Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü, BMİDÇS ve Paris Anlaşması'nı imzalamıştır. Türkiye'nin imzaladığı diğer bir anlaşma olan Paris Anlaşması, 2020 yılından sonraki dönem için iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasını içermektedir. Bu doğrultuda küresel ısınmadan kaynaklı sıcaklık artışının 2 °C'nin altında tutulması hedeflenmektedir. Bu anlaşmada diğer anlaşmalardan farklı olarak taraf olan bütün ülkelerin sorumluluk almasına dayanmaktadır [87]. Aralık 2015 yılında 195 ülkeye ulaşan Paris Anlaşması, iklim değişikliği ile mücadele edilmesi ve daha az CO₂ salınımı ile daha sürdürülebilir bir gelecek sağlanması için önemli bir anlaşmadır [88]. Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü kapsamında Türkiye'nin de imzalamış olduğu sözleşme "Ozon Tabakasının Korunmasına Dair Viyana Sözleşmesi" başlığı altında 1985 yılında kabul edilmiştir. Daha sonra bu sözleşme 1990, 1992, 1997, 1999 ve 2016 yıllarında güncellenmiştir. Montreal Protokolü ise 1990 yılında 196 ülke tarafından imzalanmıştır. Bu protokol çevre konusunda en başarılı ve çok katılımlı anlaşma olarak kabul edilmektedir. Bu anlaşma ayrıca BMİDÇS'nin oluşturulmasında önemli olduğu belirtilmektedir [87,89].

İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması doğrultusunda imzalanan Kyoto Protokolü, Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü çalışmalarını artırmıştır [4,39]. İklim değişikliğinin etkilerinin ve sera gazlarının salınımının azaltılabilmesi için Türkiye'de 2001 yılında "İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu" (İDKK)'nu oluşturmuştur. Kurul 2013 yılında "Hava Emisyonları Koordinasyon Kurulu" ile birleştirilmiş ve "İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu" adını almıştır [83]. Oluşturulan kurul ile iklim değişikliği konusunda strateji ve eylem planlarının oluşturulması, kurumların faaliyetlerinin belirlenmesi çalışmaları yürütülmektedir [7]. Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2006-2008 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi ile "Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları" başlıklı TÜBİTAK projesini yapmışlardır. Daha sonra "Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği" çalışmasını 2015 yılında tamamlamışlardır. Çalışmada Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından üç küresel model ve iki senaryo kullanılarak Türkiye ve çevresi için toplamda 6 bölgesel iklim projeksiyonu oluşturulmuştur. Hazırlanan çalışmada Türkiye'nin iklim değişikliğinden kaynaklı olumsuz etkilerinin

azaltılması ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması amaçlanmıştır. Çalışmada referans dönem olarak 1971-2000 yılları seçilmiş ve 2100 yıllarına kadar iklim projeksiyonları ele alınmıştır. Çalışmanın sonucunda Türkiye'nin iklim değişikliği etkilerinin yüksek oranda hissedildiği Doğu Akdeniz Havzası'nda yer almasından dolayı iklim değişikliğinin olumsuz etkileri açısından yüksek risk grubunda yer alan ülkeler arasında olduğuna ulaşılmıştır [7].

Türkiye imzalamış olduğu sözleşmelerle iklim değişikliğinin minimum düzeyde yaşanması konusunda üzerine düşen sorumlulukları yerine getireceğini taahhüt etmektedir. Bu konuda yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalara katılmakta ve somut adımlar konusunda çalışmalar yürütmektedir. Türkiye'nin bu konudaki en kapsamlı hedefi düşük CO₂ salınımı yapan bir ekonomiye sahip olmaktır. Bu hedefe ulaşılabilmesi için karbon salınımına neden olan tüm alanlarda köklü bir değişim öngörülmektedir [8]. Türkiye'de 2010 yılında 2010-2023 aralığını kapsayan “Türkiye İklim Değişikliği Strateji Belgesi” hazırlanmıştır [9]. Strateji belgesi hazırlanırken BMİDÇS'nin “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” maddesi altında hedefler belirlenmiştir. Bu hedefler aşağıdaki gibidir;

- Sera gazı salınımlarının sınırlandırılması ve temiz üretim için ar-ge ve inovasyon çalışmalarının yapılması,
- Diğer ülkeler ile iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılabilmesi için araştırma projelerinin yürütülmesi,
- İklim değişikliği ile mücadele kapsamında mali kaynakların artırılması,
- İklim değişikliği konusunda bilinçlendirme çalışması yapılması,
- Ulusal iklim değişikliği ile mücadele kapsamında bilgi yönetim sistemi ve salınım envanteri altyapısının oluşturulmasıdır.

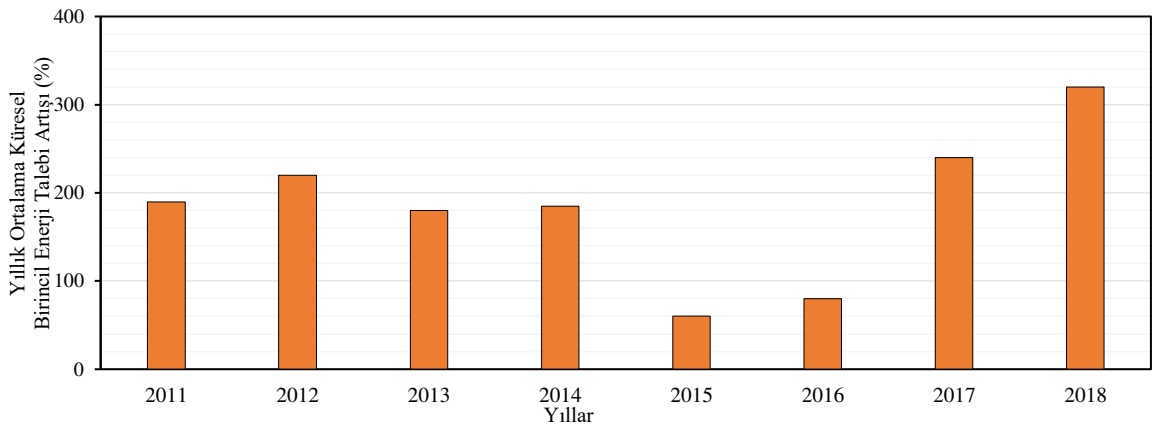
Strateji belgesinde iklim değişikliğinin en önemli nedenlerinden olan sera gazı salınım kontrolü; enerji, ulaştırma, sanayi, atık ve arazi kullanımı, tarım ve ormancılık olmak üzere beş başlıkta ele alınmıştır. Enerji başlığı altında kısa vadede gerçekleştirilmesi planlanan hedefler arasında binaların enerji verimliliğinin artırılması yer almaktadır. Bu kapsamda ayrıca sanayi ile iş birliği içinde yapı malzemeleri ve teknolojilerine yönelik projelerin geliştirilmesi yer almaktadır. Binalarla ilgili diğer bir hedef ise mevcut binalara “Enerji Kimlik Belgesi” uygulamasının altyapısının hazırlanmasıdır. Sera gazı salınım kontrolü kapsamında, kullanılan enerji yoğunluğunun 2020 yılında 2004 yılından daha düşük seviyeye indirilmesi ve güneş enerjisinden elektrik üretiminin artırılması diğer hedeflerdendir [9].

2019 yılı Temmuz ayında yayınlanan 11. Kalkınma Planı'nda (2019-2023) Türkiye'nin iklim değişikliğinden en çok etkilenecek ülkeler arasında yer almasından dolayı bu konuda çalışmalar yürütüldüğü belirtilmiştir. Eylem planının şehirleşme ile ilgili yapılan çalışmalarında iklim değişikliğinin de ele alınması gerektiği vurgusu yapılmıştır. İnşa edilecek konutların sürdürülebilir ve iklim değişikliğine dirençli olarak tasarlanması beklenmektedir. Ayrıca doğal çevrenin korunması için sera gazı salınımına neden olan sektörlerin incelenmesi ve salınımların azaltılması hedeflenmektedir. İklim değişikliğinden kaynaklanabilecek olumsuz etkilere karşı uyumun artırılabilmesi için ulusal ve bölgesel ölçekte çalışmaların yürütülmesi gerekliliği belirtilmiştir. Diğer bir yandan yedi coğrafi bölge için iklim değişikliği eylem planının hazırlanması hedeflenmiştir [90]. 2019 yılı Aralık ayında ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından "2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı" yayınlanmıştır. Bu eylem planında iklim değişikliği ile mücadele edilebilmesi için daha fazla yeşil alana sahip şehirlerin planlanması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca dikey bahçelerin, parkların ve çatı bahçelerinin akıllı şehir tasarımıyla yer verilmesi hedeflenmektedir. İklim değişikliğinin en fazla hissedildiği bölgeler arasında Türkiye'nin yer almasından dolayı bu konuda birçok önlem çalışması yapılmaktadır. Binalardaki enerji tüketiminin azaltılması alınacak önlemlerin başında gelmektedir. Bu nedenle tez çalışmasında iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için, sera gazları salınımında büyük bir orana sahip ve arttığında risk oluşturan gazlar arasında yer alan binalardan kaynaklı CO₂ salınımının azaltılması amaçlanmıştır. Ayrıca iklim değişikliğinin etkilerinin minimuma indirilme hedeflerine göre belirlenen senaryolarda sıcaklıklarda değişimlerin beklendiği belirtilmektedir. Bu nedenle tez çalışmasında iklim değişikliği ön görüleri doğrultusunda mevcut binaların enerji tüketimlerinin azaltılması konusunda çalışma yapılmıştır. Çalışmada iklim değişikliğinin etkileri raporlarına göre sıcaklıklarda meydana gelmesi ön görülen artışlar dikkate alınarak, gelecek yıllar için aşamalı olarak tasarım önerileri oluşturulmuştur.

2.2. Enerji Tüketimi

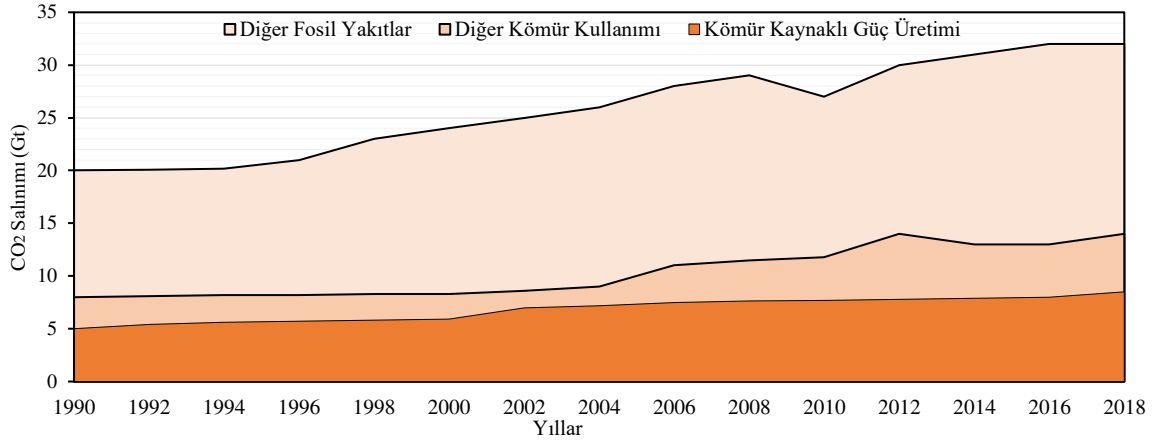
Ülkelerin ekonomik olarak kalkınmaları, enerji tüketimleri ile doğrudan ilişkilidir. Ekonomik kalkınma ve enerji tüketiminin doğrusal ilişkisi 1970 yılında gerçekleşen petrol krizi ile ortaya çıkmıştır. Sanayi, tarım, ulaşım, barınma gibi en temel ihtiyaçların bir enerji kaynağı olmaksızın yapılabilmesi mümkün değildir. Bu süreçte enerji konusunda dışa bağımlı ülkelerin sanayileri ciddi sorunlar yaşamıştır [91]. Enerji kaynakları birçok farklı

amaç için kullanılmaktadır. Bu kaynaklar kullanım durumlarına göre yenilenebilir, fosil ve nükleer kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflama kaynakların doğada stok durumu ile ilgili olup, sınırlı kaynaklar fosil kaynaklar olarak tanımlanmaktadır [92]. Yenilenebilir enerji kaynakları güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji, dalga enerjisi, biyokütle enerjisi, hidrojen enerjisi, dalga enerjisi, gelgit enerjisi, piezoelektrik enerjisi olarak sıralanırken, fosil kaynaklar kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer kaynaklar ise uranyum ve toryum olarak sıralanmaktadır [93,94]. Bu kaynaklar sanayi, tarım, ulaşım, binalar gibi başlıca alanlarda enerji ihtiyacının karşılanması için kullanılmaktadır. Bu enerji ihtiyacının yoğunlukla fosil yakıtlardan karşılanması çevrede olumsuz etkilere neden olmaktadır. Fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanımından kaynaklı sera gazı salınımları IPCC'nin raporları ve Paris İklim anlaşmasının taahhütlerinin aksine son yıllarda yükselmeye devam etmektedir [95]. İklim değişikliğine olan farkındalığın artması ve enerji arz talep ilişkisindeki denge durumlarının değişmesinden dolayı, ülkeler enerji yoğunluklarının azaltılması ve bunun yanında ekonomik büyümenin desteklenmesi için çeşitli adımlar atmıştır [85,96,97]. Ancak kullanılan enerji kaynakları hala yeterince sürdürülebilir değildir [95]. IEA'nın 2018 yılında yayınladığı rapora göre, enerji tüketimi ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarındaki artış nedeni ile 2010 yılından bu yana iki katına çıkmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar ve güneş kaynaklı enerji tüketimi artış göstermiş olsa da tüm yakıt tiplerine olan talep artmıştır (Şekil 2.1) [3].



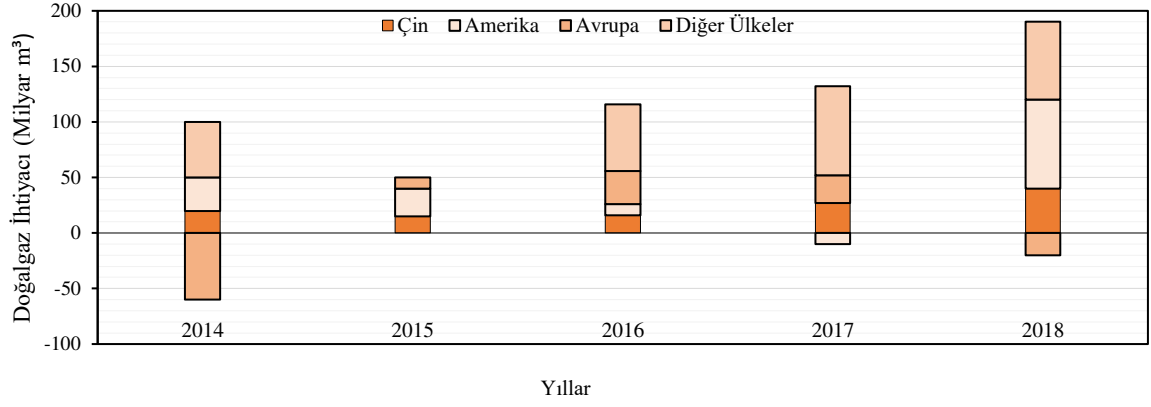
Şekil 2.1. Yıllara göre birincil enerji ihtiyacındaki artış

Bunun artışın nedeni ise küresel ekonominin güçlü olma trendi ve bazı bölgelerde ısıtma ve soğutma için harcanan enerji miktarının artmasıdır. Özellikle elektrik enerjisi ihtiyacındaki artış diğer enerji ihtiyaçlarındaki artıştan fazladır [3]. Binaların ısıtılması ve soğutulması için harcanan enerji ile endüstride tüketilen enerji toplam tüketilen enerjinin %40'ını oluşturmaktadır. Buna ek olarak tüketilen bu enerjinin %65'i fosil kaynaklardan karşılanmaktadır [98]. Fosil kaynaklar diğer enerji kaynaklarına göre daha fazla CO₂ salınımına neden olmaktadır. 2018 yılında IEA'nın CO₂ salınımı ile ilgili yayınladığı raporda, CO₂ salınımı tarihi bir değer olan 33.1 Gt değerine yükselmiştir (Şekil 2.2) [3].



Şekil 2.2. Küresel CO₂ salınımının yıllara göre değişimi

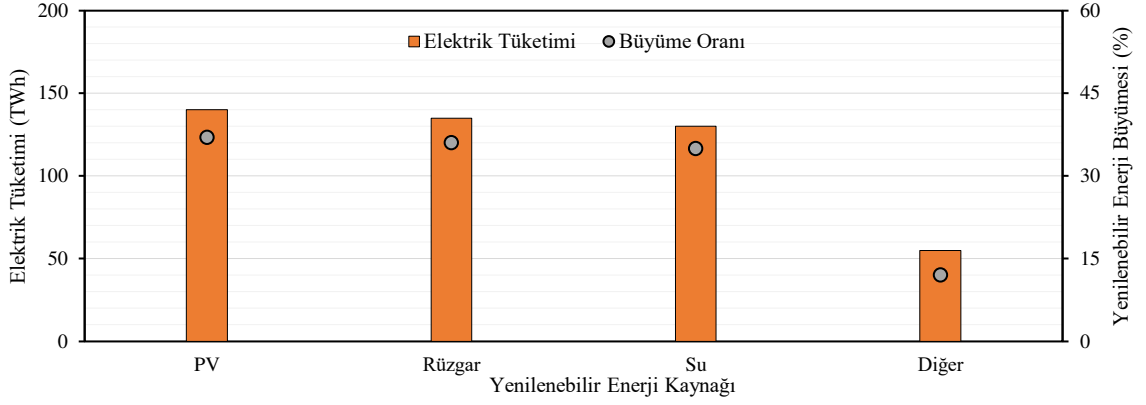
Özellikle Asya'da enerji kaynağı olarak kömür kullanımı 10 Gt'dan daha fazla CO₂ salınımına neden olmuştur. Çin, Hindistan ve ABD salınımdaki artışın %85'inden sorumlu olmuştur. Almanya, Japonya, Meksika, Fransa ve Birleşik Krallık gibi ülkelerde ise salınımın azaldığı belirtilmiştir. 2019 yılında ise dünya ekonomisindeki %2.9 oranındaki büyümeye rağmen bu yılda CO₂ salınım miktarı bir önceki yıl ile aynı olup 33 Gt seviyesinde kalmıştır. IEA bunun başlıca nedeninin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması, fosil yakıtlarda ise kömür yerine kömüre göre daha az hava kirliliğine neden olan ve daha az CO₂ salınımına sahip doğalgazın kullanılması olarak belirtmiştir. Doğalgaz ihtiyacı 2010 yılından 2019 yılına kadar %4.6'lık bir artış göstererek diğer yakıtlarla kıyasla en büyük büyüme oranına sahiptir. Doğalgaza en fazla talep Çin'den gelirken ABD onu takip etmiştir (Şekil 2.3) [3].



Şekil 2.3. Doğalgaz ihtiyacının yıllara ve ülkelere göre değişimi

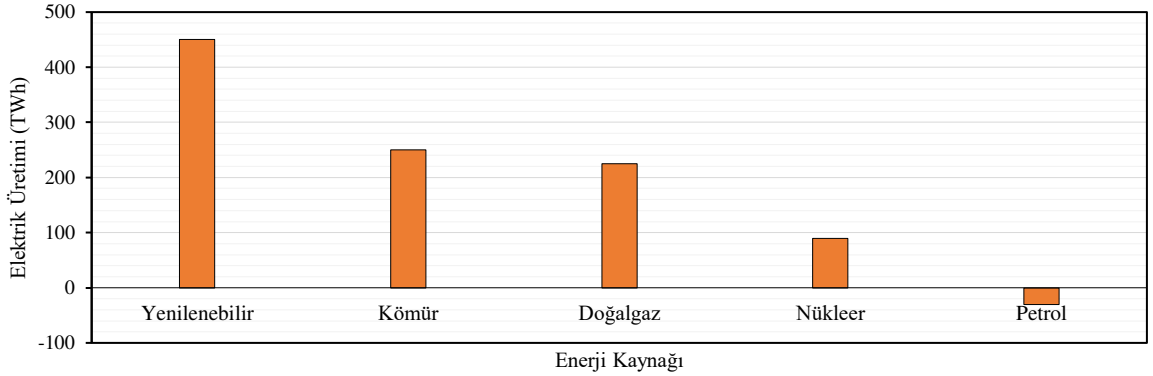
Kömüre olan talepteki artış doğalgazdan sonra gelmektedir. Kömür talebinde 2000-2010 yılları arasında %4.5’lik bir artış olurken, 2019 yılına kadar olan dönemde %0.7’lik bir artış görülmüştür. Kömürün küresel ölçekteki rolü düşünüldüğünde diğer kaynaklara göre talep azalmıştır. Petrol ihtiyacı ise 2010 yılına kıyasla 2018 yılında %1.3 oranında artmıştır. Bu artışta en büyük etki ABD’de petrole olan ihtiyacın artması iken onu Çin takip etmiştir. Ülkelerin petrol ihtiyaçları incelendiğinde ise Japonya ve Kore’de petrole olan talep azalırken Avrupa’da ise aynı kalmıştır [3].

Yenilenebilir enerji kullanımı 2010 yılına kıyasla 2018 yılında %4 oranında artmıştır. Bu oran toplam enerji talebindeki artışın dörtte birini oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretimi de 2010 yılından itibaren hızlı şekilde artmıştır. Elektrik enerjisi üretimi için güneş, rüzgar ve hidro enerji kullanımı toplam yenilenebilir enerji kullanımının üçte birlik kısmını oluştururken, geri kalan oranın büyük bir kısmı biyoenerji kaynaklıdır (Şekil 2.4) [3].



Şekil 2.4. Elektrik enerjisi üretmek için kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları

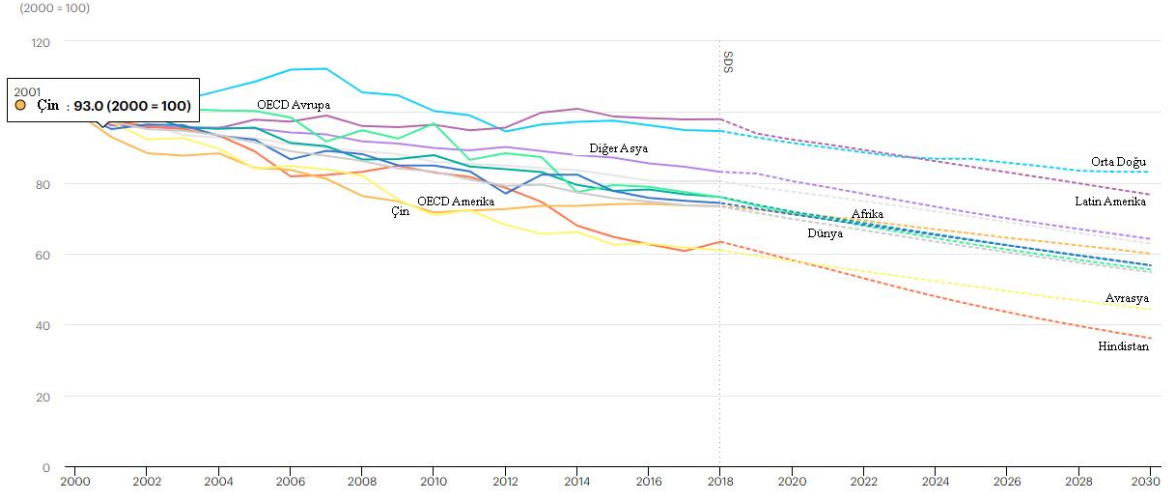
Dünyadaki elektrik enerjisi üretimi artış oranının içerisinde, bu üretimde yenilenebilir enerjinin katkısı yaklaşık %45'tir. Ayrıca yenilenebilir enerji kullanarak üretilen enerji toplam üretimin %25'ini oluşturmaktadır [3]. 2010 yılından bu yana elektrik enerjisi ihtiyacı %4 oranında artmıştır. Bu oran genel enerji talebi artış oranının iki katıdır. Yenilenebilir enerji ve nükleer enerji, talep edilen artışın büyük bölümünü karşılamaktadır. Ancak yine de kömür ve gaz yakıtlı elektrik santrallerinden yapılan üretim, sektördeki CO₂ salınımlarını % 2.5 oranında artmıştır. 2017-2018 yıllarındaki elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre değişimi Şekil 2.5'te verilmiştir [3].



Şekil 2.5. Elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre değişimi

Küresel ekonomi genelinde enerji verimliliği 2018 yılında bir önceki yıllara göre iyileşmeye devam etmiştir. Bunun beraberinde küresel birincil enerji yoğunluğu %1.3 oranında azalmıştır. Enerji verimliliği, enerji sektöründeki en büyük CO₂ salınımı azaltma

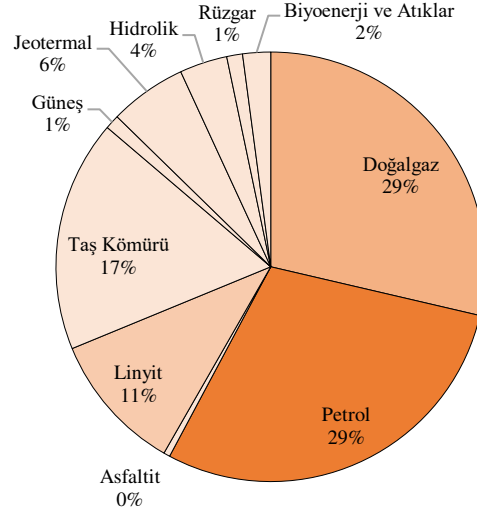
kaynağı olmasına rağmen, 2018 yılında enerji verimliliğindeki artış son üç yılda azalmıştır [3]. Enerji politikasının yavaşlama belirtisi, gelişmekte olan ülkelerin bina enerji düzenlemeleri konusunda yavaş olmasından kaynaklanmaktadır. Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu'na (SDS) göre küresel ölçekte metrekare başına enerji yoğunluğundaki azalmanın en az %2.5 düzeyinde olması gerekmektedir (Şekil 2.6) [99].



Şekil 2.6. SDS'ye göre bina sektörünün bölgelere göre enerji yoğunluğu

Tüketicilerin sorumluluklarının artması, enerjinin verimli kullanımı ile ilgili stratejiler AB'nin enerji tüketiminin azaltılması konusunda yaptığı çalışmaları artırmıştır [100]. Enerjinin en çok tüketildiği alanlar incelendiğinde Avrupa'daki kentsel binaların nihai enerji tüketiminin %60'ından sorumlu olduğu görülmektedir [98]. Ayrıca AB tarafından 2018 yılında binaların enerji performansının artırılması konusundaki direktifte AB ülkelerinde tüketilen enerjinin %50'sinin binaların ısıtılması ve soğutulması için harcandığı belirtilmiştir [76].

Bina sektörü gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde en fazla enerjinin tüketildiği sektörlerden biridir. Türkiye gelişmekte olan ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'de toplam enerji ihtiyacı 2018 yılında 143,66 MTEP'dir [33]. Bu enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılan kaynakların dağılımı Şekil 2.7'de verilmiştir. Bu dağılıma göre enerji ihtiyacının karşılandığı kaynakların büyük bir çoğunluğu fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Ayrıca Türkiye'deki enerji kullanım yoğunluğu gelişmiş ülkelerin üzerindedir [101].



Şekil 2.7. Türkiye'nin enerji ihtiyacında kullanılan kaynakların dağılımı

Bina sektörü açısından Türkiye'deki durum incelendiğinde sektörün nihai enerji tüketimi 2000 yılında 19,5 MTEP iken, bu değer 2015 yılında %66 artarak 32,4 MTEP'e ulaşmıştır. Enerji talebindeki artış yıllık ortalama %4.4 olan bina sektörünün nihai enerji tüketimindeki payı ise %32.8 değerine ulaşarak sanayi sektörünün de önüne geçmiştir. Ayrıca Türkiye'nin birincil enerji ihtiyacı için gerekli enerji kaynaklarının %75.9'u ithal edilmiştir. Bu oran dikkate alındığında Türkiye enerji ihtiyacının karşılanması için yüksek bağımlılığa sahip ülkeler arasında olduğu görülmektedir [33]. Bina sektörünün enerji tüketiminin azaltılması konusunda yapılan çalışmalar 2015 yılında %2 iken, 2018 yılında %0.6'ya kadar azalmıştır. 2017 yılından 2018 yılına kadar inşa edilen bina oranı ise %2.5 oranında artmıştır [102]. Bu nedenle mevcut ve yeni inşa edilen binaların enerji tüketimlerinin azaltılması, Türkiye gibi enerji kaynakları konusunda büyük oranda dışa bağlı ülkeler için önemlidir. Bu doğrultuda tez çalışmasında mevcut ve yeni inşa edilecek binalardan kaynaklı enerji tüketiminin azaltılması konusunda çalışılmıştır.

2.3. Enerji ile İlgili Strateji, Plan ve Yasal Düzenlemeler

Enerji kaynaklarına sahip olan ülkeler ve diğer ülkeler arasındaki rekabet, uluslararası iş birliği çalışmalarının yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Yapılan iş birliği çalışmalarının yanı sıra kullanılan yakıtların fosil yakıtlar olması ve fosil yakıt kullanımı ile salınan sera

gazı miktarının fazla olmasından dolayı, ülkeler bu konunun çözümü ile ilgili çeşitli çalışmalar yapmıştır. Bu alanda önemli çalışmalar yapan Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) 1974 yılında kurulmuştur. IEA'ya bugün Türkiye'de dahil olmak üzere 30 ülke üyedir. Bu ülkeler IEA'nın belirlediği enerji konularındaki plan ve stratejilerini yerine getirmeyi taahhüt etmişlerdir [103]. US'de 1977 yılında ABD Enerji Bilgi İdaresi (EIA) kurulmuştur. Bu kurum enerji korunumu ve verimliliği konularında çalışmalar yürütmektedir [104]. IEA'ya göre 2040 yılında OECD üyesi olmayan bölgelerdeki toplam enerji talebinin, OECD bölgelerinin talebinden %89 daha fazla olması beklenmektedir. Enerji talebindeki beklenen artış temel olarak devam etmekte olan enerji erişimine yönelik politika ve eylemleri hızlandırmakta ve zorunlu kılmaktadır. 1997 yılında sera gazları salınımının azaltılmasını amaçlayan Kyoto Protokolü hazırlamıştır. Kyoto protokolü, ülkeler arasında sera gazı salınımlarındaki azalmayı zorunlu kılan ilk anlaşmadır. Bugün Kyoto protokolünü imzalayan ülke sayısı Türkiye'de dahil olmak üzere 160'a ulaşmıştır [39]. Ayrıca AB komisyonu, AB ülkeleri ve AB'ye aday ülkeleri kapsayan enerji plan ve stratejileri hazırlamıştır [105]. Tüm dünyadaki sera gazları miktarındaki artış ile iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması amacı ile Paris İklim Anlaşması 2016 yılında 191 ülke tarafından imzalanmıştır [87]. İklim değişikliğine olan farkındalığın artması ve binaların toplamda tüketilen enerjinin %40'ından sorumlu olmasından dolayı binalarda enerjinin verimli kullanımı ile ilgili çalışmalar hızlanmıştır [40-73,106].

Kullanılan kaynaklarının sınırlı olması ve fosil yakıt kullanımının sera gazları salınımını artırıp iklim değişikliğine neden olmasından dolayı, ülkeler hem bireysel hem de diğer ülkelerle işbirliği içinde enerji stratejileri geliştirmektedir [33,38,74-76,95,96,98,112,119]. Enerji planlamasına ilişkin farklı tanımlar incelendiğinde, enerji planının ülkelerin enerji talebinin en optimum şekilde karşılanması için yapılan plan olduğu görülmektedir [107-111]. Türkiye'nin enerji plan ve stratejileri, kurucu üyesi olduğu IEA'nın çalışmaları ve halen aday olduğu AB Komisyonunun'nun hükümlerinin yerine getirilmesi doğrultusunda hazırlanmaktadır. Bu bölümde AB Komisyonu'nun, IEA'nın ve Türkiye'nin enerji konusunda hazırladığı plan ve stratejiler bina sektörü açısından incelenmiştir. Bu plan ve stratejiler AB'ye üye ve Türkiye gibi üyeliğe aday ülkeleri kapsamaktadır.

2.3.1. Binalarda Enerji Tüketimi ile İlgili Strateji, Plan ve Yasal Düzenlemeler

Ülkeler enerjinin verimli kullanımı için yasalar, yönetmelikler ve enerji planları hazırlamaktadır. Yasa, yönetmelik ve enerji planlarının çoğu sektörlere göre ayrılmaktadır. Bu sektörlerin başında inşaat, sanayi, enerji, ulaşım ve tarım gelmektedir. AB, birliğe üye ve aday ülkelerin politika ve stratejik yönlerini belirlemek için farklı alanlarda çalışma yürütmektedir. Bu konudaki en önemli alanlarından birisi enerji konusudur. AB'nin enerji alanındaki çalışma başlıkları ve kapsamı Tablo 2.2'de verilmiştir [105].

Tablo 2.2. AB'de enerji alanındaki çalışma başlıkları ve kapsamı

Başlık	Kapsam
Enerji Stratejisi ve Enerji Birliği	Enerji politikaları, enerji güvenliği ve sürdürülebilir enerji desteği.
Pazarlar ve Tüketiciler	Enerji üretimi ve tüketicilere ulaştırılması
İthalat ve Malzeme Güvenliği	Enerji konusunda potansiyel krizlerin önlenmesi ve yönetilmesi
Yenilenebilir Enerji	Yenilenebilir enerji kullanımının artırılması
Enerji Etkinliği	Enerji üretim ve tüketim zincirindeki enerji etkinliğinin artırılması
Petrol, Doğalgaz ve Kömür	Fosil yakıtların tüketim alanları konularında çalışmalar yürütülmesi
Nükleer Enerji	Nükleer güvenlik, nükleer tesislerin işletilmesi ve radyoaktif atık
Altyapı	Altyapının geliştirilmesi ve iyileştirilmesi
Uluslararası İş Birliği	Enerji tedarik güvenliğinin sağlanması için uluslararası iş birliği
Araştırma, Teknoloji ve Yenilik	Geleceğe yönelik çalışmaların yapılması

AB'nin enerji konusunda yaptığı çalışmalardan binalarla ilgili olanlar “Enerji Stratejisi ve Enerji Birliği” ile “Enerji Etkinliği” başlıkları altında yer almaktadır. “Enerji Stratejisi ve Enerji Birliği”nin alt başlıkları ve çalışma konuları Tablo 2.3'te verilmiştir [105].

Tablo 2.3. Enerji Stratejisi ve Enerji Birliği'nin alt başlıkları ve çalışma konuları

	Enerji etkinliği	Yenilenebilir enerji	CO ₂ Salınımı	Binalar	Enerji desteği	Güvenlik	Altyapı	Enerji fiyatı	Pazar	Ekonomi	Araştırma	Dağıtım
Enerji Birliğinin İnşası	✓					✓			✓	✓	✓	
Avrupalılar için Temiz Enerji	✓	✓										✓
2050 Uzun Dönem Stratejisi	✓	✓	✓			✓	✓				✓	
Enerji Birliği Yönetimi	✓		✓								✓	
Enerji Güvenliği Stratejisi					✓	✓					✓	
Avrupa Bölgeleri için Temiz Enerji		✓				✓		✓			✓	
2020 Enerji Stratejisi	✓	✓	✓	✓			✓					✓
2030 Enerji Stratejisi	✓	✓	✓									
2050 Enerji Stratejisi	✓	✓	✓									

Enerji Stratejisi ve Enerji Birliği çalışmalarında yer alan 2020, 2030 ve 2050 yıllarına ait politika ve hedefler Tablo 2.4'te verilmiştir. 2020 Enerji Stratejisi hedeflerine göre, 2020 yılında sera gazları salınımının %20 oranında azaltılması hedeflenmiştir. Bu hedefe henüz 2015 yılında ulaşılmış, hatta sera gazı salınımı 1990 yılına kıyasla %22 oranında azalmıştır. Diğer bir yandan 2020 yılında yenilenebilir enerji kullanım oranının %20 olması hedeflenirken, 2017 yılında bu hedefin %16'sına ulaşılmıştır. 2030 Enerji Strateji belgesinde ise enerji pazarında aktif olabilmek adına yeni boru hatları, elektrik hattı şebekeleri ve düşük karbon teknolojilerine yatırım yapılması teşvik edilmektedir. 2050 Enerji Stratejisi'nde ise sera gazı salınımının 2050 yılına kadar 1990 yılına kıyasla %80-95 oranında azaltılması ayrıca arz güvenliğinin sağlanması hedeflenmiştir. 2050 Uzun Dönem Stratejisi'nde iklimle duyarlı ve uzun vadeli ekonomik bir strateji planı hazırlanmıştır [112].

Tablo 2.4. 2020, 2030 ve 2050 Enerji strateji hedef ve politikaları

Strateji adı	Strateji hedefleri	Strateji politikaları
2020 Enerji stratejisi	• Sera gazlarının salınımlarının %20 oranında azaltılması, • Yenilenebilir enerji kullanım payının %20 olması, • AB düzeyinde en az %20 oranında enerji verimliliğinin sağlanması.	• Enerji etkin bina, ürün ve taşımacılığa yatırım yapılması, • Kamu binalarının yenilenmesi, • Eko tasarımın geliştirilmesi, • Alt yapının yenilenmesi, • Enerji sektöründeki güvenliğin artırılması, • Stratejik Enerji Teknoloji Planı (SET)' na uyularak, düşük karbon teknolojilerinin geliştirilmesi, • Dış enerji tedarikçiler ile iyi ilişkilerin sürdürülmesi.
2030 Enerji stratejisi	• 1990'lara kıyasla sera gazı salınımlarının %40 oranında azaltılması, • Yenilenebilir enerji kullanım payının en az %27 olması, • AB düzeyinde en az %27 oranında enerji verimliliğinin sağlanması.	• AB salınım programının yenilenmesi, • Enerji sistemlerinin rekabet edilebilirliğe yeni göstergelerin eklenmesi, • AB'de daha rekabetçi, güvenli ve sürdürülebilir enerji için ulusal planların geliştirilmesi ve AB genelinde daha iyi koordinasyonun sağlanması.
2050 Enerji stratejisi	• 1990'lara kıyasla sera gazı salınımlarının %80-95 oranında azaltılması, • Rekabet gücünün artması, • Arz güvenliğinin sağlanması.	• Düşük karbon salımlı yeni teknolojilerin geliştirilmesi, • Yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve şebeke altyapısı için yatırımların yapılması.

AB'nin enerjinin verimli kullanılması ile ilgili çalışmalar "Enerji Etkinliği" başlığı altında toplanmıştır. Enerji Etkinliği başlığı altında yapılan çalışmalar doğrultusunda enerji ile ilgili hedeflere ulaşılabilmesi için politikalar belirlenmiştir. Bu politikalar, ulusal enerji satışlarının %1.5 oranında azaltılması, halen kullanılmakta olan binaların %3'nün enerji verimliliği açısından iyileştirilmesi, binaların satış ve kiralanmasında enerji verimliliği sertifikaları uygulanması, AB ülkeleri tarafından her 3 yılda bir "Ulusal Enerji Etkinliği Aksiyon Planları" hazırlanması, enerji dağıtım şebeke ve hatlarının iyileştirilmesi, tüketicilere gerçek zamanlı olarak verilerin sunulmasıdır [105]. Enerji Etkinliği konusu AB tarafından altı alt başlıkta ele alınmaktadır (Tablo 2.5).

Tablo 2.5. Enerji Etkinliği alt başlıkları ve kapsamları

Alt Başlıklar	Kapsam
Enerji Verimliliği Direktifi	2012 yılında hazırlanan Enerji Verimliliği Direktifi, AB'nin 2020 yılına kadar %20 enerji verimliliği hedefi doğrultusunda hazırlanmıştır. Direktife göre tüm AB ülkelerinde, enerjinin üretilmesinden tüketilmesine kadar tüm aşamalarda daha verimli enerji kullanımını kapsamaktadır [32].
Binalar	AB'de tüketilen enerjinin %40 binalar tarafından tüketilmektedir. Ayrıca binalar CO ₂ salınımlarının %36'sından sorumludurlar. Bu nedenle mevcut binaların yenilenmesi ve yeni binaların enerji etkin olarak inşa edilmesi ile enerji tasarrufu ve CO ₂ salınımlarının azalmasını sağlamasını kapsamaktadır.
Kojenerasyon ile Isı ve Güç Üretimi	Kojenerasyon eş zamanlı olarak elektrik ve ısı üretimi demektir. Elektrik üretilen sistemlerde ortaya çıkan ısı bacalar ile atılmaktadır. Oysaki bu sistemde açığa çıkan ısı kullanılması enerji tasarrufu sağlamaktadır. Kojenerasyon sistemlerinin kullanılmasında enerji verimliliğinin sağlanmasını kapsamaktadır.
Enerji Etkin Ürünler	Enerji etiketlemesi ile enerji etkin ürünlerin üretilmesi ve denetlenmesinin yapılması kapsamaktadır.
Enerji Verimliliği Finansmanı	Enerjinin verimli kullanılması için gerekli yatırımlar için kamu fonlarının artırılmasını içermektedir.
Isıtma ve Soğutma	Bina ve endüstrinin ısıtma ve soğutmaya harcanan enerjisi AB'de toplamda kullanılan enerjinin yarısını oluşturmaktadır. Isıtma ve soğutmanın %84'ü hala fosil yakıtlardan, %16'sı yenilenebilir enerjiden üretilmektedir. AB'nin iklim ve enerji hedeflerine ulaşmak için, ısıtma ve soğutma sektörünün enerji tüketimini keskin bir şekilde azaltması ve fosil yakıt kullanımını azaltması gerektiğini belirtmektedir.

AB'nin Enerji Etkinliği kapsamında yaptığı çalışmaların alt başlıklara göre karşılaştırılmalı bilgileri Tablo 2.6'da yer almaktadır. Enerji konusunda bir ya da birden çok alanda çalışma yürütüldüğü bu tabloda görülmektedir.

Tablo 2.6. Enerji Etkinliği alt başlıklarının çalışma konuları

	Enerji	CO ₂ Salınımı	Binalar	Altyapı	Dağıtım	Isıtma Soğutma	Onarım	Teşvik	Enerji Üretim Kapasitesi
Enerji Verimliliği Direktifi	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Binalar	✓		✓			✓	✓		
Kojenerasyonla Isı ve Güç Üretimi	✓					✓			
Enerji Etkin Ürünler	✓								
Enerji Verimliliği Finansmanı								✓	
Isıtma ve Soğutma	✓	✓	✓				✓	✓	✓

AB ülkelerinde toplam nüfusun %70'i şehirlerde yaşamaktadır [113]. Şehirlerde tüketilen birincil enerji miktarı toplam tüketimin %70'ini oluşturmaktadır. Ayrıca bu tüketim oranının 2030 yılına kadar %75'e ulaşacağı tahmin edilmektedir [102]. AB'de toplam tüketilen enerjinin %40'ı binalar tarafından tüketilmektedir. Toplam CO₂ salınımının ise %36'sı binalardan kaynaklanmaktadır. Binalardaki bu yüksek enerji tüketim oranından dolayı AB'de birçok çalışma yapılmıştır [105,112]. AB'de bulunan binaların %35'i 50 yıl önce inşa edilmiştir. Bu binaların %75'i enerjiyi verimli kullanamamaktadır. Bu nedenle mevcut binaların enerji tüketimlerinin azaltılması ve enerjiyi verimli kullanır hale getirilmesi ile büyük oranda tasarruf sağlanacağı ortaya çıkmaktadır. Bu doğrultuda AB'nin Enerji Etkinliği çalışmaları kapsamında mevcut binaların her yıl %3 oranında enerji tüketimi açısından iyileştirilmesi hedefi yer almaktadır [100]. Ayrıca AB'de binaların enerji verimliliğinin artırılması için politikalar hazırlanmıştır (Tablo 2.7).

Tablo 2.7. Enerji verimliliğini artırmak için hazırlanan AB politikaları

Politikalar	Açıklama
2002 Binalarda Enerji Performans Direktifi	Direktif ile AB'deki binaların enerji tüketimi ile ilgili tüm parametreler ele alınmıştır. Binalar için enerji performans sertifikası geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir [74].
2010 Binalarda Enerji Performans Direktifi (Recast)	Binalarda enerji performansı için bir çerçeve oluşturulmuştur. Direktifte net sıfır enerjili bina (NZEB) çalışmalarına odaklanılmıştır. Ayrıca bina enerji performans çalışmalarının maliyet etkin olması gerektiği belirtilmiştir [75].
2012 Enerji Etkinliği Direktifi	Direktif ile 2020 yılında %20 enerji tasarrufu hedefine ulaşılması amaçlanmıştır. Ayrıca, enerji arzı ve kullanımında verimliliğinin sağlanması gerekliliği belirtilmiştir [32].
2016 Tüm Avrupalılar için Temiz Enerji Paketi	Temiz enerji paketi enerji verimliliği; yenilenebilir enerjide küresel verimlilik ve tüketiciler için eşit dağıtım sağlanmasını amaçlamaktadır [114].
2016 EU Bina Stoğu Gözlemi	AB'deki ülkeler için mevcut binalarda enerji verimliliği, sertifika programları ve binaların yenilenmesi konularında çalışılmaktadır [115].
2018 Akıllı Binalar için Akıllı Finans	Binalarının enerji verimliliği projelerine yatırımların artırılması hakkında çalışılmaktadır [116].
2018 Binalarda Enerji Performans Direktifi	2030 yılı için "Enerji Birliği ve Enerji" ve "İklim Politikası Çerçevesi"nde yenilenebilir enerji oranının artırılması, ayrıca sera gazı salınımlarının %40 oranında azaltılması da hedeflenmektedir [76].

Binaların enerji tüketiminin azaltılması ve enerjinin verimli kullanılması amacı ile Avrupa'da 2002 yılında 2002/91/EC sayılı EPBD yayınlamıştır [74]. 2010 yılında bu direktif yenilenip "EPBD recast" adında yeni direktif yayınlanmıştır [75]. Son olarak direktif yeniden düzenlenerek 2018 yılında yeni düzenlenen EPBD yayınlanmıştır. Avrupa'da 2010/31/AB sayılı direktife göre 2020 yılının sonuna kadar inşa edilen tüm yeni binaların nZEB olması ve AB'ye üye olan devletlerin binalarda minimum enerji performansı

gereksinimlerini maliyet-optimum olarak karşılaması beklenmektedir [76]. Yayınlanan EPBD'lerin kapsamındaki bina tipleri, çalışma konuları ve bina enerji performansı hesap parametreleri açısından karşılaştırılması Tablo 2.8'de verilmiştir.



Tablo 2.8. EPBD’lerin kapsamındaki bina tipleri, çalışma konuları ve bina enerji performansı hesap parametreleri açısından karşılaştırılması

Bina tipi		Önemli parametreler	Bina enerji performansı parametreleri
2002 Binalarda Enerji Performans Direktifi	• farklı özellikteki konutlar, • apartmanlar, • ofisler, • eğitim binaları, • hastaneler, • Otel ve restoranlar, • spor tesisleri, • servis binaları, • diğer binalar.	• aktif güneş sistemleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı diğer ısıtma ve elektrik sistemleri, • kojenerasyon ile üretilen elektrik, • bölgesel veya blok ısıtma ve soğutma sistemleri, • doğal aydınlatma.	• binaların termal karakteristiği, • ısıtma tesisatı ve sıcak su temini, • klima tesisatı, • havalandırma, • dahili aydınlatma tesisatı, • binaların konumu ve yönelimi, • pasif güneş sistemleri ve güneş koruması, • doğal havalandırma, • iç mekan hava özellikleri.
2010 Binalarda Enerji Performans Direktifi (Recast)	• farklı özellikteki konutlar, • apartmanlar, • ofisler, • eğitim binaları, • hastaneler, • Otel ve restoranlar, • spor tesisleri, • servis binaları, • diğer binalar.	• yerel güneş ışığına maruz kalma koşulları, • aktif güneş sistemleri ve yenilenebilir enerji kaynaklı ısıtma ve elektrik sistemleri, • kojenerasyon ile üretilen elektrik, • bölgesel veya merkezi ısıtma ve soğutma sistemleri, doğal aydınlatma.	• binaların termal karakteristiği, • ısıtma tesisatı ve sıcak su temini, • klima tesisatı, • doğal ve mekanik havalandırma, • dahili aydınlatma tesisatı, • binanın tasarımı, konumlandırılması ve yönlendirilmesi, • pasif güneş sistemleri ve güneş koruması, • iç mekan hava özellikleri, • iç ısı yükleri.
2018 Binalarda Enerji Performans Direktifi	• yeni binalar • mevcut binalar	• sistemler arasındaki birlikte çalışabilirlik (akıllı sayaçlar, bina otomasyonu ve kontrol sistemleri, ankastre ev aletleri, bina içindeki iç hava sıcaklığının düzenlenmesi için kendi kendini düzenleyen cihazlar ve iç hava kalitesi sensörleri ve havalandırmaları), • mevcut iletişim ağlarının olumlu etkisi, özellikle yüksek hızda hazır bina içi fiziksel altyapının bulunması.	• enerji tüketimi adaptasyonu doğrultusunda binanın enerji performansı yeteneği, • kullanıcı dostu olup olmadığına, sağlıklı iç mekan iklim koşullarının korunmasına ve enerji tüketimi raporu verebilmesine dikkat ederek, binanın kullanım durumunda kullanıcı ihtiyaçlarına göre uyarlama yeteneği, • binanın toplam elektrik tüketiminin aktif ve pasif cevaplarla genel elektrik talebinin esnekliği.

AB'nin dışında enerji ile ilgili araştırma yapan çeşitli ajans ve kurumlar vardır [104,117]. Çalışmada bunlardan biri olan IEA'nın enerji konusunda önemli raporlar ve stratejiler hazırlamaktadır. IEA'nın kurucu ülkeleri arasında Türkiye yer almaktadır. IEA; petrol, gaz ve kömür arz ve talebi, yenilenebilir enerji teknolojileri, elektrik piyasası, enerji etkinliği, enerjiye erişim ve bu konuların yönetimini içeren enerji konularını incelemektedir. IEA'da dört temel alana odaklanılmıştır. Bu alanlar ve kapsamaları Tablo 2.9'da verilmiştir [117].

Tablo 2.9. IEA'da odaklanılan ana alanlar ve kapsamaları

Başlıklar	Kapsam
Enerji güvenliği	Tüm yakıtlar ve enerji kaynakları için çeşitlilik, verimlilik, esneklik ve güvenilirliği teşvik etmektir.
Ekonomik gelişim	Ekonomik büyümeyi teşvik etmek ve enerji yoksulluğunu ortadan kaldırmak için serbest piyasaları desteklemektir.
Çevresel farkındalık	Enerji üretimi ve kullanımının çevre üzerindeki etkilerini dengelemek, özellikle iklim değişikliği ve hava kirliliği ile mücadele etmek için politika seçeneklerini analiz etmektir.
Dünya çapında ortaklık	Ortak enerji ve çevre ile ilgili endişelere çözüm bulmak için ortak ülkelerle, özellikle de gelişmekte olan ekonomilerle yakın çalışmaktır.

IEA'nın temel çalışma alanlarından olan enerji, altı ana başlık altında incelenmektedir. Bu başlıklar ve konu ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 2.10'da verilmiştir.

Tablo 2.10. IEA’da enerji konusunda incelenen başlıklar ve kapsamları

Başlık	Kapsam
Enerjiye erişim	• Enerji erişim görünümü 2017 • Elektrik erişimi sağlama süreci • Sürdürülebilir gelişim hedefleri • Enerji erişim finansmanı • Enerji 2013 sürdürülebilir kalkınma planının merkezinde
İklim değişikliği	• Düşük karbon salınımı için iklim enerji politikaları • Enerji sektörü dönüşümünün takibi • Gelişmekte olan ekonomilerde enerji geçişleri • IEA ve UNFCCC • Politika ve tedbirler veri tabanı (PAMS) • İklim değişikliği için gelecek senaryoları
Etkinlik	• Ekonomi • Binalar • Ulaşım • Endüstri
Enerji ve cinsiyet	• Temiz enerji eğitimi ve yetkilendirme • Kampanya ile eşitlik • Temiz enerjide kadınlar • Enerjiye erişim 2017 görünümü • Temiz enerji sürecinin takibi
Enerji güvenliği	• Petrol güvenliği • Doğalgaz güvenliği • Elektrik güvenliği • Üye ve partnerlerin acil durum politikaları • Esneklik • Acil müdahale
Yatırım	• Dünya enerji yatırımı 2017 • Dünya enerji yatırımı 2018 • Enerji İş Konseyi (EBC) • Yenilenebilir Enerji Endüstrisi Danışma Kurulu (RIAB) • Kömür Sanayi Kurulu (CIAB) • Elektrik Güvenliği Danışma Paneli (ESAP)

IEA’de, enerji konusunda en önemli parametrelerden biri olan “verimlilik” konusu kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar hükümetlere politikaların etkilerini geliştirme, uygulama alanlarında tavsiyede bulunma ve enerji verimliliği potansiyelini ortaya çıkarmaları konusunda yardımcı olmaktadır. IEA verimliliği ekonomide, binalarda, taşımacılık sektöründe ve endüstride verimlilik şeklinde gruplandırmıştır. IEA’nın bir yayını olan Dünya Enerji Görünümü (WEO), enerji ile ilgili farklı senaryolar geliştirmiştir. Bu senaryolar ve senaryoların amaçları Tablo 2.11’de verilmiştir [118].

Tablo 2.11. IEA'nın senaryoları ve amaçları

Senaryolar	Amaçlar
Mevcut Politikalar Senaryosu	Bu senaryoda, 2018'den itibaren yasal düzenlemelerdeki politika ve önlemlerin etkisi ele alınmaktadır. Senaryo mevcut politikaların enerji sektörüne nerelere yol açabileceği konusunda temkinli bir değerlendirme yapmayı hedeflemektedir.
Yeni Politikalar Senaryosu (NPS)	NPS, günümüzdeki politika hedeflerinin enerji sektörünü nereye götüreceği konusunda bir öngörü yapmayı amaçlamaktadır. Sadece hükümetlerin daha önce uygulamaya koyduğu politikaları ve önlemleri değil, aynı zamanda Paris Anlaşması politikalarının olası etkilerini de ele almaktadır.
Sürdürülebilir Gelişim Senaryosu(SDS)	Bu senaryo, iklim değişikliği, hava kalitesi ve modern enerjiye evrensel erişim konularında uluslararası kabul görmüş hedeflere ulaşmak için entegre bir yaklaşım ortaya koymayı amaçlamaktadır.
Gelecek Elektrik Senaryosu	WEO'nun 2018'in elektrifikasyona özel olarak odaklanması amacı ile geliştirilen bir senaryodur. Yeni Politikalar Senaryosunun şartlarından başlayarak gelecekteki elektrik talebi için belirsizliğin kilit alanlarını araştırır.
Daha Hızlı Geçiş Senaryosu	2017 yılında geliştirilen bu senaryo, net sıfır enerji sektörü CO ₂ salınımlarının 2060 yılı hedeflerin planlarını ortaya koymayı amaçlamaktadır.
Düşük Petrol Fiyatı Paketi	WEO 2017'ye göre petrol fiyatının "daha uzun süre daha düşük" kalmasına izin verecek koşulların ortaya koyulmasını amaçlamaktadır. Ayrıca WEO 2015'te sunulan Düşük Petrol Fiyat Senaryosu 'nu da güncellemektedir.
Herkes için Enerji	NPS'ye göre herkes için modern enerjinin başarısını incelemeyi amaçlamaktadır. SDS'de benzer bir amaçın kapsanması ile bir karşılaştırmalar ortaya koymaktadır.
450 Senaryo	Bu senaryoda, uzun vadede küresel sıcaklık artışının 2°C ile sınırlandırılması politikalarının geliştirilmesi amaçlanmıştır.
Temiz Hava Senaryosu	2040'a kadar kirletici salınımların yarıdan fazla azaltılması için mevcut teknolojilere ve kanıtlanmış politikalara dayanan uygun maliyetli bir strateji ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır.
Köprü Senaryosu	CO ₂ salınımlarında erken bir zirveye ulaşmak için beş spesifik enerji sektörü önlemine dayanan bir köprü stratejisi ortaya koymaktadır.
4'e 2 Senaryosu	Bu senaryo, 2020 yılına kadar kısa vadeli iklim etkilerinin azaltılmasına yönelik seçeneklerin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Bu senaryoda dikkate alınan kısa vadeli önlemler, halihazırda benimsenen politikaların ötesine geçmekte ve daha fazla güçlendirilmesi ve daha geniş bir benimseme gerektiren veya şu anda yüksek olmayan önlemleri içermektedir.
Hava Kirletici Emisyonlar	IIASA tarafından hazırlanan IIASA GAINS modeli kullanılarak enerji senaryolarından kaynaklanan ana hava kirleticilerin (SO ₂ , NO _x , PM _{2.5}) küresel salınımlarını incelemeyi amaçlamaktadır.
Hindistan'da Hava Kirletici Emisyonlar	IIASA tarafından hazırlanan IIASA GAINS modeli kullanılarak tahmin edilen WEO 2015 için geliştirilen enerji senaryolarından kaynaklanan Hindistan için başlıca hava kirleticilerin (SO ₂ , NO _x , PM _{2.5}) emisyonlarını incelemeyi amaçlamaktadır.
Verimli Dünya Senaryosu	Bu senaryoda, ekonomik açıdan uygun olan tüm enerji verimliliği yatırımları yapılmakta ve enerji verimliliğine yönelik piyasa engellerini ortadan kaldırmak için gerekli tüm politikalar benimsenmesi amaçlanmıştır.

IEA'nın çalışma konuları arasında; enerji verimliliği, ulaşım, hizmet, üretim ve bina sektörü yer almaktadır. IEA binalardaki enerji konusunu bütüncül olarak ele almakla birlikte bina kabuğu, ısıtma ve soğutma sistemleri, aydınlatma ve ekipman kullanımı gibi alt başlıklar halinde de çalışmıştır. Bina kabuklarında yapılacak iyileştirmelerin binaların enerji tüketimlerini önemli ölçüde etkileyeceği belirtilmiştir. Ancak birçok ülke Paris Anlaşması'nın bir parçası olarak sunulan enerji performansı standartları ve daha verimli bina

kabuğu proje ve hedeflerinden bahsetmemiştir. IEA raporları ısıtma konusunda SDS hedefine ulaşmak için, 2030 yılına kadar ısı pompalarının, yenilenebilir ısıtma sistemlerinin ve modern bölgesel ısıtma sektörünün gelişmesi gerektiğini belirtmektedir. IEA ayrıca soğutma ile ilgili olarak SDS hedefine ulaşmak için klima performanslarının 2030 yılına kadar %50'den daha fazla iyileştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu iyileştirme ile hava kirliliği azaltırken, mekan soğutmasından kaynaklanan CO₂ salınımının yarı yarıya azaltılabileceği öngörülmektedir. Binaların aydınlatılması konusunda ise ülkelerin konutlarda LED kullanımının 2025 yılına kadar %65'in üstüne çıkarması gerektiğini vurgulamıştır. Binalarda enerji tüketiminin azaltılması ve enerjinin daha verimli kullanılması için, binalarda kullanılan elektrikli cihazların dijitalleşmesi ve kullanım durumlarında aktif olması gerektiği belirtilmiştir. IEA'nın binaların enerji performansını artırmak için yaptığı çalışmalar Tablo 2.12'de verilmiştir [117].

Tablo 2.12. Bina enerji performansını artırmak için IEA'nın önerileri

Parametreler	Öneriler
Bina Kabuğu	• Isı kayıp ve kazançlarının azaltılması, • İzolasyonun geliştirilmesi, • Isı köprülerinin azaltılması, • Entegre termal depolama, • Isının emilmesi, depolanması ve dağıtılması için termal kütle entegrasyonunun yapılması, • Entegre yenilenebilir cephe, • Etkinlik, estetik ve maliyet arasındaki mimari boşluklar, • Bina ve pv endüstrisi, • Hava sızdırmazlığı, • Hava sızdırmazlığının geliştirilmesi, • Low-e kaplamalar (cam) • Gelişmiş pencereler
Isıtma	<i>Güneş;</i> • Termal depolama, • Depolama teknolojisi ve malzeme geliştirilmesi, • Güneş termalin binaya entegrasyonu (BIST) • Ticarileşme/maliyetler <i>Bölgesel ısıtma;</i> • Bölgesel ısıtma sistemlerinde yenilenebilir enerjilerin artırılması, • Elektrikli kazanlar, ısı pompaları ve kojenerasyonun entegrasyonu.
Soğutma	<i>Güneş;</i> • Nem giderici hassa soğutma sistemi, • Geliştirilmiş soğutma ve nem alma performansı, • Kurutucu soğutma, • Enerji verimliliğinin geliştirilmesi,
Aydınlatma	• LED aydınlatmaların yaygınlaşması, • Çevresel performans, • Yüksek verimli entegre aydınlatma çözümleri, • LED aydınlatma kontrolörü çözümleri.

Bina enerji performansını artırmak için IEA'nın önerileri bina kabuğu, ısıtma, soğutma ve aydınlatma konusunda detaylı olarak verilmiştir. AB ve IEA'nın enerji verimliliği konusunda birçok ülkeyi kapsayan çalışmaları, üye, aday ve diğer ülkelere yol gösterici olmaktadır. Binaların enerji tüketimlerinin azaltılması konusundaki yapmış oldukları çalışmalar ve hazırladıkları gelecek senaryo ön görüşleri bu tez çalışmasında birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımının azaltılması hedeflerinin belirlenmesi ve azaltma önerilerinin oluşturulmasında belirleyici olmuştur.

2.3.1.1. Türkiye'nin Enerji Plan ve Stratejileri

Türkiye'de enerjinin verimli kullanımı ve enerji konusunda dışa bağımlılığı azaltılabilmesi çalışmalar yapılmıştır. Yıllara göre yapılan çalışmalardan bazıları Şekil 2.8'de verilmiştir. Bu kapsamda farklı kurumlar tarafından enerji plan ve stratejileri hazırlanmıştır. Yapılan bu çalışmalar yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması ve enerjinin etkin kullanımı konusunda farklı sektörlerle ilgili yol gösterici olmaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planı (2019)	2019
2019-2023 On Birinci Kalkınma Planı (2019)	
Akıllı Şehirler Stratejisi Eylem Planı 2020-2013 (2019)	
Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2018)	2018
2018-2022 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Stratejik Planı (2017)	
2017-2020 Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı (2017)	2017
Orta Vadeli Program 2018-2020 (2017)	
2010-2014 Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (2014)	
Ulusal Kırsal Kalkınma 2014-2020 Stratejisi (2014)	2014
2014-2023 Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi (2014)	
Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) (2013)	2013
2012-2023 Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012)	2012
Ulusal İklim Değişikliği 2010-2023 Strateji Belgesi (2010)	2010
KENTGES 2010-2023 Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı (2010)	
AB Entegre Çevre Uyum 2007-2023 Stratejisi (2006)	2006
Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi (2004)	2004

Şekil 2.8. Türkiye'nin yıllara göre Enerji Plan ve Stratejileri

Hazırlanan çalışmalar ile enerjinin verimli kullanımının yanı sıra belirlenen hedefler ile yıllara göre ilerlemelerin takibi yapılmaktadır. Enerjinin kullanıldığı başta sanayi, ulaşım ve inşaat olmak üzere farklı sektörleri kapsayan hedefler bu plan ve stratejiler doğrultusunda belirlenmiştir (Tablo 2.13).

Tablo 2.13. Türkiye'nin enerji konusundaki plan ve strateji hedefleri

Enerji Plan ve Stratejileri	Hedef
2019-2023 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planı (2019) [119].	•Sürdürülebilir enerji arz güvenliğinin sağlanması, •Enerji verimliliği konularına öncelik verilmesi ve artırılması, •Kurumsal ve sektörel kapasitenin güçlendirilmesi, •Enerji ve tabii kaynaklarda bölgesel ve küresel etkinliğin artırılması, •Enerji ve tabii kaynaklar alanında teknolojinin geliştirilmesi, •Piyasalarda öngörülebilirliğin sağlanması, •Sürdürülebilir madencilik ile üretim kapasitesinin artırılması.
2019-2023 On Birinci Kalkınma Planı (2019) [90].	•Ekonominin güçlendirilmesi, •Üretimde rekabetçiliğin ve verimliliğin sağlanması, •Nitelikli insan sayısının artırılması, •Şehirlerin sürdürülebilir çevre ile yaşanabilirliğinin artırılması, •Elektronik alanında; uygulamaların geliştirilmesi ve yerli standartların oluşturulması. •Yenilenebilir enerji alanında; yerli ekipman kullanımı, Ar-Ge, teknoloji transferi, kamu alımları ile yeni yatırım modelleri geliştirilmesi, •Açık alan aydınlatmasında enerji tasarrufu yapılması ve yerli cihaz kullanımı, •Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin artırılması, •Elektrik arzında bölgesel yeterlilik sağlanması.
Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi Eylem Planı 2020-2013 (2019) [120].	•Etkin akıllı şehir ekosisteminin oluşturulması, •Akıllı şehir dönüşüm kapasitesinin artırılması, •Akıllı şehir dönüşümünde kolay ve yönlendirici ortamların oluşturulması, •Şehircilik hizmetlerinde akıllı dönüşüm hizmetlerinin sağlanması, •Sera gazları salınımının ve kirleticilerin azaltılması.
Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2018) [33].	•Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin %14 oranında azaltılması, •Bina ve hizmetler, sanayi ve teknoloji, enerji, ulaştırma ve tarım alanlarda mevcut enerji tüketim durumlarının değerlendirilmesi, •Bina ve hizmetler, sanayi ve teknoloji, enerji, ulaştırma ve tarım alanlarda eylem planlarının oluşturulması.
2018-2022 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Stratejik Planı (2017) [121].	•Çevrenin ve tabiatın korunması, •İklim değişikliği ile mücadele edilmesi, •Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) ve izin lisanslarının hızlandırılması, •Afetlere dayanıklı kimlikli şehirler için mekânsal planlama ve kentsel dönüşüm, •Akıllı şehirler ve ulusal coğrafi bilgi hizmetleri, •Enerji etkin ve çevreye duyarlı yapılaşma, •Kurumsal kapasitenin geliştirilmesi.
2017-2020 Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı (2017) [122].	•Ülke genelinde genişbant altyapısının geliştirilmesi, •Ülke genelinde fiber erişimin yaygınlaştırılması, •Genişbant bağlantı kapasitesi ve hızının artırılması, •Rekabete dayalı ve pazar gereklerine uygun sektörel gelişmenin sağlanması, •Genişbant internet hizmetlerine yönelik talebin geliştirilmesi,

Tablo 2.13'ün devamı

Orta Vadeli Program 2018-2020 (2017) [123].	• Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretimindeki payının artırılması, • Yenilenebilir enerji yatırımları ekipmanlarının dışa bağımlılığının azaltılması, • Makroekonomik istikrarın sürdürülmesi, • Beşeri sermaye ve işgücünün kalitesinin artırılması, • Yüksek katma değerli üretim, • İş ve yatırım ortamının iyileştirilmesi, • Kamuda kurumsal kalite ve hizmet sunumunun güçlendirilmesi, • Konut, sanayi ve ulaşımda enerjinin daha verimli kullanılması, • Akıllı ulaşım sistemleri, binalar, kent ve enerji altyapılarına geçişin hızlandırılması.
2010-2014 Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (2014) [124].	• Fosil yakıtlara olan yüksek bağımlılığın azaltılması, • Yenilenebilir enerji kaynaklarının genel enerji tüketimindeki payının 2023 yılına kadar en az %20 oranında yükseltilmesi, • Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim yapının en az %30'a çıkarılması, • İletim şebekesi altyapısının iyileştirilmesi, • Akıllı şebeke kullanımının yaygınlaştırılması ile enerji verimliliğinin artırılması, • Bio-yakıt sektörünün geliştirilmesi,
Ulusal Kırsal Kalkınma 2014-2020 Stratejisi (2014) [125].	• Kırsal ve kentsel alanlar arasındaki gelişmişlik farklarının azaltılması, • Göçlerin kırsal alanlar üzerindeki olumsuz etkileriyle mücadele edilmesi, • Kırsal politika yönetiminin güçlendirilmesi, • AB tarım ve kırsal kalkınma müktesebatı uyumuna katkı sağlanması.
2014-2023 Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi (2014) [126].	• Metropollerin ve bölgelerin küresel rekabet gücünün artırılması, • Düşük gelirli bölgelerde çekim merkezleri oluşturulması, • Ekonomik faaliyetlerin artırılması, • Kamu yatırımlarının bölgesel gelişme amacı ile artırılması, • İşbirliklerin güçlendirilmesi, • Sürdürülebilir çevre ve yeşil ekonominin desteklenmesi, • Alternatif enerji kaynakları doğrultusunda bölgelerin farklı potansiyellerinin belirlenmesi, • Çevreye duyarlı üretim teknolojilerinin geliştirilmesi.
Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) (2013) [127].	• Nitelikli insan sayısının artırılması, • Yenilikçi üretimin sağlanması, • Yaşanabilir mekan ve sürdürülebilir çevrenin oluşturulması, • Uluslararası işbirliği çalışmalarının artırılması, • Kamu binaları enerji tüketiminin azaltılması.
2012-2023 Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012) [38].	• Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması, • Sanayi ve hizmet sektöründe enerji yoğunluğu ve kayıplarının azaltılması, • Bina enerji ihtiyacı ve karbon salınımlarının azaltılması, • Yenilenebilir enerji kaynağı kullanan binaların yaygınlaştırılması, • Enerji verimli ürünlerin artırılması, • Elektrik üretim, iletim ve dağıtımda verimliliğin artırılması, • Motorlu taşıtların birim fosil yakıt tüketiminin azaltılması, • Ulaşımda toplu taşıma payının artırılması, • Kamuda enerjinin etkin ve verimli kullanılması.

Tablo 2.13'ün devamı

Türkiye İklim Değişikliği 2010-2023 Stratejisi (2010) [9].	• Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi çerçevesinde ulusal kalkınma planlarına iklim değişikliği ile mücadelenin dahil edilmesi, • Temiz üretime yönelik Ar-Ge ve inovasyon kapasitesinin geliştirilmesi, • Kamuoyu bilincinin artırılması, • Bütüncül bilgi yönetim sisteminin oluşturulması, • Ulusal iklim değişikliği eylem planının hazırlanması, • Sıfır emisyon teknolojilerinin geliştirilmesi, • 2023 yılına kadar elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji payının %30'a çıkarılması.
KENTGES 2010-2023 Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı (2010) [128].	• Mekansal planlama sisteminin yeniden yapılandırılması, • Yerleşmelerin mekan ve yaşam kalitesinin artırılması, • Yerleşmelerin ekonomik ve toplumsal yapılarının güçlendirilmesi, • Kentsel enerji taleplerinin yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanması konusunda çalışmalar yapılması ve kullanımının yaygınlaştırılması, • Enerji etkin ve iklime duyarlı yerleşim stratejilerinin hazırlanması.
AB Entegre Çevre Uyum 2007-2023 Stratejisi (2006) [129].	• Çevre ile ilgili kanun ve yönetmeliklerin AB çerçevesinde gözden geçirilmesi, • Uluslararası sözleşmelerdeki yükümlülüklerin yerine getirilmesi, • Doğal kaynakların korunması, • Ülke genelinde çevre düzeni planlarının hazırlanması, • Çevresel bilgi izleme sistemlerinin kurulması, • AB direktiflerinin uygulanması için gerekli değerlendirme sisteminin oluşturulması, • Kamu-özel sektör işbirliğinin geliştirilmesi, • Zararlı kimyasal ve atıkların yönetiminin sağlanması, • Enerjinin verimli kullanılmasına yönelik yatırım çalışmalarının yapılması. • Sanayide üretim tekniklerinin geliştirilmesi.
Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi (2004) [130].	• Uluslararası rekabetin sağlanması için çalışmalar yürütülmesi, • Yaşam kalitesinin çevresel ve teknolojik çalışmalar ile yükseltilmesi, • Enerji ve çevre teknolojilerinde yetkinlik kazanılması, • Doğal kaynakların değerlendirilmesi, • Enerji ihtiyacının güvenli, ekonomik, verimli ve çevreye duyarlı olarak etkili enerji teknolojileri ile sağlanması, • Sanayide enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi, • Kömürden daha verimli ve temiz enerji üretilmesi, • Alternatif enerji kaynağı hidrojen den sürdürülebilir enerji üretilmesi.

Binalar gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerjinin en fazla tüketildiği alanlardan biridir. Türkiye’de bina sektörünün nihai enerji tüketimi 2000 yılından 2015 yılına kadar %66 oranında artmıştır. Sektörünün yıllık enerji talep miktarındaki artış % 4.4’tür. Bu oran ile bina sektörünün nihai enerji tüketimindeki payı %32.8’e ulaşmış ve sanayi sektörünün önüne geçmiştir [33]. Binaların enerji tüketiminde büyük bir paya sahip olmasından dolayı Türkiye’de hazırlanan enerji plan ve stratejilerinde binaların enerji verimliliği ile ilgili hedefler yer almaktadır. Türkiye’de 1963 yılında Birinci Beş Yıl Kalkınma Planı yayınlanmıştır. Daha sonra bu kalkınma planını 1968, 1973, 1979, 1985, 1990, 1996, 2001,

2007, 2014 ve son olarak 2019 yılında yayınlanan kalkınma planları takip etmiştir. 2019 yılında yayınlanan ve 2019-2023 yılları aralığını kapsayan On Birinci Kalkınma Planı'nda, binaların enerji verimliliğinin artırılması için mevcut, yeni inşa edilecek ve kamu binalarının enerji tüketimlerinin azaltılması gerektiği belirtilmiştir [90]. 2004 yılında Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi yayınlanmıştır. Bu belgede binalar ile ilgili olarak binalarda tüketilen enerji kaynaklarının yenilenebilir kaynaklardan sağlanması konusu üzerinde durulmuştur [130]. 2006 yılında AB Entegre Çevre Uyum 2007-2023 Stratejisi yayınlanmıştır. Bu strateji belgesinde binaların enerji kullanımlarına göre belgelendirilmesi ve binalarda enerjinin daha verimli kullanılması gerektiği belirtilmiştir [129]. 2010 yılında binaların enerji verimliliğini içeren diğer bir eylem planı olan KENTGES 2010-2023 Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı yayınlanmıştır. Bu planda binaların enerji verimliliği çalışmalarının kent ölçeğinde ele alınması, kentsel yenilenebilir enerji kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılması ve iklim ve çevreye duyarlı binaların tasarlanması gerektiği belirtilmiştir [128]. 2010 yılında yayınlanan Türkiye İklim Değişikliği 2010-2023 Strateji Belgesi'nde binalarda ısı yalıtım uygulanmasının teşvik edilmesi ve yağmur suyu geri dönüşümünün yapılmasına değinilmiştir [9]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2012-2023 yılları arasını kapsayan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi yayınlanmıştır. Bu belgede yeni binalara azami enerji tüketimi ile ilgili sınırlamaların getirilmesi ve mevcut binaların bu sınır değerlere yaklaştırılması, kamu binalarında enerji verimliliğinin artırılması, binaların enerji tüketimi ve CO₂ salınımının azaltılması gerektiği belirtilmiştir [38]. 2014 yılında yayınlanan 2010-2014 Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı'nda binalarda yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmesi ve sera gazı salınımı sıfır olan binaların geliştirilmesine değinilmiştir [124]. 2018-2020 Orta Vadeli Programı'nda ise konutlarda enerjinin verimli kullanılması ve akıllı binalara geçişin hızlandırılmasından bahsedilmiştir [123]. Daha çok otomasyon ve teknolojik çalışmaları içeren 2017 yılında yayınlanan 2017-2020 Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı'nda binalarda otomasyon sistemlerinin (uzaktan ölçülebilir akıllı sayaç, enerji verimliliği yüksek ısıtma ve aydınlatma sistemleri vb.) geliştirilmesi belirtilmiştir [122]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Stratejik Planı 2017 yılında yayınlanmıştır. Bu plan 2018 ve 2022 yıllarını kapsamaktadır. Planda kentsel dönüşümde yeşil binaların teşvik edilmesi, akıllı binalara geçişin ve binaların enerji kimlik belgesi almasının hızlandırılması hedeflerin arasında yer almaktadır [121]. Binalarla ilgili hedefleri içeren diğer bir plan 2018 yılında yayınlanan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'dır. Bu plan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi

kapsamında hazırlanmıştır. Planda binaların enerji tüketimi ile ilgili veri tabanı oluşturulması, kamu binalarında enerji tasarrufu hedeflerinin belirlenmesi, mevcut binaların enerji tüketiminin azaltılması kapsamında yenilenmesi, merkezi ısıtma ve soğutma sistemlerinin teşvik edilmesi, enerji kimlik belgesi (EKB) sahiplik oranının artırılması gibi binalarda enerji verimliliğini vurgulayan hedefler belirlenmiştir [33]. 2019 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi Eylem Planı yayınlanmıştır. Bu eylem planı şehirler ve binalar hakkında en kapsamlı planlardandır. Binalar ve alt yapılarında sürdürülebilirliğin sağlanması ve bina iç hava kalitesi için otomasyon çalışmalarından bahsedilmiştir [120]. 2019 yılında ayrıca Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bir Stratejik Plan yayınlanmıştır. Bu planda binalarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması konusunun üzerinde durulmuştur [119]. Türkiye'nin enerji konusundaki plan ve stratejilerinin binalarla ilgili çalışmaları Tablo 2.14'te özetlenmiştir.

Tablo 2.14. Türkiye'nin enerji konusundaki plan ve stratejilerinin binalar açısından incelenmesi

Enerji Planı	Açıklama
On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) (2019)	• Enerji verimliliği yüksek ve kendi enerjisini üreten binaların yaygınlaştırılması, • Mevcut binaların enerji verimliliğinin artırılmasının teşvik edilmesi, • Ulusal yeşil bina sertifika sisteminin kurulması, • Kamu binalarında enerji verimliliği projesinin uygulanması, • Sera gazı salınımının artışına neden olan binalar için salınım kontrolüne yönelik çalışmalar yürütülmesi [90].
2019-2023 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planı (2019)	• Yeni inşa edilecek olan binaların çatı GES (Güneş Enerjisi Santrali) uygulamasına uygun olarak inşa edilmesi konusunda çalışmalar yürütülmesi, • Binalarda ısı pompası kullanılması konusunda çalışmalar yürütülmesi [119].
Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi Eylem Planı 2020-2013 (2019)	• Sera gazları salınımının ve kirleticilerin azaltılması, • Bina ve altyapının sürdürülebilirliğinin artırılması, • Kamu binalarında yıllık enerji tüketiminin azaltılması için çalışılması, • Bina içi hava kalitesinin otomasyon ile sağlanması, • Binalarda atık suların kullanım durumunun incelenmesi [120].
Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2018)	• Binalarda kullanılan malzemelerin teknolojik açıdan geliştirilmesi, • Binalar için enerji tüketim verilerini içeren veri tabanı oluşturulması, • Kamu binalarında enerji tasarrufu hedeflerinin belirlenmesi ve enerji performanslarının iyileştirilmesi, • Mevcut binaların yenilenmesi ve enerji verimliliğinin geliştirilmesi, • Merkezi ve bölgesel ısıtma/soğutma sistemlerinin kullanımının teşvik edilmesi, • Mevcut binaların enerji kimlik belgesi sahiplik oranının artırılması, • Sürdürülebilir yeşil binalar ile yerleşmelerin belgelendirilmesinin teşvik edilmesi, • Yeni inşa edilecek binalarda enerji verimliliğinin teşvik edilmesi, • Binalarda yenilenebilir enerji ve kojenerasyon sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması [33].

Tablo 2.14'ün devamı

2018-2022 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Stratejik Planı (2017)	•Kentsel dönüşüm sürecinde yeşil bina ve yerleşimlerin teşvik edilmesi, •Akıllı binalara geçişin hızlandırılması, •Yapıların enerji kimlik belgesi alması hızlandırılacaktır. •Binaların enerji verimliliğinin artırılması, •Yeşil bina ve yerleşimlerin sertifikalandırılması için Yeşil Sertifika Sisteminin oluşturulması [121].
2017-2020 Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı (2017)	•Akıllı binalar kapsamında bina otomasyonlarının geliştirilmesi (uzaktan ölçülebilir akıllı sayaç, enerji verimliliği yüksek ısıtma ve aydınlatma sistemleri vb.) [122].
Orta Vadeli Program 2018-2020 (2017)	•Konutlarda enerjinin daha verimli kullanılması, •Akıllı binalara geçişin hızlandırılması [123].
2010-2014 Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (2014)	•Binalarda yenilenebilir enerji kullanımını teşvik edecek çalışmaların geliştirilmesi, •Sera gazı salınımı sıfır olan binaların geliştirilmesi [124].
2014-2023 Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi (2014)	•Kamu binalarında çevreye duyarlı ve enerji etkin bina sistemlerinin geliştirilmesi [126].
Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) (2013)	•Kamu binaları enerji tüketiminin 2012 yılına göre 2018 yılında %10 azaltılması, •Yetersiz yalıtıma sahip mevcut binaların yenilenmesi [127].
2012-2023 Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012)	•Yeni binalara azami enerji ihtiyacı ve azami emisyon sınırlaması getirilmesi ve mevcut binaların bu sınır değerlere yaklaştırılması, •Kamu binalarının enerji verimliliğini artırıcı projelerin hazırlanması, •Enerjinin etkin kullanılması, •Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması, •Binaların enerji ihtiyacı ve karbon salınımlarının azaltılması [38].
Türkiye İklim Değişikliği 2010-2023 Strateji Belgesi (2010)	•Binalarda enerjinin verimli kullanımı için ısı yalıtım ve diğer önlemlerin teşvik edilmesi, •Binalarda yağmur suyu geri dönüşümü yapılması [9].
KENTGES 2010-2023 Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı (2010)	•Binalardaki enerji verimliliği çalışmalarının kentsel ölçekte çalışılması, •Kentsel enerji taleplerinin yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanması konusunda çalışmalar yapılması ve kullanımının yaygınlaştırılması, •Enerji etkin ve iklime duyarlı binaların tasarlanması [128].
AB Entegre Çevre Uyum 2007-2023 Stratejisi (2006)	•Binaların enerji kullanımlarına göre belgelendirilmesi, •Binalarda enerjinin daha verimli şekilde kullanımının artırılması [129].
Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi (2004)	•Binaların enerji ihtiyacının azaltılması ve enerji ihtiyaçlarının yenilenebilir kaynaklardan sağlanması, •Kömürden daha verimli ve temiz enerji üretilmesi, •Alternatif enerji kaynağı hidrojenden sürdürülebilir enerji üretilmesi [130].

2.3.1.2. Türkiye’de Enerji Verimliliği Konusundaki Yasal Düzenlemeler

Enerji verimliliği; enerji maliyetlerinin azaltılması, enerjinin arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılığın azaltılması, daha düşük karbonlu ekonominin sağlanması ve çevrenin korunması gibi ulusal stratejik hedefleri kapsamaktadır [33]. Türkiye’de enerjinin verimli kullanımına ilişkin farklı alanları kapsayan yönetmelik (Tablo 2.15), tebliğ (Tablo 2.16) ve genelgeler (Tablo 2.17) yayınlanmıştır.

Tablo 2.15. Türkiye’de enerji verimliliği konusundaki yönetmelikler

Başlık	Amaç
Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği (2000)	Binalardaki ısı kayıplarının azaltılması, enerji tasarrufu sağlanması ve uygulamaya dair usul ve esasları düzenlemesi [131].
Sanayi Dışı Yeni veya Mevcut Binalarda Sıcak Su Üretimi ve Ortam Isıtması için Kullanılan Isı Jeneratörlerinin Performansı ve Sanayi Dışı Yeni Binalarda Dahili Sıcak Su Dağıtımı ve Isı Yalıtımına Dair Yönetmelik (2000)	Yeni ısıtma sistemlerinde enerji tüketimin ve çevreye etkinin azaltılması, jeneratörler ve ısınan akışkanın dağıtıldığı sistemler için ısı yalıtımının sağlanmasına ilişkin esasların belirlenmesi [132].
Tanıtma ve Kullanma Kılavuzu Uygulama Esaslarına Dair Yönetmelik (2003)	Tüketicinin kullanımına sunulan ürünlerin tanıtım, kullanım, kurulum, bakım ve basit onarımına yönelik hazırlanan tanıtma ve kullanma kılavuzuna ilişkin usul ve esasları düzenlemesi [133].
Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (2005)	Konut, toplu konut, kooperatif, site, okul, üniversite, hastane, resmi daireler, işyerleri, sosyal dinlenme tesisleri, sanayide ve benzeri yerlerde ısınma amaçlı kullanılan yakma tesislerinden kaynaklanan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halinde dış havaya atılan kirleticilerin hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltılması ve denetlenmesi [134].
Ev Tipi Klimaların Enerji Etiketlemesine İlişkin Yönetmelik (2006)	Enerji tüketiminde tasarruf ve tüketicilerin enerjiyi daha verimli kullanan elektrikli cihazları tercih edebilmelerini sağlamak için, elektrik enerjisi ile çalışan ev tipi klimaların enerji etiketlemesiyle ilgili kuralları ve performans standartlarının belirlenmesi [135].
Fluoresan Aydınlatma Balastlarının Enerji Verimliliği ile İlgili Yönetmelik (2006)	Fluoresan ışık kaynaklarına ait balastların güvenli olarak istenilen enerji verimlilik özelliklerini sağlamak üzere, uygunluk değerlendirme prosedürlerine, işaretlenmelerine, piyasaya arzları ile piyasa gözetim ve denetimine ilişkin usul ve esasların belirlenmesi [136].
Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008)	Binanın tüm enerji kullanımlarının değerlendirilmesi, hesap kurallarının belirlenmesi, sınıflandırılması, mevcut binaların minimum enerji gereksinimlerinin belirlenmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliği, ısıtma ve soğutma sistemi kontrolü, sera gazı salınım kontrolü, binaların performans kriter ve uygulama esaslarının belirlenmesi ve çevre koruması [79].
Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik (2008)	Motorlu araçların birim yakıt tüketimlerinin azaltılması, araçlarda verimlilik standartlarının yükseltilmesi, çevreci alternatif yakıt kullanımının teşvik edilmesi, hava kirleticileri ve sera gazı salınımlarının azaltılması, toplu taşımacılığın yaygınlaştırılması, akıllı ulaşım sistemlerinin etkin uygulanması, sürdürülebilir şekilde ulaşım altyapılarının iyileştirilmesi ve kentsel ulaşım planlarının hazırlanması [137].
Sıvı ve Gaz Yakıtlı Yeni Sıcak Su Kazanlarının Verimlilik Gereklerine Dair Yönetmelik (2008)	Sıvı veya gaz yakıtlı yeni sıcak su kazanlarına uygulanabilir verim gereklerinin belirlenerek enerji verimliliğinin artırılması [138].
Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik (2008)	Mevcut ve yeni yapılacak birden fazla bağımsız bölüme sahip merkezî veya bölgesel ısıtma sistemli ve sıhhi sıcak su sistemli binalarda, ısıtma ve sıhhi sıcak su giderlerinin, bağımsız bölüm kullanıcılarına paylaştırılmasına ilişkin usul ve esasları belirlemesi [139].

Tablo 2.15'in devamı

Millî Eğitim Bakanlığına (MEB) Bağlı Okullarda Enerji Yöneticisi Görevlendirilmesine İlişkin Yönetmelik (2009)	MEB'e bağlı okullarda enerjinin etkin kullanımı, enerji maliyetlerinin azaltılması ve çevrenin korunması için enerji yöneticisi görevlendirilmesi ile ilgili usul ve esasları düzenlenmesi [140].
Enerji İle İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik (2010)	Enerji ile ilgili ürünlerin tasarımında uyulması zorunlu olan şartların çerçevesinin enerji verimliliği doğrultusunda belirlenmesi, çevre koruma düzeyini ve enerji arz güvenliğini artırılması [141].
Ev Tipi Buzdolapları, Derin Dondurucular, Buzdolabı Derin Dondurucular ve Bunların Bileşimlerinin Enerji Etiketlemesine Dair Yönetmelik (2010)	Enerjiyi daha verimli kullanan elektrikli cihazları tercih edilmesini sağlamak için elektrik enerjisi ile çalışan ev tipi buzdolapları, derin dondurucular, buzdolabı derin dondurucular ve bunların bileşimlerinin enerji etiketlemesiyle ilgili kural ve performans standartlarının belirlenmesi [142].
Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) Destekleri Yönetmeliği (2010)	Ekonomik ve sosyal ihtiyaçların karşılanmasında, küçük ve orta ölçekli sanayi işletmelerinin payını ve etkinliğini artırmak, rekabet güçlerini ve düzeylerini yükseltmek, ekonomik gelişmelere uygun bir şekilde sanayide entegrasyonun gerçekleştirilmesi için gerekli geri ödemesiz ve geri ödemesiz desteklerin sağlanmasına ilişkin usul ve esasların belirlenmesi [143].
Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik (2011)	Enerjinin etkin kullanılması, enerji maliyetlerinin azaltılması, çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına ilişkin usul ve esasların düzenlenmesi [144].
Genel Aydınlatma Yönetmeliği (2013)	Genel aydınlatma yükümlülüğüne ilişkin görev ve sorumlulukların belirlenmesi [145].
Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği (2014)	ÇED sürecinde uyulacak idari ve teknik usul ve esasların düzenlenmesi [146].
Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi Verilmesine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik (2016)	Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için üretim lisansı sahibi tüzel kişilere Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi verilmesine ilişkin usul ve esasların belirlenmesi [147].
Binalar ile Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği (2017)	Binalar ve yerleşmelerin doğal kaynakları ve enerjiyi verimli kullanarak çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmak için değerlendirme ve belgelendirme sistemlerinin oluşturulmasına, değerlendirme ve belgelendirme sürecinde rol alacakların görev, nitelik ve sorumluluklarının belirlenmesine ilişkin usul ve esasların düzenlenmesi [148].
Enerji Verimliliği Denetim Yönetmeliği (2018)	Enerjinin etkin kullanılması, enerji maliyetlerinin azaltılması ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına yönelik gerçek veya tüzel kişilerin Kanun kapsamındaki yükümlülüklerinin ve sorumluluklarının denetimine ilişkin usul ve esasları belirlenmesi [149].

2000 yılından bu yana enerjinin verimli kullanımının teşvik edilmesi konusunda birçok yönetmelik yayınlanmıştır. Enerji verimliliği kapsamında yayınlanan bu yönetmelikler binalar, sanayi tesisleri, ulaşım, ısınmadan kaynaklı hava kirliliği, enerji yöneticisi, ürünlerin çevreye duyarlı tasarımı, enerji kaynakları, yeşil sertifika, ısıtma sistemleri, soğutma sistemleri, sıcak su üretimi, sıcak su kazanları, ısı yalıtımı, ev tipi

klimalar, aydınlatma ekipmanları, küçük ev aletleri ve elektronik cihaz kullanımı ve etiketlenmesi ayrıca alınan önlemlerin denetimi konularını içermektedir. Alınan kararlar enerjinin verimli kullanımının yanı sıra çevreye olan zararın en aza indirilmesi ve bu doğrultuda yenilenebilir kaynaklara yönelimin hızlandırılması ortak amacına sahiptir.

Enerji verimliliği konusunda yayınlanan diğer yasal düzenlemelerden biri tebliğlerdir (Tablo 2.16). Yayınlanan tebliğler enerji verimliliği konusunda eğitim ve sertifikalandırma, enerji verimliliği destekleri, kurum ve kuruluşlara enerji verimliliği hizmetlerini yürütmesi için yetki belgesi verilmesi, kojenerasyon tesislerinin verimliliği, binalarda enerji performansının hesaplanması, yetki belgesi ve sertifika bedelleri, enerji verimliliği kapsamında idari cezaların uygulanması konularını içermektedir.

Tablo 2.16. Türkiye’de enerji verimliliği konusundaki tebliğler

Başlık	Amaç
Enerji Verimliliği Eğitim ve Sertifikalandırma Faaliyetleri Hakkında Tebliğ (2012)	Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında, yürütülen eğitim ve sertifikalandırma faaliyetleri ile ilgili usul ve esasların belirlenmesi [150].
Enerji Verimliliği Destekleri Hakkında Tebliğ (2012)	Endüstriyel işletmelerin mevcut sistemlerinde verimliliğin artırılmasına dair proje ve uygulamalarının desteklenmesi ile ilgili usul ve esasların belirlenmesi [151].
Enerji Verimliliği Hizmetlerini Yürütecek Kurum ve Kuruluşlara Yetki Belgesi Verilmesi Hakkında Tebliğ (2012)	Enerji verimliliği ile ilgili eğitim, etüt, proje ve danışmanlık hizmetlerinin yürütülmesi amacıyla, üniversitelerin, makina mühendisleri odasının, elektrik mühendisleri odasının ve enerji verimliliği danışmanlık şirketlerinin yetkilendirilmesi ile ilgili usul ve esasların belirlenmesi [152].
Kojenerasyon ve Mikrokojenerasyon Tesislerinin Verimliliğinin Hesaplanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Tebliğ (2014)	İhtiyaç duyulan ısı ve elektrik ve/veya mekanik enerjinin aynı tesiste eş zamanlı üretimi için kullanılan sistemlerin desteklenmesinde aranacak asgari verimlilik gereksinimlerinin belirlenmesi [153].
Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ (2017)	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kapsamında, binanın enerji tüketimine etki eden tüm parametrelerin, konut, ofis, eğitim, sağlık, otel, alışveriş ve ticaret merkezleri gibi mevcut ve yeni binaların enerji verimliliğine etkisini değerlendirilmesi ve enerji performans sınıfını belirlemek için geliştirilen bina enerji performans hesaplama yönteminin yayımlanmasını sağlanması [154].
Yetki Belgesi ve Sertifika Bedelleri İle Sertifika Bedellerinin Yetkilendirilmiş Kurumlara Ödenecek Bölümü Hakkında Tebliğ (2017)	Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmeliğin 7 nci maddesinin birinci fıkrası kapsamında, 2019 yılında yürütülecek yetkilendirme ve sertifikalandırma çalışmaları ile ilgili bedellerin belirlenmesi [155].
5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanununun 10 Uncu Maddesine Göre 2019 Yılında Uygulanacak Olan İdari Para Cezalarına İlişkin Tebliğ (2018)	Enerji Verimliliği Kanununun 10 uncu maddesinde düzenlenmiş olan idari para cezaların belirlenmesi [156].

Türkiye enerji verimliliği konusundaki genelgeler ve diğer çalışmalar incelendiğinde (Tablo 2.17); enerjinin verimli kullanılması, maliyetlerin azaltılması, enerji yoğunluğunun azaltılması, aydınlatmaların kullanımı, enerji yöneticisi atanması, enerji verimliliğinin teşvik edilmesi, kamuda aydınlatmaların daha verimli aydınlatmalar ile değiştirilmesi, kamuda enerji verimliliği kapsamında kaynakların kullanımı gibi konuları ve alt konularını içermektedir.

Tablo 2.17. Türkiye’de enerji verimliliği konusundaki genelgeler ve diğer çalışmalar

Başlık	Amaç
Enerji Verimliliği Yılı ile İlgili Başbakanlık Genelgesi (2008)	Toplunun enerji kültürünün ve verimlilik bilincinin geliştirilerek, enerji arz güvenliğimizin en üst düzeyde sağlanmasına katkıda bulunulması [157].
2008 Enerji Verimliliği ile İlgili Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Genelgesi (2008)	Enerji verimliliği konusunda enerji kültürünün ve verimlilik bilincinin geliştirilerek, ekonomi ve enerji arz güvenliğine katkı sağlanması [157].
Kamuda Akkor Lambaların Değiştirilmesi ile İlgili Başbakanlık Genelgesi (2008)	Kamuda Akkor Lambaların Değiştirilmesi [157].
Kamu Alımlarında Enerji Verimliliği Konulu Genelge (2015)	Kamu alımlarında asgari enerji verimliliği kriterlerinin uygulanması, kamu kaynaklarının etkili, ekonomik ve verimli şekilde kullanılması [158].
5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu (2007)	Enerjinin verimli kullanılması, enerji maliyetlerinin azaltılması, enerji kaynaklarının ve çevrenin korunması [159].
Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012)	2023 yılında Türkiye’nin GSYİH başına tüketilen enerji miktarının (enerji yoğunluğunun) 2011 yılı değerine göre en az %20 azaltılması [38].
Genel Aydınlatma Kapsamında Led Armatürlerin Kullanımına İlişkin Usul ve Esaslar (2016)	Led armatür uygulamalarına ilişkin görev ve sorumlulukların belirlenmesi [160].
Kamu Binalarında Tasarruf Hedefi ve Uygulama Rehberi (2020-2023) (2019)	Enerji Verimliliği Kanunu'na göre enerji yöneticisi görevlendirmekle yükümlü olan kamu binaları için 2023 yılı sonuna kadar asgari %15 enerji tasarrufu sağlanabilmesi için yürütülecek iş ve işlemlerin tanımlanması [161].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından binalarda enerji verimliliği; “binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılması” olarak tanımlanmıştır [119]. Enerji verimliliği ile ilgili hazırlanan yasal düzenlemeler incelendiğinde binaların tasarımı ve kullanılan sistemlere ilişkin bazı yasal düzenlemelerin direkt binaların enerji verimliliği ile ilgili olduğu görülmüştür. Binalarda enerji verimliliği ile ilgili yasal düzenlemelerde alınan önlemler Tablo 2.18’te verilmiştir.

Tablo 2.18. Binalarda enerji verimliliği ile ilgili yasal düzenlemelerde alınan önlemler

Başlık	Önlem
Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği (2000)	• Binaların ısı yalıtımlarının bulunduğu iklim özelliklerine göre yapılması, • Farklı amaçlarla inşa edilen binaların aylık ortalama iç sıcaklık değerlerine göre hesaplamaların yapılması, • Isı yalıtım hesabında belirlenen ısı geçirme katsayısının dikkate alınması, • Binaların ısı yalıtımı geçirgenlik katsayısının dikkate alınması [162].
Enerji Verimliliği Kanunu (2007)	• 20.000 m² inşaat alanı ya da yıllık enerji tüketimi 500 TEP olan binalarda enerji yönetici görevlendirilmesi, • Binalardaki enerji verimliliği raporlarının kurumların iş birliği ile hazırlanması, • Merkezi ısıtma sistemine sahip binalarda sıcaklık kontrol ve ısı kullanımını ölçen cihazların bulunması, • Toplam inşaat alanı 1000 m²'den fazla olan binalarda EKB düzenlenmesi, • Açık alan aydınlatmalarında biyoyakıt, hidrojen vb. gibi alternatif yakıtların kullanılması, • Klima, elektrikli ev aletleri ve aydınlatmaların sınıflandırılması ve verimliliğine yönelik asgari şartların belirlenmesi [163].
Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008)	• Mimari proje tasarımı ve uygulamalarının bina enerji performansı açısından yapılması, • Isı yalıtımı esasları, asgari hava sirkülasyonu ve sızdırmazlığın sağlanması, • Isı yalıtımı projelerinin zorunlu olması, • Mekanik tesisata ısı yalıtımı yapılması, • Isıtma ve soğutma sistemlerinde tasarım ve uygulama esaslarının uygulanması, • Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde tasarım ve uygulama esaslarına uyulması, • Otomatik kontrol sistemlerinin oluşturulması, • Yenilenebilir enerji kaynaklarının ve kojenerasyon sistemlerinin kullanımı, • Periyodik test, bakım, denetim ve raporlamaların yapılması [79].
Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012)	• Bina enerji ihtiyacı ve karbon salınımının azaltılması, • Binalarda enerji ihtiyacının ve salınım miktarının sınırlandırılması, • Yeni inşa edilecek binaların enerji verimli ve düşük CO₂ salımlı olması, • Mevcut binaların enerji verimliliği ve CO₂ salınımı açısından iyileştirilmesi, • Yenilenebilir enerji kaynağı kullanan binaların yaygınlaştırılması, • Mevcut binaların en az dörtte birinin 2010 yılına kıyasla 2023 yılında sürdürülebilir hale gelmesi, • EKB'de karbondioksit miktarı, tanımlanan asgari değerin üzerinde olan binalara idari yaptırım uygulanması, • Toplu konut projelerinde kojenerasyon ve mikrokojenerasyon, merkezi ya da bölgesel ısıtma ve soğutma ve ısı pompası sistemlerinin teşvik edilmesi, • Enerji verimliliği olmayan ev elektronik cihazlarının satışının sınırlandırılması, • Kamuya ait bina ve tesislerde enerjinin etkin kullanılması, • Enerji verimliliği bilinç endeksinin geliştirilmesi [38].

Tablo 2.18'in devamı

Binalar ile Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği (2017)	•Bakanlık tarafından yayımlanacak olan değerlendirme kılavuzuna göre, binalar ile yerleşmelerin belgelendirilmesine ilişkin performans ölçütleri ve bunların ağırlık yüzdeleri doğrultusunda değerlendirme yapılması [164].
Kamu Binalarında Tasarruf Hedefi ve Uygulama Rehberi (2020-2023) (2019)	•Kamu binalarına enerji yöneticisi atanması, •Deprem riski taşımayan binalarda dış cephe yalıtımı ve pencere iyileştirmelerinin yapılması, •Mevcut radyatörlerin temizlenmesi ve termostatik vana eklenmesi, •Kapı ve pencerelerden kaynaklanan kaçakların tespit edilmesi, •Bina çatılarında fotovoltaiik panel kullanımı için çalışma yapılması, •Aydınlatmalar daha düşük enerji tüketen aydınlatmalar ile değiştirilmesi, •Verimsiz ve ekonomik ömrünü tamamlamış kazanların değiştirilmesi, •Isıtma ve soğutma ihtiyacının yüksek olduğu binalarda ısı pompası kullanılması, •Sıcak su ihtiyacının güneş enerjisinden karşılanması [161].

2000 yılında yayınlanan Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği binalara ısı yalıtımı uygulanmasını zorunlu hale getirmiştir. Yönetmelik 2008 yılında getirilen öneriler ile yenilenmiştir. Daha sonra 2008 yılında Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nin yayınlanması ile yürürlükten kaldırılmıştır [162]. Bina Enerji Performansı Yönetmeliği binalarla ilgili düzenlenmiş en kapsamlı yönetmeliklerden biridir. Yönetmelik kapsamında alınacak önlemler ile enerji tüketiminin azaltılması, sera gazlarının etkisinin azaltılması, enerji harcamalarının azaltılması, binalarda enerji kimlik belgesi hazırlanması ile enerji verimliliğine olan farkındalığın artırılması hedeflenmektedir [79]. Bina Enerji Performans Yönetmeliği'nin içeriği Tablo 2.19'da verilmiştir.

Tablo 2.19. Bina Enerji Performansı Yönetmeliği içeriği

Başlık	İçerik
Bina enerji performansı açısından mimari proje tasarımı ve Mimari Uygulamaları	• Binanın bulunduğu konum (güneş, nem ve rüzgar etkisi) dikkate alınarak ısıtma, soğutma, doğal havalandırma, aydınlatma ihtiyacının minimum seviyede tutulması, • Bina ve odaların yönlendirilmesinde iklim etkileri dikkate alınarak istenmeyen ısı kayıp ve kazançlarının önlenmesi, • Binanın mimari uygulama projesinde ısı yalıtımında süreklilik sağlanacak şekilde detayların çözülmesi, • Binanın bulunduğu bölgenin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması doğrultusunda çözümlerin üretilmesi.
Mimari uygulamalar	• Mevcut binaların dış kabuğunun, bina enerji performansını olumsuz etkileyecek şekilde değiştirilmemesi, • Isı kaybeden düşey dış yüzey alanının toplam alanda %60 ya da daha üzerinde cam olması durumunda camın ısı geçirme katsayısının (Up) 2,1 W/m²K'den küçük olması, • Bina kabuğunu oluşturan elemanların (duvar, döşeme,tavan vb.,) U değerlerinin herhangi birinin %25 daha büyük olması durumunda diğer yapı elemanlarının %25 daha küçük olamaması, • Yeni inşa edilecek ya da mevcut binalarda ısı geçirme katsayıları TS 825'de ilgili bölge için belirtilen katsayıdan büyük olamaz. • Mekanik iklimlendirme sistemine sahip binalarda istenmeyen ısı kazançlarının önlenmesi için ısı ve güneş kontrollü yalıtım camlarının seçilmesi.
Isı Yalıtımı Esasları, Asgari Sirkülasyonu ve Sızdırmazlık	• Binanın ısı köprüsü olmayacak şekilde yalıtılması, • Binanın Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının TS 825 standardında belirtilen sınır değerden küçük olması, • Bina kabuğu elemanlarının TS 825 Isı Yalıtım Standart'ına göre yalıtılması.
Isı yalıtım projesi zorunluluğu	• Binaların ısı yalıtım projesinin TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Standartı'na göre oluşturulması.
Mekanik tesisat yalıtımı esasları	• Binaların ısıtma, soğutma, havalandırma ve klima tesisatında kullanılan malzemelerin ısı veya ses yalıtımı ile yalıtılması.
Asgari hava sirkülasyonu ve sızdırmazlık	• Binalarda sızdırmazlığı sağlayacak şekilde malzemelerin kullanılması, • İç hava kalitesinin korunması için hava sirkülasyonunun sağlanması.
Isıtma ve Soğutma Sistemleri Tasarım ve Uygulama Esasları	• Yeni inşa edilecek binaların 1000m² den daha büyük olması durumunda merkezi ısıtma sistemi uygulanması, • Kullanım alanı 250 m² üzerinde olup bireysel ısıtma sistemine sahip binalarda yoğunlaşmalı cihazların kullanılması, • Merkezi ısıtma sistemine sahip binalarda sıcaklık kontrol ekipmanlarının bulundurulması, • Ömürlerini tamamlayan sistemlerin değiştirilmesi • Soğutma ihtiyacı 500 kW'dan ve soğutulacak toplam kullanım alanı 2000 m²'den büyük olan binalarda merkezi soğutma sistemi tasarlanması, • Soğutma sistemlerinde kullanılan cihazların 20 yılını doldurması durumunda sistemin iyileştirilmesi ya da değiştirilmesi.
Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri Tasarım ve Uygulama Esasları	• Havalandırma sistemi bulunan binalarda nem kontrolü için kontrol cihazı bulunması, • Kullanılan havalandırma sistemlerinin iç hava kalitesini sağlaması ve değişken insan yüküne sahip mekanlarda iç hava kontrolü sağlayacak cihazların bulundurulması, • Yeni inşa edilecek binalarda 500 m³/h ve üzeri hava debili havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde ilk yatırım ve işletme masrafları ile birlikte enerji ekonomisi göz önüne alındığında avantajlı olması durumunda ısı geri kazanım sistemleri yapılması.

Tablo 2.19'un devamı

Sıhhi Sıcak Su Hazırlama ve Dağıtım Sistemleri	• Kullanım alanı 1000 m²'nin üzerindeki oteller, hastaneler, yurtlar ve benzeri konaklama amaçlı konut harici binalar ile spor merkezlerinde merkezi sıhhi sıcak su sisteminin planlanmasının zorunlu olması, • Merkezi sıhhi sıcak su hazırlama sistemlerinde, sistem ekonomisini sağlayacak ekipmanların kullanılması, • Merkezi sıhhi sıcak su sistemlerinde cihaz ve dağıtım hatlarının yalıtılması,
Otomatik Kontrol	• Sıvı ve katı yakıtlı kazanlarda yakıt tasarrufu için otomatik kontrol sisteminin yapılması, • Merkezi ısıtma ya da soğutma sistemine sahip binalarda odaların sıcaklıklarını düzenleyecek otomatik cihazların konulması, • Aydınlatma kontrolünün binanın işlevine bağlı olarak yapılması, • 5000 m²'nin üzerindeki binalarda ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma için, bina otomasyon sistemi kurulması, • Yeni yapılacak binalarda elektrik tesisatı, aydınlatma, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin, bu sistemlerin tükettikleri enerjiler ayrı ayrı ölçülebilecek şekilde sistemlerin kurulması.
Elektrik Tesisatı ve Aydınlatma Sistemleri	• Binalarda gün ışığından maksimum düzeyde yararlanılması ve gereksiz yapay aydınlatmadan kaçınılması, • Enerji tüketimi yüksek olan dekoratif aydınlatma gereçlerinin kullanılmaması.
Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Kojenerasyon Sistemleri	• Yeni inşa edilecek olan ve 1.000 m²'nin üzerinde kullanım alanına sahip binalarda ısıtma, soğutma, havalandırma, sıhhi sıcak su, elektrik ve aydınlatma enerjisi ihtiyaçlarının tamamen veya kısmen karşılanması amacıyla, hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklı sistem çözümlerin raporlanması, • Yeni yapılacak binalarda yenilenebilir enerji sistemleri için geri kazanım süresi 20.000 m²'ye kadar olan binalarda 10 yıl, inşaat alanı 20.000 m² ve daha büyük binalarda 15 yıl olması durumunda sistemlerin uygulanması, • Yeni yapılacak binalarda hava, toprak ve su kaynaklı ısı pompası sistemleri için inşaat alanı 20.000 m² ve üstündeki binalarda 15 yılda geri kazanılması durumunda, bu sistemlerin yapılmasının zorunlu olması, • Yeni yapılacak olan ve kullanım alanı 1.000 m²'nin üzerindeki oteller, hastaneler, yurtlar ve benzeri konaklama amaçlı konut harici binalar ile spor merkezlerindeki merkezi ısıtma ve sıhhi sıcak su sistemlerinde güneş enerjisi toplayıcıları ile sistemin desteklenmesinin zorunlu olması. • Toplam inşaat alanı en az 20.000 m²'nin tasarımında kojenerasyon sistemlerinin uygulama imkanları analiz edilmesi.
Enerji Kimlik Belgesi (EKB) Düzenlenmesi	• EKB'nin toplam kullanım alanı 1.000 m² ve üzerinde olan mevcut binalar ve yeni inşa edilen binalar için düzenlenmesi, • Enerji kimlik belgesinin düzenlenme tarihinden itibaren 10 yılda bir yeniden düzenlenmesi.

Bina Enerji Performans Yönetmeliği binaların mimari tasarımı aşamasında iken bulunduğu konum ve iklim koşullarının dikkate alınarak ilk tasarım kararlarının alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Diğer bir yandan binanın bulunduğu konumda bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması yönünde çalışılması gerektiği belirtilmiştir. Bu yönetmeliğe göre binaların uygulama detaylarının ısı yalıtımının sürekliliğini sağlayacak şekilde tasarlanması, ısı köprülerinin azaltılması ve ısı yalıtım projelerinin çıkartılması gerekmektedir. Binanın dış kabuğunun yalıtılmasının yanı sıra mekanik tesisatlarında ısı

veya ses yalıtımı uygulanması gerektiği belirtilmiştir. Binalarda iç hava kalitesinin korunması, ısıtma ve soğutma sistemlerinin otomatik kontrol edilmesi ve EKB düzenlenme esaslarından bahsedilmektedir [79]. 2007 yılında Enerji Verimliliği Kanunu yayınlanmıştır. Bu kanunun enerjinin üretimi, iletimi, dağıtımı ve tüketimi aşamalarında verimliliğin artırılması, toplum bilincinin geliştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması konularını kapsamaktadır [163]. Binaların enerji verimliliğinin artırılması konusundaki diğer detaylı çalışmalardan biri 2012 yılında yayınlanan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi'dir. Bu belge yedi stratejik amaç doğrultusunda hazırlanmıştır. Bu amaçlar sanayi ve hizmet sektörü, binalar, ürünler, elektrik üretim tesisleri, motorlu taşıtlar, kamu ve kurumları kapsamaktadır. Strateji belgesinde belirlenen birçok hedefin yanı sıra AB'nin binalarla ilgili direktifleri doğrultusunda bina fonksiyonuna, binanın bulunduğu iklim özelliklerine, mimari tasarım yaklaşımına, ısıtma, soğutma ve aydınlatma gibi konularda en az enerji tüketim ve CO₂ salınım miktarı belirlenerek sınır değerlerini aşması durumunda yeni bina yapımına izin verilmemesi hedefleri bulunmaktadır [38]. Binalar için zorunluluğu bulunmasa da enerji verimliliğinin teşvik edilmesi kapsamında hazırlanan diğer bir yönetmelik Binalar ile Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği'dir. Mevcut ve yeni inşa edilecek binaların ihtiyaçları dikkate alınarak çevre, sosyal ve ekonomik performansların sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi ve belgelendirilmesini kapsamaktadır [164]. 2019 yılında Kamu Binalarında Tasarruf Hedefi ve Uygulama Rehberi yayınlanmıştır. Bu rehber 2020 ve 2023 yılları arasında kapsamaktadır. Kamu binalarında enerji tüketiminin azaltılması için hazırlanmıştır [161]. Binalarda enerji tüketimi azaltılması konusunda yapılan bu çalışmalara ek olarak birçok standart yayınlanmıştır. Binalarda enerjinin verimli kullanılması ile ilgili ilk standartlardan biri 1970 yılında Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanan TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı'dır [77]. Daha sonra yıllar içerisinde birçok standart yayınlanmıştır [79]. Bu standartlara ilişkin tablo Ek 1'de verilmiştir. Binalar ile ilgili hazırlanan standartlar binalarda ısı yalıtımı, güneş enerjisi sistemlerinin kullanımı, binalarda kullanım sıcak suyu sistemleri, ısıtma için harcanan enerjinin hesabı, bina inşasında kullanılan yapı elemanlarının ısı özellikleri, soğutma sistemleri, binaların havalandırılması, ısı köprüleri gibi konuları içermektedir. Binalarla ilgili Türkiye'de dikkate alınan diğer standartlar AB tarafından hazırlanan standartlardır [79]. Bu standartlara ilişkin tablo Ek 1'de verilmiştir. Bu standartlar binaların havalandırılması, iç ortam hava, termal çevre, aydınlatma ve akustik, binaların ısı

performansı, binalarda ısıtma ve soğutma sistemleri ve binaların enerji performansı konuları ile ilgilidir [79].

Binalarda ve diğer alanlarda kullanılan enerjinin bugün hala büyük bir çoğunluğunun fosil kaynaklardan sağlanıyor olması, enerjinin verimli kullanımını gerektirmektedir. Diğer bir yandan bu kaynakların çevreyi olumsuz yönde etkilemesi ve iklim değişikliğini tetiklemesi, ülkelerin en önemli konularından birini enerji yapmıştır. Bu konuda gelişmiş ve gelişmekte olan Türkiye gibi ülkelerin yaptığı birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar incelendiğinde on yıl öncesine kıyasla enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim konusunda hızla adımlar atıldığı görülmektedir. Ayrıca bu adımlardan en önemli olanlarından birinin binalar olması, bu doğrultuda birçok strateji, plan ve yasal düzenlemelerin hazırlanması ile de ortaya konmuştur. Binalarda enerjinin verimli kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla gerekli enerjinin temin edilmesi ile sağlanacak tasarruf ve çevrenin korunması bu konuda yapılacak olan çalışmaların önemini daha da artırmaktadır. Bu kapsamda tez çalışmasında, iklimde meydana gelmesi öngörülen sıcaklık değişimleri dikkate alınarak mevcut ve yeni inşa edilecek binalarda uzun dönemde enerji tüketiminin ve CO₂ salınımının azaltılması doğrultusunda öneriler geliştirilmiştir.

2.4. Binaların Enerji Performansında Etkili Olan Parametreler

Bina enerji performansı; bir binanın ısıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su ve aydınlatma için kullanılan enerji talebini karşılamak için gereken, hesaplanan veya ölçülen enerji miktarı olarak ifade edilmektedir [75]. Binaların enerji performansına etki eden birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler pasif ve aktif önlemler olarak iki grupta incelenebilir [79,165-167]. Binalarda pasif önlemler, yenilenebilir enerji kaynaklarından fayda oranının maksimum düzeyde tutulması ve enerji ihtiyacının minimuma indirilmesi için alınacak önlemler olarak tanımlanmaktadır [168].

Binalarda pasif sistem parametrelerinden en etkili olanlardan bazıları binanın bulunduğu iklim, bina konumu, yönü, formu ve bina kabuğu olarak sıralanmaktadır. İklim, geniş bir bölge boyunca uzun zaman süresince gerçekleyen hava koşulları olarak tanımlanır [7]. İklimin oluşumunu sağlayan elemanlar güneşlenme, sıcaklık, basınç, rüzgar, yağış, bulutluluk, buharlaşma gibi parametrelerdir. İklim elemanları ise enlem, kara ve deniz, yükseklik, yer şekilleri, bitki örtüsü, deniz akıntıları olarak sıralanmaktadır [4]. Enlem, iklimin en önemli belirleyicilerinden biridir. Enlem etkisi, yeryüzündeki bir noktadan geçen

paralel ile ekvatorun arasındaki açısal değeri olarak tanımlanır ve bu değer ile bir yerin sıcaklığı, güneş ışığı düşme açısı, bitki örtüsü, yer çekimi gibi özellikler hakkında bilgi edinilebilmektedir [4]. Diğer önemli iklim elemanlarından biri güneştir. Güneş yeryüzündeki en önemli enerji kaynağıdır ve yeryüzünün sıcaklığını direkt etkilemektedir [4]. Güneş binaların enerjilerinin korunması ve enerji tasarrufu için de en önemli kaynaktır. Bu nedenle binalar tasarım aşamasında iken, güneşten fayda sağlamak için pasif tasarım önemleri alınmaktadır [170]. Diğer bir yandan sıcak iklimlerde güneş ışığının etkisinin azaltılması için gölgeleme sağlayacak şekilde ilk tasarım kararları alınmaktadır [51]. Binalarda pasif sistem parametrelerinden bir diğeri binanın konumudur. Bina konumu, binanın yeryüzünde ve bir arazide yerleşimi olarak tanımlanmaktadır. Bina tasarlanırken, binanın bulunduğu konumdaki enlem, boylam ve denizden yükseklik gibi parametreler dikkate alınarak rüzgara, yağışa sıcak ya da soğuk havaya karşı alınacak önlemler belirlenmektedir. Sıcak iklimlerde güneşten korunma ve doğal havalandırma sağlanması gibi kararlar alınması gerekirken, soğuk iklimlerde mevcut sıcaklığın korunabilmesi güneşten maksimum fayda sağlanması önemlidir. Bütün özellikleri aynı olan binaların arazi içerisinde konumları değiştirildiğinde enerji tüketim değerleri değişiklik göstermektedir [173]. Ayrıca binaların birbirlerine göre olan konumları da, birbirlerinin güneşlenme veya gölgelenme sürelerini ya da rüzgar etkisini değiştirmektedir [174,175]. Buna bağlı olarak bina yüzeyinde gerçekleşen taşınım, iletim ve ışınlama ile olan ısı geçişi etkilenmekte, binaların ısıtma ve soğutma ihtiyaçları değişiklik göstermektedir [176, 177]. Bu nedenle, enerji tüketimlerinin azaltılması için tasarım sürecinde binanın konumu ve binanın çevresiyle kurduğu ilişki dikkate alınmalıdır [62]. Bu doğrultuda bina formu, pasif önlemler grubundaki başka bir parametredir. Bina yüzeyinin kompakt ya da daha girintili olması, dış ortamla ilişkide olan yüzey miktarını değiştirmektedir. Binanın enerji tüketiminde direkt etkili olan yüzey alanları nedeniyle bina formu enerji tüketiminin azaltılmasında önemli parametrelerden biridir [178-179]. Bir binanın tasarlandığı formu ve yüksekliği gibi geometrik özellikler, binadaki ısı kaybı ve kazançları ile doğrudan ilişkilidir [181]. Bu ilişki yapılan çalışmalarda biçim faktörü olarak belirlenen parametre ile tanımlanmaktadır. Biçim faktörü hesabında farklı oranlar kullanılmaktadır. Oranlardan biri bina toplam uzunluğunun, bina toplam genişliğine oranıdır [51]. Yapılan diğer çalışmalarda biçim faktörü için kullanılan diğer bir oran bina toplam yüzey alanının, bina hacmine oranı olarak tanımlanmıştır [55,182-184]. Biçim faktörü ayrıca binanın toplam yüzey alanının, döşeme alanına oranı olarak da tanımlanmıştır [183,185]. Biçim faktörü değerinin arttığı binalar diğer binalara göre dış ortamla daha fazla

etkileşimde olmaktadır. Daha kompakt olan yapı formlarında dış ortamla etkileşim yüzeyinin azalmasından dolayı ısı kayıp ve kazançları azalmaktadır [186,187]. Yönlenme, bina enerji performansını etkileyen pasif önlem parametrelerden bir diğeridir [75, 188]. Binanın yönü, bina yüzeyine gelen direkt güneş ışıınım değeri (W) ve rüzgar hızını (m/s) etkilemesinden dolayı bina kabuğunda gerçekleşen ısı geçişini etkilemektedir [180]. Ayrıca iç mekanın doğal olarak havalandırılması, güneş ışığı kontrolünün sağlanmasında binanın tasarlandığı yön önemlidir [166]. Binalarda kullanılan enerji tüketiminin azaltılması doğrultusundaki ilk hedef, binanın ısıtma ve soğutma sistemine olan ihtiyacının azaltılması ya da tamamen ortadan kaldırılmasıdır. Bu kapsamda binanın güneşe yönelmesi ya da gölgeleme sağlayacak yöne doğru tasarlanması önem kazanmaktadır [188,189]. Güneş ayrıca bina kabuğunda gerçekleşen ısı geçişlerinde sıcaklığı direkt etkilemektedir. Bina kabuğu, binanın dış ortamla doğrudan etkileşimini sağladığı için, binanın enerji performansının artırılmasında en önemli parametrelerden biridir [188]. Bina kabuğundan gerçekleşen ısı geçişleri binanın ısıtma ve soğutma hesaplarını anlık olarak değiştirir [51,167,171]. Bina kabuğu binanın çevresel etkilerden korunması sağlayan elemanlardan oluşmaktadır. Opak ve saydam olarak ayrılan bu elemanlar dış ortam ile iç ortam arasında filtre görevi görmektedir [190]. Opak elemanlar çatı, duvar, döşeme, balkon, konsol, taban, tavan gibi yüzeylerden oluşurken; saydam elemanlar ise binalarda bulunan pencerelerdir [79]. Opak ve saydam elemanlarının bina yüzeyindeki toplam alanları ve oranları (pencere/duvar oranı), binaların enerji tüketiminde etkilidir [194,195]. Ayrıca bu elemanların ısı geçirme özelliklerini içeren fiziksel özellikleri de bina enerji tüketimini doğrudan etkileyen pasif önlemler arasında yer almaktadır [191-193]. Bina kullanıcılarının konfor şartlarının sağlanabilmesi için iç mekanın ısıtma ve soğutma hesapları, binanın içi ve dışı arasındaki sıcaklık farkları doğrultusunda hesaplanmaktadır [172]. Anlık olarak değişen iç ve dış sıcaklık farkları iç ortamda bulunan kullanıcıların konfor koşullarını olumsuz etkilemektedir. Bu sıcaklık farkını azaltmak için pasif önlem olarak bina kabuğunda enerji depolama özelliği gösteren malzemeler kullanılmaktadır.

Binalarda pasif olarak alınan önlemler ile aktif sistemlerin enerji yükü azaltılmaktadır [169]. Bu nedenle binalarda enerji tüketiminin azaltılmasında önemlidir. Tez çalışmasında iklimin gelecek yıllardaki etkilerinin incelenmesi için farklı iklim özelliği gösteren iller seçilmiştir. Çalışmada ayrıca pasif önlem olarak sıcak iklimlerde güneşin etkisini azaltmak için gölgeleme elemanı kullanılmıştır. Pasif önlem olarak tezde çalışılan diğer bir parametre ise, anlık olarak iç ortamda sıcaklık değişiminin önlenmesi için iç ve dış ortam sıcaklık

farklarını azaltan FDM'nin bina kabuğunda kullanılmasıdır. Diğer bir yandan binaların arazideki ve birbirlerine göre olan konumu, binaların güneşlenme ve gölgelenme durumlarını değiştirmektedir. Ayrıca binanın dış ortamla olan yüzey miktarı, yüzeyin yönü ve bina formunun etkisi ile binaların enerji tüketimleri değiştiğinden dolayı binaların yeniden inşa edildiği yıllar için çalışmada bina formunun etkisi incelenmiş ve ilgili iklim bölgeleri için uygun bina formları belirlenmiştir.

Binalarda aktif önlemler ise mekanik sistemlerin doğru seçimi (kapasite, verim vb.) ve kullanımı ile ilgilidir. Isıl konforun sağlanması için gerekli olan mekanik ekipmanlar aktif sistemler olarak adlandırılmaktadır. Aktif sistemler binaların ısıtılması, soğutulması, havalandırılması ve kullanım sıcak suyu eldesini kapsamaktadır. Isıtma ve soğutma sistemi, bir ortamdaki konfor şartlarının sağlanması için ortamın istenilen sıcaklıkta tutulmasını sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler yerel ısıtma/soğutma sistemi, bireysel ısıtma/ısıtma/soğutma sistemi, merkezi ısıtma/ısıtma/soğutma sistemi ve bölgesel ısıtma/ısıtma/soğutma sistemi olarak ayrılmaktadır [167,196]. Havalandırma sistemi, kapalı bir ortamdaki kirli havanın temiz hava ile değiştirilmesini sağlayan sistemdir. Havalandırmanın amacı ortamdaki havanın oksijen, CO₂ ve nem içeriğinin dengelenmesini sağlamaktır [197]. Kullanım sıcak suyu sistemi ise, binalarda kullanılan suyun istenilen sıcaklık düzeyine getirilmesini sağlayan ekipmanlardır [167]. Bu sistemlerin kaynağı fosil (kömür, odun, petrol vb.) ve/veya yenilenebilir enerji kaynağı (rüzgar, güneş, aerothermal, jeothermal, hidrothermal ve okyanus enerjisi, hidroelektrik, biyokütle, depolama gazı, kanalizasyon arıtma tesisi gazı ve biyogaz) olabilmektedir [75]. Aktif sistemlerin seçimi ve kapasitelerinin doğru belirlenmesi binaların enerji tüketimin azaltılmasında doğrudan etkilidir. Bu doğrultuda tez çalışmasında ısıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu sistemleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarının bu sistemler ile entegre edilmesi, sistem kapasitelerinin ömür süreleri ve gelecek iklim verileri dikkate alınarak yenilenmesi konusunda çalışılmıştır.

2.5. Binalarda Enerji Tüketimi ve CO₂ Salınımı Azaltılması İçin Yapılan Çalışmalar

Toplam enerji tüketiminde binalardan kaynaklı enerji tüketiminin payının artması, bu konudaki çalışmaların sayısını artırmıştır. Yapılan çalışmalarda hem yeni inşa edilecek binalarda hem de binaların ömürlerin uzaması nedeni ile mevcut binalarda enerji tüketimlerinin azaltılması konusu üzerine durulmuştur. Ayrıca iklim değişikliğinin etkileri

doğrultusunda uzun dönem enerji planlarının yapılması gerektiğine dikkat çeken çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda binalarda enerji tüketiminin azaltılmasının yanı sıra CO₂ salınımlarının da azaltılması gerekliliğinden bahsedilmektedir. Bunun için genel olarak bina kabuğu elemanları, mekanik sistemler, binaların formu ve iklim değişikliğinin enerji tüketimindeki etkisi incelenmektedir. Bu parametreler binaların enerji tüketimini ve CO₂ salınımlarını farklı oranlarda etkilediğinden, en uygun çözüme ulaşmak için optimizasyon çalışmaları yapılmıştır.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte binalar dış ortama daha dayanıklı inşa edilmiştir. Bu sayede binaların ömürleri uzamıştır. Kuzey yarım kürede inşa edilen mevcut binaların %75-90'nın 2050 yılında kullanılmaya devam edeceği tahmin edilmektedir [11,117]. AB'nin yayınladığı enerji direktifinde mevcut binaların enerji tüketimlerinin azaltılması gerektiği belirtilmiştir. Bu kapsamda her yıl mevcut binaların %3'nün optimum çözümlerle yenilenmesi ve birincil enerji tüketimlerinin azaltılması hedeflenmiştir [32]. Türkiye'de birincil enerji tüketimlerinin her yıl %14 oranında azaltılması hedeflenmektedir. Bu hedefi sağlayabilmek için yapılan önerilerde mevcut binaların enerji tüketiminin azaltılması yer almaktadır [33]. Mevcut binaların enerji tüketimleri, yapılan iyileştirmeler ile %25-40 oranında azaltılabilmektedir [31]. Literatürde mevcut binaların enerji tüketimlerinin ve CO₂ salınımlarının azaltılması konusunda birçok çalışma yapılmıştır [198-208].

İklim değişikliği konusunda yapılan çalışmalarda, gelecek iklim koşulları dikkate alınarak bina kabuğu elemanlarında değişikliğe gidilmesi [11-14], sıcaklıklarda meydana gelen değişimin elektrik enerjisi tüketimini nasıl etkileyeceği [15], mekanik sistemlerin iklim değişikliğine göre yenilenmesi [16-18] ve bina enerji performansının iklim değişikliğine uyum sağlayarak artırılmasını içermektedir [19-21]. Ayrıca bölge ölçeğinde iklim değişikliğinden kaynaklı sıcaklık artışı ile enerji tüketim maliyetlerinin artışı inceleyen çalışmaları yapılmıştır [22-29]. Enerji planı konusunda yapılan çalışmalarda, alt ölçeklere ait mevcut enerji planlarının üst ölçek enerji planları içerisindeki yeri ve iklim konusundaki hedeflere ulaşılabilirliği incelenmiştir [37]. Bu konuda yapılan diğer bir çalışmada Damso vd. [34] Danimarka yerel iklim eylem planlarının küresel iklim değişikliğinin azaltılmasındaki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma için bütün yerel yönetimlerin iklim ve enerji alanındaki çalışmaları toplanmış ve kodlanmıştır. Bu sayede Danimarka'da bulunan iklim eylem planlarının kapsamı hakkında fikir sahibi olunmuştur. Çalışmada yerel yönetimlerin iklim eylem planlarının merkezi olmayan bir iklim yönetim sisteminin temelini oluşturacaksa, hedefler düzeyinde ve sektörel kapsamda bazı

iyileştirmelerin yapılması gerektiği vurgusu yapılmıştır. Yapılan çalışma ile yerel yönetimlerin aktörlerinin tüm alanları göz önünde bulundurulduğunda iklim eylem planlarının uygulanma potansiyelinin yüksek olduğuna ulaşılmıştır. Başka bir çalışmada Delponte vd. [35] Kyoto Protokolü'ne uygun olarak hazırlanan ve bu protokolün güncellemelerine göre yenilenen "The Sustainable Energy Action Plan (SEAP)" çalışmasını ele almışlardır. Çalışmada bu enerji planının İtalya için etkinliği test edilmiş, güçlü ve zayıf yanları ele alınmıştır. Özellikle maliyet analizi, eşdeğer bakış açısı ve katılımcı sayısı incelenerek etkili bir çevre politikası teşvik etmek amaçlanmıştır. Çalışmanın sonunda diğer şehirler için gözlem ve değerlendirmenin fayda sağlayacağına ulaşılmıştır. Enerji planı ile ilgili yapılan başka bir çalışmada ise Riva [36], uzun vadeli enerji planlarını inceleyen çalışmaların analizini yapmıştır. Çalışma ile son on yılda yapılan kırsal enerji planları incelenmiştir. Kırsal alandaki çalışmalar kategorize edilirken; elektrik, termal enerji ve petrol talebi olarak ayrılmıştır. Çalışmada ilk olarak enerji planları türlerine göre ayrılmıştır. Daha sonra ölçekleri oluşturulmuş son olarak bu ölçekler kısa, orta ve uzun dönem olarak kategorize edilmiştir.

Binaların enerji tüketiminde bina kabuğu ve elemanlarının payının fazla olmasından dolayı bu konuda birçok çalışma yapılmıştır. Neves ve Marques [40] sıcak bir iklime sahip olan Sao Paulo'da bulunan LEED sertifikalı 40 binanın verilerini kullanarak referans bir bina oluşturmuştur. Çalışmada bina enerji simülasyon programı kullanılarak dış duvarın U değerini, camın SHGC değerini, duvar cam oranı değişimini ve gölgeleme elemanı eklenmesi durumunda binanın enerji tüketiminin değişimini incelemişlerdir. Çalışma sonunda, soğutma yükünün azaltılmasında en yüksek etkinin saydam yüzeylere gölgeleme elemanı eklenmesi olduğu görülmüştür. Enerji tüketimi, binada kullanılan camın SHGC değerinin değiştirilmesi ile %32, pencere/duvar oranının değiştirilmesi ile %40 oranında azalmıştır. Kou vd. [198] camdan kaynaklanan ısı geçişini azaltmak için cama low-e film kaplamışlardır. Cam filmi ile camın ısı geçiş katsayısı $5-7 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'den $2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'e kadar düşmüştür. Solovyyev vd. [200] mevcut cama low-e film kaplayarak kış sezonunda camlardan kaynaklanan kaybının %50 oranında azaltılabildiğine ulaşmışlardır. Alsharif [59] gölgeleme elemanının desenini ve açıklık oranını parametrik analiz ile incelemiştir. Çalışmada binalar farklı desenlerde ve farklı açıklık oranlarında gölgeleme elemanları kullanılarak simüle edilmiştir. Çalışmanın sonunda gölgeleme elemanı açıklık oranının enerji performansını etkilediğine ancak gölgeleme elemanı deseninin etkilemediğine ulaşılmıştır. Cheung vd. [45] binalarda soğutma yükünü azaltmak için bina kabuğu tasarımı üzerine çalışmışlardır.

Çalışma için çok katlı bir konut yapısı bina enerji simülasyonu programıyla modellenmiştir. Beş farklı pasif ısı tasarım stratejisi planlanmıştır. Bu stratejiler; ısı yalıtım kalınlığının değiştirilmesi, dış cephe rengi, cam özelliklerinin değiştirilmesi, pencere/duvar oranı ve gölgeleme elemanının kullanılmasıdır. Çalışmanın sonunda binaya uygun pasif tasarım stratejilerinin seçilmesi ile soğutma yükü %31.4'e kadar azaltılmıştır. Bojic vd. [46] binalarda soğutma yükünü azaltmak için cam özelliklerinin değiştirildiği bir çalışma yapmışlardır. Farklı yönlere bakan ve farklı cam özelliklerine binalar enerji simülasyon programı ile modellenip simüle edilmiştir. Çalışmanın sonunda maliyet de hesaba katılarak yönlere bağlı cam özellikleri seçiminde optimum çözümlerin belirlenmesi gerektiğine ulaşılmıştır. Bina kabuğunun enerji performansının artırılması konusunda yapılan bir diğer çalışma bina kabuğunda FDM kullanımıdır [42, 44, 201-203]. Bu çalışmalardan bazılarında duvar konstrüksiyonunda FDM kullanılmıştır. Karaoulis vd. [44] bina kabuğunda FDM kullanımının enerji tasarrufuna etkisini incelemişlerdir. Çalışma için Yunanistan'da 3 il seçilmiştir. İllerden iki tanesi sıcak-kuru, bir tanesi sıcak-çok nemli iklime sahiptir. Çalışmada bina enerji simülasyon programı kullanılarak FDM'nin duvar içinde iç ve dış ortama yakın olması durumu ile tavanda kullanılması durumunda enerji tasarrufuna etkisi incelenmiştir. FDM olarak erime sıcaklığı 29 C° olan malzeme kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda FDM'nin tavanda kullanılmasının duvarda kullanılmasına göre daha fazla enerji tasarrufu sağladığına ulaşılmıştır. Bunun sebebinin FDM'nin iç ortam sıcaklığından doğrudan etkilenmesi olduğu belirtmiştir. FDM ile ilgili yapılan başka bir çalışmada Wang vd. [42] Shanghai'de soğutma yükünü azaltmak için duvar strüktüründe FDM kullanmışlardır. Çalışmada FDM tipinin, FDM katman kalınlığının ve FDM'nin duvar içindeki konumunun etkileri incelenmiştir. İncelenen altı farklı FDM'den en iyi performansı 42 °C erime sıcaklığına sahip olanın, 20 mm kalınlıkta ve duvarın dış ortama yakın konumdayken gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. En iyi performansla sahip FDM'nin ısı transferini %34.9'a kadar azalttığı belirtilmiştir.

Literatürde binalarda enerji tüketimini ve CO₂ salınımını azaltmak için bina kabuğu ile ilgili yapılan değişikliklerin yanında mekanik sistemler ile ilgili çalışmalar da yer almaktadır. Delmastro vd. [47] mevcut binalar uzun dönem enerji planlaması ve kültürel miraslarının korunması amacı ile bir çalışma yapmışlardır. Çalışma İtalya'nın Torino şehri için kentsel ölekte yapılmıştır. Çalışmada enerji tüketimini azaltmak için kullanıcı sayıları, nüfus yoğunluğu, biçim faktörü, bina inşaat yılları, ısıtılan hacim bilgileri, ısıtma sistemi gibi parametreler kullanmıştır. Çalışmada referans olarak belirlenen 300 bina için yıllara

göre kademeli iyileştirme önerileri oluşturulmuştur. Bu öneriler arasında binaların ısıtma sistemlerinin merkezi ve/veya bölgesel olması, konvansiyonel ve yoğunlaşmalı kazanların kullanımı ve daha sonra bu kazanların ısı pompaları ile değiştirilmesi yer almaktadır. Çalışmanın sonunda, oluşturulan öneriler ile binaların enerji tüketimlerinin kademeli olarak %35 oranında azaltılması ön görülmüştür. Isıtma sistemleri ile ilgili yapılan başka bir çalışmada Delmastro vd. [48] Torino ve Stockholm için 2015-2050 yılları arasında enerji tüketimini azaltmak için öneri senaryoları geliştirmişlerdir. Bu senaryolarda bina kabuğu elemanlarının değişimi (cam, ısı yalıtımı vb.), bölgesel ısıtma için kojenerasyon sistemi, güneş enerjisi ve ısı pompası kullanımı gibi öneriler yıllara göre aşamalı olarak çalışılmıştır. Çalışmanın sonuçları enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve maliyet açısından değerlendirmiştir. Kurnitski vd. [17] Estonya'nın 2030 yılına kadar enerji yol haritasının hazırlanması için bir çalışma yapmışlardır. Çalışma 6 konut, 2 ofis ve 2 okul binası için yapılmıştır. Konut binaları için öncelikle binaların enerji sınıfları belirlenmiştir. Belirlenen enerji sınıflarına ve bina tiplerine göre binalarda ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma cihazı, pelet kazanı ve güneş kolektörü kullanımı ile çatı, döşeme ve duvar izolasyonu yapılması, pencere değişimi gibi öneriler oluşturulmuştur. Okul ve ofis binaları için ise ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma cihazı kullanılması, çatı ve duvar izolasyonu yapılması, ışık kontrolünün sağlanması gibi öneriler üzerine çalışılmıştır. Çalışmanın sonunda konutlar için oluşturulan önerilerin enerji tüketimini azalttığına ancak bu önerilerin maliyetlerinin yüksek olduğuna ulaşılmıştır. Yeni inşa edilecek binalarda önerilerin uygulanması ile elektrik enerjisi tüketimindeki azalma %7-8 oranında olmuştur. 2030 yılına kadar uygulanabilecek en optimum öneri ile enerji tüketiminde %16 oranında azalma sağlanabilmiştir. Delmastro vd. [49] Torino'da bulunan 19 binada enerji tüketimlerinin azaltılması için, bina konstrüksiyonları ile ilgili değişikliklerin yanı sıra mekanik sistemlerin değiştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Çalışmada binaların mevcut durumu referans kabul edilmiştir. Binaların konstrüksiyonundaki öneriler dış duvar, döşeme, çatı strüktürü ve pencerelerin değiştirilmesi olurken; mekanik sistemler ile ilgili olarak, binalarda bireysel olarak doğalgaz ve dizel yakıtlı kazanların kullanımı, biyogaz ile çalışan kombine ısı ve elektrik üretim santralinin kullanımı gibi öneriler olmuştur. Oluşturulan bu senaryoların ekonomik fizibilitesi ve çevresel etkileri değerlendirilmiştir. Panao vd. [50] Lizbon kentinde bulunan binaların enerji tüketimlerinin azaltılması üzerine çalışmışlardır. Çalışmada 1960 yılından önce, 1960-1990 yılları arasında ve 1990 yılından sonra inşa edilen konutlar ele alınmıştır. Çalışmada cam tipinin ve ısı yalıtım kalınlığının değişmesi ile birincil enerji tüketiminde

meydana gelen değişimler incelenmiştir. Bu incelemeye ek olarak kullanım sıcak suyu elde edilmesi için gerekli enerjinin güneşten, ısı pompasından ve pelet kazanından sağlanması gibi alternatifler üzerine çalışılmıştır.

Literatürde binalarda enerji tüketimini ve CO₂ salınımını azaltmak için bina formu ile ilgili ilk çalışma 1963 yılında Olgyay [51] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada binalarda biçim faktörü ve yönlenmenin etkisi ABD'nin soğuk, sıcak-kurak ve sıcak-nemli iklim bölgeleri için incelenmiştir. Çalışmanın sonunda her bir iklim bölgesi için yaz ve kış aylarında ısı kaybı ve kazancı en az olan optimum biçim faktörü ve bina yönü belirlenmiştir. Bina formunun binaların enerji tüketimine etkisini inceleyen çalışmalar [52-53-54] daha sonra da devam etmiştir. Depecker [55] bina formunun değişmesi ile ısıtma yükünde meydana gelen değişimi incelemiştir. Çalışma Fransa'da iki farklı şehri için yapılmıştır. Bina formu alternatifleri belirlerken iki farklı gruplama yapılmıştır. Birinci grupta binanın tüm boyutlarının aynı oranda değişmesi sağlanmıştır. Diğer grupta ise bina hacimleri aynı kalacak şekilde bina formları değiştirilmiştir. 14 farklı formun binanın ısıtma yüküne olan etkileri incelenmiştir. Rashdi ve Embi [60] sıcak iklimlerde bina formunun T, L, U, Elips ve yuvarlak şekillerde olması durumunda binaların soğutulması için gerekli elektrik enerjisindeki değişimi incelemişlerdir. Çalışmanın sonunda L formundaki binaların I formuna göre soğutma için daha az enerji tükettiğı belirtilmiştir. Kocagil ve Oral [61] sıcak-kuru iklim bölgesinde bina formunun ve geleneksel mimari plan dokusunun binaların ısıtma ve soğutma yüklerine olan etkisini incelemişlerdir. Çalışmada altı farklı biçim faktörü (0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90 ve 1) ve dört farklı mimari plan (L tipli plan, U tipli plan, iç avlulu plan, merkezi avlulu plan) kullanılmıştır. Çalışmada geleneksel dokudan geliştirilen avlulu formlarda alan/hacim oranı artıkça binaların ısıtma ve soğutma yüklerinin arttığı belirtilmiştir. Ayrıca çalışılan formlar arasında en düşük ısıtma ve soğutma yükü iç avlulu planda, en yüksek ise L tipli planda olmuştur. Yapılan bazı çalışmalarda ise bina yoğunluğunun ve binalar arası mesafenin site veya kent ölçeğinde enerji tüketimine etkisi incelenmiştir. Littlefair [63] bir sitedeki binaların güneşlenme sürelerinde birbirlerine olan etkilerini araştırmıştır. Tereci [64] kentlerde bina yoğunluğunun binaların enerji performansına etkisini incelemiştir. Çalışma alanı olarak Almanya'da bulunan Scharnhauser Park seçilmiştir. Bu alandaki bina yoğunluğunun ve binalarının kat sayılarının değiştirilmesi ile binaların enerji tüketimleri simüle edilmiştir. Çalışmanın sonunda binaların birbirlerini gölgeleme durumları ve aydınlatma için harcanan enerji tüketimleri karşılaştırılmıştır. Delmastro vd. [65] kentsel ölçekte binaların enerji tüketiminde birbirlerine olan etkisini

incelemişlerdir. Çalışma 1946-1980 yılları arasında inşa edilen 175 bina için yapılmıştır. Mevcut binaların bulunduğu bölge ve binalar referans alınarak bina yüksekliği, binalar arası mesafe ve bina yoğunluğu değiştirilmiştir. Çalışma sonunda bu parametrelerin binaların enerji tüketiminde etkili olduğuna ulaşılmıştır.

Binaların enerji performansının incelendiği çalışmalarda, binaların enerji tüketimini ve CO₂ salınımını birçok parametrenin etkilediği görülmüştür. Bina enerji tüketiminin azaltılması için oluşturulan önerilerinden bazılarında ilk yatırım maliyetinin yüksek olduğu durumlar olmaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmalarda enerji tüketiminin azaltılmasının yanı sıra maliyet ve yaşam döngüsü gibi sonuçların da incelenmesi gerekmektedir. Enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve maliyet gibi parametrelerinin her birinin minimum değerinin bulunabilmesi için optimizasyon çalışmaları yapılmaktadır. Optimizasyon çalışmaları farklı metotların ortaya çıkmasıyla 1990 yıllardan itibaren hızla gelişmiş ve gelişmeye devam etmektedir. Binalarda enerji tüketimlerinin incelenmesi konusunda yapılan optimizasyon çalışmalarda genellikle simülasyon tabanlı optimizasyon (bina simülasyon araçları ile optimizasyon araçlarının eş zamanlı olarak çalışması) uygulanmaktadır [56,218,219]. Bina tasarımında optimizasyon yapılan ilk çalışmalardan biri mekanik sistemlerinin optimizasyonu olmuştur [212]. Optimizasyon çalışmalarında genellikle genetik algoritmalar kullanılmaktadır [213, 214]. Genetik algoritmanın geliştirilmiş bir çeşidi Non-dominated sorting genetik algoritma (NSGA II)'dır [215,216]. NSGA II algoritması kolay çalışan, kullanışlı, verimli ve çok amaçlı optimizasyon yöntemi sunmaktadır [217]. Literatürde bu algoritmayı kullanan birçok çalışma bulunmaktadır. Harkouss vd. [218] binalarda enerji tüketimini azaltabilmek için enerji simülasyon programı ile farklı tasarım parametreleri oluşturmuş ve bu parametrelerden en uygun olanını NSGA II ile belirlemişlerdir. Çalışmadaki tasarım parametreleri binanın ısı yalıtım kalınlığı, saydam malzeme tipi, pencere-duvar oranı, ısıtma ve soğutma ayar sıcaklığı ve güneş panelleri ile elektrik üretimi olurken, bu parametreler enerji tüketimi ve global maliyet açısından optimize edilmiştir. Zhai vd. [219] binanın yönü, saydam alan boyutu ve saydam alanda kullanılan cam malzemenin binanın enerji tüketimine etkisini bina enerji simülasyon programı kullanarak incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçları NSGA-II ile enerji tasarrufu, görsel konfor ve termal konfor açısından optimize edilmiştir. Zhao ve Du [217] pencere ve gölgeleme elemanlarının enerji tüketimine etkisini bina enerji simülasyon programı kullanarak incelemişlerdir. Çalışmanın sonunda bu parametreler NSGA II kullanılarak enerji tüketimi ve termal konfor açısından optimize edilmiştir. Literatürde binaların enerji tüketimini azaltmak için yapılan

optimizasyonlarda başka algoritmaların kullanıldığı çalışmalar da yer almaktadır. Nguyen vd. [56] yönlenme, bina boyutları, biçim faktörü, çıkma boyutları, pencere boyutu ve tipi, ısı yalıtım kalınlıkları, infiltrasyon değerleri, çatı tipi ve havalandırma tipi gibi parametrelerin binaların enerji tüketimindeki etkisini incelemişlerdir. Bu parametreler kullanılarak binanın enerji tüketimi ve parametrelerin uygulanması durumunda global maliyetler hesaplanmıştır. Çalışmanın sonuçları 18 bağımlı 3 bağımsız değişken ile hibrit algoritma kullanılarak değerlendirilmiştir. Tsanas ve Xifara [57] istatistiksel makine öğrenme araçlarını kullanarak konutların enerji performansının tahmini üzerine çalışmışlardır. Çalışmada binanın formu, yüzey alanı, duvar alanı, toplam yükseklik, bina yönü, pencere alanı ve pencerenin konumu gibi parametrelerinin değişimi ile ısıtma ve soğutma yükünde meydana gelen değişimler incelenmiştir. İnceleme yapılırken yapay zeka tabanlı oluşturulmuş ısıtma ve soğutma yükü hesabı yapan algoritma ile bina enerji simülasyon programı sonuçları karşılaştırılmıştır. Zhang [58] Çin'deki okul binalarının ısıtma ve aydınlatma performanslarını çok amaçlı genetik algoritma kullanarak incelemiştir. Çalışmada ısıtma ve aydınlatma için enerji tüketimini azaltmak, yaz aylarında hem sıcaklıktan hem de aydınlatmadan kaynaklanan konforsuz zamanları en aza indirmek ve diğer zamanlarda gün ışığından maksimum fayda sağlamak için bir optimizasyon yapılmıştır.

Yukarıda iklim değişikliği, enerji planı, bina kabuğunda bulunan elemanların ve mekanik sistemlerin yenilenmesi gibi konularda yapılan farklı çalışmalar derlenmiştir. Literatürde bu konulardan birkaç tanesinin veya tamamının birlikte incelendiği çalışmalar da bulunmaktadır. Kalaycıoğlu [165] EPBD direktifi doğrultusunda bir yerleşimdeki farklı bina türlerinde enerji verimliliği potansiyelinin belirlenmesi konusunda çalışmıştır. Çalışmada hem bina ölçeği hem de bölgesel ölçekte yenilenebilir enerji kullanımı incelenmiştir. Eskişehir'de yapılması planlanan 34 konut binası, 7 ofis binası ve 1 adet veri merkezi binası için enerji simülasyon modelleri mevcut standartlara göre hazırlanmış ve referans binalar oluşturulmuştur. Bu binalarda bina kabuğu elemanlarının, aydınlatma seviyelerinin, ısıtma ve soğutma sistemlerinin, kullanım sıcak suyu sistemlerinin, güneş paneli ile elektrik üretilmesi gibi parametrelerin değiştirilmesi veya eklenmesi ile binaların enerji performansına etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonunda bina ölçeğinde birincil enerji tüketiminde yaklaşık %40 azalma sağlanmıştır. Taşcı [220] yüksek katlı konutlarda enerji tüketimini azaltmak için bina kabuğu elemanları üzerine çalışmıştır. Çalışmada İstanbul'da mevcut bir bina üzerinde bina kabuğunda bulunan ısı yalıtımı ve cam gibi malzemelerde değişiklikler yapılmış ve bu değişikliklerin enerji tüketimine etkisi enerji simülasyon programı ile

incelenmiştir. Yapılan değişiklikler ile yeni bir dış duvar bileşeni detayı geliştirilmiştir. Çalışmanın sonunda bina kabuğu için geliştirilen detayın, geleneksel bina kabuğu detaylarına göre enerji tüketimini daha fazla azalttığına ulaşılmıştır. Ganiç Sağlam [221] İstanbul, Antalya ve Erzurum illerinde bulunan mevcut binalarda yaklaşık sıfır enerji seviyesi ile optimum maliyet arasındaki ilişki üzerine çalışmıştır. Çalışmada ilk olarak AB direktiflerine göre ulaşılması gereken bina enerji performansının optimum maliyeti, duyarlılık analizi ile ulaşılacak yaklaşık sıfır enerji seviyesi ve mevcut binaların yaklaşık sıfır enerji seviyeleri belirlenmiştir. Binaların kullanıcı davranışına ve bina kabuğunda yapılacak değişikliklere bağlı enerji performansları duyarlılık analizleri ile incelenmiştir. Çalışmanın sonunda kullanıcı davranışının optimum maliyet seviyesinde etkili olduğuna, bina kabuğunda bulunan elemanların, mekanik sistemlerin ve yenilenebilir enerji kullanımının kapsamlı olarak ele alınması gerektiğine ve duyarlılık analizlerinin yaklaşık sıfır enerji hedeflerinin belirlenmesinde yararlı bir araç olduğuna ulaşılmıştır. Çetintaş [222] farklı iklim tiplerinde yer alan çok katlı konut binalarının enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyetlerinin azaltılması konusunda analizler yapmıştır. Çalışmada farklı iklim bölgelerinde enerji tüketimlerinin, CO₂ salınımlarının ve global maliyetlerin farklı sonuçlar verdiğine ve bina formu ve iklimin bir arada değerlendirilmesi gerektiğine ulaşılmıştır. Depe [223] bina kabuğunda FDM kullanımının binanın enerji tüketimine etkisi üzerine çalışmıştır. Çalışmada sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan Diyarbakır'da ve soğuk iklim bölgesinde yer alan Erzurum'da bulunan binalarda FDM'nin bina kabuğundaki konumu ve kalınlığı ile erime noktası gibi parametreler incelenmiştir. Atmaca [167] Bina Enerji Performansı Direktifi çerçevesinde otel binalarında enerji tüketimini azaltmak için bina tipi ve bina kabuğu elemanları üzerine çalışmıştır. Çalışmada farklı illerde bulunan mevcut otel binaları belirlenmiş ve bu binalarda ısı yalıtımının kullanılıp kullanılmaması, ısı yalıtım kalınlığı değişimi, balkon bulunup bulunmaması, farklı cam tiplerinin uygulanması, gölgeleme elemanı eklenmesi gibi parametreler incelenmiştir. Çalışmanın sonunda farklı iklim bölgelerinde bulunan oteller için oluşturulan öneriler ile enerji tüketiminin azaltılabildiğine ulaşılmıştır. Ashrafian [211] binalarda enerji tüketiminin azaltılması için maliyet tabanlı bir çalışma yapmıştır. Çalışmada Erzurum, Antalya ve İstanbul illerinde bulunan farklı tipteki binalar için bina kabuğu elemanları ile mekanik sistemlerde yapılabilecek değişiklikler belirlenmiştir. Bu değişiklikler belirlenirken, bina kullanıcılarının bu değişiklikler için ödeyebileceği tutarlar göz önünde bulundurulmuştur. Binaların enerji tüketimindeki azalma bina enerji simülasyon programı ile hesaplanmış, hesaplanan azalmanın ekonomik uygunluk

ile olan ilişkisi analiz edilmiştir. Bayraktar [224] binaya entegre edilen yenilenebilir enerji sistemlerinin enerji verimliliğine etkisini simülasyona dayalı optimizasyon yöntemi kullanarak incelemiştir. Çalışmada İstanbul, Ankara ve Antalya'da seçilen binalar için bina yönü, bina kabuğu elemanları, binanın ısıtma ve soğutma sistemleri, yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı gibi parametrelerinin binanın enerji tüketimine etkileri belirlenmiştir. Ayrıca bu parametrelerin maliyetleri de hesaplanarak yapay zeka teknikleri ile optimum çözümlerin analizleri yapılmıştır. Uygun [41] konutların enerji performansına mimari tasarım kriterlerinin etkisini İzmir örneği üzerinde çalışmıştır. Çalışmada İzmir'in ilçeleri arasından en eski ve en yoğun yerleşime sahip ilçeler seçilmiş ve burada bulunan konut binalarının Konutlarda Enerji Performansı Standart Değerlendirme Metodu kapsamında sınıfları belirlenmiştir. Belirleme yapılırken tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Çalışmada incelenen binaların büyük çoğunluğunun CO₂ salınımının az olduğuna ancak enerji tüketimlerinin Avrupa ülkelerinde bulunan binalara göre iki kat daha fazla olduğuna ulaşılmıştır. Maçka Kalfa [180] konutların ısıtma ve soğutma yüklerinin azaltılması için bir çalışma yapmıştır. Çalışmada 5 iklim bölgesinden 13 il seçilmiştir. Binaların geometrisi, bina kabuğu fiziksel özelliklerini kapsayan saydamlık oranı, cam tipi ve farklı duvar konstrüksiyonlarının etkisi bina enerji simülasyon programı kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar kümeleme analizi kullanılarak değerlendirilmiş ve on üç il için enerji tasarrufu sağlayan optimum çözümler belirlenmiştir. İncelenen çalışmalar aktif ve pasif önlemlerin enerji tüketimini ve CO₂ salınımını büyük oranda azaltılabileceğini farklı yönleri ile ortaya koymaktadır. Bu tez çalışmasında ise Türkiye'nin uzun dönem enerji plan ve stratejilerinde enerji tüketimlerinin ve CO₂ salınımlarının aşamalı olarak azaltılması hedefleri ve yerine getirmekle yükümlü olduğu sözleşmeler doğrultusunda, mevcut ve yeni yapılacak binalarda birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı yıllara göre aşamalı olarak ve iklim değişikliği göz önüne alınarak azaltılması için öneriler getirilmiştir. Bu öneriler aktif ve pasif önerileri kapsamaktadır. Çalışmada tasarım parametreleri bina kabuğu (ısı yalıtım kalınlığının değiştirilmesi, cam filmi, gölgeleme elemanı ve FDM kullanılması vb.), mekanik sistemler (ısıtma, soğutma ve kullanma sıcak suyu elde etme sistemlerinin tipi ve enerji kaynağı) ve bina formu olurken, bu parametreler bina enerji simülasyon programı ile NSGA II algoritması kullanılarak birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimize edilmiştir. 2020 yılından 2080 yılına kadar onar yıllık dönemlerde optimum öneriler belirlenmiş ve Türkiye'nin uzun dönem enerji plan ve stratejilerde belirtilen hedeflere ulaşabilmesi için referans bir kaynak oluşturulmuştur.

3. BİNALARIN TASARIM STRATEJİLERİNİN SİMÜLASYON OPTİMİZASYONUNA DAYALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Bina performansı, binalarda bir sistemi oluşturan farklı işlevlere sahip parçaların farklı koşullarda özelliklerine göre sergilediği davranıştır. Binaların performans durumları incelenirken; çevresel performans, maliyet performansı, konfor performansı ve enerji performansı incelenmektedir [225,166]. Bina enerji performansı; binaların ısıtma, soğutma, kullanım sıcak suyu, aydınlatma ihtiyaçları için nihai enerji tüketimi/talebi, birincil enerji tüketimi/talebi, enerji maliyetleri, CO₂ salınımları vb. olarak ifade edilmektedir [165,226,227]. Bina enerji performansının artırılması ve binaların enerji tüketiminin azaltılması ve değerlendirilebilmesi için belirlenmiş yönetmelik, tebliğ, genelge ve standartlar bulunmaktadır. Bu yönetmelik, tebliğ, genelge ve standartlar Bölüm 2’de açıklanmıştır. Binaların enerji durumu ile ilgili hazırlanan yasal düzenlemeler ile binaların enerji korunumunun artırılması ve enerji tüketiminin azaltılması konusundaki potansiyelin farkına varılması sağlanmıştır.

Binaların enerji tüketiminin azaltılması konusundaki gereksinimden yola çıkılarak binaların tasarım aşamasında iken yardımcı olabilecek tasarım destek sistemleri geliştirilmiştir [166]. Bu tasarım destek sistemleri biri bina enerji performans değerlendirilmesinde simülasyon aracı kullanılmasıdır. Simülasyon kelime anlamı olarak benzetim anlamına gelmektedir. Oluşturulan simülasyon araçları, gerçekte daha karmaşık bir sistemin basitleştirilmiş bir modelinin oluşturulmasına imkan vermektedir. Oluşturulan model ile sistemin gerçekteki davranışı tahmin ve analiz edilebilmektedir. Simülasyon araçlarının sıklıkla kullanıldığı alanlardan biri bina enerji simülasyon programlarıdır. Bu simülasyon programları binanın tasarımına ilişkin boyutu, biçimi, kullanılan yapı elemanlarının özellikleri, ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma vb. özelliklerin programa gerçek özelliklerine göre tanımlanmasına imkan vermektedir. Tüm özellikleri tanımlanan binaların enerji tüketimine ilişkin hesaplar bu simülasyon programları aracılığı ile sağlamaktadır. Bina enerji simülasyon programları kullanılarak bina enerji performansının artırılması konusunda bina kabuğu ve elemanları, mekanik sistemlerin iyileştirilmesi, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının sağlanması, bina formunun etkisinin incelenmesi vb. çalışmalar yapılmış ve enerji tüketimindeki değişimler enerji simülasyon modelleri üzerinden incelenmiştir [56,58,61,62,68,71,73,107,165,167,175,180,184,198,207,209]. DesignBuilder bina enerji simülasyon programı son yıllarda enerji

modellemesinde kullanılan en yaygın programlardan biridir. Program aracılığı ile binaların enerji tüketimleri, CO₂ salınımları, konfor koşulları, gün ışığı aydınlatması, ısıtma, soğutma, havalandırma sistemleri vb. ilişkin çevresel ve performans verileri sağlanmaktadır [194]. Tez çalışmasında Türkiye'nin uzun dönem enerji plan ve stratejilerde belirtilen hedeflere ulaşabilmesi için, mevcut ve yeni yapılacak binalarda birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımının azaltılması amaçlanmıştır. Binaların birincil enerji tüketim ve CO₂ salınım hesapları ile simülasyon tabanlı optimizasyonları DesignBuilder bina enerji simülasyon programı kullanılarak yapılmıştır. Tez çalışmasının bu bölümünde çalışma yöntemi, seçilen iller ve meteorolojik verileri, referans binalara ait bilgiler, binaların tasarım stratejilerine ait parametreler, bina enerji tüketim hesabı ve değerlendirme yöntemi ile ilgili bilgiler verilmiştir.

3.1. Çalışma Yöntemi

Tez çalışmasında Türkiye'nin uzun dönem enerji plan ve stratejilerde belirtilen hedeflere ulaşabilmesi için, mevcut ve yeni yapılacak binalarda birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimum bina kabuğu, mekanik sistem ve bina formu grubu tasarım parametreleri ile oluşturulan önerilerin iklim değişikliği göz önüne alınarak belirlenmesi ve bu öneriler ile binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımının yıllara göre aşamalı olarak azaltılması amaçlanmaktadır. Bu amaca ulaşabilmek için yapılan çalışma yöntemi akış diyagramı Şekil 3.1'de verilmiştir. Bu doğrultuda tez çalışması aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

(i) İllerin belirlenmesi: Bu adımda Türkiye'nin yedi coğrafi bölgesindeki illerin yıllık ortalama en düşük ve en yüksek dış ortam sıcaklıkları belirlenmiştir. Her bir coğrafi bölgenin yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı en düşük ve en yüksek illeri ilgili bölgenin coğrafi ve iklim özelliklerini temsil etmesi için seçilmiştir. Toplamda seçilen 14 ilde yer alan TOKİ tarafından inşa edilen konut yerleşimleri çalışma alanı olarak seçilmiştir.

(ii) İllerde çalışma için kullanılacak binaların fiziksel özelliklerinin elde edilmesi: Seçilen illerde TOKİ tarafından inşa edilmiş konut yerleşimlerine ait mimari planlar, bina konstrüksiyon ve mekanik sistem bilgileri Toplu Konut İdaresi Başkanlığı'ndan elde edilmiştir.

(iii) Referans modellerin oluşturulması: Fiziksel özellikleri elde edilen konut yerleşimlerinin birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı hesaplarının yapılabilmesi için enerji

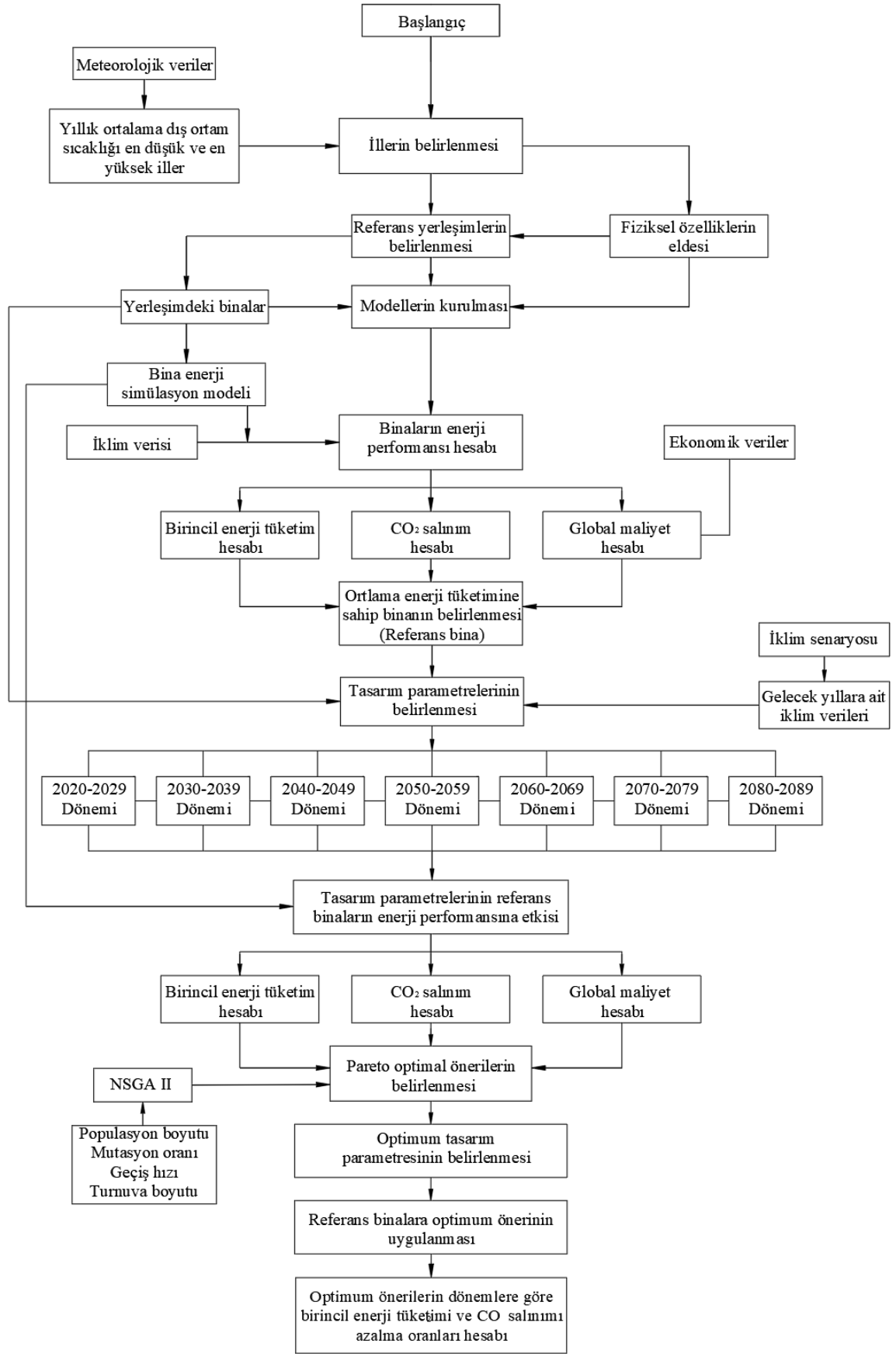
simülasyon programı aracılığı ile enerji modelleri oluşturulup simüle edilmiştir. Her bir yerleşimde bulunan binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı hesabı yapılarak ortama enerji tüketimine sahip bina belirlenmiştir. Her bir yerleşimdeki ortalama enerji tüketimine ve CO₂ salınımına sahip bina o yerleşimin referans binası olarak kabul edilmiştir.

(iv) Tasarım parametrelerinin belirlenmesi: Binalarda enerji tüketiminin ve CO₂ salınımlarının azaltılması amacıyla yapılan çalışmalar ve yayınlanan enerji plan ve direktifleri kapsamında yapılan literatür çalışması sonucunda bina kabuğu, mekanik sistemler ve bina formu grubu tasarım parametreleri olarak belirlenmiştir.

(v) Tasarım parametreleri ve gelecek iklim verileri kullanılarak hesapların yapılması: 2020 yılından 2080 yılına kadar onar yıllık dönemlerde Meteonorm yazılımı kullanılarak gelecek iklim verileri üretilip birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet hesapları yapılmıştır.

(vi) Optimum önerilerin belirlenmesi: 2020 yılından 2080 yılına kadar onar yıllık dönemlerde hesaplanan birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet değerleri NSGA-II algoritması kullanılarak optimize edilmiş ve pareto optimal öneriler belirlenmiştir.

(vii) Sonuçların değerlendirilerek yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımını azaltma oranlarının belirlenmesi: Referans yerleşimlere optimum önerilerin uygulanması ile enerji tüketimi ve CO₂ salınımı azalma oranları hesaplanmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma yöntemi akış diyagramı

3.2. Seçilen İller ve Meteorolojik Veriler

Tez çalışmasında referans olarak kabul edilen binalar Türkiye'nin yedi farklı coğrafi bölgesinden seçilmiştir. Her bir coğrafi bölgede bulunan illerin yıllık ortalama en düşük ve en yüksek dış ortam sıcaklıkları belirlenmiştir. Bu bölgelerden yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı en düşük ve en yüksek olmak üzere ikişer il (toplam 14) çalışma illeri olarak seçilmiştir (Tablo 3.1). Bu illerin seçiminde Türkiye'nin bütün coğrafi bölgeleri ve iklim tiplerini temsil etmesi amaçlanmıştır [180,228,229]. Çalışma için belirlenen 14 ilin seçilmesinde kullanılan iklim verileri için tüm illerin uzun dönem (1929-2018) meteorolojik verileri incelenmiştir [230]. İncelenen veriler doğrultusunda seçilen iller ve bu illerde belirlenecek çalışma bölgelerinin farklı iklim ve coğrafi özelliklere sahip olması sayesinde çalışmada örneklemin geniş olması sağlanmıştır.

Tablo 3.1. Coğrafi bölgelere göre illerin meteorolojik verileri (Ölçüm periyodu: 1929-2018)

Akdeniz Bölgesi	En yüksek		En düşük	
Ortalama sıcaklık (°C)	19.2	Mersin	12.2	Isparta
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	25.3	Adana	18.4	Isparta
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	14.8	Mersin	6.1	Isparta
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	98	Antalya	80.8	Osmaniye
En yüksek sıcaklık (°C)	45.6	Adana	40	Mersin
En düşük sıcaklık (°C)	-4.6	Antalya	-21	Isparta
Ege Bölgesi	En yüksek		En düşük	
Ortalama sıcaklık (°C)	17.9	İzmir	10.7	Kütahya
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	24.5	Aydın	17	Kütahya
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	13.5	İzmir	4.8	Kütahya
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	96.9	İzmir	72.4	Kütahya
En yüksek sıcaklık (°C)	45.5	Manisa	39.5	Kütahya
En düşük sıcaklık (°C)	-8.2	İzmir	-28.1	Kütahya
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	En yüksek		En düşük	
Ortalama sıcaklık (°C)	18.3	Şanlıurfa	14.9	Gaziantep
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	24.4	Şanlıurfa	19.2	Şırnak
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	12.6	Şanlıurfa	8.8	Diyarbakır
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	97	Şanlıurfa	86.4	Gaziantep
En yüksek sıcaklık (°C)	48.8	Batman	40.4	Şırnak
En düşük sıcaklık (°C)	-12	Kilis	-24.2	Diyarbakır
Marmara Bölgesi	En yüksek		En düşük	
Ortalama sıcaklık (°C)	15.1	Çanakkale	12.5	Bilecik
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	20.4	Balıkesir	17.6	İstanbul
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	10.9	İstanbul	8.1	Bilecik
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	87	Çanakkale	56.6	Yalova
En yüksek sıcaklık (°C)	45.4	Yalova	39.1	Çanakkale
En düşük sıcaklık (°C)	-11	Yalova	-25.7	Bursa
İç Anadolu Bölgesi	En yüksek		En düşük	
Ortalama sıcaklık (°C)	12.6	Kırıkkale	8.9	Sivas
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	18.7	Karaman	14.6	Yozgat
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	6.8	Kırıkkale	2.8	Sivas
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	94.6	Karaman	73.6	Çankırı
En yüksek sıcaklık (°C)	42.4	Çankırı	38.5	Niğde
En düşük sıcaklık (°C)	-22.4	Kırıkkale	-34.6	Sivas
Doğu Anadolu Bölgesi	En yüksek		En düşük	
Ortalama sıcaklık (°C)	13.6	Malatya	3.9	Ardahan
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	19.5	Tunceli	10.8	Ardahan
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	8.4	Malatya	-2.5	Ardahan
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	94.4	Van	64.5	Ardahan
En yüksek sıcaklık (°C)	43.5	Tunceli	35	Ardahan
En düşük sıcaklık (°C)	-22.2	Malatya	-45.6	Ağrı
Karadeniz Bölgesi	En yüksek		En düşük	
Ortalama sıcaklık (°C)	14.7	Trabzon	7.1	Bayburt
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	20.5	Karabük	13.7	Bayburt
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	11.7	Trabzon	1.3	Bayburt
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	72.4	Çorum	27.4	Giresun
En yüksek sıcaklık (°C)	45	Tokat	35.1	Sinop
En düşük sıcaklık (°C)	-7	Rize	-34	Bolu

Akdeniz Bölgesi'nde yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı en yüksek ve en düşük olan iller Mersin ve Isparta'dır. Ancak Mersin ilinde bulunan TOKİ binalarına ait verilerin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Toplu Konut İdaresi Başkanlığı'ndan temin edilememesi bu il yerine

bir sonraki en yüksek sıcaklığa sahip il olan Antalya’da bulunan TOKİ binalarına ait verilerin gönderilmesi nedeniyle, tez çalışmasında bu bölgeden Antalya ili seçilmiştir. Ege Bölgesi’nde yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı en yüksek ve en düşük olan iller İzmir ve Kütahya olarak hesaplanmış ve bu iller için çalışılmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde hesaplara göre belirlenen iller ise Şanlıurfa ve Gaziantep olmuştur. Diğer bölgelerde ise Marmara Bölgesi için, Çanakkale ve Bilecik; İç Anadolu Bölgesi için Kırıkkale ve Sivas; Doğu Anadolu Bölgesi için Malatya ve Ardahan ve son olarak Karadeniz Bölgesi için Trabzon ve Bayburt illeri yapılan hesaplara göre belirlenmiştir. Çalışmada coğrafi bölgelere göre yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı en yüksek ve en düşük olan iller belirlenirken ayrıca TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Standardı’nda belirtilen her bir derece gün bölgesinden iller seçilerek farklı derece gün bölgeleri temsil edilmiştir [77] (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Seçilen illerin TS 825’teki derece bölgelerindeki yeri

I. Bölge derece gün illeri			
Adana	Aydın	Mersin	Osmaniye
Antalya	Hatay	İzmir	
II. Bölge derece gün illeri			
Sakarya	Çanakkale	Kahramanmaraş	Rize
Trabzon	Adıyaman	Denizli	Kilis
Samsun	Yalova	Amasya	Diyarbakır
Kocaeli	Siirt	Zonguldak	Balıkesir
Edirne	Manisa	Sinop	Düzce
Bartın	Gaziantep	Mardin	Şanlıurfa
Batman	Giresun	Muğla	Şırnak
Bursa	İstanbul	Ordu	Tekirdağ
III. Bölge derece gün illeri			
Afyon	Burdur	Karabük	Malatya
Aksaray	Çankırı	Karaman	Nevşehir
Ankara	Çorum	Kırıkkale	Niğde
Artvin	Elazığ	Kırklareli	Tokat
Bilecik	Eskişehir	Kırşehir	Tunceli
Bingöl	Iğdır	Konya	Uşak
Bolu	Isparta	Kütahya	
IV. Bölge derece gün illeri			
Ağrı	Erzurum	Kayseri	Ardahan
Gümüşhane	Muş	Bayburt	Hakkari
Sivas	Bitlis	Kars	Van
Erzincan	Kastamonu	Yozgat	

I. Bölge derece gün illeri arasından Antalya ve İzmir; II. Bölge derece gün illeri arasından Trabzon, Çanakkale, Gaziantep ve Şanlıurfa; III. Bölge derece gün illeri arasından Bilecik, Isparta, Kırıkkale ve Malatya; VI. Bölge derece gün illeri arasından ise Sivas,

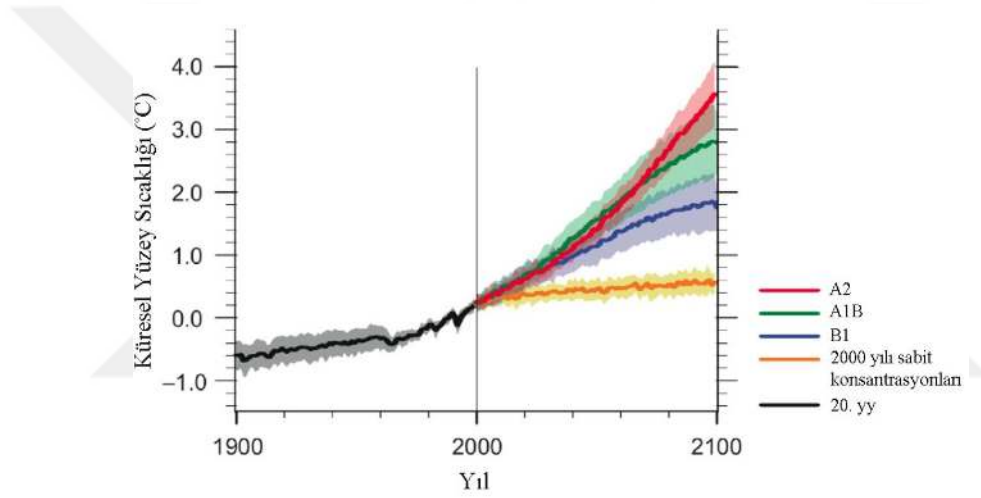
Bayburt ve Ardahan illeri çalışma için belirlenmiştir. Çalışma illeri için belirlenen 14 ilin meteorolojik bilgileri Tablo 3.3'te verilmiştir [230].

Tablo 3.3. Seçilen illere ait meteorolojik veriler

	Yıllık Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Yıllık Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)	Isıtma Derece Gün Bölgesi
Akdeniz Bölgesi				
Antalya	24.2	13.7	18.8	I
Isparta	18.4	6.1	12.2	III
Doğu Anadolu Bölgesi				
Malatya	19.0	8.4	13.6	III
Ardahan	10.8	-2.5	3.9	IV
Ege Bölgesi				
İzmir	22.6	13.5	17.9	I
Kütahya	17.0	4.8	10.7	III
Güneydoğu Anadolu Bölgesi				
Şanlıurfa	24.4	12.6	18.3	II
Gaziantep	21.5	9.4	14.9	II
İç Anadolu Bölgesi				
Kırıkkale	18.3	6.8	12.6	III
Sivas	15.3	2.8	8.9	IV
Karadeniz Bölgesi				
Trabzon	18.1	11.7	14.7	II
Bayburt	13.7	1.3	7.1	IV
Marmara Bölgesi				
Çanakkale	19.6	10.7	15.1	II
Bilecik	17.7	8.1	12.5	III

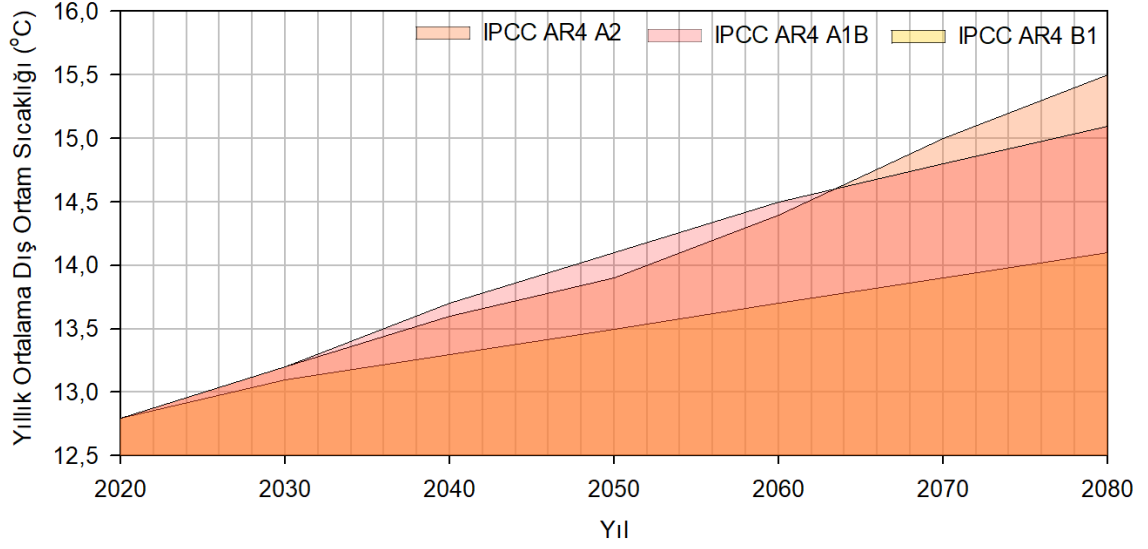
Tez çalışmasında, seçilen bu illerdeki binaların gelecek yıllara ait birincil enerji tüketimlerini ve CO₂ salınımlarını belirleyebilmek için gelecek yılların meteorolojik iklim verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmada ihtiyaç duyulan bu veriler Meteonorm yazılımı kullanılarak üretilmiştir. Meteonorm yazılımı verilerinin eldesi için 8000'den fazla hava durumu istasyonunu kullanmaktadır. Ayrıca yazılım iklim verilerini bu istasyonların dışında Küresel Enerji Dengesi Arşivi'nden, WMO'dan ve Ulusal İklim Veri Merkezi'nden almaktadır [243]. Meteonorm yazılımı gelecek iklim verilerinin hesabında IPCC'nin dördüncü raporunda yer alan üç iklim senaryosuna göre ve 2020-2100 yılları arasında onar yıllık periyotlarda dokuz gelecek zaman dilimi için iklim verileri üretmektedir [241,244]. Bu iklim senaryoları A1B, A2 ve B1 senaryolarıdır. A1B senaryosunda; gelecek yıllarda ekonominin ve küresel nüfusun çok hızlı büyüyeceği, bu büyümenin yüzyılın ortalarında en üst noktaya ulaşacağı ve daha sonra azalmaya geçeceği ön görülmektedir. Bu azalma sırasında yeni ve daha verimli teknolojilerin gelişiminin hızlanacağı belirtilmektedir. A2

senaryosunda; daha heterojen bir dünya olacağı ön görülmektedir. Bölgelerin yerel kimliklerinin korunacağı ve bölgelerin doğurganlık modellerinin az bir ivme ile de artmasıyla küresel nüfusun artacağı tahmin edilmektedir. B1 senaryosunda ise A1B senaryosunda olduğu gibi benzer küresel nüfusa sahip ancak temiz ve verimli kaynak kullanımı ile yenilenebilir teknolojilere giriş yapılacağı ön görülmektedir [6]. A ve B senaryoları genel olarak incelendiğinde A senaryolarında, çevrenin korunmasına daha az önem verilen ancak daha ekonomik bir gelecek yansıtılırken, B senaryosunda çevrenin korunmasını dikkate alınmaktadır. A1B, A2 ve B1 senaryolarına göre yıllık ortalama sıcaklıkların değişimini içeren grafik Şekil 3.2’de verilmiştir [241, 242].



Şekil 3.2. A1B, A2 ve B1 senaryolarına göre yıllık ortalama sıcaklıklar

Tez çalışmasında bu senaryolardan hangisinin kullanılacağına belirlenmesi gerekmektedir. Seçilen on dört il arasından ortalama dış ortam sıcaklığına sahip il Kırıkkale’dir. Bu doğrultuda kullanılacak gelecek iklim senaryosuna karar vermek için Kırıkkale iline ait 2020, 2030, 2040, 2050, 2060, 2070 ve 2080 yıllarının yıllık ortalama dış ortam sıcaklıkları Meteonorm yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Farklı gelecek iklim verileri senaryolarına göre elde edilen dış ortam sıcaklıklarına ortalama bir yaklaşımı IPCC AR4 A1B senaryosu vermiştir (Şekil 3.3). Bu nedenle tez çalışmasında gelecek iklim verileri IPCC AR4 A1B senaryosu kullanılarak üretilmiştir.



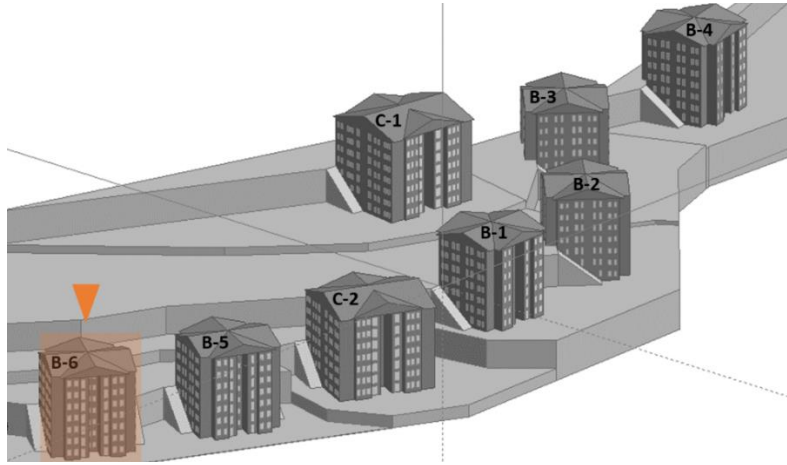
Şekil 3.3. Yıllık dış ortam sıcaklıklarının senaryolara göre değişimi

Belirlenen senaryoya göre çalışmada kullanılan gelecek iklim verileri her bir il için Meteorolog yazılımı kullanılarak elde edilmiş ve bu veriler DesignBuilder enerji simülasyon programına tanımlanarak, binaların enerji tüketimlerinin ve CO₂ salınımlarının azaltılması için uzun dönem öneriler oluşturulmuştur.

3.3. Referans Binalara Ait Bilgiler

Binaların enerji performanslarının artırılması için yapılan çalışmalarda tüm binaların ele alınması mümkün değildir. Bu nedenle çalışmalar, çalışma alanındaki binaları temsil edecek bina ya da binalar üzerinde yapılmaktadır. Bu binalar referans binalar olarak adlandırılmaktadır. AB tarafından yayınlanan direktifte referans binalar, işlevi ve coğrafi konumları bakımından diğer binaları temsil eden binalar olarak tanımlanmaktadır [75]. Ayrıca referans binaların belirlenmesi için üç yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden ilki mevcut binalardan ortalama özelliklere sahip referans bina seçiminin yapılmasıdır. İkincisi binaların istatistiksel verilere dayalı olarak referans binaların oluşturulmasıdır. Üçüncüsü ise istatistiksel bir veri olmadığında varsayımsal binalardan referans bina oluşturulmasına dayanır [245]. Tez çalışmasında referans binalar belirlenirken yöntemlerden ilki kullanılmıştır. Bu binalar Türkiye'nin her ilinde bulunan TOKİ tarafından inşa edilen binalardır. Ayrıca binalar referans bina özelliklerini günümüz yasa ve yönetmelikleri doğrultusunda inşa edilmesi ile de karşılamaktadır [32].

Tez çalışmasında referans binaları belirlemek için yedi farklı coğrafi bölgeden on dört il ele alınmıştır. Bu iller yıllık ortalama dış ortam sıcaklıklara göre belirlenmiştir. Bu doğrultuda Akdeniz Bölgesi'nden Antalya ve Isparta, Doğu Anadolu Bölgesi'nden Malatya ve Ardahan, Ege Bölgesi'nden İzmir ve Kütahya, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden Şanlıurfa ve Gaziantep, İç Anadolu Bölgesi'nden Kırıkkale ve Sivas, Karadeniz Bölgesi'nden Trabzon ve Bayburt, Marmara Bölgesi'nden Çanakkale ve Bilecik illeri seçilmiştir. Farklı coğrafi bölgelerde bulunan bu iller ayrıca TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Yönetmeliği'ne göre farklı derece gün bölgelerinde yer almaktadır. Her derece gün bölgesinden en az iki il için çalışılmıştır. Çalışılan TOKİ yerleşimlerinin Tablo 3.4'te hava fotoğrafları yer almaktadır. Belirlenen yerleşimler farklı iklim özelliklerinde bulunmalarının yanında inşa edildikleri araziler farklı coğrafi özelliktedir. Ayrıca referans olarak belirlenen yerleşimlerdeki binalar yönelimleri, plan özellikleri, mekanik sistemleri ve kullanıcı sayıları bakımından da farklı özellikler göstermektedir (Tablo 3.5). Diğer bir yandan aynı yerleşimde aynı mimari özelliğe sahip binaların farklı yönelimleri ve birbirlerini gölgelermelerinden dolayı enerji tüketimleri farklılık göstermektedir. Çalışmada bu nedenle her bir yerleşimin metrekare başına ortalama birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına en yakın bina, yerleşimleri temsil eden referans binalar olarak seçilmiştir. Tez çalışmasında önlemlerin etkisi her bir ilde belirlenen bu binalar üzerinde incelenmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Ortalama bina model örneği

Tablo 3.4. İllerdeki referans binaların vaziyet planları

Akdeniz Bölgesi	Doğu Anadolu Bölgesi	Ege Bölgesi	Güneydoğu A. Bölgesi	İç Anadolu Bölgesi	Karadeniz Bölgesi	Marmara Bölgesi
Antalya	Malatya	İzmir	Şanlıurfa	Kırıkkale	Trabzon	Çanakkale
						
Isparta	Ardahan	Kütahya	Gaziantep	Sivas	Bayburt	Bilecik
						

Tablo 3.5. İllere göre binaların plan özelliği ve mekanik sistem bilgileri

Coğrafi bölgeler	Çalışma illeri	Plan özelliği	Mekanik sistem		
			Isıtma s.	Soğutma s.	Sıcak su
Akdeniz Bölgesi	Antalya	2+1, 3+1	Merkezi (Kömür)	Bireysel (Elektrik)	Bireysel (Elektrik)
	Isparta	2+1, 3+1	Merkezi (Kömür)	-	Bireysel (Elektrik)
Doğu Anadolu B.	Malatya	2+1, 3+1	Merkezi (Kömür)	-	Bireysel (Elektrik)
	Ardahan	2+1	Merkezi (Kömür)	-	Bireysel (Elektrik)
Ege Bölgesi	İzmir	2+1, 3+1	Merkezi (Kömür)	Bireysel (Elektrik)	Bireysel (Elektrik)
	Kütahya	2+1, 3+1	Merkezi (Doğalgaz)	-	Bireysel (Doğalgaz)
Güneydoğu A. Bölgesi	Şanlıurfa	2+1	Merkezi (Kömür)	-	Bireysel (Elektrik)
	Gaziantep	2+1, 3+1	Merkezi (Doğalgaz)	-	Bireysel (Doğalgaz)
İç Anadolu Bölgesi		2+1, 3+1	Merkezi (Doğalgaz)	-	Bireysel (Doğalgaz)
	Kırıkkale		Merkezi (Doğalgaz)	-	Bireysel (Doğalgaz)
	Sivas	2+1, 3+1	Merkezi (Doğalgaz)	-	Bireysel (Doğalgaz)
Karadeniz Bölgesi	Trabzon	2+1, 3+1	Merkezi (Kömür)	-	Bireysel (Elektrik)
	Bayburt	2+1	Merkezi (Doğalgaz)	-	Bireysel (Doğalgaz)
Marmara Bölgesi	Çanakkale	2+1, 3+1	Merkezi (Doğalgaz)	-	Bireysel (Doğalgaz)
	Bilecik	2+1, 3+1	Merkezi (Kömür)	-	Bireysel (Elektrik)

Binaların kullanıcılarının bina enerji tüketim hesaplarında tanımlanması tüketimin doğru hesaplanması açısından önemlidir [68,69,246,247]. Türkiye'nin TUIK 2018 verilerine ait ortalama hane halkı büyüklüğü 3.4 olarak belirlenmiştir [248]. Ancak çalışmada 14 farklı il ele alınacağı için her bir il için çalışılacak binalarda illere göre belirlenmiş aile hane halkı sayısı dikkate alınmıştır. TUIK'in yaptığı 2018 yılına ait illere göre ortalama hane halkı büyüklüğü Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. İllere göre ortalama hane halkı büyüklüğü ve çalışma kabulü

İl	Hane halkı sayısı	Çalışma kabulü (kişi sayısı)
Antalya	3.1	3
Isparta	2.9	3
Malatya	3.6	4
Ardahan	3.3	3
İzmir	3	3
Kütahya	3	3
Şanlıurfa	5.6	6
Gaziantep	4.2	4
Kırıkkale	3	3
Sivas	3.3	3
Trabzon	3.2	3
Bayburt	3.4	3
Çanakkale	2.7	3
Bilecik	3	3

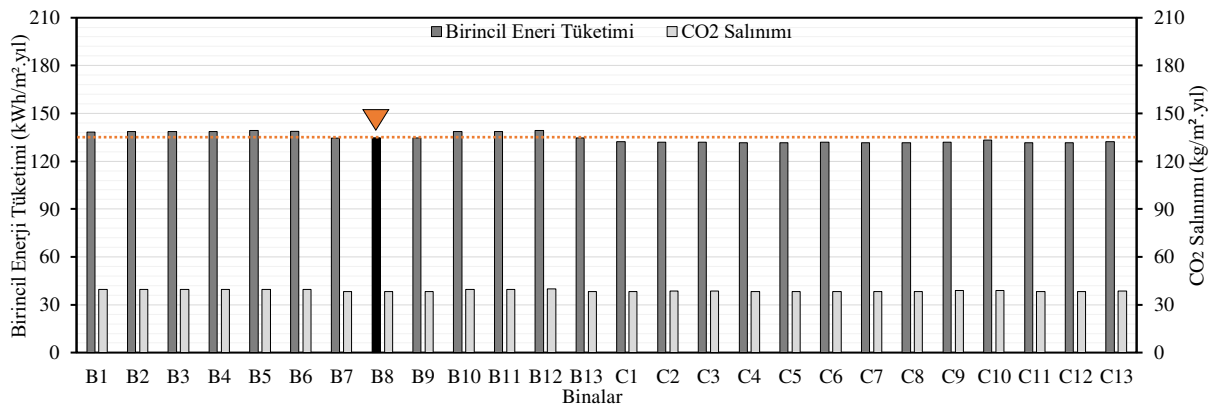
Hane halkı istihdam araştırmasına göre 15 yaşından büyük erkek istihdam oranı erkeklerde %65.6, kadınlarda ise %28.9 olarak belirlenmiştir. Bu nedenle çalışma simülasyon modelleri oluşturulurken bayan evde olduğu ve erkeklerin işe gittiği durum için illere göre kullanıcı davranışları tanımlanmıştır. Bir dairenin kullanıcılarının yemek yeme alışkanlıkları ile ilgili yapılan araştırmaya göre kullanıcıların bir arada bulunmuş oldukları zaman aralıkları en fazla akşam yemeği saatleridir. Kullanıcılar akşam yemeğinden sonra en fazla sabah kahvaltılarında bir araya gelmektedir. Hafta sonu kahvaltıda bir araya gelme oranı %72.3'tür. Bu oran hafta içi %43.4 olarak değişmektedir. Kullanıcıların ayrıca öğle yemeklerinde bir araya gelme oranları hafta içi ve hafta sonu sırasıyla %26.8 ve %57.2 olarak belirlenmiştir [249]. Bina kullanıcılarının aktivite seviyeleri ise Tablo 3.7'de verilmiştir [250].

Tablo 3.7. Bina kullanıcılarının aktivite seviyeleri

Saat (Hafta içi)	Aktivite Adı	Aktivite Seviyesi (W/m ²)	Bulunulan Hacim
00:00-07:00	Uyku	40	Yatak odası
07:00-07:30	Kahvaltı	60	Mutfak
07:30-12:30	Ev işleri	115	Bütün alanlar
12:30-15:30	Dinlenme	45	Salon
15:30-16:30	Ev işleri	115	Bütün alanlar
16:30-19:00	Ev işleri	115	Bütün alanlar
19:00-20:00	Akşam yemeği	60	Mutfak
20:00-20:30	Dinlenme	45	Salon
20:30-23:00	Oturma, Okuma	60	Salon/Yatak odası
23:00-24:00	Uyku	40	Yatak odası
Saat (Hafta sonu)	Aktivite Adı	Aktivite Seviyesi (W/m ²)	Bulunulan Hacim
00:00-00:30	Oturma, Okuma	60	Salon/Yatak odası
00:30-08:30	Uyku	40	Yatak odası
08:30-12:30	Oturma, Okuma	60	Salon/Yatak odası
12:30-15:30	Ev dışı aktivite	-	-
15:30-18:30	Oturma, Okuma	60	Salon/Yatak odası
18:30-22:30	Oturma, Okuma	60	Salon/Yatak odası
22:00-24:00	Dinlenme	45	Yatak odası

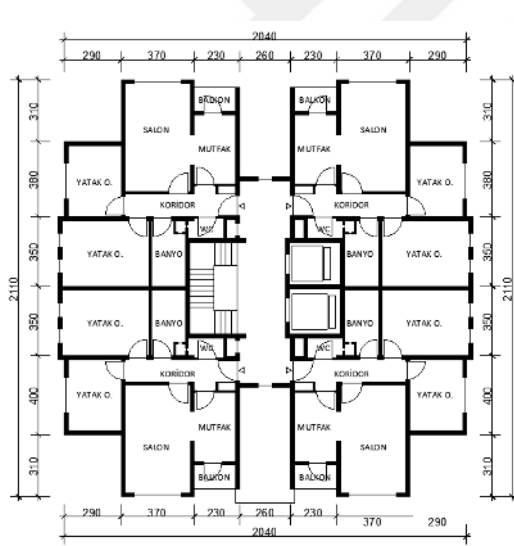
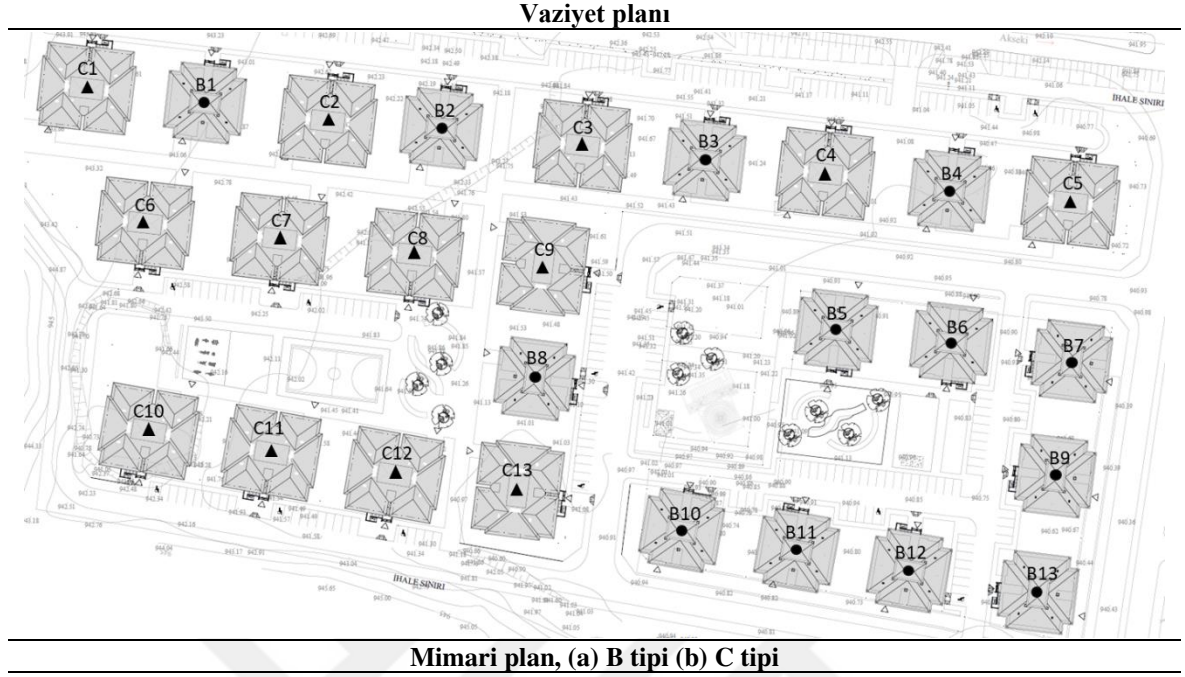
3.3.1. Antalya İli Referans Bina Bilgileri

Antalya Akdeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre Akdeniz Bölgesi'ndeki en yüksek sıcaklığa sahip olan il Mersin'dir. [230]. Ancak Mersin ilinde bulunan TOKİ binalarına ait verilerin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Toplu Konut İdaresi Başkanlığı'ndan temin edilememesi bu il yerine bir sonraki en yüksek sıcaklığa sahip il olan Antalya'da bulunan TOKİ binalarına ait verilerin gönderilmesi nedeniyle, tez çalışmasında bu bölgeden Antalya ili seçilmiştir. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre I. Bölge derece gün illeri bölgesindedir [77]. Antalya'da çalışma bölgesi olarak seçilen yerleşim, Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından 2018 yılında inşa edilmiştir. Yerleşimde toplamda 26 konut binası bulunmaktadır. Bu konut binalarından 13 tanesi B mimari tipi özelliğinde iken diğer binalar C mimari tipi özelliğindedir. Binalar 1 bodrum, 1 zemin ve 3 normal kat olmak üzere toplam 4 katlıdır. Zemin ve normal katlarda 4 adet daire bulunmaktadır. B tipi daireler 2+1 olarak tasarlanmış ve 75 m²'dir. C tipi daireler ise 3+1 olarak tasarlanmış ve 110 m² alana sahiptir. Yerleşimde bulunan binaların ısıtılması katı yakıtlı kalorifer kazanı ile sağlanırken, soğutma bireysel klimalar ile sağlanmaktadır. Binalarda mekanik havalandırma sistemi yoktur. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak elektrikli termosifon ile karşılanmaktadır [78]. Yerleşime ait vaziyet planı, mimari planlar ile programa tanımlanan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirime katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.7'de verilmiştir. Yerleşimde bulunan binaların birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları enerji simülasyon programı ile hesaplanmıştır. Yerleşimdeki binaların metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları mevcut durum için elde edilmiş ve ortalama bina B8 olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.5).

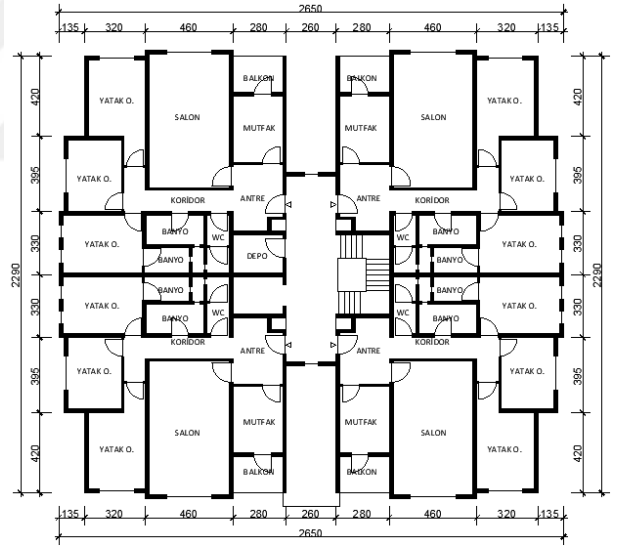


Şekil 3.5. Antalya yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

Tablo 3.7. Antalya ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler



(a)



(b)

B Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	21.1 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	20.4 m
Brüt yükseklik	14.55 m (1B+1Z+3N kat)

Zemin alanı	430.4 m ²
Toplam alan	2152 m ²

C Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	22.9 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	26.5 m
Brüt yükseklik	14.55 m (1B+1Z+3N kat)

Zemin alanı	606.85 m ²
Toplam alan	3034.25 m ²

Meteorolojik veriler

Meteonorm Antalya 2020
IPCC AR4 A1B Senaryosu

Kullanıcı bilgileri
İç ortam sıcaklığı

3 kişi
20 °C

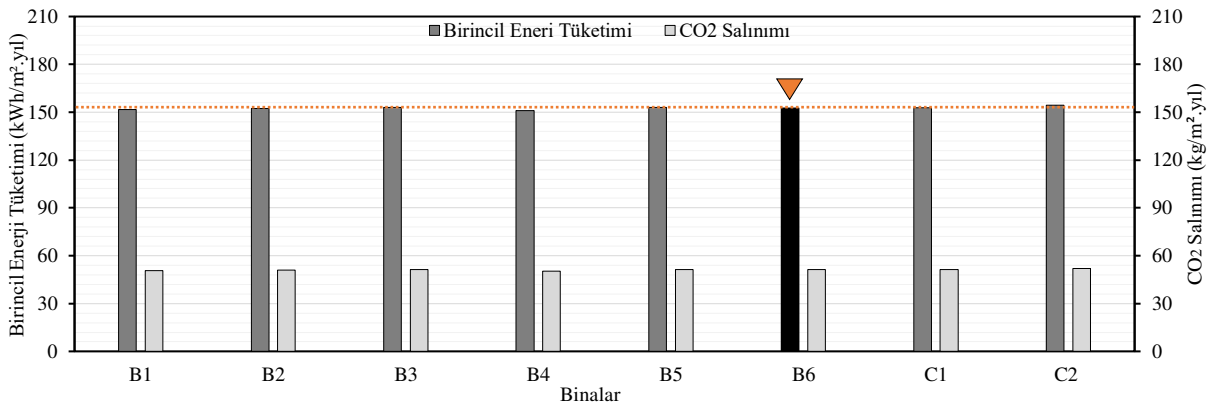
Yapı Malzemeleri Özellikleri

U _{Dış Duvar}	0.356 W/m ² K
U _{Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)}	0.263 W/m ² K
U _{İç Duvar}	1.099 W/m ² K

U _{Döşeme (Kullanılmayan İç Ortama Bitişik)}	0.453 W/m ² K
U _{Pencere}	1.9 W/m ² K
İnfiltrasyon	0.8 (n/h)

3.3.2. Isparta İli Referans Bina Bilgileri

Isparta (37.76°E, 30.55°B) Akdeniz Bölgesi'nin kuzeyinde yer almaktadır. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre Akdeniz Bölgesi'ndeki en düşük sıcaklığa sahip olan ildir [230]. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre 3. derece gün bölgesindedir [77]. Isparta'da çalışma bölgesi olarak seçilen yerleşim, Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından 2016 yılında inşa edilmiştir. Yerleşim bulunduğu arazi eğimli ve yamaç tipi özelliğindedir. Toplu Konut yerleşiminde 6 adet B ve 2 adet C tipi olmak üzere toplam 8 adet bina bulunmaktadır. Binalar 3 bodrum, 1 zemin ve 3 normal kat olmak üzere toplam 7 katlıdır. Zemin ve normal katlarda 4 adet daire bulunmaktadır. B tipi daireler 2+1 olarak tasarlanmış ve 75 m²'dir. C tipi daireler ise 3+1 olarak tasarlanmış ve 110 m² alana sahiptir. Binaların ısıtılması katı yakıtlı kalorifer kazanı ile sağlanırken, soğutma ve mekanik havalandırma sistemi yoktur. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak elektrikli termosifon ile karşılanmaktadır [78]. Yerleşime ait vaziyet planı, mimari planlar ile programa tanımlanan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirme katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.8'de verilmiştir. Bu bilgiler ile yerleşimde bulunan binaların enerji simülasyon programı ile modelleri kurulmuş ve birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları hesaplanmıştır. Yerleşimde bulunan 6 adet B tipi binanın mimari planları ve geometrik özellikleri aynı olmasına rağmen, binaların birbirini gölgelemesinden ve farklı yönlendirmelerinden dolayı enerji tüketimleri aynı değildir. Aynı durum C tipi binalar için de geçerlidir. Bu nedenle yerleşimdeki binaların metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları mevcut durum için hesaplanmıştır (Şekil 3.6). Ortalama birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımlarına en yakın bina B6 kodlu binadır. Önerilerin etkisi bu bina üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.6. Isparta yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

Tablo 3.8. Isparta ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler

Vaziyet planı

Mimari plan, (a) B tipi (b) C tipi

(a)

(b)

B Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	20.4 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	19.9 m
Brüt yükseklik	20.4 m (3B+1Z+3N kat)

Zemin alanı	405.96 m ²
Toplam alan	2841.72 m ²

C Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	20.4 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	22.0 m
Brüt yükseklik	20.4 m (3B+1Z+3N kat)

Zemin alanı	469.9 m ²
Toplam alan	3289.3 m ²

Meteorolojik veriler

Meteonorm Isparta 2020
IPCC AR4 A1B Senaryosu

Kullanıcı bilgileri

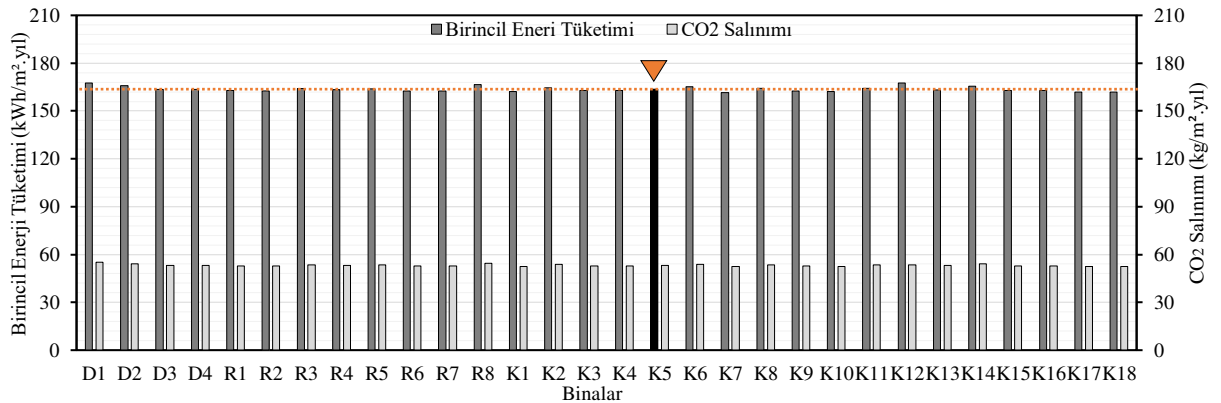
İç ortam sıcaklığı
20 °C

Yapı Malzemeleri Özellikleri

U _{Dış Duvar}	0.396 W/m ² K	U _{Döşeme (Kullanılmayan İç Ortama Bitişik)}	0.453 W/m ² K
U _{Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)}	0.263 W/m ² K	U _{Pencere}	1.9 W/m ² K
U _{İç Duvar}	1.099 W/m ² K	İnfiltrasyon	0.8 (n/h)

3.3.3. Malatya İli Referans Bina Bilgileri

Malatya (38.35°E, 38.30°B) Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki en yüksek sıcaklığa sahip olan ildir [230]. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre III. Derece gün bölgesindedir [77]. Malatya'da çalışma alanı olarak belirlenen yerleşim 2004 yılında Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından inşa edilmiştir. Yerleşim düz bir araziye kurulmuştur. Toplamda 30 adet bina bulunmaktadır. Bu binalardan 4 tanesi D tipi, 18 tanesi K tipi ve 8 tanesi R tipi mimari plan özelliğindedir. Yerleşimdeki binalar 1 bodrum, 1 zemin ve 5 normal kattan oluşmaktadır. Binalar D, K, R olarak farklı mimari tipte tasarlanmıştır. K tipinde bir katta 4 daire, D tipinde bir katta 8 daire ve R tipinde bir katta 2 daire bulunmaktadır. D tipi daireler 3+1 olarak tasarlanmış ve 120 m²'dir. K tipindeki daireler 3+1 olarak tasarlanmış ve 110 m²'dir. R tipi daireler ise 2+1 olarak tasarlanmış ve 85 m²'dir. Binaların ısıtılması katı yakıtlı kalorifer kazanı ile sağlanırken, soğutma ve mekanik havalandırma sistemi yoktur. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak elektrikli termosifon ile karşılanmaktadır [78]. Yerleşime ait vaziyet planı, mimari planlar ile programa tanımlanan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirme katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.9'da verilmiştir. Bu bilgiler ile yerleşimde bulunan binaların enerji simülasyon programı ile modelleri kurulmuş ve birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları hesaplanmıştır. Yerleşiminde bulunan binaların metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları mevcut durum için hesaplanmış ortalama bina tespit edilmiştir (Şekil 3.7). Ortalama birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına en yakın bina K5 kodlu binadır. Önerilerin etkisi bu bina üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.7. Malatya yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

Tablo 3.9. Malatya ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler

Vaziyet planı

Mimari planı, (a) K tipi

Mimari plan, (b) D tipi (c) R tipi

(b)

(c)

K Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	19.7 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	26.2 m
Brüt yükseklik	20.37 m (1B+1Z+5N kat)

Zemin alanı	516.14 m ²
Toplam alan	3612.9 m ²

D Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	15.9 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	38.0 m
Brüt yükseklik	20.37 m (1B+1Z+5N kat)

Zemin alanı	604.2 m ²
Toplam alan	4229.4 m ²

R Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	12.1 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	16.6 m
Brüt yükseklik	20.37 m (1B+1Z+5N kat)

Zemin alanı	200.86 m ²
Toplam alan	1406,02 m ²

Meteorolojik veriler

Meteonorm Antalya 2020
IPCC AR4 A1B Senaryosu

Kullanıcı bilgileri İç ortam sıcaklığı

4 kişi
20 °C

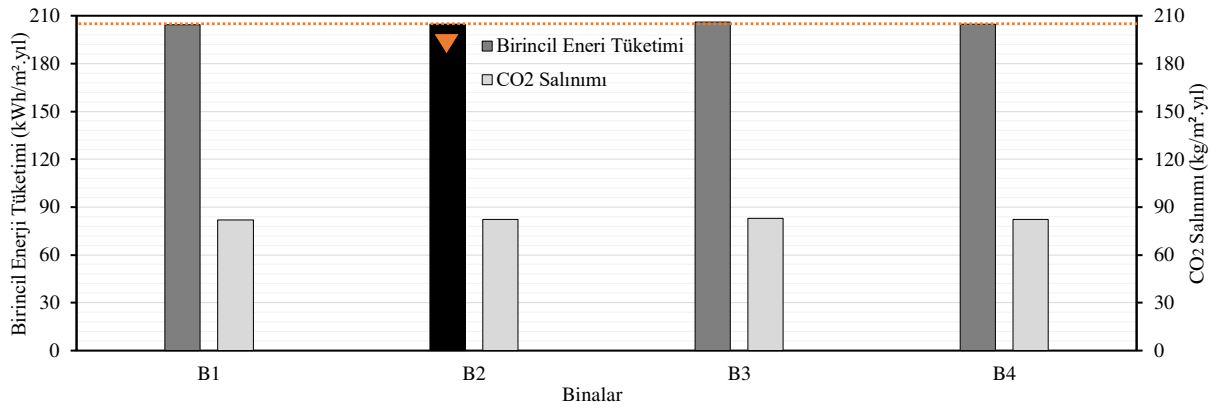
Yapı Malzemeleri Özellikleri

U _{Dış Duvar}	0.327 W/m ² K
U _{Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)}	0.263 W/m ² K
U _{İç Duvar}	1.099 W/m ² K

U _{Döşeme (Kullanılmayan İç Ortama Bitişik)}	0.453 W/m ² K
U _{Pencere}	1.9 W/m ² K
İnfiltrasyon	0.8 (n/h)

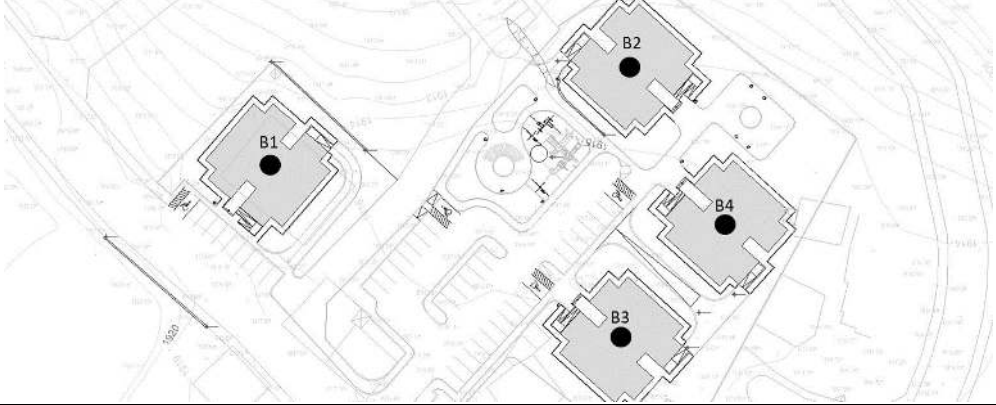
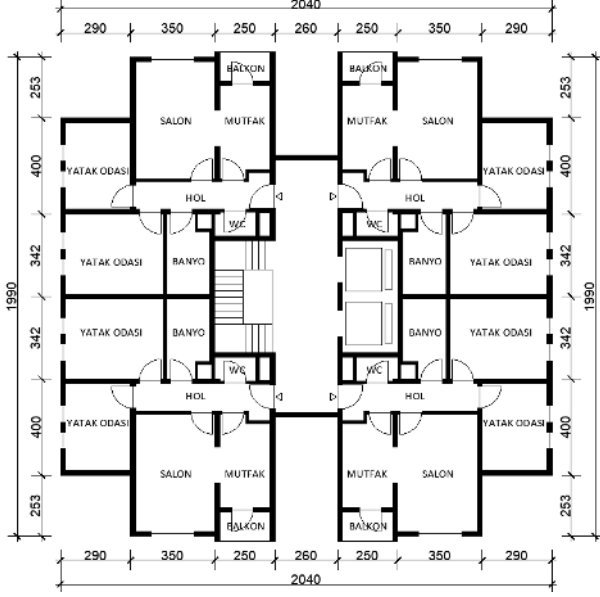
3.3.4. Ardahan İli Referans Bina Bilgileri

Ardahan (41.11°E, 42.70°B) Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki en düşük sıcaklığa sahip olan ildir [230]. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre IV. Derece gün bölgesindedir [77]. Ardahan'da çalışma bölgesi olarak seçilen yerleşim, Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından 2017 yılında inşa edilmiştir. Toplu konut yerleşimindeki binalar düz bir arazi üzerinde ve tepede yer almaktadır. Yerleşimde 4 adet B tipinde bina bulunmaktadır. Yerleşimdeki binalar 1 bodrum, 1 zemin ve 4 normal kattan oluşmaktadır. Zemin ve normal her bir katta 4 daire bulunmaktadır. Bu daireler 72 m² ve 2+1 olarak tasarlanmıştır. Binaların ısıtılması katı yakıtlı kalorifer kazanı ile sağlanırken, soğutma ve mekanik havalandırma sistemi yoktur. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak elektrikli termosifon ile karşılanmaktadır [78]. Yerleşime ait vaziyet planı, mimari planlar ile programa tanımlanan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirme katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.10'da verilmiştir. Yerleşimde bulunan binaların yönlenmeleri ve birbirlerini farklı gölgelemeleri dışında bütün özellikleri birbiri ile aynı özelliktedir. Binaların araziye konumlanma, yönlenme ve gölgelenme farklılıkları nedeni ile metrekare başına birincil enerji tüketimleri, CO₂ salınımları farklılık göstermektedir. Bu nedenle yerleşimdeki binaların metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları mevcut durum için hesaplanmıştır (Şekil 3.8). Ortalama birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınıma en yakın bina B2 kodlu binadır ve önerilerin etkisi bu bina üzerinde incelenmiştir.



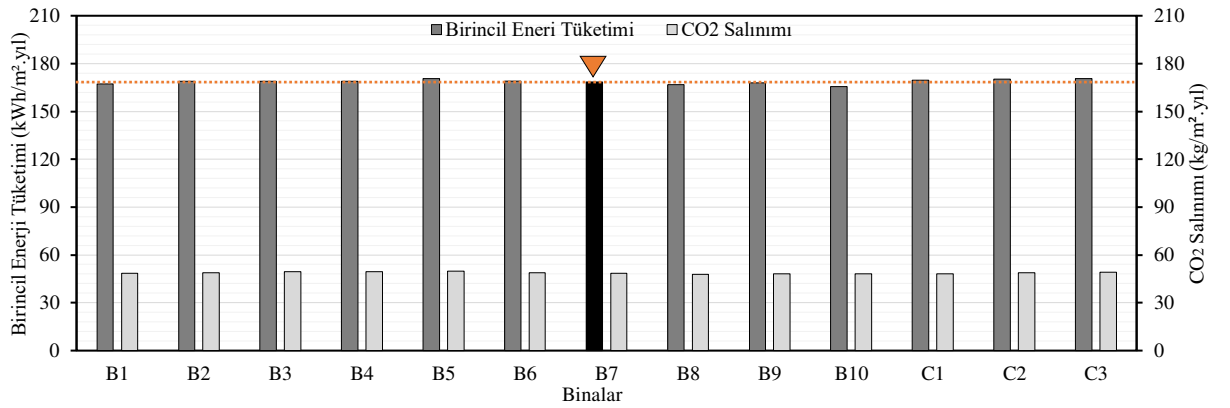
Şekil 3.8. Ardahan yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

Tablo 3.10. Ardahan ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler

Vaziyet planı			
			
Mimari plan			
			
B Tipi bina ölçüleri			
Brüt uzunluk (K-G yönü)	20.2 m	Zemin alanı	397.9 m ²
Brüt uzunluk (D-B yönü)	19.7 m	Toplam alan	2387.6 m ²
Brüt yükseklik	17.46 m (1B+1Z+4N kat)		
Meteorolojik veriler	Meteonorm Ardahan 2020 IPCC AR4 A1B Senaryosu	Kullanıcı bilgileri	3 kişi
		İç ortam sıcaklığı	20 °C
Yapı Malzemeleri Özellikleri			
U _{Dış Duvar}	0.327 W/m ² K	U _{Döşeme (Kullanılmayan İç Ortama Bitişik)}	0.453 W/m ² K
U _{Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)}	0.263 W/m ² K	U _{Pencere}	1.9 W/m ² K
U _{İç Duvar}	1.099 W/m ² K	İnfiltrasyon	0.8 (n/h)

3.3.5. İzmir İli Referans Bina Bilgileri

İzmir (38.41°E, 27.12°B) Ege Bölgesi'nde yer almaktadır. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre Ege Bölgesi'ndeki en yüksek sıcaklığa sahip olan ildir. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre 1. Derece gün bölgesindedir [77]. İzmir'de çalışma bölgesi olarak belirlenen yerleşim 2006 yılında inşa edilmiştir. Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından inşa edilen yerleşimde birçok konut bulunmaktadır. Ancak yerleşimdeki konutlar benzer mimari özelliklerde olması nedeni ile B ve C tipi mimari özelliklere sahip bölgedeki konutların olduğu bölüm çalışma alanı olarak seçilmiştir. Toplamda 13 bina bulunmaktadır. Bu binalar 10 adet B ve 3 adet C tipinden oluşmaktadır. Binalar 13 kattan ve 2 bodrumdan oluşmaktadır. B ve C tipli mimari planlarda her bir katta dört daire bulunmaktadır. B tipi daireler 2+1 olarak tasarlanmış ve 50 m²'dir. C tipi daireler 3+1 olarak tasarlanmış ve 90 m²'dir. Binaların ısıtılması katı yakıtlı kalorifer kazanı ile sağlanırken, soğutma bireysel klimalar ile sağlanmaktadır. Binalarda mekanik havalandırma sistemi yoktur. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak elektrikli termosifon ile karşılanmaktadır [78]. Yerleşime ait vaziyet planı, mimari planlar ile programa tanımlanan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirme katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.11'de verilmiştir. Yerleşimdeki binaların metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları mevcut durum için hesaplanmış ve ortalama birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına en yakın bina B7 kodlu bina olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.9). Çalışmada önerilerin etkisi bu bina üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.9. İzmir yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

Tablo 3.11. İzmir ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler

Vaziyet planı

Mimari plan, (a) B tipi (b) C tipi

(a)

(b)

B Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	17.0 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	17.8 m
Brüt yükseklik	20.4 m (2B+1Z+13N kat)

Zemin alanı	302.6 m ²
Toplam alan	4841.6 m ²

C Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	20.4 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	22.0 m
Brüt yükseklik	46.56 m (2B+1Z+13N kat)

Zemin alanı	469.9 m ²
Toplam alan	3289.3 m ²

Meteorolojik veriler

Meteonorm İzmir 2020
IPCC AR4 A1B Senaryosu

Kullanıcı bilgileri

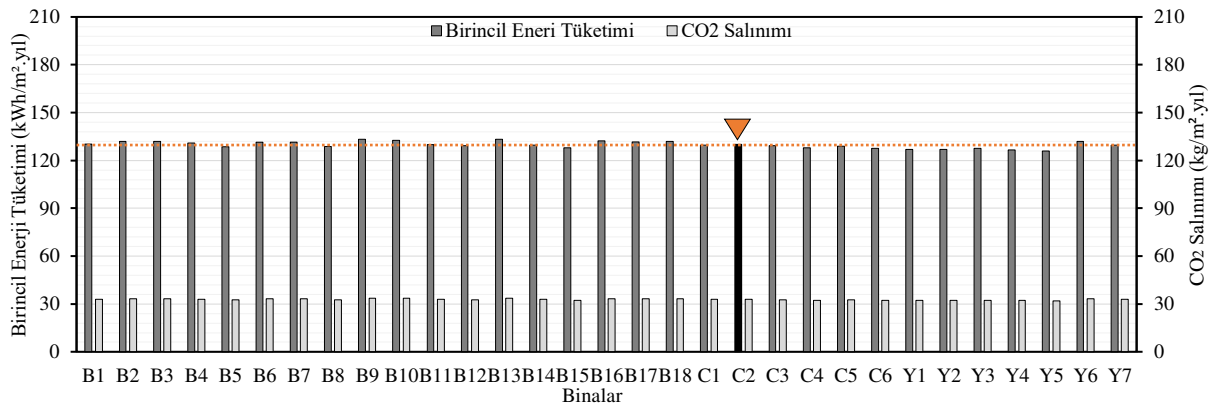
İç ortam sıcaklığı
20 °C

Yapı Malzemeleri Özellikleri

U _{Dış Duvar}	0.396 W/m ² K	U _{Döşeme (Kullanılmayan İç Ortama Bitişik)}	0.453 W/m ² K
U _{Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)}	0.263 W/m ² K	U _{Pencere}	1.9 W/m ² K
U _{İç Duvar}	1.099 W/m ² K	İnfiltrasyon	0.8 (n/h)

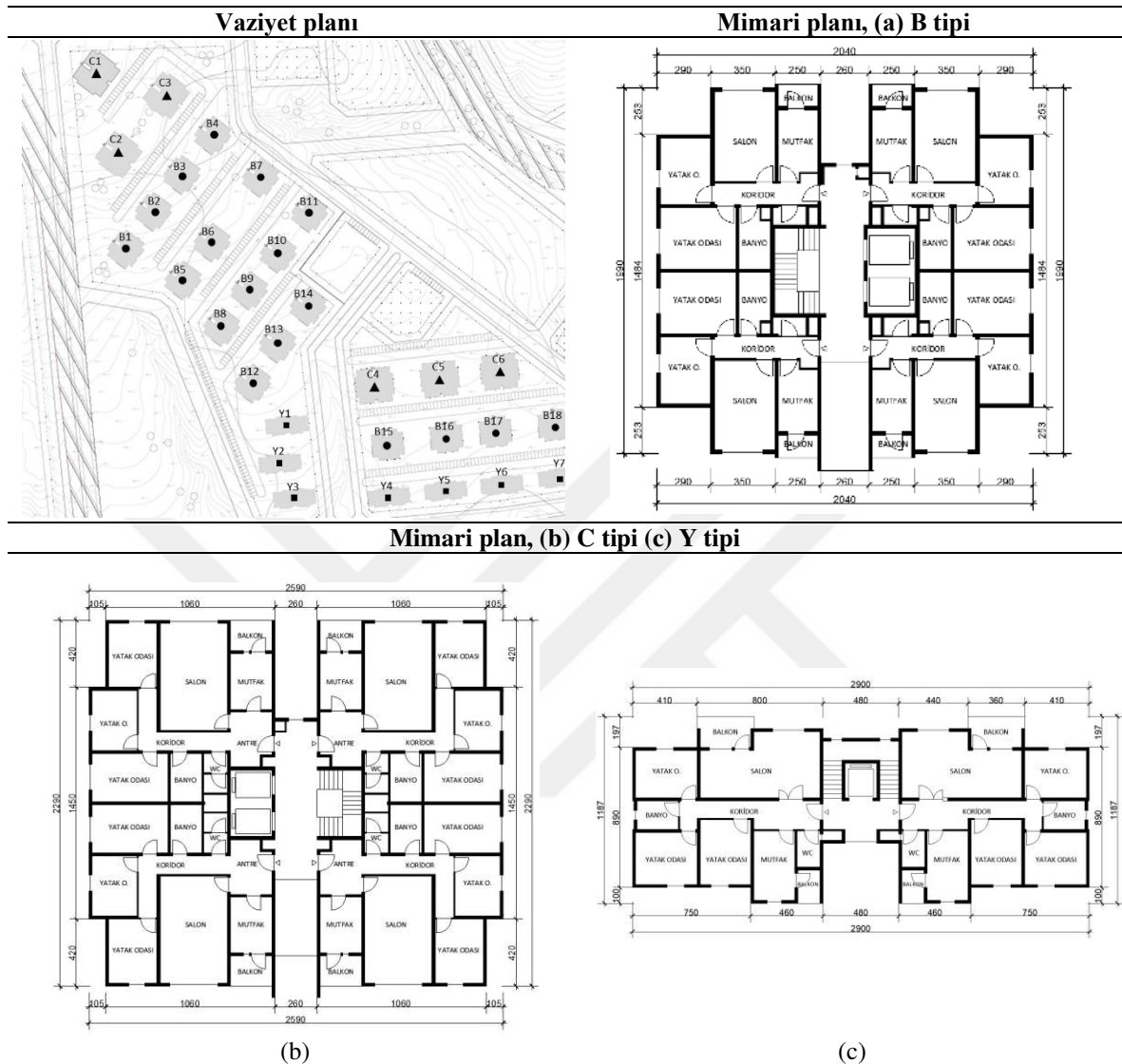
3.3.6. Kütahya İli Referans Bina Bilgileri

Kütahya (39.41°E, 29.98°B) Ege Bölgesi'nde yer almaktadır. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre Ege Bölgesi'ndeki en düşük sıcaklığa sahip olan ildir [230]. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre III. Derece gün bölgesindedir [77]. Kütahya'da çalışma bölgesi olarak seçilen yerleşim, Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından 2018 yılında inşa edilmiştir. Yerleşimde bulunan binalar eğimli ve bir yamaca konumlanmıştır. Toplamda 18 adet B tipi, 6 adet C tipi ve 7 adet Y tipi bina bulunmaktadır. Toplu konut yerleşiminde bulunan binalar 1 bodrum, 1 zemin ve 5 normal kattan oluşmaktadır. Yerleşimdeki binalar B, C ve Y tipi olarak farklı mimari özellikte tasarlanmıştır. B tipi mimari plan özelliğine sahip binalarda bir katta 4 daire bulunmaktadır ve her bir daire 75 m² 'dir. C tipi mimari planlarında olan binalarda bir kat 4 daire olarak tasarlanmış ve 120 m²'dir. Y tipi mimari planında tasarlanan binalarda ise bir katta 2 daire bulunmaktadır ve bu daireler 125 m² olarak tasarlanmışlardır. Binaların ısıtılması doğalgaz yakıtlı kazan ile sağlanırken, soğutma ve mekanik havalandırma sistemi yoktur. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak doğalgaz yakıtlı şofben ile karşılanmaktadır [78]. Binaların programa tanımlanan vaziyet planı, mimari planları ile yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirme katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.12'de verilmiştir. Bu özellikler doğrultusunda bina enerji simülasyon programında binaların metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları mevcut durum için hesaplanmıştır. Daha sonra yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına en yakın binası belirlenmiş ve önerilerin etkisi bu bina üzerinde incelenmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Kütahya yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

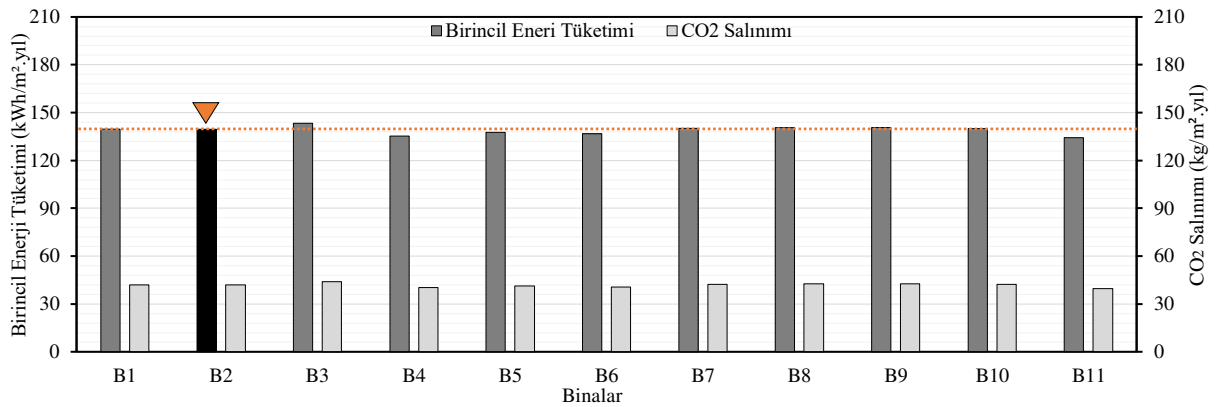
Tablo 3.12. Kütahya ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler



B Tipi bina ölçüleri			
Brüt uzunluk (K-G yönü)	20.4 m	Zemin alanı	405.96 m ²
Brüt uzunluk (D-B yönü)	19.9 m	Toplam alan	2841.7 m ²
Brüt yükseklik	20.4 m (1B+1Z+5N kat)		
C Tipi bina ölçüleri			
Brüt uzunluk (K-G yönü)	22.9 m	Zemin alanı	593.11 m ²
Brüt uzunluk (D-B yönü)	25.9 m	Toplam alan	4151.77 m ²
Brüt yükseklik	20.4 m (1B+1Z+5N kat)		
Y Tipi bina ölçüleri			
Brüt uzunluk (K-G yönü)	11.9 m	Zemin alanı	345.1 m ²
Brüt uzunluk (D-B yönü)	29.0 m	Toplam alan	2415.7 m ²
Brüt yükseklik	20.4 m (1B+1Z+5N kat)		
Meteorolojik veriler	Meteonorm Kütahya 2020 IPCC AR4 A1B Senaryosu	Kullanıcı bilgileri İç ortam sıcaklığı	3 kişi 20 °C
Yapı Malzemeleri Özellikleri			
U _{Dış Duvar}	0.390 W/m ² K	U _{Döşeme (Kullanılmayan İç Ortama Bitişik)}	0.453 W/m ² K
U _{Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)}	0.263 W/m ² K	U _{Pencere}	1.9 W/m ² K
U _{İç Duvar}	1.099 W/m ² K	İnfiltrasyon	0.8 (n/h)

3.3.7. Şanlıurfa İli Referans Bina Bilgileri

Şanlıurfa (37.15°E, 38.79°B) Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki en yüksek sıcaklığa sahip olan ildir. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre II. Derece gün bölgesinde yer almaktadır [77]. Şanlıurfa ilinde çalışma alanı olarak belirlenen yerleşim 2018 yılında Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından inşa edilmiştir. Yerleşim az eğimli bir araziye konumlanmış ve tepede yer almaktadır. Toplamda 11 adet bina bulunmaktadır. Bu binalar B tipi mimari özelliğindedir. Şanlıurfa ili referans binaları 1 ya da 2 bodrum, 1 zemin ve 6 normal kattan oluşmaktadır. Yerleşimdeki binalar B mimari tipinde tasarlanmıştır. Bir katta 4 daire bulunmaktadır ve bu daireler 75 m²'dir. Binaların ısıtılması katı yakıtlı kalorifer kazanı ile sağlanmaktadır. Binalarda soğutma ve mekanik havalandırma sistemi bulunmamaktadır. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak elektrikli termosifon ile karşılanmaktadır [78]. Yerleşime ait vaziyet planı, mimari planlar ile programa tanımlanan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirme katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.13'te verilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda yerleşimdeki binaların enerji simülasyon modeli oluşturulmuştur. 11 adet B tipi binanın mimari planları ve geometrik özellikleri aynı olmasına rağmen, binaların birbirini gölgelemesinden ve farklı yönelmelerinden dolayı enerji tüketimleri aynı değildir. Bu nedenle yerleşimdeki binaların metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları mevcut durum için hesaplanmıştır (Şekil 3.11). Ortalama birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınıma en yakın bina B2 kodlu bina olarak tespit edilmiş ve önerilerin etkisi bu bina üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.11. Şanlıurfa yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

Tablo 3.13. Şanlıurfa ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler

Vaziyet planı

Mimari plan

B Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	19.9 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	20.4 m
Brüt yükseklik	23.28 m (B+1Z+6N kat)

Zemin alanı	405.9 m ²
Toplam alan	3247.7 m ²

Meteorolojik veriler

Meteonorm Malatya 2020
IPCC AR4 A1B Senaryosu

Kullanıcı bilgileri

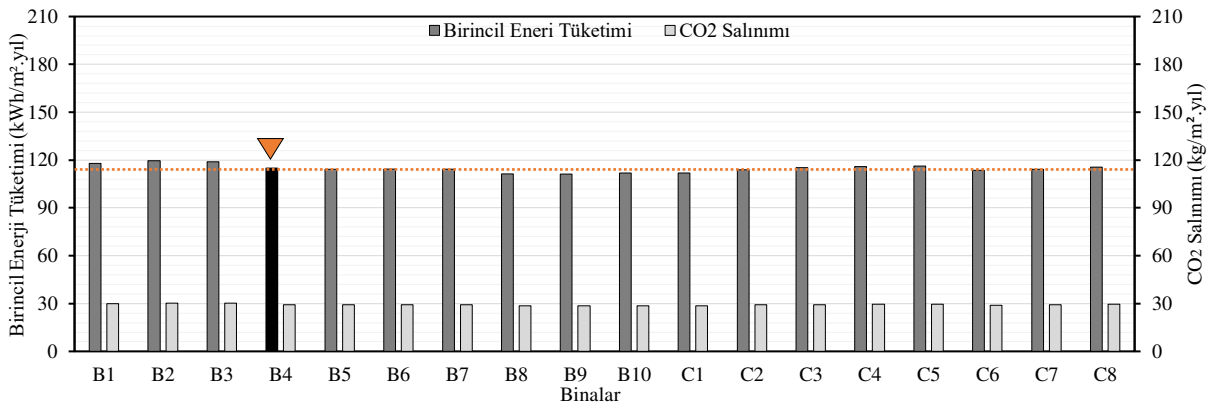
İç ortam sıcaklığı 20 °C

Yapı Malzemeleri Özellikleri

U _{Dış Duvar}	0.433 W/m ² K	U _{Döşeme (Kullanılmayan İç Ortama Bitişik)}	0.453 W/m ² K
U _{Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)}	0.263 W/m ² K	U _{Pencere}	1.9 W/m ² K
U _{İç Duvar}	1.099 W/m ² K	İnfiltrasyon	0.8 (n/h)

3.3.8. Gaziantep İli Referans Bina Bilgileri

Gaziantep (37.22°E, 37.05°B) Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki en düşük sıcaklığa sahip olan ildir [230]. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre II. Derece gün bölgesinde yer almaktadır [77]. Gaziantep ilinde çalışma alanı olarak belirlenen yerleşimin 2019 yılında Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından inşası tamamlanmıştır. Yerleşim az eğimli bir arazi üzerine inşa edilmiştir. Toplu konut yerleşiminde 8 adet C tipi mimari plan ve 10 adet B tipi mimari plan özelliğinde toplamda 18 adet bina bulunmaktadır. Gaziantep ili referans binaları 1 bodrum, 1 zemin ve 8 normal kattan oluşmaktadır. Yerleşimdeki binalar B ve C mimari tipinde tasarlanmıştır. Bir katta 4 daire bulunmaktadır ve bu dairelerden B tipinde olanlar 76 m² C tipinde olanlar 110 m²'dir. Binaların ısıtılması doğalgaz yakıtlı kazan ile sağlanırken, soğutma ve mekanik havalandırma sistemi yoktur. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak doğalgaz yakıtlı şofben ile karşılanmaktadır [78]. Yerleşime ait vaziyet planı, mimari planlar ile programa tanımlanan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirime katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.14'te verilmiştir. Bu bilgiler ile yerleşimde bulunan binaların enerji simülasyon programı ile modelleri kurulmuştur. Yerleşimdeki binaların metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları mevcut durum için hesaplanmıştır (Şekil 3.12). Ortalama birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına en yakın bina için önerilerin etkisi incelenmiştir.



Şekil 3.12. Gaziantep yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

Tablo 3.14. Gaziantep ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler

Vaziyet planı

Mimari plan, (a) B tipi (b) C tipi

(a)

(b)

B Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	20.4 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	21.5 m
Brüt yükseklik	29.1 m (1B+1Z+8N kat)

Zemin alanı	438.6 m ²
Toplam alan	4386 m ²

C Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	22.0 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	24.4 m
Brüt yükseklik	29.1 m (1B+1Z+8N kat)

Zemin alanı	438.6 m ²
Toplam alan	4386 m ²

Meteorolojik veriler

Meteonorm Gaziantep 2020
IPCC AR4 A1B Senaryosu

Kullanıcı bilgileri

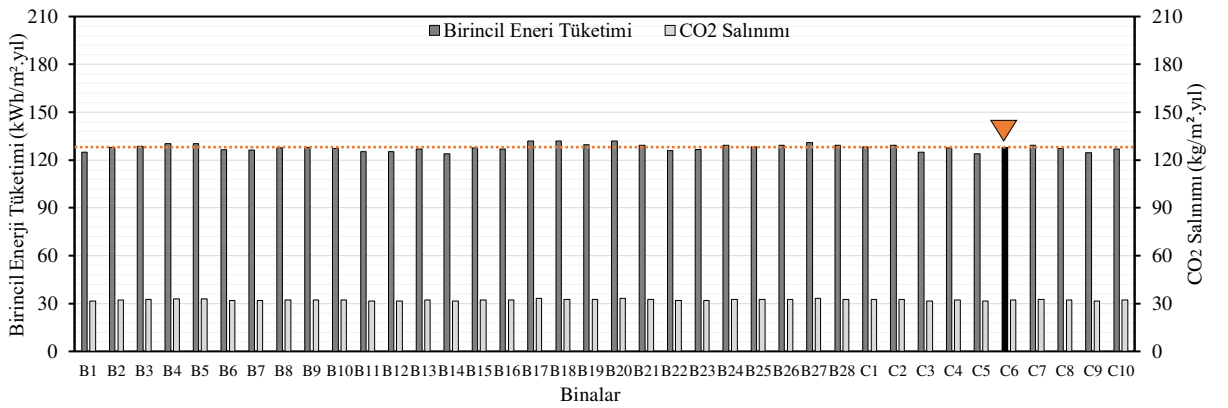
İç ortam sıcaklığı 20 °C

Yapı Malzemeleri Özellikleri

U _{Dış Duvar}	0.433 W/m ² K	U _{Döşeme (Kullanılmayan İç Ortama Bitişik)}	0.453 W/m ² K
U _{Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)}	0.263 W/m ² K	U _{Pencere}	1.9 W/m ² K
U _{İç Duvar}	1.099 W/m ² K	İnfiltrasyon	0.8 (n/h)

3.3.9. Kırıkkale İli Referans Bina Bilgileri

Kırıkkale (33.31°E, 39.50°B) ili İç Anadolu Bölgesi'ndedir. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre İç Anadolu Bölgesi'ndeki en yüksek sıcaklığa sahip olan ildir. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre III. Derece gün bölgesinde yer almaktadır [77]. Kırıkkale ili referans binaların bulunduğu yerleşim 2019 yılında Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından inşa edilmiştir. Yerleşim eğimli araziye konumlandırılmıştır [78]. Binalar 2 bodrum, 1 zemin ve 5 normal kattan oluşmaktadır. Yerleşimdeki binalar 2 ayrı mimari tipte tasarlanmıştır. Bu tiplerden B tipi 2+1 mimari özellikte olup 75 m²'dir. C tipi daireler ise 3+1 olarak tasarlanmış ve 110 m² alana sahiptir. B ve C tipi dairelerin bulunduğu binalarda her katta 4 adet daire bulunmaktadır. Binaların ısıtılması doğalgaz yakıtlı kazan ile sağlanırken, soğutma ve mekanik havalandırma sistemi yoktur. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak doğalgaz yakıtlı şofben ile karşılanmaktadır [78]. Yerleşime ait vaziyet planı, mimari planlar ile programa tanımlanan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirme katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.15'te verilmiştir. Bu bilgiler ile yerleşimde bulunan binaların enerji simülasyon programı ile modelleri oluşturulmuştur. Çalışma için binaların mevcut durumunun metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları hesaplanmıştır. Yapılan hesaba göre C6 kodlu bina ortalama bina olarak belirlenmiştir (Şekil 3.13). Kırıkkale ili için öneriler bu bina üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.13. Kırıkkale yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

Tablo 3.15. Kırıkkale ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler

Vaziyet planı

Mimari plan, (a) B tipi (b) C tipi

(a)

(b)

B Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	17.5 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	26.3 m
Brüt yükseklik	23.28 m (2B+1Z+5N kat)

Zemin alanı	460.25 m ²
Toplam alan	3682 m ²

C Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	22.0 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	24.4 m
Brüt yükseklik	23.28 m (2B+1Z+5N kat)

Zemin alanı	536.8 m ²
Toplam alan	4294.4 m ²

Meteorolojik veriler

Meteonorm Kırıkkale 2020
IPCC AR4 A1B Senaryosu

Kullanıcı bilgileri

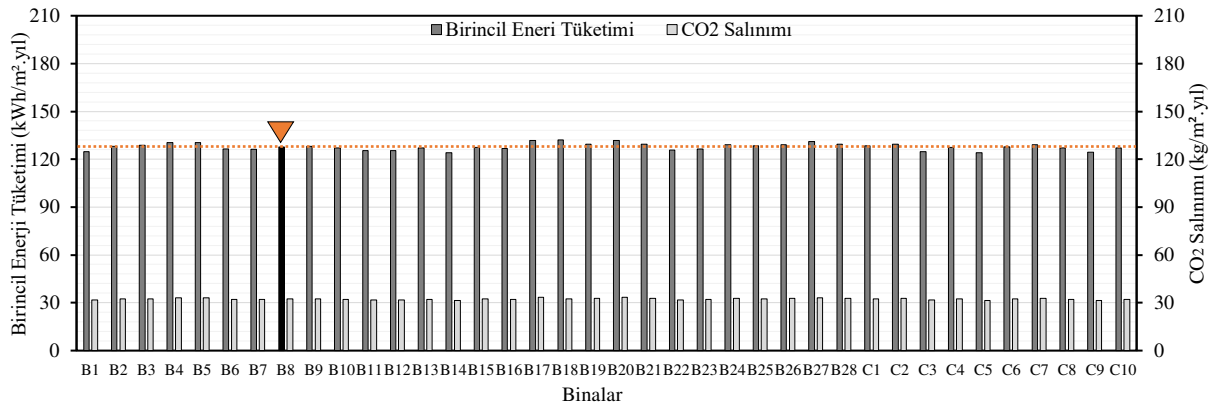
İç ortam sıcaklığı 3 kişi
20 °C

Yapı Malzemeleri Özellikleri

U _{Dış Duvar}	0.390 W/m ² K	U _{Döşeme (Kullanılmayan İç Ortama Bitişik)}	0.453 W/m ² K
U _{Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)}	0.263 W/m ² K	U _{Pencere}	1.9 W/m ² K
U _{İç Duvar}	1.099 W/m ² K	İnfiltrasyon	0.8 (n/h)

3.3.10. Sivas İli Referans Bina Bilgileri

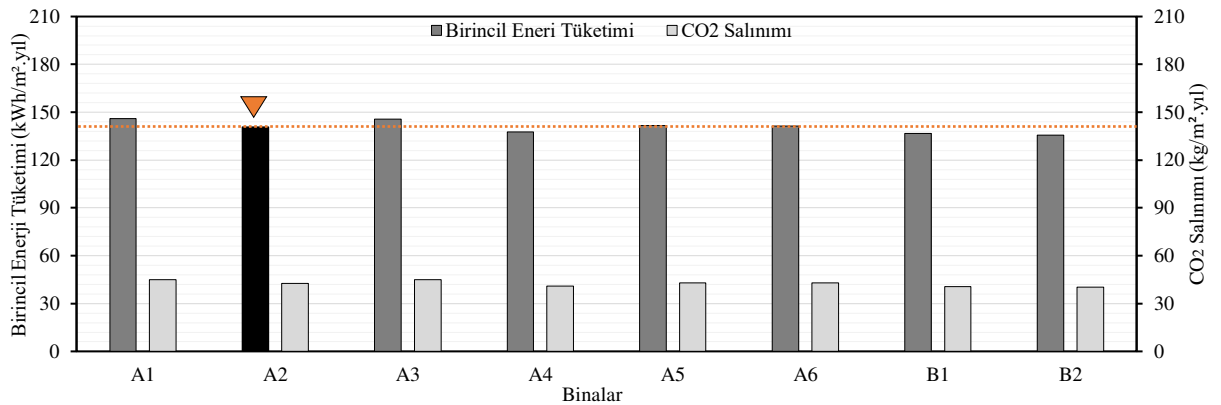
Sivas (37.02°E, 39.45°B) ili İç Anadolu Bölgesi'ndedir. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre İç Anadolu Bölgesi'ndeki en düşük sıcaklığa sahip olan ildir [230]. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre IV. Derece gün bölgesinde yer almaktadır [77]. Sivas ilinde çalışma alanı olarak belirlenen yerleşim 2018 yılında Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından inşa edilmiştir. Toplu konut yerleşiminde toplamda 32 adet bina bulunmaktadır. Bu binalardan 15 adeti B tipi mimari plan özelliğinde ve 17 adeti C tipi mimari plan özelliğinde inşa edilmiştir [78]. Referans yerleşimde bulunan binalar 1 bodrum kat, bir zemin kat 5 normal kattan oluşmaktadır. İki mimari tipte tasarlanan binalardan B tipi 2+1 mimari özellikte olup 75 m²'dir. C tipi daireler ise 3+1 olarak tasarlanmış ve 110 m² alana sahiptir. B ve C tipi dairelerin bulunduğu binalarda her katta 4 adet daire bulunmaktadır. Binaların ısıtılması doğalgaz yakıtlı kazan ile sağlanırken, soğutma ve mekanik havalandırma sistemi yoktur. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak doğalgaz yakıtlı şofben ile karşılanmaktadır [78]. Yerleşime ait vaziyet planı, mimari planlar ile programa tanımlanan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirme katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.16'da verilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda binaların enerji simülasyon programı ile modeli kurulmuştur. Binaların mevcut durum için metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları hesaplanmıştır. Ortalama birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına en yakın bina B8 kodlu binadır (Şekil 3.14). Sivas ili için önerilerin etkisi bu bina üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.14. Sivas yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

3.3.11. Trabzon İli Referans Bina Bilgileri

Trabzon (39.43°E, 41.00°B) Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre Karadeniz Bölgesi'ndeki en yüksek sıcaklığa sahip olan ildir [230]. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre II. Derece gün bölgesinde yer almaktadır [77]. Trabzon ili referans binaları 2019 yılında Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından inşa edilmiştir. Yerleşim az eğimli bir araziye konumlanmış ve tepede yer almaktadır. Toplamda 8 adet bina bulunmaktadır. Bu binalar B ve C tipi mimari özelliğindedir. Referans yerleşimde bulunan binalar 1 bodrum kat, bir zemin kat 9 normal kattan oluşmaktadır. İki mimari tipte tasarlanan binalardan A tipi 3+1 mimari özellikte olup 125 m²'dir. B tipi daireler ise 2+1 olarak tasarlanmış ve 90 m² alana sahiptir. A ve B tipi dairelerin bulunduğu binalarda her katta 4 adet daire bulunmaktadır. Binaların ısıtılması katı yakıtlı kalorifer kazanı ile sağlanırken, soğutma ve mekanik havalandırma sistemi yoktur. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak elektrikli termosifon ile karşılanmaktadır [78]. Yerleşime ait vaziyet planı, mimari planlar ile programa tanımlanan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirme katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.17'de verilmiştir. Binaların mevcut durumlarının metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları hesaplanmıştır. Ortalama birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına en yakın bina A2 kodlu binadır (Şekil 3.15). Trabzon ili için farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler bu bina üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.15. Trabzon yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

Tablo 3.17. Trabzon ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler

Vaziyet planı

Mimari plan, (a) A tipi (b) b tipi

(a)

(b)

A Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	25.2 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	25.6 m
Brüt yükseklik	32.01 m (1B+1Z+9N kat)

Zemin alanı	645.1 m ²
Toplam alan	7096.3 m ²

B Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	20 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	24.2 m
Brüt yükseklik	32.01 m (1B+1Z+9N kat)

Zemin alanı	484 m ²
Toplam alan	5324 m ²

Meteorolojik veriler

Meteonorm Trabzon 2020
IPCC AR4 A1B Senaryosu

Kullanıcı bilgileri

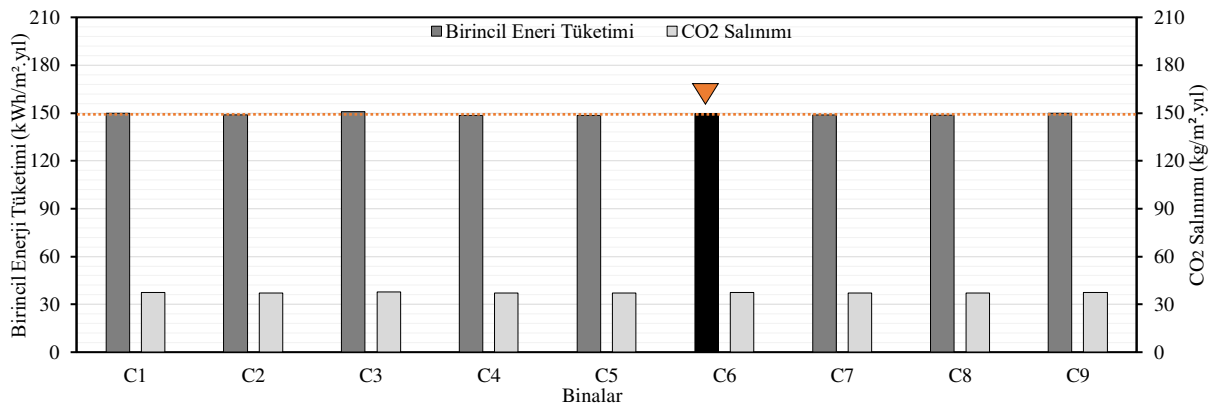
İç ortam sıcaklığı
3 kişi
20 °C

Yapı Malzemeleri Özellikleri

U _{Dış Duvar}	0.390 W/m ² K	U _{Döşeme (Kullanılmayan İç Ortama Bitişik)}	0.453 W/m ² K
U _{Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)}	0.263 W/m ² K	U _{Pencere}	1.9 W/m ² K
U _{İç Duvar}	1.099 W/m ² K	İnfiltrasyon	0.8 (n/h)

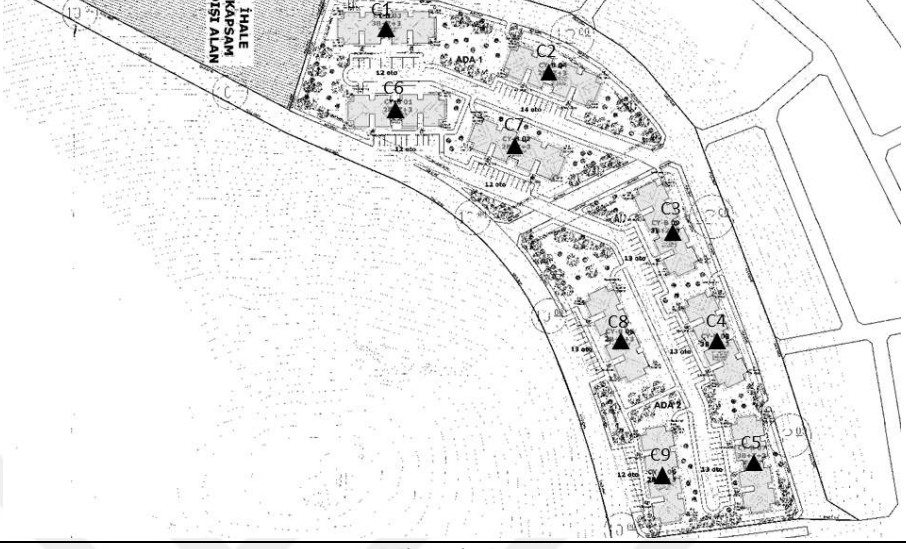
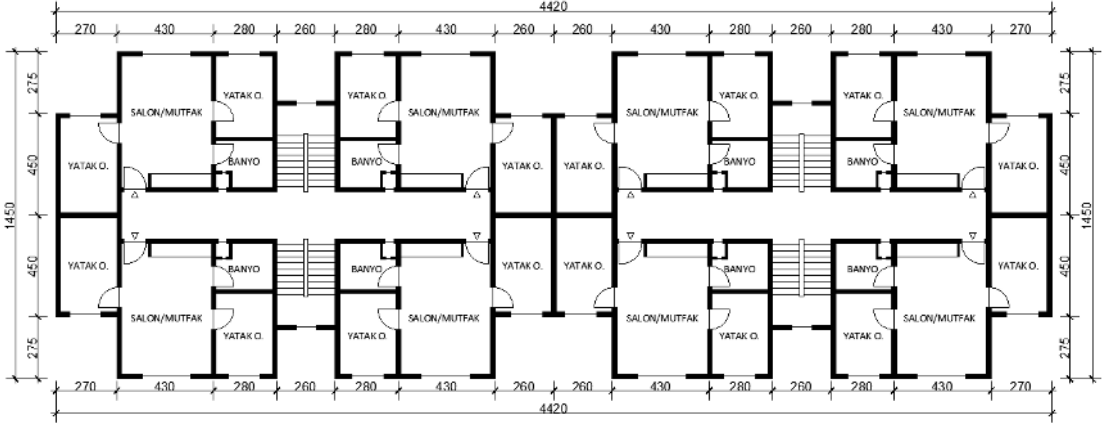
3.3.12. Bayburt İli Referans Bina Bilgileri

Bayburt (40.15°E, 40.16°B) Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre Karadeniz Bölgesi'ndeki en düşük sıcaklığa sahip olan ildir [230]. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre IV. Derece gün bölgesindedir [77]. Bayburt'ta çalışma bölgesi olarak belirlenen yerleşim 2012 yılında Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından inşa edilmiştir. Toplu konut yerleşiminde C tipi mimari özelliklere sahip 9 bina bulunmaktadır. Binalar 2 bodrum, bir zemin ve 3 normal kattan oluşmaktadır. Her katta 8 daire bulunmaktadır. 2+1 olarak tasarlanmış ve bir daire 55 m²'dir. Binaların ısıtılması doğalgaz yakıtlı kazan ile sağlanırken, soğutma ve mekanik havalandırma sistemi yoktur. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak doğalgaz yakıtlı şofben ile karşılanmaktadır [78]. Yerleşime ait vaziyet planı, mimari planlar ile programa tanımlanan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirme katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.18'de verilmiştir. Bu bilgiler ile yerleşimde bulunan binaların bina enerji simülasyon programı ile modelleri kurulmuş ve binaların mevcut durumu için metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplara göre metrekare başına birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı açısından ortalama değere sahip bina C6 binasıdır (Şekil 3.16). Bayburt ili için önerilen farklı tasarım parametreleri belirlenen bu ortalama bina üzerinde incelenmiştir.



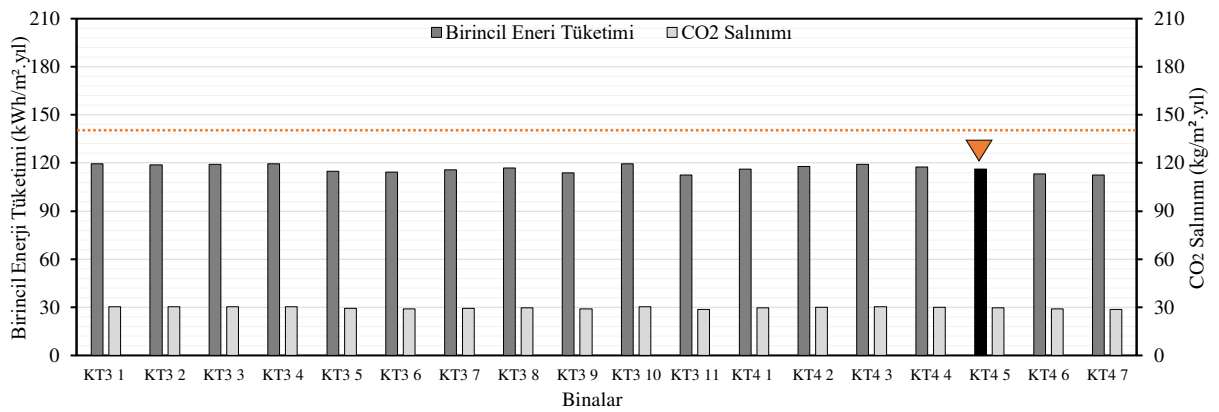
Şekil 3.16. Bayburt yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

Tablo 3.18. Bayburt ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler

Vaziyet planı			
			
Mimari plan			
			
C Tipi bina ölçüleri			
Brüt uzunluk (K-G yönü)	14.5 m	Zemin alanı	640.9 m ²
Brüt uzunluk (D-B yönü)	44.2 m	Toplam alan	3845.4 m ²
Brüt yükseklik	17.46 m (2B+1Z+3N kat)		
Meteorolojik veriler	Meteonorm Bayburt 2020 IPCC AR4 A1B Senaryosu	Kullanıcı bilgileri	3 kişi
		İç ortam sıcaklığı	20 °C
Yapı Malzemeleri Özellikleri			
U _{Dış Duvar}	0.390 W/m ² K	U _{Döşeme (Kullanılmayan İç Ortama Bitişik)}	0.453 W/m ² K
U _{Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)}	0.263 W/m ² K	U _{Pencere}	1.9 W/m ² K
U _{İç Duvar}	1.099 W/m ² K	İnfiltrasyon	0.8 (n/h)

3.3.13. Çanakkale İli Referans Bina Bilgileri

Çanakkale (26.24°E, 40.09°B) Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre Marmara Bölgesi'ndeki en yüksek sıcaklığa sahip olan ildir [230]. Çanakkale TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre II. Derece gün bölgesinde yer almaktadır [77]. Çanakkale ili referans binaları 2019 yılında Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından inşa edilmiştir. Toplu konut yerleşiminde 18 bina bulunmaktadır. Bu binalar KT3 ve KT4 mimari plan özelliğinde inşa edilmiştir [78]. Referans yerleşimde bulunan binalar 1 bodrum kat, bir zemin kat 5 normal kattan oluşmaktadır. İki mimari tipte tasarlanan binalardan B tipi 2+1 mimari özellikte olup 75 m²'dir. C tipi daireler ise 3+1 olarak tasarlanmış ve 110 m² alana sahiptir. B ve C tipi dairelerin bulunduğu binalarda her katta 4 adet daire bulunmaktadır. Binaların ısıtılması doğalgaz yakıtlı kazan ile sağlanırken, soğutma ve mekanik havalandırma sistemi yoktur. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak doğalgaz yakıtlı şofben ile karşılanmaktadır [78]. Yerleşime ait vaziyet planı, mimari planlar ile programa tanımlanan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirme katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.19'da verilmiştir. Yerleşimdeki binaların metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları mevcut durum için hesaplanmıştır. Ortalama birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınıma en yakın bina KT4 5 kodlu binadır (Şekil 3.17). Çanakkale ili için belirlenen tasarım parametrelerinin etkisi KT4 5 kodlu ortalama bina üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.17. Çanakkale yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

Tablo 3.19. Çanakkale ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonda kullanılan parametreler

Vaziyet planı

Mimari plan, (a) KT3 tipi (b) KT4 tipi

(a)

(b)

KT3 Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	12.0 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	18.5 m
Brüt yükseklik	17.46 m (1B+1Z+4N kat)

Zemin alanı	222 m ²
Toplam alan	1332 m ²

KT4 Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	12.0 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	23.7 m
Brüt yükseklik	17.46 m (1B+1Z+4N kat)

Zemin alanı	284.4 m ²
Toplam alan	1706.4 m ²

Meteorolojik veriler

Meteonorm Çanakkale 2020
IPCC AR4 A1B Senaryosu

Kullanıcı bilgileri

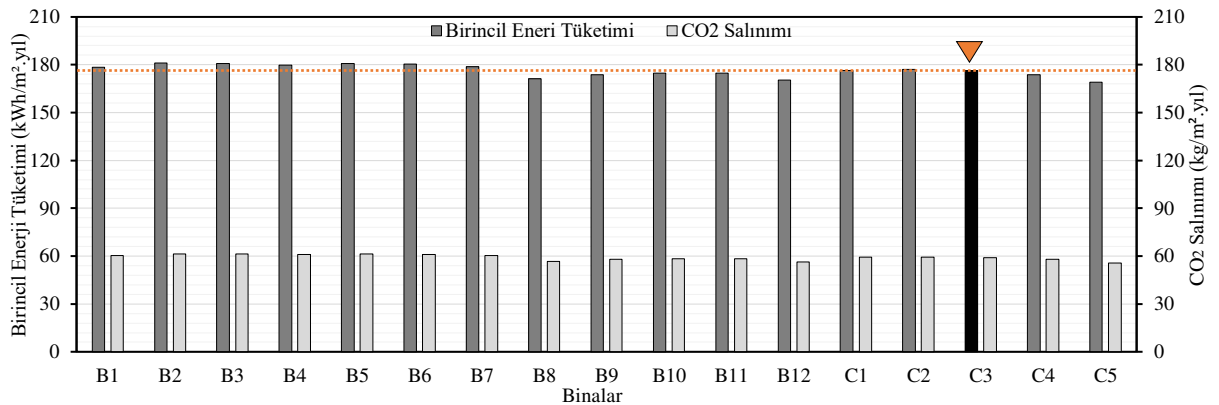
İç ortam sıcaklığı 20 °C

Yapı Malzemeleri Özellikleri

U _{Dış Duvar}	0.433 W/m ² K	U _{Döşeme (Kullanılmayan İç Ortama Bitişik)}	0.453 W/m ² K
U _{Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)}	0.263 W/m ² K	U _{Pencere}	1.9 W/m ² K
U _{İç Duvar}	1.099 W/m ² K	İnfiltrasyon	0.8 (n/h)

3.3.14. Bilecik İli Referans Bina Bilgileri

Bilecik ili (29.59°E, 40.09°B) Türkiye'nin kuzeybatısında Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır. 1929-2018 yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı meteorolojik verilerine göre Marmara Bölgesi'ndeki en düşük sıcaklığa sahip olan ildir [230]. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları'na göre III. Derece gün bölgesindedir [77]. Bilecik ilinde çalışma bölgesi olarak belirlenen yerleşim 2013 yılında Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından inşa edilmiştir. Toplu konut yerleşiminde B ve C tipi mimari özelliklere sahip toplamda 17 bina bulunmaktadır. Yerleşimdeki binalardan B mimari tipine sahip binalar bir bodrum, bir zemin ve 11 normal kattan oluşmaktadır. Daireler 75 m² olarak tasarlanmış ve bir katta 4 daire vardır. C mimari tipi özelliğindeki binalar ise bir bodrum, bir zemin ve 7 normal kattan oluşmaktadır. Bu mimari özellikteki daireler 110 m² olarak tasarlanmış ve bir katta 4 daire bulunmaktadır. Binaların ısıtılması katı yakıtlı kalorifer kazanı ile sağlanırken, soğutma ve mekanik havalandırma sistemi yoktur. Sıcak su ihtiyacı bireysel olarak elektrikli termosifon ile karşılanmaktadır [78]. Yerleşime ait vaziyet planı, mimari planlar ile programa tanımlanan yapı bileşenlerinin toplam ısı geçirime katsayıları ve binalara ait geometrik özellikler Tablo 3.20'de verilmiştir. Bu bilgiler ile yerleşimde bulunan binaların enerji simülasyon programı ile modelleri kurulmuştur. Yerleşimdeki ortalama binanın belirlenmesi için binaların metrekare başına birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları mevcut durum için hesaplanmıştır. Ortalama birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına en yakın bina C3 kodlu binadır (Şekil 3.18). Bilecik ili için belirlenen tasarım parametrelerinin etkisi C3 kodlu bina üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.18. Bilecik yerleşimindeki binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı sonuçları

Tablo 3.20. Bilecik ili binalarının vaziyet ve mimari planı, konstrüksiyon bilgileri ve binaların simülasyonunda kullanılan parametreler

Vaziyet planı

Mimari plan, (a) B tipi (b) C tipi

(a)

(b)

B Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	19.9 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	20.4 m
Brüt yükseklik	37.8 m (1B+1Z+11N kat)

Zemin alanı	405.96 m ²
Toplam alan	5277.4 m ²

C Tipi bina ölçüleri

Brüt uzunluk (K-G yönü)	20.4 m
Brüt uzunluk (D-B yönü)	25.8 m
Brüt yükseklik	26.19 m (1B+1Z+7N kat)

Zemin alanı	526.3 m ²
Toplam alan	4736.8 m ²

Meteorolojik veriler

Meteonorm Bilecik 2020
IPCC AR4 A1B Senaryosu

Kullanıcı bilgileri İç ortam sıcaklığı

3 kişi
20 °C

Yapı Malzemeleri Özellikleri

U _{Dış Duvar}	0.390 W/m ² K	U _{Döşeme (Kullanılmayan İç Ortama Bitişik)}	0.453 W/m ² K
U _{Tavan (Kullanılmayan Çatı Arası)}	0.263 W/m ² K	U _{Pencere}	1.9 W/m ² K
U _{İç Duvar}	1.099 W/m ² K	İnfiltrasyon	0.8 (n/h)

3.4. Binaların Tasarım Stratejilerine Ait Parametrelerinin Belirlenmesi

Binalarda enerji tüketiminin ve CO₂ salınımlarının azaltılması amacıyla çalışmalar yapılmakta, enerji planları ve direktifler yayınlanmaktadır [74,75]. Yayınlanan direktiflere göre binaların enerji performansını etkileyen parametreler binanın termal özellikleri (ısı yalıtım, ısı kapasitesi, pasif ısıtma ve soğutma elemanları, ısı köprüleri), ısıtma ve soğutma sistemleri, bina aydınlatması, bina tasarımı, bina konumu ve yönlenmesi, pasif güneş sistemleri, iç mekân koşulları olarak belirtilmektedir. Bu doğrultuda tez çalışması için tasarım parametreleri bina kabuğu, mekanik sistemler ve bina formu olmak üzere üç başlık altında toplanmıştır.

3.4.1. Bina Kabuğu Grubu Tasarım Parametreleri

Bina kabuğu dış ortamla direk etkileşim halinde olmasından dolayı binalarda enerji tüketiminin ve CO₂ salınımının azaltılmasında önemli bir parametredir. Bina kabuğunda bulunan elemanların (çatı, döşeme, dış duvar, pencere, kapı vb.) malzeme tipleri, ısı özellikleri, katman kalınlıkları gibi değişkenlerin binanın bulunduğu iklim, binanın kullanım amacı, binanın diğer binalar ile olan konumu gibi parametrelere göre belirlenmesi gerekmektedir. Bina kabuğu elemanlarından biri dış duvarlardır. Dış duvarlara uygulanan ısı yalıtımı sayesinde binaların enerji tüketimleri büyük oranda azaltılabilmektedir [14,40,107,251]. AB iklim ve enerji hedefleri kapsamında mevcut binaların ileri inşaat teknikleri ile yenilenmesi ve yüksek enerji performansına sahip ısı yalıtım malzemeleri kullanımının artırılmasını önermektedir [105]. Bu nedenle tez çalışmasında ısı yalıtım kalınlığı bir tasarım parametresi olarak kullanılmıştır. Isı yalıtım kalınlığı binanın bulunduğu iklime, binanın kullanım amacına, binada ısıtma ve soğutma için kullanılan mekanik sisteme, duvardaki konumuna, malzeme tipine vb. değişkenlere bağlıdır. Literatürde yer alan bazı çalışmalarda kullanılan ısı yalıtım kalınlıkları Tablo 3.21’de verilmiştir.

Tablo 3.21. Literatürde yer alan çalışmalarda kullanılan ısı yalıtım kalınlıkları

Bina Tipi	Isı Yalıtım Malzeme Tipi	Isı Yalıtım Konumu	Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	Kaynak
Konut	Taş Yünü	Dış Yüzeye	0.08 ve 0.12	[165]
Konut	EPS	Dış Yüzeye	0.03-0.06-0.10	[211]
Konut	EPS, Cam ve Taş Yünü	Dış Yüzeye	0.03-0.05-0.07-0.09-0.10	[222]
Otel	EPS, Taş Yünü	Dış Yüzeye	0.04-0.05-0.08-0.10	[167]
Konut	EPS	Dış Yüzeye	0.02-0.12	[50]
-	EPS	Dış Yüzeye	0-0.35	[251]
Konut	-	Dış Yüzeye	0.02-0.20	[252]
Konut	EPS, Taş Yünü	Dış Yüzeye	0.01-0.20	[253]
Ofis	-	Dış Yüzeye	0.01-0.04	[254]
Konut	EPS	Dış Yüzeye	0.05-0.10	[107]
Konut	EPS	Dış Yüzeye	0.03-0.10	[255]
Ofis	-	Dış Yüzeye	0.01-0.04	[256]
-	-	Dış Yüzeye	0.04-0.16	[257]
Konut	EPS	Dış Yüzeye	0.02-0.10	[45]
Konut	EPS	Dış Yüzeye	0-0.16	[258]
Konut	EPS	Dış Yüzeye	0-0.08	[259]
-	XPS	Dış Yüzeye	0-0.10	[260]

Isı yalıtımının dış duvardaki konumunu (iç ortama veya dış ortama bakan yüzeye uygulanması) belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda, binanın ısı değişimine maruz kalmaması ve hava sızıntısının minimuma indirilmesinden dolayı ısı yalıtımının dış duvarın dış ortama bakan kısmına yapılması gerektiği belirtilmiştir [45,40,107,165,167,208,219,251-260]. Tez çalışmasında literatürde kullanılan ısı yalıtım kalınlıkları, dış duvardaki konumları ve ticari ürünler incelenerek binalarda 0.03-0.14 m kalınlıklarında dış duvarın dış ortama bakan kısmına ısı yalıtımı uygulanmıştır. Isı yalıtım malzemesi tipi olarak ise, çevreye zarar veren gaz içermemesinden, birim fiyatının diğer ürünlere göre düşük olmasından ve TOKİ tarafından inşa edilen binalarda genellikle kullanılmış olmasından dolayı ekspande polistiren levha (EPS) tercih edilmiştir. Kullanılan ısı yalıtım malzemesinin teknik özellikleri Tablo 3.22’de verilmiştir [261].

Tablo 3.22. Tez çalışmasında kullanılan ısı yalıtım malzemesinin teknik özellikleri

Özellik		Tanım									
Malzeme		Ekspande Polistiren Levha									
Genişlik	(m)	0.5									
Uzunluk	(m)	1									
Kalınlık	(m)	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.1	0.12	0.14	
Isıl İletkenlik	(W/m.K)	0.032									
Isı İletim Direnci	(m ² .K/W)	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.05	2.55	3.05	3.55	

Bina kabuğu elemanlarından bir diğeri pencerelerdir. Pencere sistemlerinde yapılabilecek değişikliklerle binaların enerji tüketimi azaltılabilmektedir. Pencerelerde kullanılan camlar, binadaki ısı geçişinde önemli bir paya sahiptir. Bu konuda IEA binanın mevcut veya yeni inşa edilecek olmasına ve binanın bulunduğu iklim ve ülkenin gelişmişlik düzeyine bağlı olarak ülkeler için bazı önerilerde bulunmuştur. Bu öneriler Tablo 3.23'te verilmiştir [188].

Tablo 3.23. IEA'nın pencere sistemi önerileri

Ekonomi Tipi	İklim	Teknoloji	
		Yeni İnşa	Mevcut Binalarda Yenileme
Gelişmiş ülkeler	Sıcak İklim	Mimari gölgeleme Çok düşük SHGC değerine sahip camlar (ya da dinamik gölgeleme elemanı ya da camlar)	Dış gölgeleme elemanı ve dinamik cam ya da gölgeleme Düşük SHGC değerine sahip cam filmi Düşük SHGC değerine sahip cam
	Soğuk İklim	Yüksek izolasyonlu cam Pasif ısı kazanımı (dinamik cam ya da gölgeleme)	Yüksek izolasyonlu cam Yalıtımlı gölgelikler ve diğer yalıtım ekleri (low-e film kaplamaları)
Gelişmekte olan ülkeler	Sıcak İklim	Dış gölgeleme elemanı Düşük SHGC camlar	Dış gölgeleme elemanı Düşük maliyetli cam filmleri
	Soğuk İklim	Yüksek yalıtımlı camlar (low-e kaplamalı çift cam)	Yalıtımlı gölgelikler ve diğer yalıtım ekleri (low-e film kaplamaları)

IEA'nın yaptığı çalışmalarda, gelişmiş cam teknolojilerine yapılacak olan yatırımların uzun vadede enerji tüketim maliyeti açısından olumlu sonuçlar vereceği vurgusu yapılmıştır. Özellikle binaların enerji korunumunun sağlanabilmesi için hala çoğu ülkede kullanılmakta olan düz ve tek camlardan kaçınılması gerektiği bu camlar yerine çift cam, low-e ve gelişmiş camların kullanılması gerektiği belirtilmektedir [188]. Ayrıca IEA mevcut ve yeni inşa edilecek binalar için getirdiği önerilerde mevcut binaların yenilenmesinde pencerelerin değiştirilmesi yerine camlara cam filmi kaplanması önerisinde bulunmuştur. ARPA-E'nin yaptığı incelemeye göre mevcut binalardaki enerji performansını artırmak için pencerelerin değiştirilmesinin maliyeti yüksektir [262]. Maliyet ve teknik özellikler dikkate alındığında binaların enerji performanslarının iyileştirilmesi için mevcut pencerelerin değiştirilmesinin maliyet ve zaman açısından optimum çözüm olmadığına ulaşılmıştır [263]. Bu nedenden dolayı ve IEA'nın önerileri doğrultusunda tez çalışmasında pencere sistemlerinin değiştirilmesi yerine mevcut camlara low-e film kaplanması bir tasarım parametresi olarak

kullanılmıştır. Kullanılan filmlerin teknik özellikleri Tablo 3.24'te verilmiştir. Çalışmada kullanılan filmlerden Ecolux modeli soğutma ihtiyacının olmadığı illerde, Silver 50 ve Silver AG 50 Low-e modeli ise soğutma ihtiyacı olan illerde kullanılmıştır [264].

Tablo 3.24. Cam filmi özellikleri

	Ecolux	Silver 50	Silver AG 50
Güneş ışıınım geçirgenliği (%) :	43	38	36
Güneş ışıınım yansımaları (dış) (%) :	28	23	27
Güneş ışıınım yansımaları (iç) (%) :	28	23	27
Gün ışığı geçirgenliği (%) :	68	53	51
Gün ışığı yansıtma (dış) (%) :	13	23	23
Gün ışığı yansıtma (iç) (%) :	4	22	27
Emissivite :	0.09	0.77	0.37

Sıcak iklimlerde binalarda dış ortamdan iç ortama ısı geçişinin fazla olması iç ortamın aşırı ısınmasına sebep olmaktadır. Aşırı ısınma sorunu için bina iç mekanına ulaşan gün ışığının maksimum düzeyde olduğu zamanda enerji tüketimini minimuma indirmek için pasif önlemler tercih edilmektedir. Pasif önlemlerden biri enerji tasarrufu, ısı ve görsel konfor için gölgeleme elemanları kullanımıdır [265-268]. Gölgeleme elemanları uygulama kolaylığı ve diğer çözümlere göre daha düşük maliyetli olması nedeni ile sıcak iklimlerde yaygın olarak tercih edilmektedir [268,269]. Tez çalışmasında sıcak iklimde yer alan binalar için gölgeleme elemanı tasarım parametresi olarak kullanılmıştır.

IEA'nın inovasyon bölümünün yaptığı çalışmalarda, 2030 yılına kadar enerji performansı yüksek binaların inşasının artırılması ve farklı bina tiplerindeki enerji ihtiyaçlarının azaltılması için yenilikçi çözümlerin ve iş modellerinin oluşturulması gerektiğinden bahsedilmektedir. IEA bina kabuğunda inovasyon gereken alanları farklı başlıklara ayırmıştır. Bu başlıklar geliştirilmiş hava akışı, hava sızdırmazlığı, havalandırma kontrolleri, geliştirilmiş pencereler, binaya entegre depolama sistemleri ve yenilenebilir enerji teknolojileridir. Binaya entegre depolama sistemleri ve yenilenebilir enerji teknolojileri başlığında geliştirilmesi gereken teknolojilerde faz değiştiren malzemeler yer almaktadır [104]. FDM'ler sıcaklık yükseldiğinde ısıyı absorbe ederek bünyesinde tutabilme ve sıcaklık azaldığında ise dışarıya verebilme özelliğine sahiptir [173]. FDM'lerin hem soğutma hem de ısıtma uygulamaları için depolama ortamı olarak kullanılması ve düşük sıcaklıktaki yüksek gizli ısı nedeniyle bina sektörünün enerji ihtiyacını önemli ölçüde azaltabilmektedir [270]. AB 2015 yılında yayınladığı enerji planında FDM'lerin kullanım

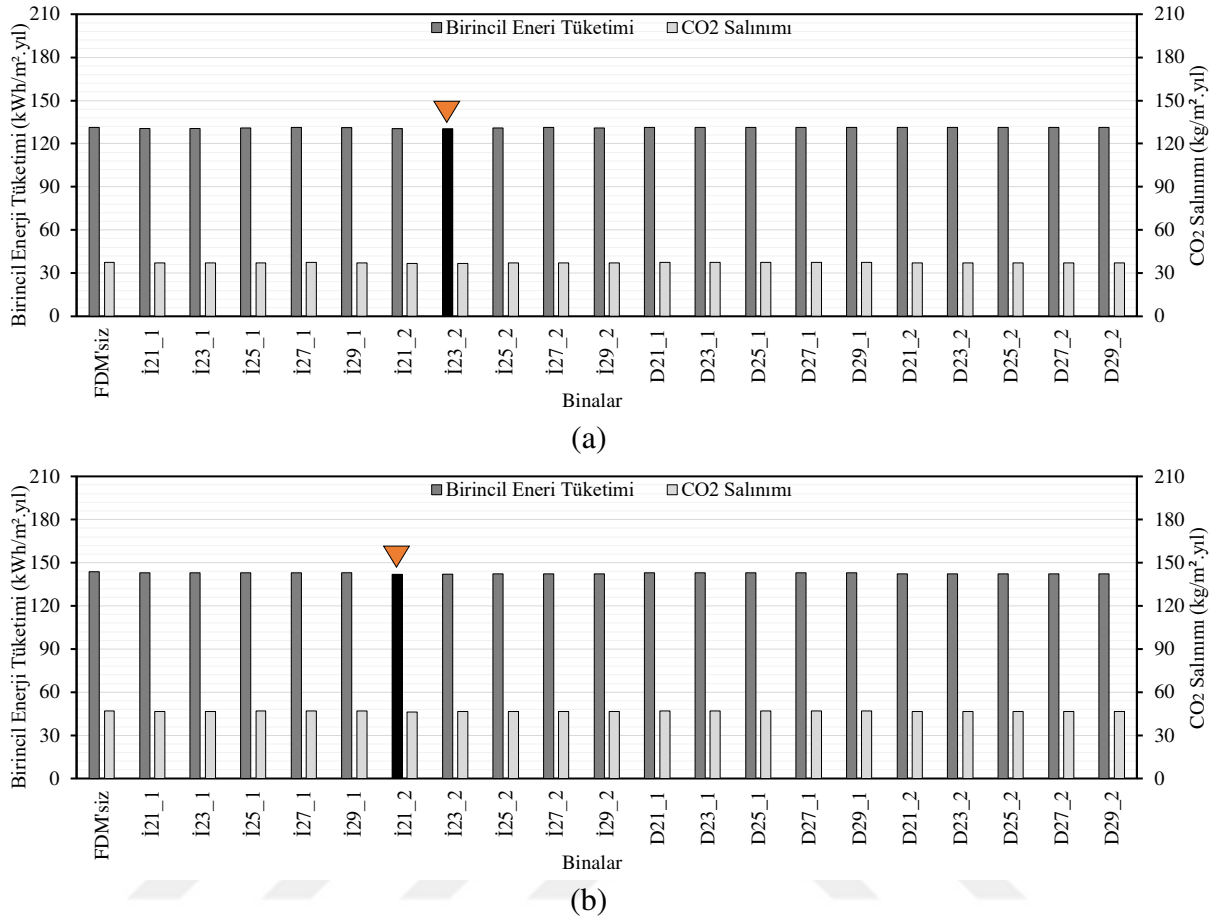
yoğunluğunun artırılmasını önermiştir [271]. Bu doğrultuda tez çalışmasında FDM’ler tasarım parametresi olarak kullanılmıştır.

FDM’ler binalarda farklı konumlarda (tavan, döşeme, dış duvar, çatı vb.) kullanılabilir [42, 44, 201, 202]. Bu konumlardan birisi dış duvar konstrüksiyonudur. FDM’nin dış duvarda kullanımı durumunda binanın bulunduğu iklime ve kullanım amacına bağlı olarak (ısıtma ve/veya soğutma yükünü azaltmak) duvarın iç ortama veya dış ortama bakan kısmına uygulanabilmektedir. FDM duvarın iç ortama bakan yüzeyine uygulandığında tuğla ile iç sıva arasına, dış ortama bakan yüzeyine uygulandığında yalıtım ile dış sıva arasına uygulanmaktadır [218, 272]. Ayrıca kullanılan FDM’nin katman kalınlığı ve erime sıcaklığı önemlidir. FDM’nin erime sıcaklığı yüksek performans gösterebilmesi için iç ortam sıcaklığına yakın olmalıdır [273]. Tez çalışmasında FDM bina enerji simülasyon programına duvarda bir örtü katmanı içinde uygulanacak şekilde tanımlanmıştır. Bu örtü katmanı Şekil 3.19’da verilmiştir [274].



Şekil 3.19. İçerisinde FDM bulunan örtü katmanı

Tez çalışması için belirlenen tasarım parametrelerinden FDM kullanımında çok fazla malzeme çeşitliliği olduğu için bir ön çalışma yapılmıştır. Çalışma sıcak iklime sahip iller için Antalya, soğuk iklime sahip iller için Isparta modelleri kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada FDM’nin katman kalınlığı 0.01 ve 0.02 m, erime sıcaklığı ise 21, 23, 25, 27 ve 29 °C olarak uygulanması durumunda binanın ısıtma enerjisi tüketimi (kömür), soğutma enerjisi tüketimi (elektrik) ve birincil enerji tüketimi değişimleri incelenmiştir (Şekil 3.20 a, b).



Şekil 3.20. FDM'nin katman kalınlığının ve erime sıcaklığının enerji performansına etkisi
(a) Antalya (b) Isparta

Binaların mevcut konstrüksiyonu hariç 20 adet FDM içeren duvar konstrüksiyonları ile sonuçlar elde edilmiştir. Antalya için enerji tüketimini (kömür ve elektrik), birincil enerji tüketimini ve CO₂ salınımını en fazla azaltan uygulama FDM'nin duvarın iç ortama yakın yüzeyine, 23 °C erime sıcaklığında ve 0.02 m katman kalınlığında uygulanması olmuştur. Isparta için ise enerji tüketimini (kömür), birincil enerji tüketimini ve CO₂ salınımını en fazla azaltan uygulama FDM'nin duvarın iç ortama yakın yüzeyine, 21 °C erime sıcaklığında ve 0.02 m katman kalınlığında uygulanması olmuştur. Çıkan sonuçlara göre FDM, soğutma yapılan illerde duvarın iç ortama yakın yüzeyine, 23 °C erime sıcaklığında ve 0.02 m katman kalınlığında; soğutma yapılmayan illerde ise duvarın iç ortama yakın yüzeyine, 21 °C erime sıcaklığında ve 0.02 m katman kalınlığında uygulanmıştır.

3.4.2. Mekanik Sistemler Grubu Tasarım Parametreleri

Enerji verimliliği ile ilgili direktiflerde, enerji tasarrufu hedeflerine ulaşabilmek için mevcut binalarda mekanik sistemlerin iyileştirilmesi, yeni inşa edilecek binalarda ise yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması gerektiği belirtilmiştir [32]. Bu nedenle mekanik sistemler tez çalışmasında tasarım parametresi olarak kullanılmıştır. Mekanik sistemler binaların ısıtılması, soğutulması, havalandırılması ve kullanım sıcak suyu eldesi için gereken ekipmanlardır. Bu sistemler içinde yer alan ısıtma ve soğutma sistemleri literatürde sistem tipi ve enerji kaynağı sınıflandırılması ile çalışılmıştır. Sistem tipi; yerel ısıtma/soğutma sistemi, bireysel ısıtma/soğutma sistemi, merkezi ısıtma sistemi/soğutma ve bölgesel ısıtma sistemi/soğutma sistemidir. Enerji kaynağı ise katı yakıt, sıvı yakıt, biyogaz, doğalgaz, elektrik, jeotermal ve güneş enerjisi vb. enerji kaynaklarıdır [48,78,165,167,196,210,275]. Tez çalışmasında referans olarak kullanılan mevcut binalarda ısıtma sistemleri merkezi ısıtmadır. Genelde soğutma sistemi tasarlanmamıştır ancak sıcak iklimlerde soğutma bireysel soğutma sistemleri ile sağlanmaktadır. Isıtma sistemlerinin enerji kaynağı kömür veya doğalgazdır. Soğutma sistemlerinin enerji kaynağı ise elektrik enerjisidir. Referans binaların mevcut binalar olmasından dolayı ısıtma sistemlerinin bölgesel (yerleşim bazında) ısıtma sistemine geçişi teknik ve ekonomik zorluklar içermektedir. Bu nedenle sistem tipi tasarım parametresi olarak kullanılmamıştır. Soğutma sisteminde ise sıcak iklimlerde bireysel soğutma sisteminden merkezi soğutma sistemine geçiş tasarım parametresi olarak kullanılabilmiştir. Bu nedenle mevcut sistemlerde enerji kaynağı değişikliği yapılarak binaların enerji tüketimindeki ve CO₂ salınımındaki değişiklikler incelenmiştir. Isıtma sistemi enerji kaynağı referans binalarda kömür veya doğalgazdır. Bu sistemlere yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımı kapsamında güneş enerjisi ile destek sağlanmıştır (Şekil 3.21).

akümülayon tankı vb.) bina bazında belirlenmiştir. Gelecek yıllardaki muhtemel kapasiteleri ise gelecek iklim verileri kullanılarak hesaplanan ısı yüklerine göre belirlenmiştir. Mekanik sistemler grubunda son olarak binanın elektrik tüketiminin bir kısmının karşılanabilmesi için çatı eğiminde PV kolektörler kullanılmıştır. Kullanılan PV kolektörlerin özellikleri Tablo 3.26’da verilmiştir [278].

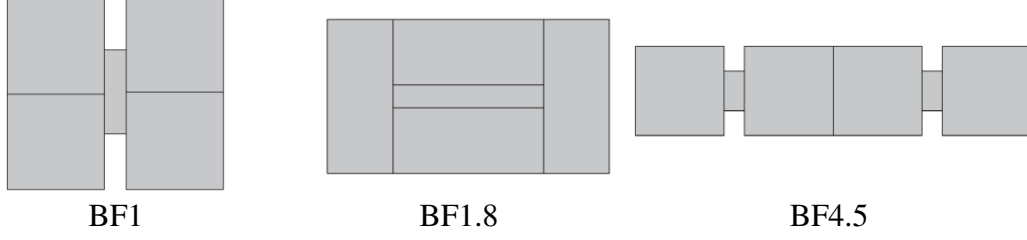
Tablo 3.26. PV kolektör özellikleri

Özellik			Özellik		
Uzunluk	(mm)	: 734	Hücre ölçüleri	(mm)	: 52 x 156
Genişlik	(mm)	: 1001	Maksimum güç	(Wp)	: 100
Modüldeki hücre sayısı	(-)	: 72	Maks. Güçteki voltaj	(V)	: 37.6
Hücre tipi	(-)	: Poly crystalline	Maks. Güçteki akım	(A)	: 2.75

3.4.3. Bina Formu Grubu Tasarım Parametreleri

Binalarda enerji tüketiminin azaltılması için birçok pasif ve aktif önlem bulunmaktadır. Bu önlemler bina ölçeğinden yerleşim alanı ölçeğine hatta şehir ölçeğine kadar genişleyebilmektedir. 19. yy’dan itibaren mimar ve şehir plancılar binaların çevreyle olan ilişkisi ve enerji tüketimi üzerine çalışmalar yapmıştır. Bir arazide tasarlanan çok sayıda binanın arazideki konumları, bina yüzeyine ulaşan direkt güneş ışıınımları ve rüzgar hızını etkilemesiyle binaların enerji performansı değişmektedir [174,175,176,178,279-281]. Bu nedenle binalarda enerji tüketiminin ve CO₂ salınımının azaltılması için, binanın çevre ile kurduğu ilişkilerin dikkate alınması gerekmektedir [62]. Binanın çevre ile kurduğu ilişkide en önemli faktörlerden biri binanın biçim faktörüdür. Literatürde biçim faktörü farklı şekillerde tanımlanmıştır. Bu tanımlamalardan biri binanın toplam uzunluğunun, toplam genişliğine oranıdır [51]. Biçim faktörü ile ilgili diğer bir tanımlama binanın toplam yüzey alanının, bina hacmine oranıdır [55,182-184]. Başka bir tanımlama ise bir binanın toplam yüzey alanının, döşeme alanına oranıdır [183,185]. Tez çalışmasında biçim faktörünün binaların enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisini belirlemek için binaların en/boy oranı değişimi incelenmiştir. Mevcut binalar farklı tiplerde olsa da genel olarak en/boy oranı 1 olacak şekilde tasarlanmıştır. Binaların toplam metrekaresi ve toplam daire sayısı korunmak istendiğinden binaların taban alanı ve hacmi sabit tutularak en/boy oranı 1.8 ve 4.5 olacak şekilde yeni biçim faktörleri belirlenmiştir (Şekil 3.22). Referans olarak belirlenen binalar

mevcut olduğu için, bina formu binaların ömrünün tamamlanacağı gelecek yıllar için gelecek iklim verileri kullanılarak çalışılmıştır.



Şekil 3.22. Farklı biçim faktöründeki bina formları

3.4.4. İllere Göre Belirlenen Tasarım Parametreleri

Tez çalışmasında, seçilen on dört il için oluşturulan modellerde ve yapılan optimizasyonlarda amaç fonksiyonu birincil enerji tüketimini, CO₂ salınımını ve global maliyeti değerlerinin minimum değerini bulmaktır. Tasarım parametreleri bina kabuğu, mekanik sistemler ve bina formu başlıkları altında oluşturulmuştur. Bu tasarım parametreleri ve içerikleriyle birlikte tasarım parametrelerini temsil eden kodlar Tablo 3.27’de verilmiştir.

Tablo 3.27. Tez çalışmasında kullanılan tasarım parametreleri ve kodları

Ko d	Bina Kabuğu			Mekanik Sistemler												Bina Formu			
	Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi				Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi				pV Paneller ile Elektrik Üretimi	Bicim Faktörü			
					Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz			Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası
D	S	G	H												Y	BF			

Tez çalışmasında TS 825’te belirtilen derece gün bölgelerinden I. Derece gün bölgesi dışında, binalarda soğutma yapılmamıştır. Bu nedenle gölgeleme elemanı I. Derece gün bölgesi dışındaki bölgelerde tasarım parametresi olarak kullanılmamıştır. İllere göre kullanılan tasarım parametreleri ve detayları Tablo 3.28’den Tablo 3.41’e kadar verilmiştir.

Tablo 3.28. Antalya için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m²K)	Kod		
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.599	D1		
		0.04	-	0.512	D2		
		0.05	-	0.446	D3		
		0.06	-	0.396	D4		
		0.07	-	0.356	D5*		
		0.08	-	0.323	D6		
		0.09	-	0.296	D7		
		0.10	-	0.273	D8		
		0.11	-	0.253	D9		
		0.12	-	0.236	D10		
		0.13	-	0.221	D11		
		0.14	-	0.208	D12		
	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.553	D13		
		0.04	0.02	0.486	D14		
		0.05	0.02	0.433	D15		
		0.06	0.02	0.391	D16		
		0.07	0.02	0.356	D17		
		0.08	0.02	0.327	D18		
		0.09	0.02	0.302	D19		
		0.10	0.02	0.281	D20		
		0.11	0.02	0.263	D21		
		0.12	0.02	0.246	D22		
		0.13	0.02	0.232	D23		
		0.14	0.02	0.219	D24		
Camlara film eklenmesi	U Değeri (W/m²K)		SHGC		Kod		
	1.900		0.749		S1*		
	1.085		0.533		S2		
	1.840		0.554		S3		
	1.441		0.520		S4		
Gölgeleme elemanı kullanımı	Açıklama		Uzunluk (m)		Kod		
	-		-		G1*		
	Dikey		0.5		G2		
	Dikey		1		G3		
	Yatay		0.5		G4		
	Yatay		1		G5		
Mekanik Sistemler	Isıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	Isıtma sistemi		Kul. sıcak su sistemi		Kod	
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği		
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok	Elektrik	H1*
		Kömür	Var	Elektrik	Yok	Elektrik	H2
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok	Elektrik	H3
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var	Elektrik	H4
		Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	H5
		Isı pomp.	Var	Isı pomp.	Var	Isı pomp.	H6
		Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	PV Kolektör ile Elektrik Üretimi				Kod
			Yok				Y1*
	Var				Y2		

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

Tablo 3.29. Isparta için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m²K)	Kod	
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.599	D1	
		0.04	-	0.512	D2	
		0.05	-	0.446	D3	
		0.06	-	0.396	D4*	
		0.07	-	0.356	D5	
		0.08	-	0.323	D6	
		0.09	-	0.296	D7	
		0.10	-	0.273	D8	
		0.11	-	0.253	D9	
		0.12	-	0.236	D10	
		0.13	-	0.221	D11	
		0.14	-	0.208	D12	
	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.564	D13	
		0.04	0.02	0.486	D14	
		0.05	0.02	0.427	D15	
		0.06	0.02	0.380	D16	
		0.07	0.02	0.343	D17	
		0.08	0.02	0.312	D18	
		0.09	0.02	0.287	D19	
		0.10	0.02	0.265	D20	
		0.11	0.02	0.246	D21	
		0.12	0.02	0.230	D22	
		0.13	0.02	0.216	D23	
		0.14	0.02	0.203	D24	
Camlara film eklenmesi	U Değeri (W/m²K)		SHGC	Kod		
	1.900		0.749	S1*		
	1.085		0.533	S2		
Mekanik Sistemler	Isıtma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	Isıtma sistemi		Kul. sıcak s. sistemi		Kod
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok	H1*
		Kömür	Var	Elektrik	Yok	H2
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok	H3
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var	H4
		Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	Yok	H5
		Isı pomp.	Var	Isı pomp.	Var	H6
	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	PV Kolektör ile Elektrik Üretimi				Kod
		Yok				Y1*
		Var				Y2

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

Tablo 3.30. Malatya için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m ² K)	Kod
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.640	D1
		0.04	-	0.552	D2
		0.05	-	0.485	D3
		0.06	-	0.433	D4
		0.07	-	0.390	D5
		0.08	-	0.356	D6
		0.09	-	0.327	D7*
		0.10	-	0.302	D8
		0.11	-	0.281	D9
		0.12	-	0.262	D10
		0.13	-	0.242	D11
		0.14	-	0.232	D12
	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.600	D13
		0.04	0.02	0.522	D14
		0.05	0.02	0.462	D15
		0.06	0.02	0.414	D16
		0.07	0.02	0.375	D17
		0.08	0.02	0.343	D18
		0.09	0.02	0.316	D19
		0.10	0.02	0.293	D20
		0.11	0.02	0.273	D21
		0.12	0.02	0.255	D22
		0.13	0.02	0.240	D23
		0.14	0.02	0.226	D24
Mekanik Sistemler	Isıtma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	U Değeri (W/m ² K)		SHGC	Kod
		1.900		0.749	S1*
		1.085		0.533	S2
	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	Isıtma sistemi		Kul. sıcak s. sistemi	Kod
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok
		Kömür	Var	Elektrik	Yok
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var
	PV Kolektör ile Elektrik Üretimi	Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	Yok
		Isı pomp.	Var	Isı pomp.	Var
		PV Kolektör ile Elektrik Üretimi			Kod
		Yok			Y1*
		Var			Y2

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

Tablo 3.31. Ardahan için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m²K)	Kod	
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.640	D1	
		0.04	-	0.552	D2	
		0.05	-	0.485	D3	
		0.06	-	0.433	D4	
		0.07	-	0.390	D5	
		0.08	-	0.356	D6	
		0.09	-	0.327	D7*	
		0.10	-	0.302	D8	
		0.11	-	0.281	D9	
		0.12	-	0.262	D10	
		0.13	-	0.242	D11	
		0.14	-	0.232	D12	
	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.600	D13	
		0.04	0.02	0.522	D14	
		0.05	0.02	0.462	D15	
		0.06	0.02	0.414	D16	
		0.07	0.02	0.375	D17	
		0.08	0.02	0.343	D18	
		0.09	0.02	0.316	D19	
		0.10	0.02	0.293	D20	
		0.11	0.02	0.273	D21	
		0.12	0.02	0.255	D22	
		0.13	0.02	0.240	D23	
		0.14	0.02	0.226	D24	
Camlara film eklenmesi	U Değeri (W/m²K)		SHGC	Kod		
	1.900		0.749	S1*		
	1.085		0.533	S2		
Mekanik Sistemler	Isıtma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	Isıtma sistemi		Kul. sıcak s. sistemi		Kod
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok	H1*
		Kömür	Var	Elektrik	Yok	H2
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok	H3
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var	H4
		Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	Yok	H5
		Isı pomp.	Var	Isı pomp.	Var	H6
	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	PV Kolektör ile Elektrik Üretimi				Kod
		Yok				Y1*
		Var				Y2

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

Tablo 3.32. İzmir için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m ² K)	Kod
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.599	D1
		0.04	-	0.512	D2
		0.05	-	0.446	D3
		0.06	-	0.396	D4*
		0.07	-	0.356	D5
		0.08	-	0.323	D6
		0.09	-	0.296	D7
		0.10	-	0.273	D8
		0.11	-	0.253	D9
		0.12	-	0.236	D10
		0.13	-	0.221	D11
		0.14	-	0.208	D12
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.600	D13
		0.04	0.02	0.522	D14
		0.05	0.02	0.462	D15
		0.06	0.02	0.414	D16
		0.07	0.02	0.375	D17
		0.08	0.02	0.343	D18
		0.09	0.02	0.316	D19
		0.10	0.02	0.293	D20
		0.11	0.02	0.273	D21
		0.12	0.02	0.255	D22
		0.13	0.02	0.240	D23
		0.14	0.02	0.226	D24
Camlara film eklenmesi	U Değeri (W/m ² K)	SHGC		Kod	
		1.900	0.749	S1*	
		1.085	0.533	S2	
		1.840	0.554	S3	
		1.441	0.520	S4	
Gölgeleme elemanı kullanımı	Açıklama	Uzunluk (m)		Kod	
		-		G1*	
		Dikey		0.5	
		Dikey		1	
		Yatay		0.5	
Mekanik Sistemler	Isıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	Isıtma sistemi		Kul. sıcak s. sistemi	
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok
		Kömür	Var	Elektrik	Yok
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var
	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	Isı pomp.		Isı pomp.	
		Yok		Yok	
		Isı pomp.		Var	
		Isı pomp.		Var	
		Isı pomp.		Isı pomp.	
		Isı pomp.		Isı pomp.	
Mekanik Sistemler	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	PV Kolektör ile Elektrik Üretimi			Kod
		Yok			Y1*
		Var			Y2

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

Tablo 3.33. Kütahya için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m²K)	Kod	
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.640	D1	
		0.04	-	0.552	D2	
		0.05	-	0.485	D3	
		0.06	-	0.433	D4	
		0.07	-	0.390	D5*	
		0.08	-	0.356	D6	
		0.09	-	0.327	D7	
		0.10	-	0.302	D8	
		0.11	-	0.281	D9	
		0.12	-	0.262	D10	
		0.13	-	0.242	D11	
		0.14	-	0.232	D12	
	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.600	D13	
		0.04	0.02	0.522	D14	
		0.05	0.02	0.462	D15	
		0.06	0.02	0.414	D16	
		0.07	0.02	0.375	D17	
		0.08	0.02	0.343	D18	
		0.09	0.02	0.316	D19	
		0.10	0.02	0.293	D20	
		0.11	0.02	0.273	D21	
		0.12	0.02	0.255	D22	
		0.13	0.02	0.240	D23	
		0.14	0.02	0.226	D24	
Camlara film eklenmesi	U Değeri (W/m²K)		SHGC	Kod		
	1.900		0.749	S1*		
	1.085		0.533	S2		
Mekanik Sistemler	Isıtma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	Isıtma sistemi		Kul. sıcak s. sistemi		Kod
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok	H1
		Kömür	Var	Elektrik	Yok	H2
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok	H3*
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var	H4
		Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	Yok	H5
		Isı pomp.	Var	Isı pomp.	Var	H6
	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	PV Kolektör ile Elektrik Üretimi				Kod
		Yok				Y1*
		Var				Y2

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

Tablo 3.34. Şanlıurfa için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m²K)	Kod
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.640	D1
		0.04	-	0.552	D2
		0.05	-	0.485	D3
		0.06	-	0.433	D4*
		0.07	-	0.390	D5
		0.08	-	0.356	D6
		0.09	-	0.327	D7
		0.10	-	0.302	D8
		0.11	-	0.281	D9
		0.12	-	0.262	D10
		0.13	-	0.242	D11
		0.14	-	0.232	D12
	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.600	D13
		0.04	0.02	0.522	D14
		0.05	0.02	0.462	D15
		0.06	0.02	0.414	D16
		0.07	0.02	0.375	D17
		0.08	0.02	0.343	D18
		0.09	0.02	0.316	D19
		0.10	0.02	0.293	D20
		0.11	0.02	0.273	D21
		0.12	0.02	0.255	D22
		0.13	0.02	0.240	D23
		0.14	0.02	0.226	D24
Camlara film eklenmesi	U Değeri (W/m²K)		SHGC		Kod
	1.900		0.749		S1*
	1.085		0.533		S2

Mekanik Sistemler	Isıtma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	Isıtma sistemi		Kul. sıcak s. sistemi		Kod
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok	H1*
		Kömür	Var	Elektrik	Yok	H2
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok	H3
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var	H4
		Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	Yok	H5
	Isı pomp.	Var	Isı pomp.	Var	H6	
	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	PV Kolektör ile Elektrik Üretimi				Kod
		Yok				Y1*
		Var				Y2

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

Tablo 3.35. Gaziantep için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m²K)	Kod	
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.640	D1	
		0.04	-	0.552	D2	
		0.05	-	0.485	D3	
		0.06	-	0.433	D4*	
		0.07	-	0.390	D5	
		0.08	-	0.356	D6	
		0.09	-	0.327	D7	
		0.10	-	0.302	D8	
		0.11	-	0.281	D9	
		0.12	-	0.262	D10	
		0.13	-	0.242	D11	
		0.14	-	0.232	D12	
	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.600	D13	
		0.04	0.02	0.522	D14	
		0.05	0.02	0.462	D15	
		0.06	0.02	0.414	D16	
		0.07	0.02	0.375	D17	
		0.08	0.02	0.343	D18	
		0.09	0.02	0.316	D19	
		0.10	0.02	0.293	D20	
		0.11	0.02	0.273	D21	
		0.12	0.02	0.255	D22	
		0.13	0.02	0.240	D23	
		0.14	0.02	0.226	D24	
Camlara film eklenmesi	U Değeri (W/m²K)		SHGC	Kod		
	1.900		0.749	S1*		
	1.085		0.533	S2		
Mekanik Sistemler	Isıtma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	Isıtma sistemi		Kul. sıcak s. sistemi		Kod
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok	H1
		Kömür	Var	Elektrik	Yok	H2
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok	H3*
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var	H4
		Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	Yok	H5
		Isı pomp.	Var	Isı pomp.	Var	H6
	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	PV Kolektör ile Elektrik Üretimi				Kod
		Yok				Y1*
		Var				Y2

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

Tablo 3.36. Kırıkkale için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m²K)	Kod
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.640	D1
		0.04	-	0.552	D2
		0.05	-	0.485	D3
		0.06	-	0.433	D4
		0.07	-	0.390	D5*
		0.08	-	0.356	D6
		0.09	-	0.327	D7
		0.10	-	0.302	D8
		0.11	-	0.281	D9
		0.12	-	0.262	D10
		0.13	-	0.242	D11
		0.14	-	0.232	D12
	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.600	D13
		0.04	0.02	0.522	D14
		0.05	0.02	0.462	D15
		0.06	0.02	0.414	D16
		0.07	0.02	0.375	D17
		0.08	0.02	0.343	D18
		0.09	0.02	0.316	D19
		0.10	0.02	0.293	D20
		0.11	0.02	0.273	D21
		0.12	0.02	0.255	D22
		0.13	0.02	0.240	D23
		0.14	0.02	0.226	D24
Camlara film eklenmesi	U Değeri (W/m²K)		SHGC		Kod
	1.900		0.749		S1*
	1.085		0.533		S2

Mekanik Sistemler	Isıtma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	Isıtma sistemi		Kul. sıcak s. sistemi		Kod	
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği		
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok		H1
		Kömür	Var	Elektrik	Yok		H2
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok		H3*
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var		H4
		Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	Yok		H5
	Isı pomp.	Var	Isı pomp.	Var	H6		
	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	PV Kolektör ile Elektrik Üretimi				Kod	
		Yok				Y1*	
		Var				Y2	

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

Tablo 3.37. Sivas için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m ² K)	Kod
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.640	D1
		0.04	-	0.552	D2
		0.05	-	0.485	D3
		0.06	-	0.433	D4
		0.07	-	0.390	D5
		0.08	-	0.356	D6
		0.09	-	0.327	D7
		0.10	-	0.302	D8*
		0.11	-	0.281	D9
		0.12	-	0.262	D10
		0.13	-	0.242	D11
		0.14	-	0.232	D12
	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.600	D13
		0.04	0.02	0.522	D14
		0.05	0.02	0.462	D15
		0.06	0.02	0.414	D16
		0.07	0.02	0.375	D17
		0.08	0.02	0.343	D18
		0.09	0.02	0.316	D19
		0.10	0.02	0.293	D20
		0.11	0.02	0.273	D21
		0.12	0.02	0.255	D22
		0.13	0.02	0.240	D23
		0.14	0.02	0.226	D24
Mekanik Sistemler	Camlara film eklenmesi	U Değeri (W/m ² K)		SHGC	Kod
		1.900		0.749	S1*
		1.085		0.533	S2
	Isıtma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	Isıtma sistemi		Kul. Sıcak s. Sistemi	
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok
		Kömür	Var	Elektrik	Yok
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var
		Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	Yok
		Isı pomp.	Var	Isı pomp.	Var
		PV Kolektör ile Elektrik Üretimi			
		Yok			
		Var			
	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	Kod			
		Y1*			
		Y2			

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

Tablo 3.38. Trabzon için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m ² K)	Kod
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.640	D1
		0.04	-	0.552	D2
		0.05	-	0.485	D3
		0.06	-	0.433	D4
		0.07	-	0.390	D5*
		0.08	-	0.356	D6
		0.09	-	0.327	D7
		0.10	-	0.302	D8
		0.11	-	0.281	D9
		0.12	-	0.262	D10
		0.13	-	0.242	D11
		0.14	-	0.232	D12
	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.600	D13
		0.04	0.02	0.522	D14
		0.05	0.02	0.462	D15
		0.06	0.02	0.414	D16
		0.07	0.02	0.375	D17
		0.08	0.02	0.343	D18
		0.09	0.02	0.316	D19
		0.10	0.02	0.293	D20
		0.11	0.02	0.273	D21
		0.12	0.02	0.255	D22
		0.13	0.02	0.240	D23
		0.14	0.02	0.226	D24
Mekanik Sistemler	Isıtma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	U Değeri (W/m ² K)		SHGC	Kod
		1.900		0.749	S1*
		1.085		0.533	S2
	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	Isıtma sistemi		Kul. sıcak s. sistemi	Kod
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok
		Kömür	Var	Elektrik	Yok
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var
	PV Kolektör ile Elektrik Üretimi	Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	Yok
		Isı pomp.	Var	Isı pomp.	Var
		PV Kolektör ile Elektrik Üretimi			Kod
		Yok			Y1*
		Var			Y2

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

Tablo 3.39. Bayburt için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m²K)	Kod
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.640	D1
		0.04	-	0.552	D2
		0.05	-	0.485	D3
		0.06	-	0.433	D4
		0.07	-	0.390	D5*
		0.08	-	0.356	D6
		0.09	-	0.327	D7
		0.10	-	0.302	D8
		0.11	-	0.281	D9
		0.12	-	0.262	D10
		0.13	-	0.242	D11
		0.14	-	0.232	D12
	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.600	D13
		0.04	0.02	0.522	D14
		0.05	0.02	0.462	D15
		0.06	0.02	0.414	D16
		0.07	0.02	0.375	D17
		0.08	0.02	0.343	D18
		0.09	0.02	0.316	D19
		0.10	0.02	0.293	D20
		0.11	0.02	0.273	D21
		0.12	0.02	0.255	D22
		0.13	0.02	0.240	D23
		0.14	0.02	0.226	D24
Camlara film eklenmesi	U Değeri (W/m²K)		SHGC	Kod	
	1.900		0.749	S1*	
	1.085		0.533	S2	

Mekanik Sistemler	Isıtma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	Isıtma sistemi		Kul. sıcak s. sistemi		Kod
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok	H1
		Kömür	Var	Elektrik	Yok	H2
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok	H3*
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var	H4
		Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	Yok	H5
	Isı pomp.	Var	Isı pomp.	Var	H6	
	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	PV Kolektör ile Elektrik Üretimi				Kod
		Yok				Y1*
		Var				Y2

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

Tablo 3.40. Çanakkale için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m²K)	Kod	
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.640	D1	
		0.04	-	0.552	D2	
		0.05	-	0.485	D3	
		0.06	-	0.433	D4*	
		0.07	-	0.390	D5	
		0.08	-	0.356	D6	
		0.09	-	0.327	D7	
		0.10	-	0.302	D8	
		0.11	-	0.281	D9	
		0.12	-	0.262	D10	
		0.13	-	0.242	D11	
		0.14	-	0.232	D12	
	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.600	D13	
		0.04	0.02	0.522	D14	
		0.05	0.02	0.462	D15	
		0.06	0.02	0.414	D16	
		0.07	0.02	0.375	D17	
		0.08	0.02	0.343	D18	
		0.09	0.02	0.316	D19	
		0.10	0.02	0.293	D20	
		0.11	0.02	0.273	D21	
		0.12	0.02	0.255	D22	
		0.13	0.02	0.240	D23	
		0.14	0.02	0.226	D24	
Camlara film eklenmesi	U Değeri (W/m²K)		SHGC		Kod	
	1.900		0.749		S1*	
	1.085		0.533		S2	
Mekanik Sistemler	Isıtma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	Isıtma sistemi		Kul. sıcak s. sistemi		Kod
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok	H1
		Kömür	Var	Elektrik	Yok	H2
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok	H3*
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var	H4
		Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	Yok	H5
		Isı pomp.	Var	Isı pomp.	Var	H6
	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	PV Kolektör ile Elektrik Üretimi				Kod
		Yok				Y1*
		Var				Y2

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

Tablo 3.41. Bilecik için kullanılan tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi Kısa Açıklama		Isı Yalıtım Kalınlığı (m)	FDM Kalınlığı (m)	U Değeri (W/m²K)	Kod
Bina Kabuğu	Isı yalıtım kalınlığı değişimi	0.03	-	0.640	D1
		0.04	-	0.552	D2
		0.05	-	0.485	D3
		0.06	-	0.433	D4
		0.07	-	0.390	D5*
		0.08	-	0.356	D6
		0.09	-	0.327	D7
		0.10	-	0.302	D8
		0.11	-	0.281	D9
		0.12	-	0.262	D10
		0.13	-	0.242	D11
		0.14	-	0.232	D12
	Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi	0.03	0.02	0.600	D13
		0.04	0.02	0.522	D14
		0.05	0.02	0.462	D15
		0.06	0.02	0.414	D16
		0.07	0.02	0.375	D17
		0.08	0.02	0.343	D18
		0.09	0.02	0.316	D19
		0.10	0.02	0.293	D20
		0.11	0.02	0.273	D21
		0.12	0.02	0.255	D22
		0.13	0.02	0.240	D23
		0.14	0.02	0.226	D24
Camlara film eklenmesi	U Değeri (W/m²K)		SHGC	Kod	
	1.900		0.749	S1*	
	1.085		0.533	S2	

Mekanik Sistemler	Isıtma ve kullanım sıcak suyu sistemi değişimi	Isıtma sistemi		Kul. sıcak s. sistemi		Kod
		Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	Sistem kaynağı	Güneş enerjisi desteği	
		Kömür	Yok	Elektrik	Yok	H1*
		Kömür	Var	Elektrik	Yok	H2
		Doğalgaz	Yok	Doğalgaz	Yok	H3
		Doğalgaz	Var	Doğalgaz	Var	H4
		Isı pomp.	Yok	Isı pomp.	Yok	H5
	Isı pomp.	Var	Isı pomp.	Var	H6	
	Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı	PV Kolektör ile Elektrik Üretimi				Kod
		Yok				Y1*
		Var				Y2

* Referans binalarda mevcut olan parametredir.

3.5. Enerji Tüketimi ve Global Maliyet Hesabı

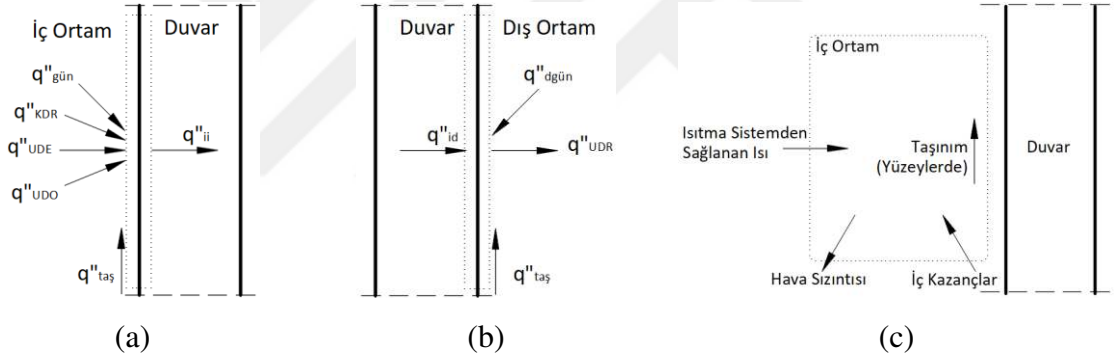
Binaların enerji tüketimlerinin hesaplaması ile ilgili yapılan çalışmalarda aylık/mevsimsel statik hesaplama yöntemi, basit saatlik dinamik hesaplama yöntemi ve detaylı dinamik hesaplama yöntemi kullanılmaktadır [231,232]. Aylık/mevsimsel statik hesaplama yönteminde, binaların ısıtma ve soğutma için tükettikleri enerjinin hesaplanması için aylık ya da mevsimsel olarak uzun zaman aralıklarında hesap yapılmaktadır [191,180]. Uzun zaman aralıklarında hesap yapıldığı için bu yöntemde binaların gerçek tüketim değerleri tam olarak yansıtamamaktadır [233]. Ayrıca TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standart'nda da aylık/mevsimsel statik hesaplama yöntemi kullanılmaktadır. Basit saatlik dinamik hesaplama yönteminde, binaların ısıtma ve soğutma için tükettikleri enerjinin hesaplanmasında saatlik olarak hesap yapılmaktadır. Bu yöntem yarı dinamik hesaplama yöntemi olarak da adlandırılmaktadır [180]. Türkiye'de geliştirilen bina enerji performansı hesap metodu BEP-Tr basit saatlik dinamik hesaplama yöntemini kullanmaktadır [154]. Diğer bir hesaplama yöntemi olan detaylı dinamik hesap yönteminde ise, binaların birbirleri ile olan etkileşimleri de dikkate alınarak detaylı saatlik hesaplama yapılır. Bu hesaplama yönteminde karmaşık matematiksel işlemler gerektiğinden dolayı hesaplamaların yapılabilmesi için bina enerji simülasyon programları geliştirilmiştir [180]. Aylık/mevsimsel statik hesaplama yöntemi ve basit saatlik dinamik hesaplama yöntemi, binaların enerji tüketiminde gerçek tüketim değerlerine detaylı dinamik hesap yöntemi kadar yaklaşamamaktadır. Detaylı dinamik hesap yöntemi ise detaylı ve gerçeğe en yakın sonuçların alınabilmesinden dolayı AB tarafından kullanılması tavsiye edilen yöntemdir [231]. Bu nedenle tez çalışmasında binaların enerji tüketimlerinin hesaplanması için dinamik hesap yöntemi kullanılmıştır.

3.5.1. Birincil Enerji Tüketimi Hesabı

Binaların enerji tüketim değerlerinin eşit koşullarda karşılaştırılabilmesi için, enerji tüketim değerlerinin birincil enerji değerine dönüştürülmesi gerekmektedir [237]. Bir binanın birincil enerji tüketimi, enerji tüketen her bir bileşenin enerji tüketiminin ilgili yakıtın dönüşüm faktörüyle çarpılarak hesaplanmaktadır [211]. Buna göre birincil enerji tüketimi (kWh/yıl);

$$\dot{Q}_{birincil\ enerji\ tüketimi} = \sum (\dot{Q}_{tüketim} \times K_{BE}) \quad (1)$$

denkleminde göre belirlenir. Burada K_{BE} dönüşüm katsayısıdır. Bu katsayı yakıtın veya kaynağın cinsine bağlıdır ve ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Türkiye’de birincil enerji dönüşüm katsayıları elektrik için 2.36, doğal gaz ve diğer yakıtlar için 1’dir [238]. $\dot{Q}_{tüketim}$ ise yıllık ısıtma ve soğutma için enerji tüketimidir (kWh/yıl). Bu tüketim detaylı dinamik hesap yöntemi ile hesaplanabilir. Detaylı dinamik hesap yöntemi, hesaplamalar için ASHRAE (Amerikan Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği) ısıl denge yaklaşımını kullanmaktadır. Isıl denge yaklaşımı Termodinamiğin I. Yasasına (enerji korunumuna) dayanmaktadır. Bu yaklaşımda binanın her bir yüzeyinin dış ve iç ortama bakan kısımları ile iç ortamları çevreleyen her bir ortama uygulanmaktadır (Şekil 3.23 a,b,c) [234,235].



Şekil 3.23. Isı yükünün belirlenmesinde ısıl denge şeması (ısıtma yükü için) (a) iç ortama bakan yüzeye göre (b) dış ortama bakan yüzeye göre (c) iç ortam ısıl denge yaklaşımı

İç ortama bakan yüzeye göre ısıl denge;

$$q''_{UDO} + q''_{KDR} + q''_{UDE} + q''_{gün} + q''_{taş} - q''_{ii} = 0 \quad (2)$$

denkleminde göre belirlenir. Burada;

q''_{UDO} : Ortam yüzeyleri arasında net uzun dalga radyasyonla ısı girişi (W/m^2)

- q''_{KDR} : Ortam içindeki aydınlatmalardan yüzeylere net kısa dalga radyasyonla ısı girişi
 q''_{UDE} : Ortam içindeki ekipmanlardan uzun dalga radyasyonla ısı girişi (W/m^2)
 $q''_{gün}$: Yüzeyde absorbe edilen güneş radyasyonu ile ısı girişi (W/m^2)
 $q''_{taş}$: Taşınım ile ısı girişi (W/m^2)
 q''_{ii} : Duvar iletim ile ısı geçişi (iç ortama göre) (W/m^2).

Dış ortama bakan yüzeye göre ısı denge ise;

$$q''_{dgün} - q''_{UDR} - q''_{taş} + q''_{id} = 0 \quad (3)$$

denklemine göre belirlenir. Burada;

- $q''_{dgün}$: Absorbe edilmiş direkt ve dağınık güneş (kısa dalga boyu) radyasyonu ile ısı girişi
 q''_{UDR} : Dış havaya net uzun dalga (ısı) radyasyonla ısı geçişi (W/m^2)
 q''_{id} : Duvar iletim ile ısı geçişi (dış ortama göre) (W/m^2).

Denklem (2) ve (3)'teki $q''_{taş}$ ortam sıcaklığına göre hesaplanır. Ortam sıcaklığı ise iç ortam ısı denge yaklaşımına göre belirlenir (Şekil 3.23 c). Bu yaklaşımda;

$$C_o \frac{dT_o}{dt} = \sum_{i=1}^{N_{sl}} \dot{Q}_i - \sum_{i=1}^{N_{yüzey}} h_i A_i (T_o - T_{yi}) - \sum_{i=1}^{N_{ortam}} \dot{m}_i C_p (T_o - T_{oi}) - \dot{m}_{inf} C_p (T_o - T_{\infty}) + \dot{Q}_{sis} \quad (4)$$

denklemini kullanılmaktadır. Burada;

$$C_o \frac{dT_o}{dt} : \text{Ortamda depolanan ısı enerjisi (W)}$$

$$\sum_{i=1}^{N_{sl}} \dot{Q}_i : \text{İç ısı yükleri toplamı (W)}$$

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^{N_{yüzey}} h_i A_i (T_o - T_{yi}) & : \text{Ortam yüzeylerine taşınım ile ısı geçişi (W)} \\
\sum_{i=1}^{N_{ortam}} \dot{m}_i C_p (T_{oi} - T_o) & : \text{İç ortamdan komşu iç ortamlara hava sızıntısı ile ısı geçişi (W)} \\
\dot{m}_{inf} C_p (T_o - T_\infty) & : \text{İç ortamdan dış ortama hava sızıntısı ile ısı geçişi (W)} \\
\dot{Q}_{sis} & : \text{Isıtma sisteminden ortama verilmesi gereken ısı (W)} \\
T_o & : \text{İç ortam sıcaklığı (K)} \\
T_{yi} & : \text{Duvarın iç ortamdaki yüzey sıcaklığı (K)} \\
T_{zi} & : \text{Komşu iç ortam sıcaklığı (K)} \\
T_\infty & : \text{Dış ortam sıcaklığıdır (K).}
\end{aligned}$$

Isıl denge yaklaşımında sürekli durumda ortamda depolanan ısı enerjisi göz ardı edilirse Denklem (3);

$$\begin{aligned}
\dot{Q}_{sis} = - \sum_{i=1}^{N_{sl}} \dot{Q}_i + \sum_{i=1}^{N_{yüzey}} h_i A_i (T_o - T_{yi}) + \sum_{i=1}^{N_{ortam}} \dot{m}_i C_p (T_o - T_{oi}) \\
+ \dot{m}_{inf} C_p (T_o - T_\infty)
\end{aligned} \quad (5)$$

şeklinde yazılır. Burada h_i , seçilecek bir yöntemle belirlenir. $\dot{Q}_{sis}$ (W) aynı zamanda;

$$\dot{Q}_{sis} = \dot{m}_{sis} C_p (T_{bh} - T_o) \quad (6)$$

denklemleri ile hesaplanabilir. Burada T_{bh} (K) ortamın ısıtılması için gerekli havanın sıcaklığıdır. Ortama ait ısı yük ise $\dot{Q}_{yük} = -\dot{Q}_{sis}$ eşitliği ile elde edilir. Denklem (8)'de T_∞ yıl içindeki en düşük dış ortam sıcaklığıdır. İç ortam sıcaklığı T_o ise Denklem (4) ve (6)'dan çekilerek;

$$T_o^t = \frac{\sum_{i=1}^{N_{sl}} \dot{Q}_i^t + \dot{m}_{sis} C_p T_{bh}^t + \left(C_o \frac{dT_o}{dt} + \sum_{i=1}^{N_{yüzey}} h_i A_i T_{yi} + \sum_{i=1}^{N_{ortam}} \dot{m}_i C_p T_{oi} + \dot{m}_{inf} C_p T_\infty \right)^{t-\delta t}}{\frac{C_o}{\delta t} + \left(\sum_{i=1}^{N_{yüzey}} h_i A_i + \sum_{i=1}^{N_{ortam}} \dot{m}_i C_p + \dot{m}_{sis} C_p \right)} \quad (7)$$

denklemine göre hesaplanır. Bu denklemler ile ortamın ısıtma yükü hesaplanabilirken, soğutma yükü bu denklemlerde ısı geçiş yönü göz önünde bulundurularak hesaplanabilir. Binaların ısı yükleri bu denklemlerin eş zamanlı olarak çözülmesiyle elde edilmektedir. Tez çalışmasında bu denklemler DesignBuilder bina enerji simülasyon programı ile çözdürülmüştür. Program duvar konstrüksiyonlarında “Conduction Transfer Function (CTF)” algoritması ile çözüm yapmaktadır [235,236]. Bu algoritmaya göre iç ortama bakan yüzey için ısı akısı zaman bağımlı olarak;

$$q''_{ii}(t) = -Z_d T_{i,t} - \sum_{j=1}^{nz} Z_j T_{i,t-j\delta} + T_d T_{d,t} + \sum_{j=1}^{nz} Y_j T_{d,t-j\delta} + \sum_{j=1}^{nq} \Phi_j q''_{ii,t-j\delta} \quad (8)$$

ve dış ortama bakan yüzey için ısı akısı zaman bağımlı olarak;

$$q''_{id}(t) = -Y_o T_{i,t} - \sum_{j=1}^{nz} Y_j T_{i,t-j\delta} + X_d T_{d,t} + \sum_{j=1}^{nz} X_j T_{d,t-j\delta} + \sum_{j=1}^{nq} \Phi_j q''_{id,t-j\delta} \quad (9)$$

denklemlerine göre belirlenir. Burada;

- X_j : Dış CTF katsayısı, $j=0,1,\dots,nz$.
- Y_j : Çapraz CTF katsayısı, $j=0,1,\dots,nz$.
- Z_j : İç CTF katsayısı, $j=0,1,\dots,nz$.
- F_j : Akı CTF katsayısı, $j=0,1,\dots,nq$.
- T_i : İç yüzey sıcaklığı (K)
- T_d : Dış yüzey sıcaklığıdır (K).

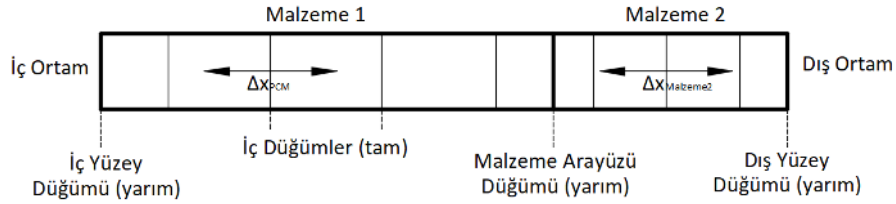
Duvar konstrüksiyonunda faz değiştiren malzeme kullanılması durumunda ise “Finite Difference” algoritması kullanılmaktadır [235,236]. Bu algorithmada;

$$C_p \rho x \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{t} = k_w \frac{T_{i+1}^{j+1} - T_i^{j+1}}{x} + k_E \frac{T_{i+1}^{j+1} - T_i^{j+1}}{x} \quad (10)$$

denklemini kullanılmaktadır. Burada;

T	: Düğüm sıcaklığı (K)
i	: Modellenen düğüm
$i + 1$	: Yapının iç kısmına bitişik düğüm
$i - 1$	: Yapının dış kısmına bitişik düğüm
$j + 1$	: Yeni zaman adımı
j	: Önceki zaman adımı
t	: Hesaplama zamanı (s)
x	: Katman kalınlığı (m)
C_p	: Malzemenin özgül ısısı (J/kgK)
k_w	: i düğümü ve $i + 1$ düğümü arasındaki malzeme için termal iletkenlik (W/mK)
k_E	: i düğümü ve $i - 1$ düğümü arasındaki malzeme için termal iletkenlik (W/mK).

Bu algoritmadaki düğüm tanımı Şekil 3.24'te verilmiştir [235,236].



Şekil 3.24. İletimle sonlu fark modeli için düğüm tanımı

Binanın ısıtılması ve soğutulması için tüketilen enerji ise Denklem (5) ve (7)'nin yıl boyu saatlik hesaplanmasıyla elde edilir. Buna göre binada ısıtma veya soğutma için yıllık enerji tüketimi;

$$\dot{Q}_{\text{tüketim}} = \frac{\sum \dot{Q}_{\text{saatlik,yük}} x \left(1 + \frac{IDK}{100}\right)}{COP} \quad (11)$$

denkleminde göre belirlenir. Burada;

$\dot{Q}_{tüketim}$: Yıllık enerji tüketimi (ısıtma / soğutma) (kWh/yıl)

$\dot{Q}_{saatlik,yük}$: Saatlik ısı yükü (kWh)

IDK : Isıtma / soğutma sistemi dağıtım kaybı

COP : Sistemdeki cihazın etkinlik katsayısıdır.

3.5.2. CO₂ Salınımı Hesabı

İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılabilmesi için ulusal, bölgesel ve yerel ölçekte daha sürdürülebilir, yenilenebilir ve sera gazları salınımının azaltıldığı binaların tasarlanması teşvik edilmektedir. Sera gazları içerisinde iklim değişikliğinde en etkili gaz CO₂ salınımıdır. AB’de CO₂ salınımının %36’sı binalardan kaynaklanmaktadır [239]. Binalarda tüketilen enerjiden kaynaklı CO₂ salınımı (kg/yıl);

$$E_{CO_2} = \sum (\dot{Q}_{tüketim} \times K_{CO_2}) \quad (12)$$

denklemine göre belirlenir. Burada K_{CO_2} dönüşüm katsayısıdır. Bu katsayı birincil enerji tüketiminde olduğu gibi yakıtın veya kaynağın cinsine bağlıdır ve ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir [167,211]. Türkiye için CO₂ salınımı dönüşüm katsayıları Tablo 3.42’de verilmiştir [238].

Tablo 3.42. Türkiye için CO₂ salınımı dönüşüm katsayıları

Fuel-oil	: 0.330	Kok	: 0.467
Doğalgaz	: 0.234	Talaş	: 0.004
Gaz (propan, metan, biyogaz)	: 0.33	Kütük, biokütle	: 0.014
Diğer fosil yakıtlar	: 0.320	Kayın kütüğü	: 0.013
Antrasit	: 0.394	Köknar kütüğü	: 0.020
Linyit	: 0.433	Elektrik	: 0.626

3.5.3. Global Maliyet Hesabı

Binaların enerji tüketimlerinin azaltılması için oluşturulan aktif ve pasif önlemlerin yalnızca binanın enerji tüketimini azaltması değil, aynı zamanda bu önlemlerin maliyet açısından da en iyi çözümü sunması gerekmektedir. EPBD binaların enerji tüketimlerinin ve

maliyetlerinin bir arada en uygun çözümünün bulunabilmesi için EN 15459 Bina Enerji Sistemleri için Ekonomik Değerlendirme Prosedürü'nü hesaplama yöntemi olarak sunmaktadır. Bu prosedür maliyet hesaplarının kullanımında iki yöntem sunmaktadır. Bu yöntemler eşdeğer yıllık ödeme ve net bugünkü değer yöntemidir. Eşdeğer yıllık ödeme yöntemi, herhangi bir maliyetin belirli bir zaman diliminde, yıllık gelir faktörü kullanılarak, ortalama yıllık maliyete dönüştürülmesi ile hesaplanmaktadır. Net bugünkü değer yöntemi ise uzun dönem projelerin, proje başlangıcındaki o güne ait değerinden hesaplanan nakit akışının karlı ya da zararlı olduğunun ölçülmesi için kullanılan yöntemdir. Global maliyet yöntemi olarak da bilinmektedir [74-76, 167,211,240]. Tez çalışmasında net bugünkü değer yöntemi kullanılmıştır. Global maliyet, işletim ve yatırım maliyetlerinin bugüne ait değerinin yaşam dönemi boyunca toplamıdır ve;

$$C_G(T) = C_I + \sum_{i=1}^T (C_a(i) \times f_{pv}(i)) - \sum_j V_{T-f}(j) \quad (13)$$

denklemleriyle hesaplanmaktadır [240]. Burada;

$C_G(T)$: Global maliyet (TL/hesaplama dönemi)

C_I : İlk yatırım maliyeti (TL)

$C_a(i)$: Yıllık maliyet (TL/yıl)

$f_{pv}(i)$: Şimdiki değer faktörü

$V_{T-f}(j)$: Bileşenin hurda değeridir (TL).

Yıllık maliyet; işletme maliyetleri, periyodik giderler ve yenileneme maliyetleri toplamıdır ve;

$$C_a(i) = C_r(i) + C_p(i) + C_{Rj,Tn} \quad (14)$$

denklemleriyle belirlenir [240]. Burada;

$C_a(i)$: Yıllık maliyet (TL/yıl)

$C_r(i)$: Yıllık işletme maliyeti (enerji maliyeti) (TL/yıl)

$C_p(i)$: Periyodik giderler (TL)

$C_{Rj,Tn}$: Yenileme maliyetidir (TL).

Uzun bir dönem için işletme maliyeti C_r ise;

$$C_r = C_p(i) \times f_{pv}(n) \quad (15)$$

denkleminde göre hesaplanmaktadır [240]. Burada $f_{pv}(n)$ şimdiki değer faktörüdür ve;

$$f_{pv}(n) = \frac{1 - (1 + R_R)^{-n}}{R_R} \quad (16)$$

denkleminde göre hesaplanmaktadır. Burada n yıl, R_R gerçek faiz oranıdır ve;

$$R_R = \frac{R - R_i}{1 + R_i} \quad (17)$$

denkleminde göre hesaplanmaktadır. Burada;

R_R : Gerçek faiz oranı

R : Piyasa faiz oranı

R_i : Enflasyon oranıdır.

Binalarda kullanılan sistemlerin ömür sürelerinin sonundaki yenileme maliyeti (TL);

$$C_{Rj,Tn} = C_l \times R_d(i) \quad (18)$$

denkleminde göre hesaplanmaktadır [240]. Binalarda kullanılan bazı sistemlere ait ömür süreleri Tablo 3.43'te verilmiştir [240].

Tablo 3.43. Binalarda kullanılan bazı sistemlere ait ömür süreleri

Ekipman	Ömür süresi
Hava şartlandırma üniteleri	: 15 yıl
Kazan (konvansiyonel ve yoğunlaşmalı doğalgaz kazanı, katı yakıtlı kazanlar)	: 20 yıl
Elektronik üniteler	: 30 yıl
Elektrikli ısıtıcı	: 20-25 yıl
Fan coil üniteleri	: 15 yıl
Fan	: 15-20 yıl
Isı pompası	: 15-20 yıl
Isı geri kazanım cihazları	: 15 yıl
Panel radyatörler	: 30-40 yıl
Güneş ve PV kollektörler	: 15-25 yıl
Kullanım sıcak suyu tankı	: 20 yıl

Denklem (18)'de $R_d(i)$ indirim oranıdır ve;

$$R_d = \left(\frac{1}{1 + R_R} \right)^p \quad (19)$$

denkleminde göre hesaplanmaktadır. Burada;

- p : Başlangıç yılından itibaren geçen yıl sayısı
 R_R : Gerçek faiz oranıdır.

Tez çalışmasının amacı binaların enerji tüketimi ve CO₂ salınımının global maliyet göz önünde bulundurularak azaltılmasıdır. Bu doğrultuda bu bölümde verilen denklemlerin yıllara göre oluşturulan öneriler doğrultusunda optimize edilmesi gerekmektedir. Çalışmada optimizasyonun amaç fonksiyonu olan birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet denklemleri eş zamanlı olarak DesignBuilder bina enerji simülasyon programı ile hesaplatılmıştır.

3.6. Optimizasyon ve Değerlendirme

Optimizasyon, bir sistem içinde bulunan kaynak verimlerinin en yüksek değerlerde kullanımı ile belirlenen amaçlara ulaşılması olarak tanımlanmaktadır. Optimizasyon ile bir probleme ait verilerin en iyi sonuca ulaşması ya da yaklaşması sağlanır [282]. Optimizasyon teknolojisi bir probleme ait karar verme süresini ve karar kalitesini artırmaktadır [283].

Optimizasyon konusunda yapılan çalışmaların ilki bu teknolojinin modellenmesi ile ilgilidir. Bu konudaki ilk çalışma Leontief tarafından ticaret ve ekonomi modellemesi için yapılmıştır [284]. Daha sonra üretim planlaması, ulaşım, ekonomi gibi pek çok alanı ele alan çalışmalar yapılmıştır [285-287]. Optimizasyon problemlerinin iki ana bileşeni modelleme ve çözümlenmedir. Modelleme problemin matematiksel olarak ifadesi, çözümlenme ise problemin en iyi çözümünün elde edilmesidir [288]. Kurulan bu matematiksel modelde amaç fonksiyonu, amaç fonksiyonunun girdileri için tasarım değişkeni bulunmaktadır. Bu amaç ve belirleyici kısıtlar için en uygun çözüm eldesi optimizasyon ile sağlanmaktadır [289-292]. Amaç fonksiyonu, bir optimizasyonun matematiksel ifadesinde optimizasyon yapılacak olan büyüklüktür. Amaç fonksiyonu farklı çözümleri karşılayabilmeli ve problemin çözümünde en düşük ya da en yüksek değeri aramaktadır. Tasarım değişkeni, amaç fonksiyonunda tanımlı olan optimizasyon probleminin bağımsız değişkenlerini temsil eden parametredir. Kısıtlayıcılar ise, karar değişkenlerinin birbiri ile ilişkilerini temsil eden ve çözümün karşılanması gereken eşitlik ya da eşitsizlik denklemleri olarak tanımlanan matematiksel ifadelerdir. Bir optimizasyon probleminin matematiksel ifadesi [292-294];

$$\text{Minimize ya da Maksimize } f_x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$$

Kısıtlayıcı

$$g_j(x) \leq 0 \quad j = 1, \dots, m$$

$$h_k(x) = 0 \quad k = 1, \dots, l$$

denklemine göre belirlenir. Burada;

x : tasarım değişkenleri

f_x : amaç fonksiyonu

$g_j(x)$: eşitsizlik kısıtlayıcıları

$h_k(x)$: eşitlik kısıtlayıcıları

Optimizasyon problemleri birbirlerinden farklı özellikler gösterebilmektedir. Literatürde optimizasyon problemleri karakteristik özelliklerine göre; tasarım değişkeni sayısı, problem formülasyonu, amaç ve kısıtlayıcı fonksiyonlar ve tasarım değişkenlerinin türü olarak sınıflandırılabilir. Bu problemler ayrıca kendi aralarında tek değişkenli,

çok değişkenli, sınırlı, sınırsız, doğrusal, kuadratik, doğrusal olmayan, tamsayı ve sürekli olarak da sınıflandırılmaktadır. Optimizasyon problemlerine ait sınıflandırmalar Tablo 3.44’de verilmiştir [292-294].

Tablo 3.44. Optimizasyon problemlerinin sınıflandırılması

Karakteristik	Sınıflandırma
Tasarım değişkeni sayısı	Tek değişkenli
	Çok değişkenli
Problem formülasyonu	Sınırlı
	Sınırsız
Amaç ve kısıtlayıcı fonksiyonlar	Doğrusal
	Kuadratik
	Doğrusal olmayan
Tasarım değişkenlerinin türü	Tamsayı
	Sürekli

Optimizasyon problemlerinin çözümü için geliştirilen algoritmalar genel olarak deterministik (belirli) ve buluşsal (sezgisel) optimizasyon algoritmaları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Deterministik algoritmalar amaç fonksiyonunun eğimini kullanarak global optimum çözümü bulmaya çalışırken, stotastik algoritmalar ise sezgisel çözüm yöntemleri kullanarak global optimum çözümü bulmayı amaçlamaktadır [295,296].

Meta-sezgisel algoritmalar stotastik optimizasyon algoritmalarıdır. Bu algoritmada çözüm üretilebilmesi için yapılan işlemlerin çoğu doğada mevcut olan süreçlerden ilham alınarak geliştirilmiştir. Meta-sezgisel algoritmalar bu nedenden dolayı doğal optimizasyon algoritmaları olarak da adlandırılmaktadır [297]. Örneğin sürü zekasından ilham alarak geliştirilen algoritmalar kuşlar ve böcekler gibi hayvanların davranışlarının taklit edilmesi ile oluşturulmuştur [298]. Bu meta-sezgisel algoritmaların bazıları genetik algoritmalar, parçacık sürüsü optimizasyon algoritması, karınca koloni optimizasyon algoritması, ateşböceği algoritması, diferansiyel evrim algoritması, kurt kolonisi algoritması ve süpernova algoritmasıdır [297,299-305].

Bina enerji performansı değerlendirmelerinde dikkate alınan ısıtma, soğutma, aydınlatma enerjisi vb. ihtiyaçlarının en aza indirilebilmesi amacıyla meta-sezgisel tabanlı genetik algoritmalar ile çok amaçlı çalışmalar yapılabilmektedir [306]. Genetik algoritma meta-sezgisel tabanlı bir algoritmadır ve meta-sezgisel tabanlı algoritmaların yaşam döngüsü iki adımda özetlenmektedir [306,307]. Meta-sezgisel arama algoritmalarının genel adımları Algoritma-1’de verilmiştir. Meta-sezgisel algoritmaların yaşam döngüsünde ilk

adım seçim sürecidir. Algoritmanın seçim sürecinde P_k adayları P -Popülasyon ‘undan seçilir. Burada k seçilecek aday sayısıdır [308].

Algoritma-1

begin

P: rastgele çözüm aday popülasyonunun oluşturulması

for $i=1 : n$ (çözüm aday sayısı) **do**

F: adayların uygun değerinin değerlendirilmesi

end

while (arama süreci yaşam döngüsü) **do**

Seçim yöntemi: çözüm adaylarının seçimi

P-popülasyonu üyelerinden arama

sürecinin yönlendirilmesi, $P_k \in P, (k < n, (k, n) \in N^+$

Arama operatörleri:

İşletme (P_k çevresinde komşu araması)

Arama (P_k kullanılarak arama adayında çeşitlilik)

end

end

Genetik algoritma, Darwin'nin doğal seleksiyon teorisi ve Mendel'in genetik ile ilgili teorisinden ilham alınarak Holland tarafından 1975 yılında geliştirilmiştir [330]. Genetik algoritma, mimarlık alanında optimizasyon için en yaygın kullanılan algoritmalarından biridir. Genetik algoritmanın işleyiş adımları Algoritma-2’de verilmiştir.

Algoritma-2

```

{
Popülasyon başlama;
Popülasyon değerlendirme;
while Sonlandırma kriterleri karşılamadığında
    {
        üreme için ebeveynlerin seçimi;
        çaprazlama ve mutasyonların gerçekleştirilmesi;
        popülasyon değerlendirme;
    }
}

```

Genetik algoritma doğrusal olmayan problemlerin çözümünde etkilidir [309]. Genetik algoritma doğadaki evrim sürecini simüle etmektedir. Bu algorithma amaç fonksiyonu geniş bir aralıkta aranmakta ve çok sayıda parametre ile çalışılabilmektedir. Karmaşık amaç fonksiyonları bulunan problemlerde birden fazla parametre ile optimum çözümler elde edilmektedir [310]. Optimizasyon problemleri tek ve çok amaçlı olarak ayrılabilir [311]. Tek amaçlı optimizasyonun çözümü tektir. Ancak çok amaçlı fonksiyonlarda çözüm tek değildir. Bir optimizasyon probleminde amaç fonksiyonunun birden fazla olması ve bu fonksiyonların aynı zamanda bir sistem içinde optimize edilmesi çok amaçlı optimizasyon olarak adlandırılmaktadır [312]. Diğer bir yandan tek ve çok amaçlı optimizasyon birbirlerinden tek amaçlı optimizasyonun tek bir optimum çözüm, çok amaçlı optimizasyonun ise birden fazla çözüm bulması ile de ayrılmaktadır. Çok amaçlı optimizasyonda elde edilen birden fazla çözümlerden oluşan set Pareto Optimal Set olarak adlandırılmaktadır [215]. Çözümü tek olmayan fonksiyonlarda pareto optimal çözüm ile algoritmanın tüm hedefleri aynı anda optimize edilir. Bu sayede baskın olmayan optimal çözümler elde edilebilir [313]. Pareto çözümleri için; pareto bireylerine aynı sıralamayı atamak veya hakim olduğu bireylerin sayısını atayarak bir sıralama atamak, turnuva seçimi, pareto rezervasyon stratejisi, pareto-optimal seçim yöntemi ve baskın olmayan sıralama genetik algoritması gibi farklı yaklaşımlar vardır [314-321]. Pareto optimal çözümler, baskın olmayan çözümler verebilmektedir. Bu nedenle diğer çözümlerin hakimiyetinde değildir. Pareto optimal çözüm, karar vericilerin en iyi alternatifler arasında karar vermesine de

yardımcı olmaktadır [215]. Pareto temelli yaklaşımda bastırılmamış çözümler kümesi elde edilmek amaçlanır. Pareto temelli yaklaşım Pareto Optimal kavramına dayanmaktadır [289].

Çok amaçlı optimizasyon olan değerlendirme (birleştirme) fonksiyonları, çok amaçlı optimizasyonların çözümünde her bir amacı tek bir sayısal değerde toplamaktadır. Ayırıştırma temelli yaklaşımda her bir amaç alt popülasyonlara bölünmektedir [289, 322]. Çok amaçlı optimizasyon algoritmalarından bazıları; NSGA II, SPEA2 pareto tabanlı, IBEA, SMS-MOEA gösterge tabanlı ve MOEA/D, MOEA/D-IR algoritmalarıdır [312,323-327]. Çok amaçlı optimizasyon algoritmaları arasında en başarılı algoritmalarından biri Bastırılmamışlık Sıralamalı Genetik Algoritma-II (NSGA II)'dir [289]. NSGA II algoritması genetik algoritmanın 2000 yılında geliştirilmiş verimli bir varyasyonudur [215,216]. NSGA II algoritması çözümlerinde, hesap karmaşıklığını azaltarak daha hızlı ve baskınlığı olmayan bir sıralama önermektedir. Ayrıca ebeveyn nesli çocuk nesille birleştiren ve daha sonra mükemmel bireylerin evrim sürecinde atılmamasını sağlamak için gelecek nesli rekabet yoluyla üreten bir turnuva seçim stratejisi sunmaktadır. NSGA II algoritmasının çalışma süreci Şekil 3.25'te verilmiştir [217].



Şekil 3.25. NSGA II algoritmasının çalışma süreci

NSGA II algoritmasının önemli süreçlerinden biri kalabalıklaşma mesafesidir. Bu algoritma kalabalıklaşma mesafesini karşılaştırma kriteri olarak kullanmaktadır. Bu şekilde popülasyon çeşitliliği sağlanmaktadır. Kalabalıklaşma mesafesinden dolayı NSGA II

algoritması, çok amaçlı optimizasyon için en verimli algoritmalarından biri olarak kabul edilmiştir [328]. NSGA II algoritmasının kalabalıklaşma mesafesi;

$$L_d = f_d + \frac{f_m(i+1) - f_m(i-1)}{f_m^{max} - f_m^{min}} \quad (20)$$

denkleminde göre belirlenir. Burada;

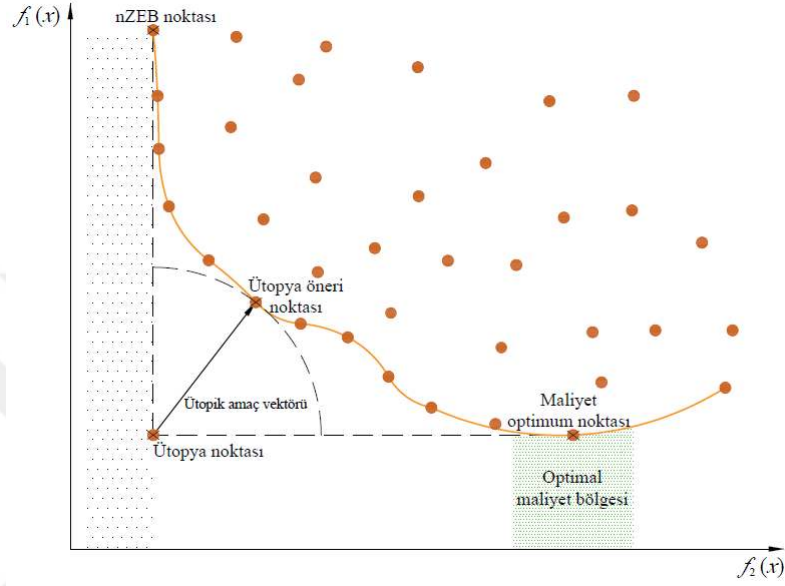
- L_d : kalabalıklaşma mesafesi
- $f_m(i+1)$: $(i+1)$ 'inci amaç fonksiyon değeri
- $f_m(i-1)$: $(i-1)$ 'inci amaç fonksiyon değeri
- f_m^{max} : amaç fonksiyonunun maksimum değeri
- f_m^{min} : amaç fonksiyonunun minimum değeridir [218].

Bir NSGA II optimizasyon probleminin tanımlanmasında; tasarım değişkenleri, amaç fonksiyonları ve NSGA II algoritmasının parametre ayarları kullanılmaktadır. Tasarım değişkenleri optimizasyonun yapılmasının istendiği ürüne ilişkin nitel ve nicel özelliklerdir. Bu değişkenler bir binanın enerji performansını etkileyen parametreler olarak ele alındığında binanın konumu, yönü, kabuk özellikleri vb. gibi sıralanabilmektedir. Amaç fonksiyonları ısıtma, soğutma, aydınlatma vb. için tüketilen enerjinin minimum ya da maksimum değerinin elde edilmesini içermektedir. NSGA II algoritmasının parametre ayarlarında ise; popülasyon boyutu, çaprazlama oranı, mutasyon oranı ve iterasyon sayısı önemli parametrelerdir [217]. Çaprazlama oranı optimizasyon süresince baskın geçiş operatörünü kontrol etmektedir. Çaprazlamanın yüksek olması, nesillerin tamamen geçişini sağlayabilir ancak bu durumda mükemmel bireylere zarar verme olasılığı artmaktadır. Düşük olduğunda evrimin yavaş olmasına yol açmaktadır. Çaprazlamanın çok düşük olması durumunda ise, algoritma durgunlaşmaktadır bu nedenle çaprazlama için önerilen değer 0.4-0.99 aralığındadır [329]. NSGA II ayarlarında etkili olan diğer bir parametre mutasyon oranıdır. Bu oran geçiş süresinde kaybolabilecek bazı genlerin onarılmasını ve geçişin sağlanmasına yardımcı olabilecek mutasyon işleminin sıklığını kontrol etmektedir. Mutasyon oranının yüksek olması popülasyonun çeşitliliğini artırmaktadır. Ancak bu durumda mükemmel bireyler yok edilebilir. Mutasyon oranının çok düşük olması durumunda ise olgunlaşmamış yakınsama çok daha kolay gerçekleşir bu nedenle mutasyon oranı değerinin 0.0001 ~ 0.1 aralığında olması önerilmektedir [329]. NSGA II ayarlarında etkili olan bir diğer parametre

popülasyon sayısıdır. Popülasyon sayısı algoritmanın yakınsamasını ve hesaplama verimliliğini etkilemektedir [329]. Popülasyon sayısının küçük olması kolay yerel yakınsamaya neden olurken, büyük olması ise hesaplama hızını azaltır. Popülasyon boyu için 10 ~ 200 değer aralığı önerilmektedir. Ayrıca bazı çalışmalarda popülasyon büyüklüğünün tasarım değişkenlerinin 2 ~ 6 katı olabileceğini belirtmiştir [68]. NSGA II ayarlarında etkili olan diğer bir parametre ise iterasyon sayısıdır. İterasyon sayısı algoritmanın yakınsamasını ve hesaplama verimliliğini etkilemektedir [329]. Bu sayının ve süresinin ayarlanması, genellikle algoritmanın güvenilirliği ve hesaplama süresi dikkate alınarak yapılmaktadır. Genetik algoritma rastgele çalışan bir algoritmadır. Bu algoritmanın sonlandırma koşulu çoğunlukla iterasyon sayısının önceden ayarlanması veya belirli bir problemde popülasyondaki optimal bireyin performansını test etme koşuludur. Genel olarak iki durdurma kriteri kullanılır. Bu kriterlerden ilki algoritma neslinin 50'yi aşması, ikincisi ise uygunluk işlevinin ortalama bağıl değişikliği varsayılan toleransın $1e-6$ 'dan daha düşük olmasıdır [331]. NSGA II ayarlarında etkili olan bu parametreler farklı optimizasyon problemlerinde değişiklik gösterebilmektedir [217].

Bina tasarımlarının optimizasyonunda çok amaçlı optimizasyon çalışmaları 1980 yıllarında başlamıştır [332]. Binaların tasarım parametrelerinin optimizasyon çalışmasından sonra pareto çözümleri elde edilmektedir [217]. En iyi alternatifler setini sunan pareto optimal çözümler pareto front olarak adlandırılmaktadır [215]. Optimizasyon çalışmaları sonucunda elde edilen pareto optimal çözümler, bina tasarımcılarının tercihine bağlı olarak farklı çözümler sunmaktadır. Bu sayede binaların erken tasarımında bu çözümler rehberlik sağlamak açısından önem taşımaktadır [217]. Çok amaçlı optimizasyon çalışmalarında tasarımcılara sağladığı yararlar sayesinde pareto optimal çözümler diğer çözümlere göre daha fazla kullanılmaktadır [333-336]. Bu çözümler içerisinde problemin amacına uygun olarak seçim yapılması gerekmektedir. Tez çalışmasında bu seçim genel olarak üç nokta üzerinden yapılmıştır. Bu noktalardan biri nZEB noktasıdır. nZEB binalar enerji ihtiyacı oldukça düşük olan ve yüksek enerji performansı gösteren binalardır [75]. Diğer nokta ütopya noktasıdır. Ütopya noktası, her iki amaç fonksiyonunda elde edilmek istenen en uç değerdir. Bu nokta çok amaçlı optimizasyon problemlerinde elde edilemez ancak çözüme aday noktalar arasında bir referans olarak kullanılabilir [215]. Bu nokta referans alınarak çizilen bir vektör (ütöpik amaç vektörü) yardımıyla amaç fonksiyonu bileşenlerinin her biri için ideal bir çözüm sunan ve pareto front hattı üzerinde bulunan bir nokta belirlenir. Tez çalışmasında bu nokta ütopya öneri noktası olarak adlandırılmıştır. Seçim noktalarından

sonuncusu ise maliyet optimum noktasıdır. Tez çalışmasında bu nokta, ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin bugünkü değerinin yaşam dönemi boyunca olan toplamı (global maliyet) en düşük olan öneriyi göstermektedir [240]. Optimizasyon sonunda pareto front hattı üzerinde yer alan nZEB, ütopya ve maliyet optimum noktalar Şekil 3.26’da verilmiştir.



Şekil 3.26. nZEB, ütopya ve maliyet optimum noktalar

Tez çalışmasında çok amaçlı optimizasyon problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan NSGA II kullanılmıştır. Optimizasyonun amaç fonksiyonu, kısıtları ve tasarım parametreleri ve optimizasyon parametre ayarları Tablo 3.45’te verilmiştir. Bu tabloda yer alan tasarım parametrelerinin tamamı her bir ilde ve her bir dönemde kullanılmamıştır. Bina ömrü tamamlanmayan dönemlerde bina formu, ısıtma ve soğutma sistemlerinin ömrünün tamamlanmadığı dönemlerde mekanik sistemler, soğuk iklim bölgelerinde gölgeleme elemanı vb. kullanılmayan tasarım parametreleri olmuştur. Bu nedenle optimizasyon yapılırken herhangi bir kısıtlayıcı fonksiyon kullanılmamıştır.

Tablo 3.45. Çalışmanın amaç fonksiyonu, kısıtları ve tasarım değişkenleri

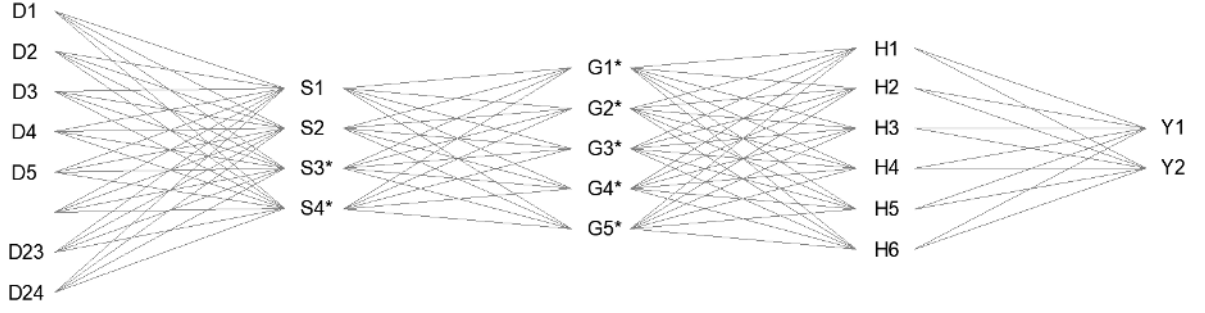
Amaç Fonksiyon	$f(x) = [f_1(x), f_2(x), f_3(x)]$ fonksiyonunun minimum değeri $f_1(x) = \dot{Q}_{\text{birincil enerji tüketimi}} = \sum (\dot{Q}_{\text{tüketim}} x_{K_{BE}})$ $f_2(x) = E_{CO_2} = \sum (\dot{Q}_{\text{tüketim}} x_{K_{CO_2}})$ $f_3(x) = C_G(T) = C_I + \sum_{i=1}^T (C_a(i) x_{f_{pv}}(i)) - \sum_j V_{T-f}(j)$ $f_1(x)$: Birincil enerji tüketimi (kWh/yıl) (Denklem 11) $f_2(x)$: CO ₂ salınımı (kg/yıl) (Denklem 12) $f_3(x)$: Global maliyet (TL/hesaplama dönemi) (Denklem 13)		
Kısıt	Yok		
Tasarım Parametreleri	$f_1(x) = (x_1, x_2, x_3 \dots x_n)^T$ $f_2(x) = (x_1, x_2, x_3 \dots x_n)^T$ $f_3(x) = (x_1, x_2, x_3 \dots x_n)^T$ Burada $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ değişkenleri; D1, D2, D3 ... D12 : Isı yalıtım kalınlığı değişimi D13, D14, D15... D24 : Isı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi S1, S2, S3, S4 : Camlara film eklenmesi G1, G2, G3, G4, G5 : Gölgeleme elemanı kullanımı H1, H2, H3, H4, H5, H6 : Mekanik sistem değişimi Y1, Y2 : Yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı		
Popülasyon Boyutu	Maksimum Popülasyon	Mutasyon Oranı	Çaprazlama
20	100	0.4	0.99

Tez çalışmasında optimizasyonun amaç fonksiyonu; birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet değerlerinin minimum değerlerini bulmak iken tasarım değişkenleri; ısı yalıtım kalınlığı değişimi, ısı yalıtım kalınlığı değişimi ve FDM eklenmesi, camlara film eklenmesi, gölgeleme elemanı kullanımı, mekanik sistem değişimi ve yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımıdır. Optimizasyonda kısıt tanımlanmamıştır. Optimizasyon sonunda pareto front hattı üzerinde çıkan öneriler; nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneri olarak değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Tez çalışmasında Türkiye ve Avrupa’da binaların enerji tüketiminin azaltılması için yapılan çalışmalar, plan ve stratejiler doğrultusunda binaların enerji performanslarının artırılması konusunda çalışılmıştır. Bu doğrultuda tezin amacı Türkiye’nin uzun dönem enerji plan ve stratejilerde belirtilen hedeflere ulaşabilmesi için, mevcut ve yeni yapılacak binalarda birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimum bina kabuğu, mekanik sistem ve bina formu gibi tasarım parametreleri ile oluşturulan önerilerin iklim değişikliği göz önüne alınarak belirlenmesi ve bu öneriler ile binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımının yıllara göre aşamalı olarak azaltılmasıdır. Bu amaca ulaşabilmek için Türkiye’nin bütün coğrafi bölgeleri ve iklim tiplerini temsil etmesi için coğrafi bölgelerden yıllık ortalama dış ortam sıcaklığı en düşük ve en yüksek olmak üzere ikişer il (toplam 14) çalışma illeri olarak seçilmiştir. Bu illerde bulunan ve TOKİ tarafından inşa edilen binalar referans olarak kabul edilmiştir. Bu binalar için iklim değişikliği, kullanıcıların gelecekteki eğilimleri ve teknolojik gelişmeler göz önünde bulundurularak bina kabuğu, mekanik sistem ve bina formu başlıkları altında tasarım parametreleri oluşturulmuştur. Bu parametreler referans binalara uygulanarak binaların birincil enerji tüketimleri, CO₂ salınımları ve her bir tasarım parametresinin uygulanması durumunda global maliyetler bina enerji simülasyon programı kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar NSGA-II yöntemiyle birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimize edilmiştir. Sonuç olarak, mevcut ve yeni yapılacak binalarda birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimum bina kabuğu, mekanik sistem ve bina formu gibi tasarım parametreleri ile oluşturulan öneriler iklim değişikliği göz önüne alınarak her bir il için belirlenmiştir.

Tez çalışmasında kullanılan tasarım parametreleri Bölüm 3.4’te belirlenmiştir. Bu tasarım parametrelerinin farklı kombinasyonları ile oluşan öneriler her bir il için ayrı ayrı uygulanmıştır. TS 825’te belirtilen derece gün bölgelerinden I. derece gün bölgesi dışında, binalarda soğutma yapılmamıştır. Bu nedenle gölgeleme elemanı I. derece gün bölgesi dışındaki bölgelerde tasarım parametresi olarak kullanılmamıştır. Ayrıca cam filmi için soğutma yapılan ve yapılmayan illerde farklı modeller kullanılmıştır. Bu kısıtlar göz önünde bulundurularak oluşabilecek kombinasyonlar Şekil 4.1’de verilmiştir.



* Soğutma yapılmayan illerde kullanılmayan tasarım parametreleri

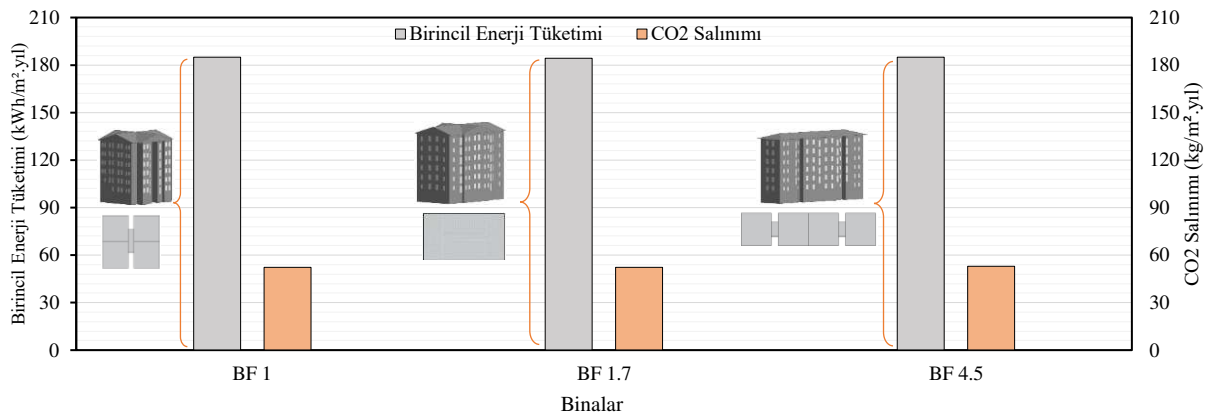
Şekil 4.1. Tasarım parametreleri ile oluşturulacak öneri kombinasyonları

Bu önerilerin sayıları her bir dönemde, bir önceki dönem seçilen tasarım parametrelerine bağlı olarak artmakta veya azalmaktadır. Mekanik sistemlerin ömür süreleri yirmi yıl kabul edilmiştir (Tablo 3.43). Bu nedenle bir önceki dönemde mekanik sistem grubunda bulunan tasarım parametreleri seçildiyse bir sonraki dönem tekrar tasarım parametresi olarak kullanılmamaktadır. Bina formu grubundan seçilen bir tasarım parametresi, binanın ömrü boyunca tekrar tasarım parametresi olarak kullanılmamaktadır. Bu kısıtlamalar göz önünde bulundurularak 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde optimizasyonlar yapılmıştır. Her bir dönemde çıkan optimizasyon sonuçları nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneri olarak kategorize edilmiştir. Bu önerilerden biri veya pareto front hattı üzerinde bulunan başka bir pareto optimal öneri dönemin önerisi seçilmiştir. Seçim kriteri ise tez çalışmasının amacı olan binalarda birincil enerji tüketiminin ve CO₂ salınımının yıllara göre aşamalı olarak azaltılmasına göre belirlenmiştir. Buna göre eğer maliyet optimum öneri çalışmanın amacını karşılıyorsa dönemin önerisi olarak seçilmiştir. Sağlamadığı durumlarda ise pareto front hattı üzerinde bulunan başka bir pareto optimal öneri dönemin önerisi seçilmiştir. Bu bölümde her bir ile ve her bir döneme ait bulgular ve seçilen dönemin önerisi illere göre verilmiştir.

4.1. Antalya İline Ait Bulgular

Antalya’da bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.1’den Tablo 4.7’ye kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

Antalya ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2018 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2070 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2070 yılına kadar çalışılmamıştır. 2070 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2070 yılından önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 1.7 için çıkmıştır (Şekil 4.1). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 1.7 kullanılmıştır.



Şekil 4.2. Antalya yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.1. Antalya 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						pV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü								
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	5760							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
49				D23.S4.G5.H6.Y2				D6.S3.G5.H6.Y1*				D5*.S1*.G1*.H1*.Y1*				D5*.S1*.G4.H1*.Y1*											

Tablo 4.2. Antalya 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler																Bina Formu							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgelene Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü	Öneri Sayısı							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H																Y	-	1152					
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	1152							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
48				D22.S4.G4*.H6.Y2				D5*.S3.G4*.H6.Y1*				D5*.S1.G4*.H1*.Y1*				D5*.S1.G4*.H4.Y1*											

Tablo 4.3. Antalya 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü								
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	192							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
20				D24.S4.G4*.H4*.Y2				D12.S4.G4*.H4*.Y2				D5*.S1*.G4*.H4*.Y1*				D5*.S3.G4*.H4*.Y1*											

Tablo 4.4. Antalya 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu	Öneri Sayısı								
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Biçim Faktörü							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y		-							
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-									

Optimizasyon Sonuçları																		

Öneriler				
Pareto Optimal Öneri Sayısı	nZEB Öneri	Ütopya Öneri	Maliyet Optimum Öneri	Seçilen Öneri
22	D24.S3*.G4*.H6.Y2	D12.S3*.G4*.H6.Y1*	D5*.S3*.G4*.H1.Y1*	D5*.S3*.G4*.H6.Y1*

Tablo 4.5. Antalya 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	48							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
17				D24.S3*.G4*.H6*.Y2				D5*.S3*.G4*.H6*.Y2				D5*.S3*.G4*.H6*.Y1*				D5*.S3*.G4*.H6*.Y2											

Tablo 4.6. Antalya 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü								
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	•	2880						
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
70				D24.S4.G5.H6.Y2*				D1.S1*.G1*.H5.Y2*				D1.S1*.G1*.H1.Y2*				D5.S1*.G5.H6.Y2*											

Tablo 4.7. Antalya 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																					
2020-2029			2030-2039			2040-2049			2050-2059			2060-2069			2070-2079			2080-2089			
																		BİNA YENİLEME			
Tasarım Parametreleri																					
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı	
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü		
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası					
D	S	G	H														Y	-			
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-		

Optimizasyon Sonuçları

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m².yıl)

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Seçilen Ütopya

Maliyet Optimum

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

CO2 Salınımı (kg/m².yıl)

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Seçilen Ütopya

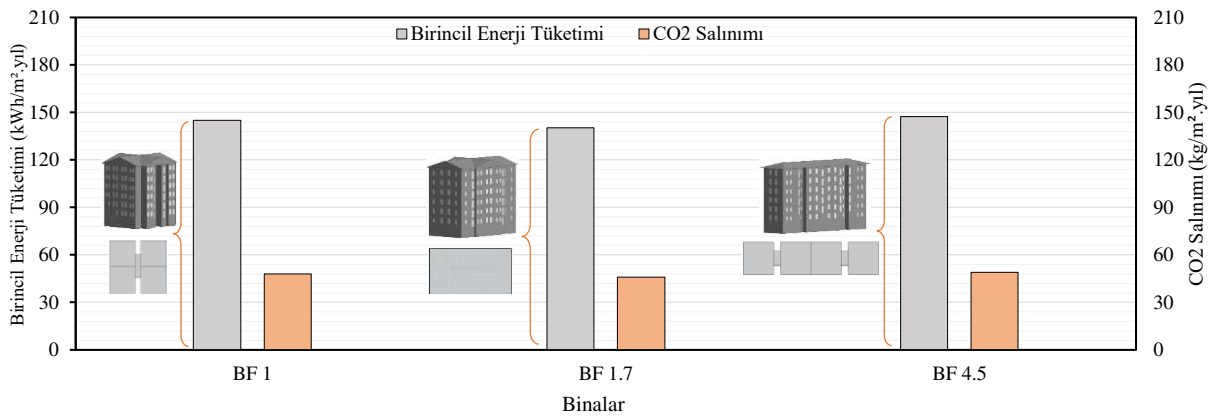
Maliyet Optimum

Öneriler				
Pareto Optimal Öneri Sayısı	nZEB Öneri	Ütopya Öneri	Maliyet Optimum Öneri	Seçilen Öneri
26	D24.S4.G5*.H6*.Y2	D5*.S1*.G5*.H6*.Y2	D5*.S1*.G5*.H6*.Y1*	D5*.S4.G5*.H6*.Y2

4.2. Isparta İline Ait Bulgular

Isparta’da bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.8’den Tablo 4.14’e kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

Isparta ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2016 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2070 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2070 yılına kadar çalışılmamıştır. 2070 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2070 yılında önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 1.7 için çıkmıştır (Şekil 4.2). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 1.7 kullanılmıştır.



Şekil 4.3. Isparta yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.8. Isparta 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü	Öneri Sayısı							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	576								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
21				D24.S1*.H6.Y2				D4*.S1*.H6.Y1*				D4*.S1*.H4.Y1*				D4*.S1*.H4.Y1*											

Tablo 4.9. Isparta 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü								
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
19				D24.S1*.H4*.Y2				D9.S1*.H4*.Y2				D4*.S1*.H4*.Y1*				D4*.S1*.H4*.Y2											

Tablo 4.10. Isparta 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Biçim Faktörü		Öneri Sayısı	
								Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası							
D		S		G		H														Y		-					
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288				
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
12				D24.S1*.H6.Y2*				D4*.S1*.H5.Y2*				D4*.S1*.H4.Y2*				D4*.S1*.H4.Y2*											

Tablo 4.11. Isparta 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																				
2020-2029			2030-2039			2040-2049			2050-2059			2060-2069			2070-2079			2080-2089		
BİNA YENİLEME																				
Tasarım Parametreleri																				
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler													Bina Formu		Öneri Sayısı	
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fıfımı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü		
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası				
D	S	G	H													Y	-			
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-		
96																				
Optimizasyon Sonuçları																				
Öneriler																				
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri				
18				D24.S1*.H4*.Y2				D5.S1*.H4*.Y2				D4*.S1*.H4*.Y1*				D4*.S1*.H4*.Y2				

Tablo 4.12. Isparta 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
12				D24.S1*.H6.Y2*				D4*.S1*.H6.Y2*				D4*.S1*.H4.Y2*				D4*.S1*.H6.Y2*											

Tablo 4.13. Isparta 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi

2020-2029

2030-2039

2040-2049

2050-2059

2060-2069

2070-2079

2080-2089

BİNA YENİLEME

Tasarım Parametreleri

Bina Kabuğu

Mekanik Sistemler

Bina Formu

Isı Yalıtım Kalınlığı

Faz Değiştirilen Malzeme

Cam Filmi

Gölgeleme Elemanı

Isıtma Sistemi

Soğutma Sistemi

Kullanım Sıcak Suyu Sistemi

PV Paneller ile Elektrik Üretimi

Biçim Faktörü

D

S

G

H

Y

-

•

•

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

•

•

96

Optimizasyon Sonuçları

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

42

36

30

24

18

12

6

0

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya / Seçilen

Maliyet Optimum

30

60

90

120

150

180

Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m².yıl)

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

42

36

30

24

18

12

6

0

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya / Seçilen

Maliyet Optimum

0

14

28

42

56

70

CO2 Salınımı (kg/m².yıl)

Öneriler

Pareto Optimal Öneri Sayısı

nZEB Öneri

Ütopya Öneri

Maliyet Optimum Öneri

Seçilen Öneri

25

D24.S1*.H6*.Y2

D12.S1*.H6*.Y2

D1.S1*.H6*.Y1*

D12.S1*.H6*.Y2

Tablo 4.14. Isparta 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

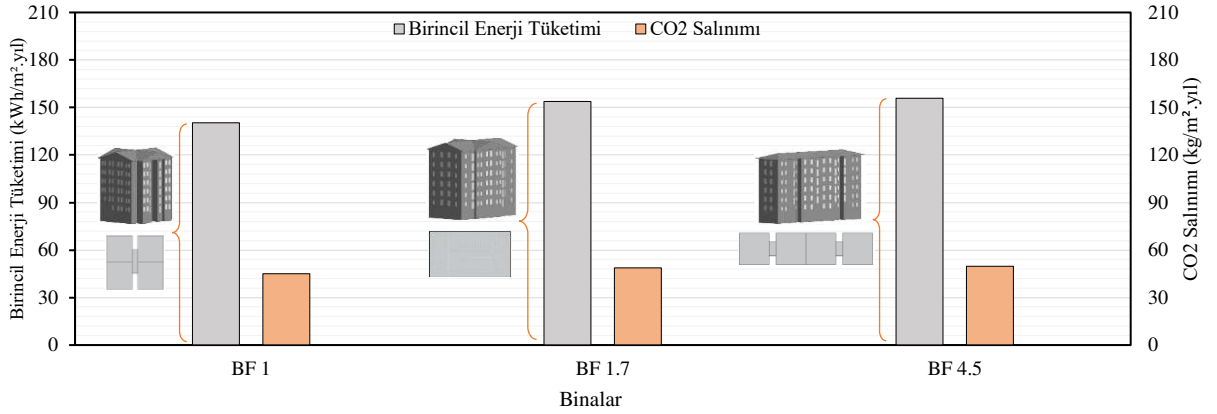
Çalışma Dönemi																														
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089						
																				BİNA YENİLEME										
Tasarım Parametreleri																														
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler																Bina Formu										
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değişiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Bıçım Faktörü		Öneri Sayısı				
Katı Yakıt		Güneş En. Katı Yakıt		Doğalgaz		Güneş En. Doğalgaz		Isı Pompası		Güneş En. Isı Pompası		Elektrik		Isı Pompası		Elektrik		Doğalgaz		Güneş En. Doğalgaz		Isı Pompası		Güneş En. Isı Pompası			PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Bıçım Faktörü	
D		S		G		H																Y		-			-			
•		•		-		-		•		•		•		•		•		•		•		•		•			-		-	

Optimizasyon Sonuçları																			
Öneriler																			
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri			
4				D24.S1*.H6.Y2*				D12*.S1*.H6.Y2*				D12*.S1*.H4.Y2*				D12*.S1*.H6.Y2*			

4.3. Malatya İline Ait Bulgular

Malatya’da bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.15’ten Tablo 4.21’e kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

Malatya ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2004 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2060 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2060 yılına kadar çalışılmamıştır. 2060 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2060 yılında önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 1 için çıkmıştır (Şekil 4.4). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 1 kullanılmıştır.



Şekil 4.4. Malatya yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.15. Malatya 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																BİNA YENİLEME											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değişiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Bijim Faktörü	Öneri Sayısı					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	576							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
16				D24.S1*.H6.Y2				D7*.S1*.H6.Y1*				D7*.S1*.H1*.Y1*				D7*.S1*.H3.Y1*											

Tablo 4.16. Malatya 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																BİNA YENİLEME											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü								
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-								
																			96								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
14				D24.S2.H3*.Y2				D8.S1*.H3*.Y2				D7*.S1*.H3*.Y1*				D7*.S1*.H3*.Y2											

Tablo 4.17. Malatya 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																															
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089							
BİNA YENİLEME																															
Tasarım Parametreleri																															
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu													
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Bicim Faktörü		Öneri Sayısı					
								Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D				S				G				H														Y		-		288	
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288				
Optimizasyon Sonuçları																															
Öneriler																															
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri															
11				D24.S2.H6.Y2*				D7*.S1*.H5.Y2*				D7*.S1*.H3.Y2*				D7*.S1*.H3.Y2*															

Tablo 4.18. Malatya 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
15				D24.S2.H3*.Y2				D7*.S1*.H3*.Y2				D7*.S1*.H3*.Y1*				D7*.S1*.H3*.Y2											

Tablo 4.19. Malatya 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																BİNA YENİLEME											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Biçim Faktörü		Öneri Sayısı	
								Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası							
D	S	G	H														Y	-		-							
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	•	288							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
36				D24.S1*.H6.Y2*				D7.S1*.H5.Y2*				D3.S1*.H3.Y2*				D7.S1*.H5.Y2*											

Tablo 4.20. Malatya 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi

2020-2029

2030-2039

2040-2049

2050-2059

2060-2069

2070-2079

2080-2089

BİNA YENİLEME

Tasarım Parametreleri

Bina Kabuğu

Mekanik Sistemler

Bina Formu

Isı Yalıtım Kalınlığı

Faz Değiştiren Malzeme

Cam Filmi

Gölgeleme Elemanı

Isıtma Sistemi

Soğutma Sistemi

Kullanım Sıcak Suyu Sistemi

PV Paneller ile Elektrik Üretimi

Biçim Faktörü

D

S

G

H

Y

-

•

•

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

•

-

96

Optimizasyon Sonuçları

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

42

36

30

24

18

12

6

0

65

89

113

137

161

185

◆ Mevcut Durum

◆ Öneriler

◆ Pareto Optimal Öneriler

Ütopya/Seçilen

nZEB

Maliyet Optimum

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

42

36

30

24

18

12

6

0

15

25

35

45

55

65

◆ Mevcut Durum

◆ Öneriler

◆ Pareto Optimal Öneriler

Ütopya/Seçilen

nZEB

Maliyet Optimum

Öneriler

Pareto Optimal Öneri Sayısı

nZEB Öneri

Ütopya Öneri

Maliyet Optimum Öneri

Seçilen Öneri

15

D24 S2 H5* Y2

D7* S1* H5* Y2

D7* S1* H5* Y1*

D7* S1* H5* Y2

Tablo 4.21. Malatya 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi

2020-2029

2030-2039

2040-2049

2050-2059

2060-2069

2070-2079

2080-2089

BİNA YENİLEME

Tasarım Parametreleri

Bina Kabuğu

Mekanik Sistemler

Bina Formu

Isı Yalıtım Kalınlığı

Faz Değiştirilen Malzeme

Cam Filmi

Gölgeleme Elemanı

Isıtma Sistemi

Soğutma Sistemi

Kullanım Sıcak Suyu Sistemi

PV Paneller ile Elektrik Üretimi

Bina Formu

Öneri Sayısı

D

S

G

H

Y

-

•

•

-

-

•

•

•

•

•

•

•

-

-

•

•

•

•

•

-

-

288

Optimizasyon Sonuçları

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

28

24

20

16

12

8

4

0

65

89

113

137

161

185

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Seçilen

Ütopya

Maliyet Optimum

Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m².yıl)

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

28

24

20

16

12

8

4

0

15

25

35

45

55

65

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Seçilen

Ütopya

Maliyet Optimum

CO2 Salınımı (kg/m².yıl)

Öneriler

Pareto Optimal Öneri Sayısı

nZEB Öneri

Ütopya Öneri

Maliyet Optimum Öneri

Seçilen Öneri

11

D24.S2.H6.Y2*

D7* S1* H5.Y2*

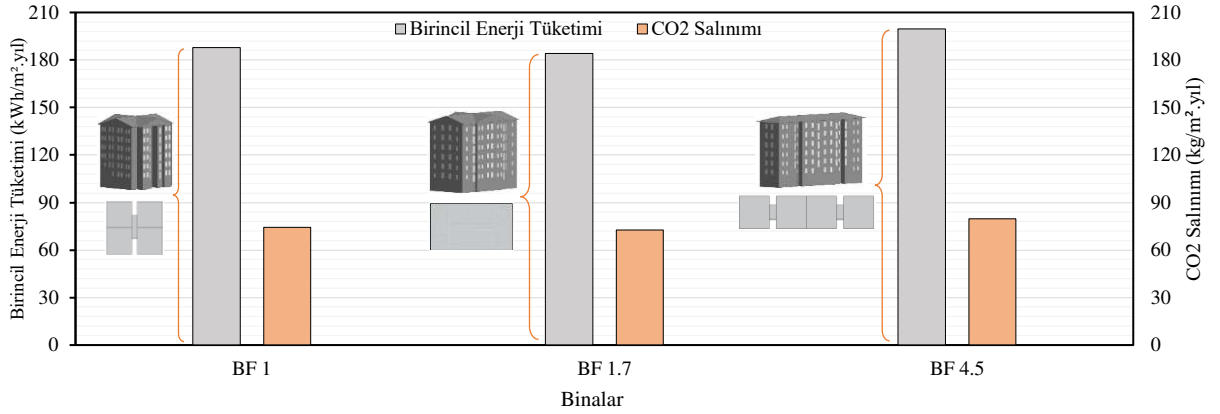
D7* S1* H3.Y2*

D7* S1* H6.Y2*

4.4. Ardahan İline Ait Bulgular

Ardahan’da bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.22’den Tablo 4.28’a kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

Ardahan ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2017 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2070 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2070 yılına kadar çalışılmamıştır. 2070 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2070 yılında önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 1.7 için çıkmıştır (Şekil 4.5). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 1.7 kullanılmıştır.



Şekil 4.5. Ardahan yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.22. Ardahan 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler															Bina Formu								
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Bijim Faktörü	Öneri Sayısı			
								Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası							
D	S	G	H															Y	-								
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	-							

Optimizasyon Sonuçları

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m².yıl)

◆ Mevcut Durum ◆ Öneriler ◆ Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya

Seçilen

Maliyet Optimum

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

CO2 Salınımı (kg/m².yıl)

◆ Mevcut Durum ◆ Öneriler ◆ Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya

Seçilen

Maliyet Optimum

Öneriler				
Pareto Optimal Öneri Sayısı	nZEB Öneri	Ütopya Öneri	Maliyet Optimum Öneri	Seçilen Öneri
16	D24.S1*.H6.Y2	D7*.S1*.H5.Y1*	D7*.S1*.H1*.Y1*	D7*.S1*.H3.Y1*

Tablo 4.23. Ardahan 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü								
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-								

Optimizasyon Sonuçları									
Öneriler									
Pareto Optimal Öneri Sayısı		nZEB Öneri		Ütopya Öneri		Maliyet Optimum Öneri		Seçilen Öneri	
14		D24.S2.H3*.Y2		D8.S1*.H3*.Y2		D7*.S1*.H3*.Y1*		D7*.S1*.H3*.Y2	

Tablo 4.24. Ardahan 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																																	
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089									
																				BİNA YENİLEME													
Tasarım Parametreleri																																	
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler																Bina Formu													
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değişiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Bicim Faktörü		Öneri Sayısı							
								Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası													
D		S		G		H																Y		-				288					
•		•		•		-		•		•		•		•		•		•		•		•		•		-		-				288	
Optimizasyon Sonuçları																																	
Öneriler																																	
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri																	
10				D24.S2.H6.Y2*				D7*S1*H5.Y2*				D7*.S1*H3.Y2*				D7*.S1*H3.Y2*																	

Tablo 4.25. Ardahan 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Bıçım Faktörü			
Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Y	-								
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-								
																			Öneri Sayısı	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
14				D24.S2.H3*.Y2				D7*.S1*.H3*.Y2				D7*.S1*.H3*.Y1*				D7*.S1*.H3*.Y2											

Tablo 4.26. Ardahan 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
10				D24.S1*H6.Y2*				D7*.S1*H5.Y2*				D7*S1*.H3.Y2*				D7*.S1*H5.Y2*											

Tablo 4.27. Ardahan 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi

2020-2029

2030-2039

2040-2049

2050-2059

2060-2069

2070-2079

2080-2089

BİNA YENİLEME

Tasarım Parametreleri

Bina Kabuğu

Mekanik Sistemler

Bina Formu

Isı Yalıtım Kalınlığı

Faz Değiştirilen Malzeme

Cam Filmi

Gölgeleme Elemanı

Isıtma Sistemi

Soğutma Sistemi

Kullanım Sıcak Suyu Sistemi

PV Paneller ile Elektrik Üretimi

Biçim Faktörü

D

S

G

H

Y

-

•

•

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

•

•

96

Optimizasyon Sonuçları

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

42

36

30

24

18

12

6

0

70

105

140

175

210

245

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya / Seçilen

Maliyet Optimum

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

42

36

30

24

18

12

6

0

20

34

48

62

76

90

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya / Seçilen

Maliyet Optimum

Öneriler

Pareto Optimal Öneri Sayısı

nZEB Öneri

Ütopya Öneri

Maliyet Optimum Öneri

Seçilen Öneri

26

D24.S2.H5*Y2

D7.S1*.H5*Y2

D1.S1*.H5*Y1*

D7.S1*.H5*Y2

Tablo 4.28. Ardahan 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi

2020-2029

2030-2039

2040-2049

2050-2059

2060-2069

2070-2079

2080-2089

BİNA YENİLEME

Tasarım Parametreleri

Bina Kabuğu

Isı Yalıtım Kalınlığı

Faz Değiştiren Malzeme

Cam Filmi

Gölgeleme Elemanı

Mekanik Sistemler

Isıtma Sistemi

Katı Yakıt

Güneş En. Destekli

Doğalgaz

Güneş En. Destekli

Isı Pompası

Güneş En. Destekli

Soğutma Sistemi

Elektrik

Isı Pompası

Kullanım Sıcak Suyu Sistemi

Elektrik

Doğalgaz

Güneş En. Destekli

Doğalgaz

Isı Pompası

Güneş En. Destekli

Isı Pompası

PV Paneller ile Elektrik

Bina Formu

Biçim Faktörü

Öneri Sayısı

D

S

G

H

Y

-

-

•

•

-

-

•

•

•

•

•

•

-

-

•

•

•

•

•

-

-

28

8

Optimizasyon Sonuçları

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

28

24

20

16

12

8

4

0

70

105

140

175

210

245

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Utopya / Seçilen

Maliyet Optimum

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

28

24

20

16

12

8

4

0

20

34

48

62

76

90

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Utopya / Seçilen

Maliyet Optimum

Öneriler

Pareto Optimal Öneri Sayısı

nZEB Öneri

Ütopya Öneri

Maliyet Optimum Öneri

Seçilen Öneri

7

D24.S2.H6.Y2*

D7*.S1*.H6.Y2

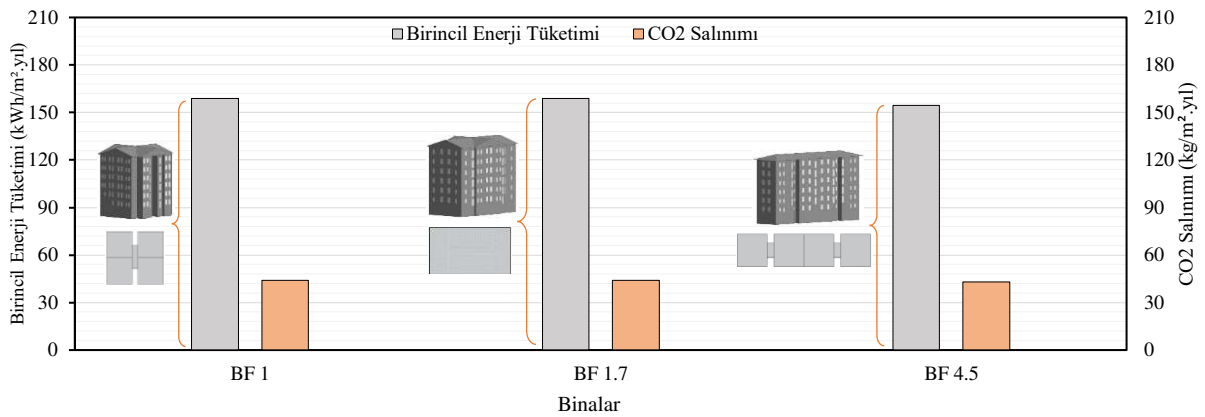
D7*.S1*.H5.Y2*

D7*.S1*.H6.Y2*

4.5. İzmir İline Ait Bulgular

İzmir’de bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.29’dan Tablo 4.35’e kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

İzmir ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2006 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2060 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2060 yılına kadar çalışılmamıştır. 2060 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2060 yılında önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 4.5 için çıkmıştır (Şekil 4.6). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 4.5 kullanılmıştır.



Şekil 4.6. İzmir yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.29. İzmir 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler															Bina Formu	Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Biçim Faktörü						
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H															Y	-							
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	5760						
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
57				D24.S4.G5.H6.Y2				D2*.S4.G5.H5.Y1*				D2*.S1*.G1*.H1*.Y1*				D2*.S1*.G2.H4.Y1*											

Tablo 4.30. İzmir 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü								
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	192							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
38				D24.S2.G2*.H4*.Y2				D11.S3.G2*.H4*.Y2				D2*.S1*.G2*.H4*.Y1*				D2*.S1*.G2*.H4*.Y2											

Tablo 4.31. İzmir 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü								
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H	Y	-	-	576																				
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	576							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
24				D12.S2.G2*.H6.Y2*				D2*.S4.G2*.H5.Y2*				D2*.S1*.G2*.H1.Y2*				D2*.S3.G2*.H4.Y2*											

Tablo 4.32. İzmir 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı Faz Değiştiren Malzeme Cam Filmi Gölgeleme Elemanı				Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü	Öneri Sayısı							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-	48							
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	48							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
23				D24.S3*.G2*.H4*.Y2				D5.S3*.G2*.H4*.Y2				D2*.S3*.G2*.H4*.Y1*				D2*.S3*.G2*.H4*.Y2											

Tablo 4.33. İzmir 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü								
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	•							

Optimizasyon Sonuçları

The top plot displays Global Maliyet (TL/m².on yıl) on the y-axis (0 to 70) against Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m².yıl) on the x-axis (70 to 180). The bottom plot displays Global Maliyet (TL/m².on yıl) on the y-axis (0 to 70) against CO2 Salınımı (kg/m².yıl) on the x-axis (20 to 55). Both plots feature three data series: 'Mevcut Durum' (green diamonds), 'Öneriler' (grey diamonds), and 'Pareto Optimal Öneriler' (orange diamonds). Key points marked include 'nZEB', 'Ütopya/Seçilen', and 'Maliyet Optimum'.

Öneriler				
Pareto Optimal Öneri Sayısı	nZEB Öneri	Ütopya Öneri	Maliyet Optimum Öneri	Seçilen Öneri
66	D11.S4.G5.H6.Y2*	D5.S1*.G1*.H5.Y2*	D5.S1*.G1*.H1.Y2*	D5.S1*.G1*.H5.Y2*

Tablo 4.34. İzmir 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-							
960																											
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
28				D12.S2.G5.H5*.Y2				D9.S3.G4.H5*.Y2				D5*.S1*.G1*.H5*.Y1*				D5*.S3.G5.H5*.Y2											

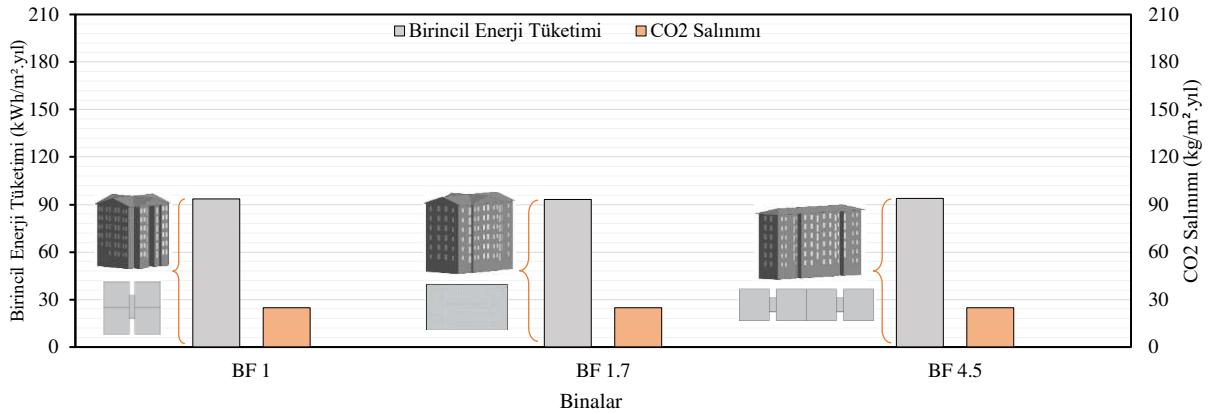
Tablo 4.35. İzmir 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı Faz Değiştiren Malzeme Cam Filmi Gölgelene Elemanı				Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Biçim Faktörü							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-								
144																											
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
13				D24.S3*.G5*.H6.Y2*				D5*.S3*.G5*.H5.Y2*				D5*.S3*.G5*.H1.Y2*				D5*.S3*.G5*.H6.Y2*											

4.6. Kütahya İline Ait Bulgular

Kütahya’da bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.36’dan Tablo 4.42’ye kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

Kütahya ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2018 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2070 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2070 yılına kadar çalışılmamıştır. 2070 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2070 yılında önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 1.7 için çıkmıştır (Şekil 4.7). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 1.7 kullanılmıştır.



Şekil 4.7. Kütahya yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.36. Kütahya 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																				
2020-2029			2030-2039			2040-2049			2050-2059			2060-2069			2070-2079			2080-2089		
															BİNA YENİLEME					
Tasarım Parametreleri																				
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler													Bina Formu			
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biyim Faktörü	Öneri Sayısı
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası				
D	S	G		H													Y	-		
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	576	
Optimizasyon Sonuçları																				
Öneriler																				
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri				
26				D24.S2.H6.Y2				D5*.S1*.H5.Y1*				D5*.S1*.H3*.Y1*				D5*.S1*.H4.Y1*				

Tablo 4.37. Kütahya 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler																Bina Formu							
Isı Yalıtım Kalınlığı Faz Değiştirilen Malzeme Cam Filmi Gölgeleme Elemanı				Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Bina Faktörü		Öneri Sayısı			
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H																Y	-		96					
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
20				D24.S2.H4*.Y2				D6.S1*.H4*.Y2				D5*.S1*.H4*.Y1*				D5*.S1*.H4*.Y2											

Tablo 4.38. Kütahya 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü	Öneri Sayısı					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-	288							
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
14				D24.S2.H6.Y2*				D5*.S1*.H6.Y2*				D5*.S1*.H3.Y2*				D5*.S1*.H4.Y2*											

Tablo 4.39. Kütahya 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																				
2020-2029		2030-2039		2040-2049		2050-2059		2060-2069		2070-2079		2080-2089								
														BİNA YENİLEME						
Tasarım Parametreleri																				
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						Elektrik Üretimi	Büyük Faktörü	
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası					
D	S	G	H														Y	-		
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	96	
Optimizasyon Sonuçları																				
Öneriler																				
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri				
19				D24.S2.H4*.Y2				D6.S1*.H4*.Y2				D5*.S1*.H4*.Y1*				D5*.S1*.H4*.Y2				

Tablo 4.40. Kütahya 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																					
2020-2029			2030-2039			2040-2049			2050-2059			2060-2069			2070-2079			2080-2089			
																		BİNA YENİLEME			
Tasarım Parametreleri																					
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu			
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fınlı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Birim Faktörü		
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası					
D	S	G		H														Y	-		
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288		
Optimizasyon Sonuçları																					
Öneriler																					
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri					
14				D24.S2.H6.Y2*				D5*.S1*.H4.Y2*				D5*.S1*.H3.Y2*				D5*.S1*.H6.Y2*					

Tablo 4.41. Kütahya 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																BİNA YENİLEME											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fılları	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biyim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
25				D24.S1*.H6*.Y2				D6.S1*.H6*.Y2				D1.S1*.H6*.Y1*				D6.S1*.H6*.Y2											

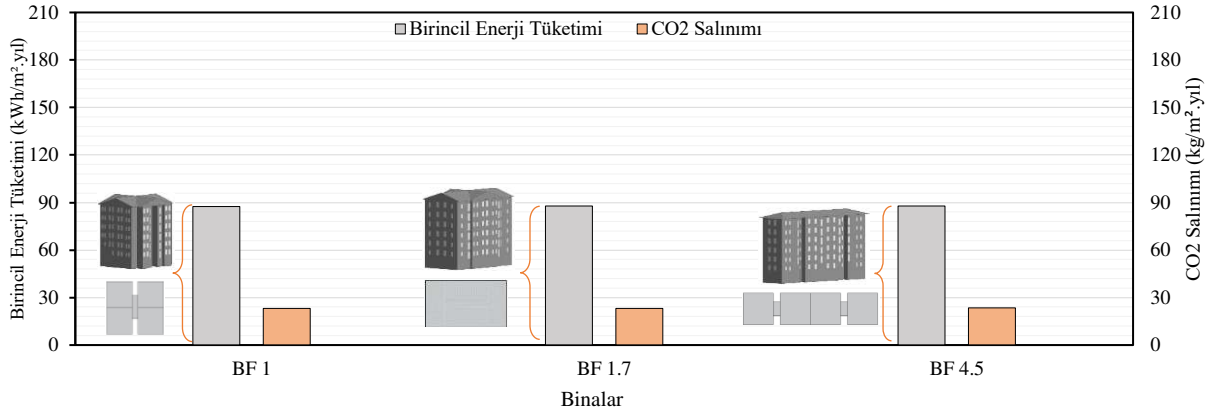
Tablo 4.42. Kütahya 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgelene Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü	Öneri Sayısı					
				Katı Yakıt	Güneş En. Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
12				D24.S2.H6.Y2*				D6*.S1*.H6.Y2*				D6*.S1*.H3.Y2*				D6*.S1*.H6.Y2*											

4.7. Şanlıurfa İline Ait Bulgular

Şanlıurfa’da bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.43’ten Tablo 4.49’a kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

Şanlıurfa ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2018 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2070 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2070 yılına kadar çalışılmamıştır. 2070 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2070 yılında önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 1 için çıkmıştır (Şekil 4.8). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 1 kullanılmıştır.



Şekil 4.8. Şanlıurfa yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.43. Şanlıurfa 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler																Bina Formu		Öneri Sayısı					
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fıfımı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Bıçım Faktörü						
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H																Y	-							
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	576						
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
29				D24.S1*.H6.Y2				D4*.S1*.H6.Y1*				D4*.S1*.H2.Y1*				D4*.S1*.H2.Y1*											

Tablo 4.44. Şanlıurfa 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Bicim Faktörü			
								Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası							
D		S		G		H														Y		-					
•		•		•		-		-		-		-		-		-		-		-		-		•		-	
Öneri Sayısı																											
96																											
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
19				D24.S1*.H2*.Y2				D9.S1*.H2*.Y2				D4*.S1*.H2*.Y1*				D4*.S1*.H2*.Y2											

Tablo 4.45. Şanlıurfa 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Bicim Faktörü		Öneri Sayısı	
Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Bicim Faktörü													
D	S	G	H														Y	-									
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-										

Optimizasyon Sonuçları																		
Öneriler																		
Pareto Optimal Öneri Sayısı	nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri					
17	D12.S1*.H6.Y2*				D4*S1*.H6.Y2*				D4*.S1*.H1.Y2*				D4*.S1*.H3.Y2*					

Tablo 4.46. Şanlıurfa 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fıfımı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katu Yakıt	Güneş En. Destekli Katu Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
19				D24.S1*.H3*.Y2				D4*.S1*.H3*.Y2				D4*.S1*.H3*.Y1*				D4*.S1*.H3*.Y2											

Tablo 4.47. Şanlıurfa 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																										
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089		
																BİNA YENİLEME										
Tasarım Parametreleri																										
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler																Bina Formu						
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biyim Faktörü	Öneri Sayısı				
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası										
D				H																Y			-			
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288						
Optimizasyon Sonuçları																										
Öneriler																										
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri										
18				D24.S1*.H6.Y2*				D4*.S1*.H5.Y2*				D4*.S1*.H1.Y2*				D4*.S1*.H5.Y2*										

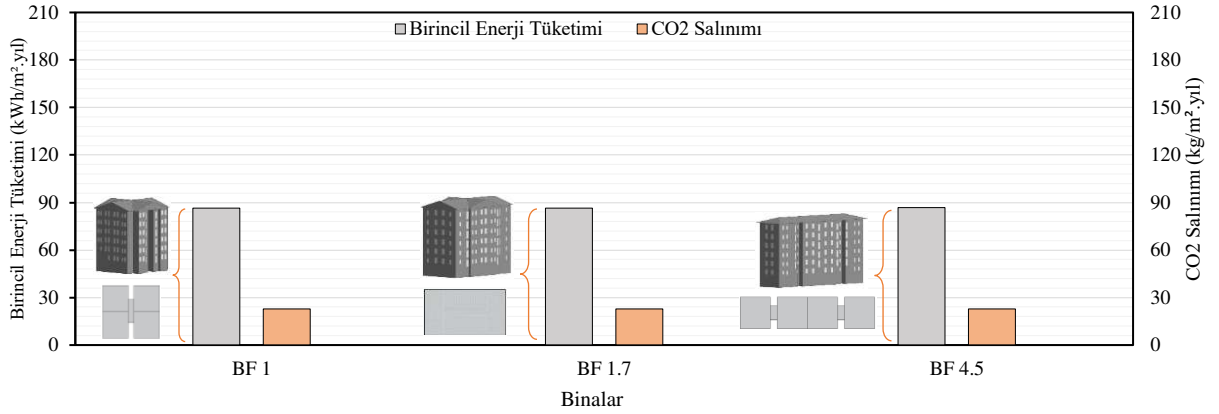
Tablo 4.49. Şanlıurfa 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	-	-	288									
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
21				D24.S1*.H6.Y2*				D4*.S1*.H4.Y2*				D4*.S1*.H1.Y2*				D4*.S1*.H6.Y2*											

4.8. Gaziantep İline Ait Bulgular

Gaziantep’te bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.50’den Tablo 4.56’ya kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

Gaziantep ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2019 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2070 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2070 yılına kadar çalışılmamıştır. 2070 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2070 yılında önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 1 için çıkmıştır (Şekil 4.9). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 1 kullanılmıştır.



Şekil 4.9. Gaziantep yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.50. Gaziantep 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu	Öneri Sayısı								
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Biçim Faktörü							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y		-							
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	576							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
29				D12*.S1*.H6.Y2				D4*.S1*.H6.Y1*				D4*.S1*.H3*.Y1*				D4*.S1*.H4.Y1*											

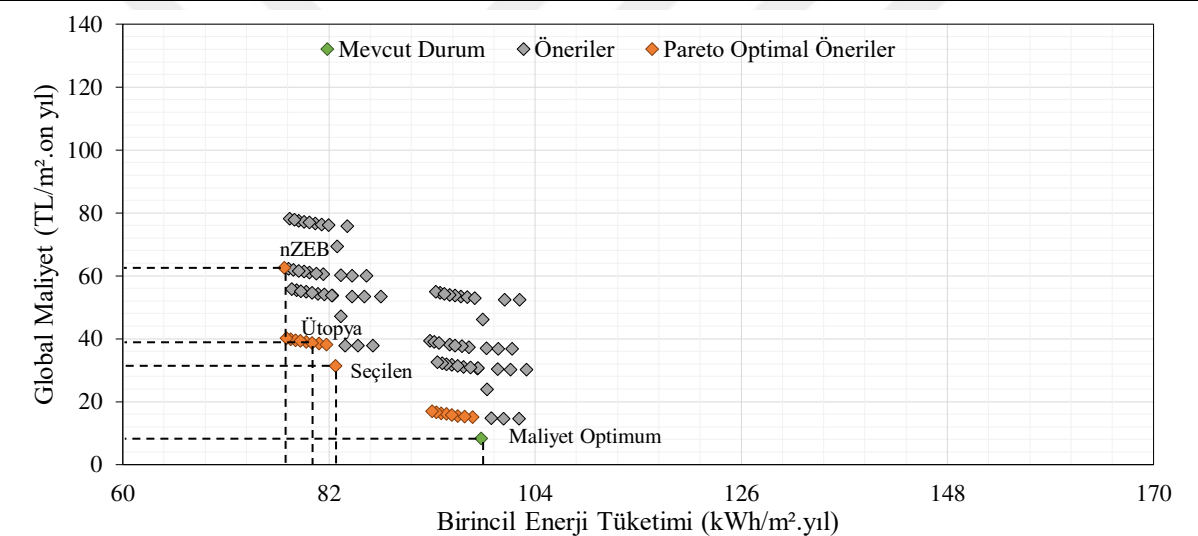
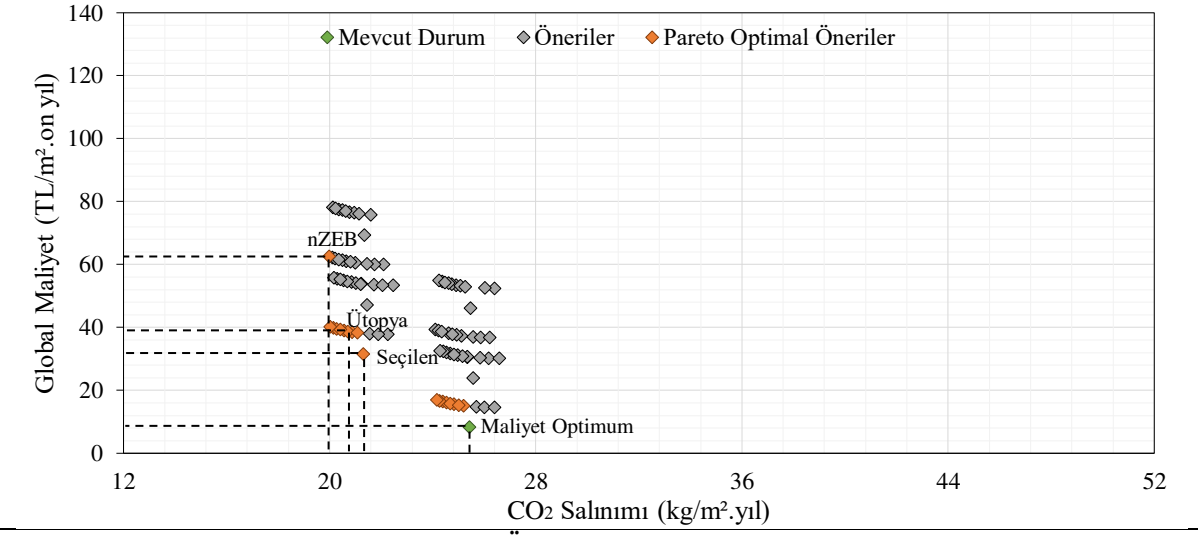
Tablo 4.51. Gaziantep 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fıfımı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katu Yakıt	Güneş En. Destekli Katu Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
19				D24*.S1*.H4*.Y2				D9*.S1*.H4*.Y2				D4*.S1*.H4*.Y1*				D4*.S1*.H4*.Y2											

Tablo 4.52. Gaziantep 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																															
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089							
																				BİNA YENİLEME											
Tasarım Parametreleri																															
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler																Bina Formu											
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Bıçım Faktörü		Öneri Sayısı					
								Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D		S		G		H																Y		-							
•		•		•		-		•						-		-		•		•		•		•		-		-		288	
Optimizasyon Sonuçları																															
Öneriler																															
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri															
13				D12.S1*.H6.Y2*				D4*.S1*.H5.Y2*				D4*.S1*.H1.Y2*				D4*.S1*.H4.Y2*															

Tablo 4.53. Gaziantep 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
																											
																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
19				D24.S1*.H4*.Y2				D7.S1*.H4*.Y2				D4*.S1*.H4*.Y1*				D4*.S1*.H4*.Y2											

Tablo 4.54. Gaziantep 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Biçim Faktörü		Öneri Sayısı	
								Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası							
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288						
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
14				D24.S1*.H6.Y2*				D5.S1*.H6.Y2*				D4*.S1*.H1.Y2*				D4*.S1*.H6.Y2*											

Tablo 4.55. Gaziantep 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı					nZEB Öneri					Ütopya Öneri					Maliyet Optimum Öneri					Seçilen Öneri							
25					D24.S1*.H6*.Y2					D1.S1*.H6*.Y2					D1.S1*.H6*.Y1*					D4.S1*.H6*.Y2							

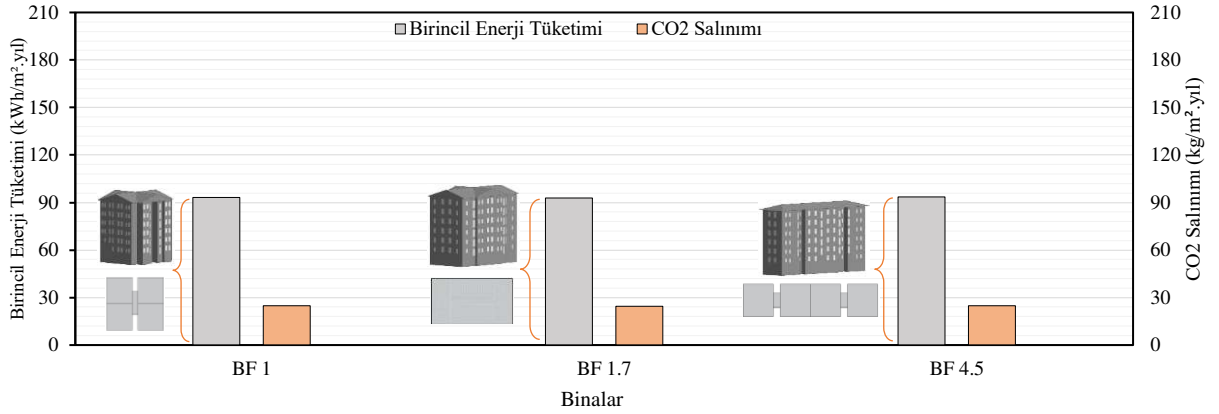
Tablo 4.56. Gaziantep 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fıfımı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	-	-	288								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
16				D24.S1*.H6.Y2*				D4*.S1*.H6.Y2*				D4*.S1*.H1.Y2*				D4*.S1*.H6.Y2*											

4.9. Kırıkkale İline Ait Bulgular

Kırıkkale’de bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.57’den Tablo 4.63’a kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

Kırıkkale ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2019 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2070 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2070 yılına kadar çalışılmamıştır. 2070 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2070 yılında önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 1.7 için çıkmıştır (Şekil 4.10). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 1.7 kullanılmıştır.



Şekil 4.10. Kırıkkale yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.57. Kırıkkale 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü	Öneri Sayısı							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	576								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
30				D24.S2.H6.Y2				D5*.S1*.H5.Y1*				D5*.S1*.H3.Y1*				D5*.S1*.H4.Y1*											

Tablo 4.58. Kırıkkale 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																						
2020-2029			2030-2039			2040-2049			2050-2059			2060-2069			2070-2079			2080-2089				
															BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																						
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler															Bina Formu		Öneri Sayısı	
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fıfımı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü				
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası						
D	S	G	H															Y	-			
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-				
Optimizasyon Sonuçları																						
Öneriler																						
Pareto Optimal Öneri Sayısı			nZEB Öneri					Ütopya Öneri					Maliyet Optimum Öneri					Seçilen Öneri				
18			D24.S2.H4*.Y2					D6.S1*.H4*.Y2					D5*.S1*.H4*.Y1*					D5*.S1*.H4*.Y2				

Tablo 4.59. Kırıkkale 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																																	
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089									
																				BİNA YENİLEME													
Tasarım Parametreleri																																	
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu															
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Biçim Faktörü		Öneri Sayısı							
								Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası													
D		S		G		H														Y		-											
•		•		•		-														-		•		•		•		-		-		288	
Optimizasyon Sonuçları																																	
Öneriler																																	
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri																	
13				D24.S2.H6.Y2*				D5*.S1*.H6.Y2*				D5*.S1*.H3.Y2*				D5*.S1*.H4.Y2*																	

Tablo 4.60. Kırıkkale 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fınlı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü								
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-								

Optimizasyon Sonuçları												
Öneriler												
Pareto Optimal Öneri Sayısı		nZEB Öneri			Ütopya Öneri			Maliyet Optimum Öneri		Seçilen Öneri		
17		D24.S1*.H4*.Y2			D7.S1*.H4*.Y2			D5*.S1*.H4*.Y1*		D5*.S1*.H4*.Y2		

Tablo 4.61. Kırıkkale 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
18				D24.S1*.H6.Y2*				D5*.S1*.H6.Y2*				D5*.S1*.H3.Y2*				D5*.S1*.H6.Y2*											

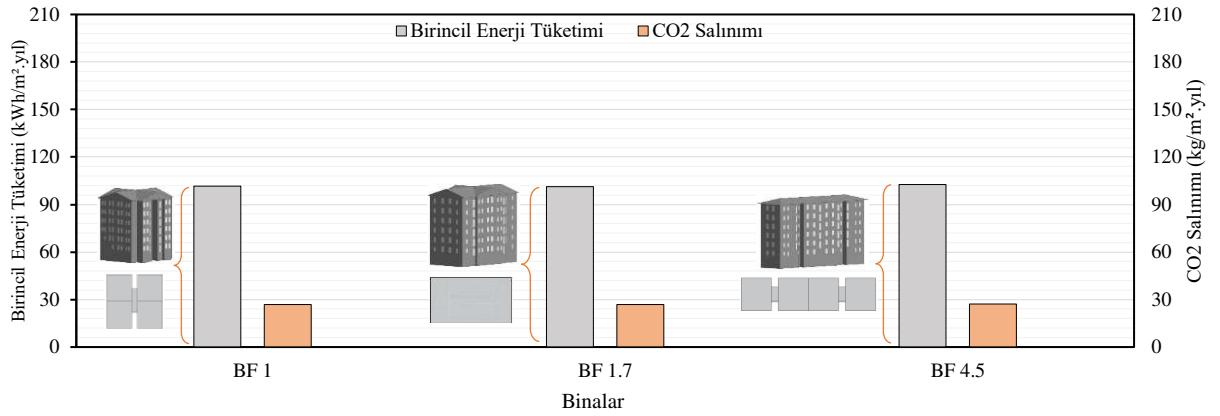
Tablo 4.62. Kırıkkale 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fılnı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü								
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
25				D24.S2.H6*.Y2				D6.S1*.H6*.Y2				D1.S1*.H6*.Y1*				D6.S1*.H6*.Y2											

4.10. Sivas İline Ait Bulgular

Sivas'ta bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.64'ten Tablo 4.70'e kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

Sivas ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2018 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2070 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2070 yılına kadar çalışılmamıştır. 2070 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2070 yılında önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 1.7 için çıkmıştır (Şekil 4.11). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 1.7 kullanılmıştır.



Şekil 4.11. Sivas yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.64. Sivas 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü	Öneri Sayısı					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-	576							
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	576								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
16				D24.S2.H6.Y2				D8*.S1*.H6.Y1*				D8*.S1*.H3*.Y1*				D8*.S1*.H4.Y1*											

Tablo 4.65. Sivas 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
11				D12.S2.H4* Y2				D9.S1*H4* Y2				D8*.S1*H4* Y1*				D8*.S1*H4* Y2											

Tablo 4.66. Sivas 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü	Öneri Sayısı							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-	288							
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
10				D24.S2.H6.Y2*				D8*.S1*.H6.Y2*				D8*.S1*.H3.Y2*				D8*.S1*.H4.Y2*											

Tablo 4.67. Sivas 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-								
96																											
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
12				D24.S2.H4*.Y2				D8*.S1*.H4*.Y2				D8*.S1*.H4*.Y1*				D8*.S1*.H4*.Y2											

Tablo 4.68. Sivas 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																BİNA YENİLEME											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü	Öneri Sayısı							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
7				D12.S1*.H6.Y2*				D8*.S1*.H5.Y2*				D8*.S1*.H3.Y2*				D8*.S1*.H5.Y2*											

Tablo 4.69. Sivas 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																									
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079		2080-2089			
BİNA YENİLEME																									
Tasarım Parametreleri																									
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu							
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Büyük Faktörü	
								Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası					
D	S	G	H														Y	-							
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•					
Öneri Sayısı																									
96																									
Optimizasyon Sonuçları																									
Öneriler																									
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri									
28				D24.S2.H5*.Y2				D10.S1*.H5*.Y2				D1.S1*.H5*.Y1*				D10.S1*.H5*.Y2									

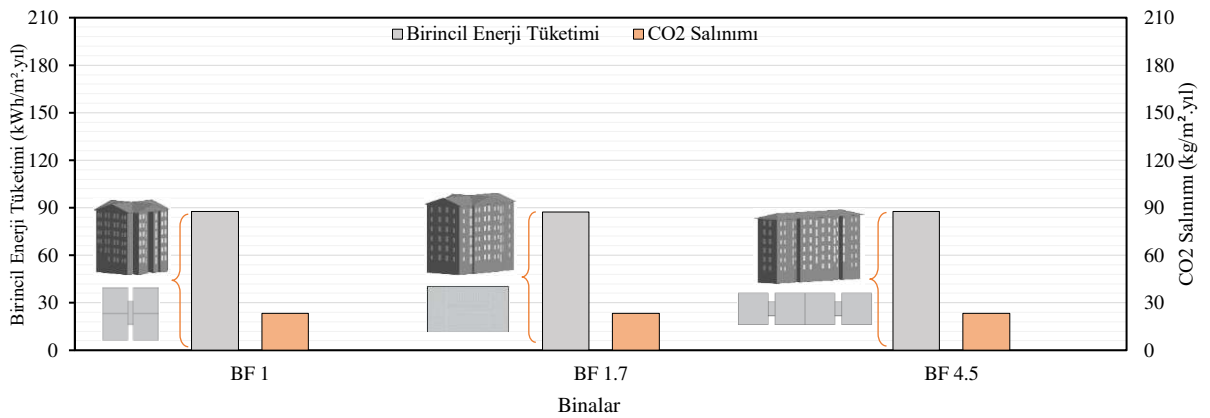
Tablo 4.70. Sivas 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgelene Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Biçim Faktörü			
Katı Yakıt	Güneş En. Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Isı Pompası	PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü													
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
7				D24.S2.H6.Y2*				D10*.S1*.H4.Y2*				D10*.S1*.H3.Y2*				D10*.S1*.H6.Y2*											

4.11. Trabzon İline Ait Bulgular

Trabzon’da bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.71’den Tablo 4.77’ye kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

Trabzon ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2019 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2070 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2070 yılına kadar çalışılmamıştır. 2070 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2070 yılında önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 1.7 için çıkmıştır (Şekil 4.12). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 1.7 kullanılmıştır.



Şekil 4.12. Trabzon yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.71. Trabzon 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Bijim Faktörü			
								Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası							
D		S		G		H														Y		-					
•		•		•		-		•		•		•		•		•		•		•		•		-			
576																											
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
22				D24.S1*.H6.Y2				D5*.S1*.H6.Y2				D5*.S1*.H1*.Y1*				D5*.S1*.H2.Y1*											

Tablo 4.72. Trabzon 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fıfımı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü	Öneri Sayısı							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-	96							
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-										
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
19				D24.S2.H2*.Y2				D6.S1*.H2*.Y2				D5*.S1*.H2*.Y1*				D5*.S1*.H2*.Y2											

Tablo 4.73. Trabzon 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																										
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089		
																				BİNA YENİLEME						
Tasarım Parametreleri																										
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler																	Bina Formu		Öneri Sayısı			
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü				
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası										
D	S	G	H																	Y	-					
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288							
Optimizasyon Sonuçları																										
Öneriler																										
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri										
13				D24.S1*.H6.Y2*				D5*.S1*.H6.Y2*				D5*.S1*.H1.Y2*				D5*.S1*.H3.Y2*										

Tablo 4.74. Trabzon 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler																Bina Formu		Öneri Sayısı					
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fıfımı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü						
				Katu Yakıtı	Güneş En. Destekli Katu Yakıtı	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H																Y	-							
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
17				D24.S1*.H3*.Y2				D5*.S1*.H3*.Y2				D5*.S1*.H3*.Y1*				D5*.S1*.H3*.Y2											

Tablo 4.75. Trabzon 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü	Öneri Sayısı							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-	288							
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	-	-										

Optimizasyon Sonuçları

The top plot displays Global Maliyet (TL/m².on yıl) on the y-axis (0 to 70) against Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m².yıl) on the x-axis (60 to 150). It shows a dense cluster of grey diamonds representing 'Öneriler' and a few orange diamonds representing 'Pareto Optimal Öneriler'. Key points marked include 'nZEB' at approximately (75, 35), 'Ütopya / Seçilen' at (75, 15), and 'Maliyet Optimum' at (115, 10).

The bottom plot displays Global Maliyet (TL/m².on yıl) on the y-axis (0 to 70) against CO2 Salınımı (kg/m².yıl) on the x-axis (15 to 45). It shows a dense cluster of grey diamonds representing 'Öneriler' and a few orange diamonds representing 'Pareto Optimal Öneriler'. Key points marked include 'nZEB' at approximately (20, 35), 'Ütopya / Seçilen' at (20, 15), and 'Maliyet Optimum' at (35, 10).

Öneriler				
Pareto Optimal Öneri Sayısı	nZEB Öneri	Ütopya Öneri	Maliyet Optimum Öneri	Seçilen Öneri
13	D24.S1*.H6.Y2*	D5*.S1*.H5.Y2*	D5*.S1*.H1.Y2*	D5*.S1*.H5.Y2*

Tablo 4.76. Trabzon 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi

2020-2029

2030-2039

2040-2049

2050-2059

2060-2069

2070-2079

2080-2089

BİNA YENİLEME

Tasarım Parametreleri

Bina Kabuğu

Isı Yalıtım Kalınlığı

Faz Değiştirilen Malzeme

Cam Filmi

Gölgeleme Elemanı

Isıtma Sistemi

Katı Yakıt

Güneş En. Destekli Katı Yakıt

Doğalgaz

Güneş En. Destekli Doğalgaz

Isı Pompası

Güneş En. Destekli Isı Pompası

Elektrik

Isı Pompası

Soğutma Sistemi

Elektrik

Isı Pompası

Kullanım Sıcak Suyu Sistemi

Elektrik

Doğalgaz

Güneş En. Destekli Doğalgaz

Isı Pompası

Güneş En. Destekli Isı Pompası

PV Paneller ile Elektrik Üretimi

Biçim Faktörü

D

S

G

H

Y

-

Öneri Sayısı

•

•

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

•

•

96

Optimizasyon Sonuçları

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

42

36

30

24

18

12

6

0

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya

Seçilen

Maliyet Optimum

60

78

96

114

132

150

Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m².yıl)

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

42

36

30

24

18

12

6

0

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya

Seçilen

Maliyet Optimum

15

21

27

33

39

45

CO2 Salınımı (kg/m².yıl)

Öneriler

Pareto Optimal Öneri Sayısı

nZEB Öneri

Ütopya Öneri

Maliyet Optimum Öneri

Seçilen Öneri

23

D24 S1* H5* Y2

D12 S1* H5* Y2

D1 S1* H5* Y1*

D5 S1* H5* Y2

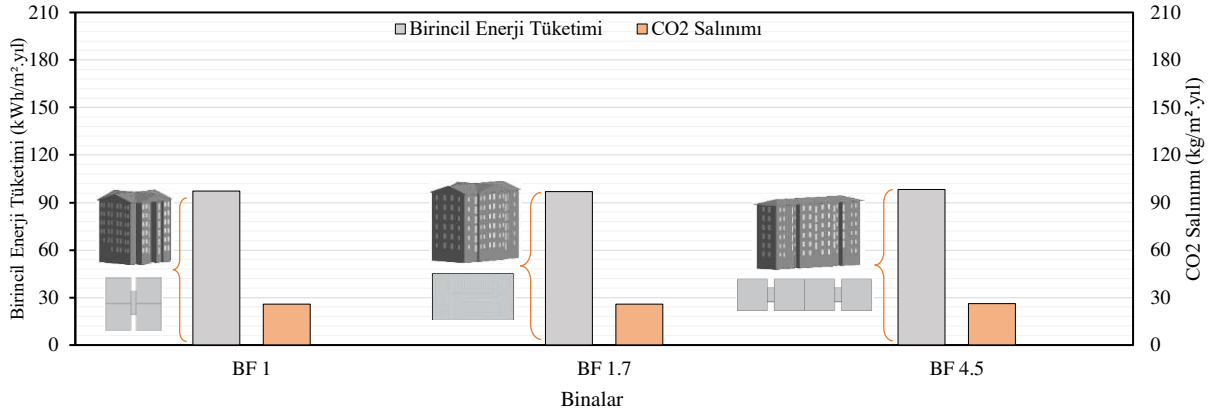
Tablo 4.77. Trabzon 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Bıçım Faktörü	Öneri Sayısı					
Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz			Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası													
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
13				D24.S1*.H6.Y2*				D5*.S1*.H5.Y2*				D5*.S1*.H1.Y2*				D5*.S1*.H6.Y2*											

4.12. Bayburt İline Ait Bulgular

Bayburt'ta bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.78'den Tablo 4.84'e kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

Bayburt ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2012 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2070 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2070 yılına kadar çalışılmamıştır. 2070 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2070 yılında önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 1.7 için çıkmıştır (Şekil 4.13). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 1.7 kullanılmıştır.



Şekil 4.13. Bayburt yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.79. Bayburt 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fıfımı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
19				D24.S2.H5* Y2				D10.S1*.H5*.Y2				D5*.S1*.H5*.Y1*				D5*.S1*.H5*.Y2											

Tablo 4.80. Bayburt 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

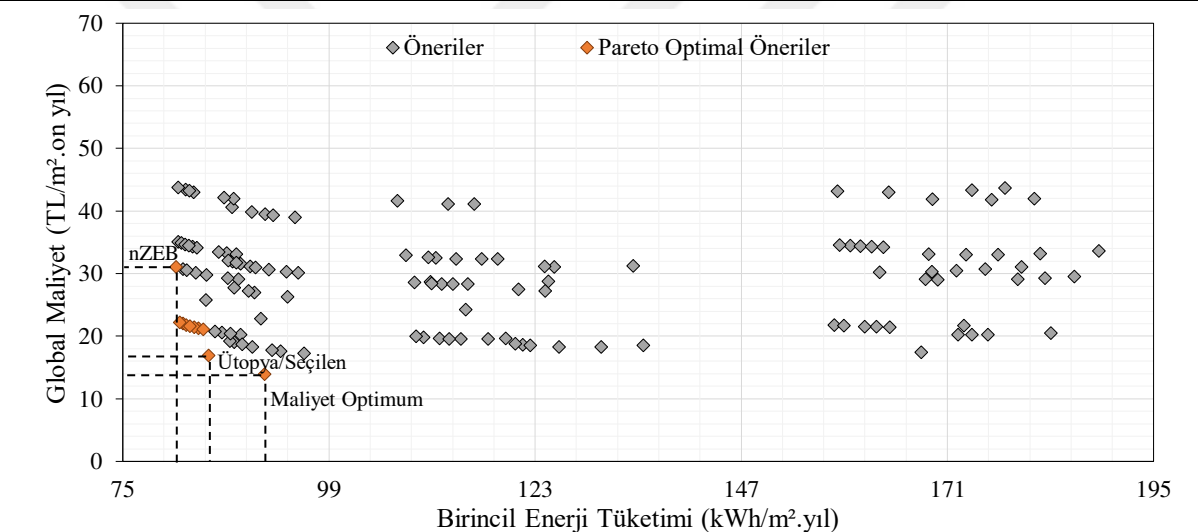
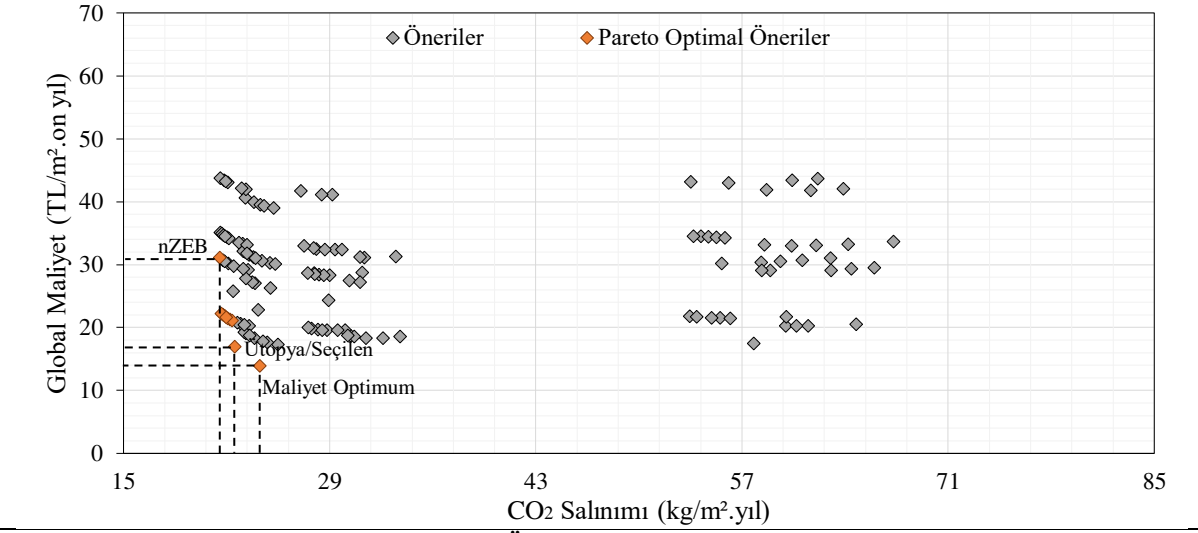
Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler																Bina Formu							
Isı Yalıtım Kalınlığı Faz Değiştiren Malzeme Cam Filmi Gölgeleme Elemanı				Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Biyim Faktörü		Öneri Sayısı			
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H																Y	-						
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-								

Optimizasyon Sonuçları									
Öneriler									
Pareto Optimal Öneri Sayısı	nZEB Öneri	Ütopya Öneri	Maliyet Optimum Öneri	Seçilen Öneri					
12	D24.S2.H6.Y2*	D5*.S1*.H6.Y2*	D5*.S1*.H5.Y2*	D5*.S1*.H6.Y2*					

Tablo 4.81. Bayburt 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
18				D24.S2.H6*.Y2				D5*.S1*.H6*.Y2				D5*.S1*.H6*.Y1*				D5*.S1*.H6*.Y2											

Tablo 4.82. Bayburt 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																BİNA YENİLEME											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler															Bina Formu	Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fıfımı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Biçim Faktörü						
				Kattı Yakıt	Güneş En. Destekli Kattı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H															Y	-								
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288								
Optimizasyon Sonuçları																											
																											
																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
10				D12.S2.H6.Y2*				D5*.S1*.H6.Y2*				D5*.S1.H5.Y2*				D5*.S1*.H6.Y2*											

Tablo 4.84. Bayburt 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

2020-2029

2030-2039

2040-2049

2050-2059

2060-2069

2070-2079

2080-2089

BİNA YENİLEME

Tasarım Parametreleri

Bina Kabuğu

Mekanik Sistemler

Bina Formu

Isı Yalıtım Kalınlığı

Faz Değiştirilen Malzeme

Cam Filmi

Gölgeleme Elemanı

Isıtma Sistemi

Soğutma Sistemi

Kullanım Sıcak Suyu Sistemi

PV Paneller ile Elektrik Üretimi

Birim Faktörü

D

S

G

H

Y

-

•

•

-

-

•

•

•

•

•

•

•

-

-

•

•

•

•

•

-

-

288

Optimizasyon Sonuçları

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

28

24

20

16

12

8

4

0

75

99

123

147

171

195

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya/Seçilen

Maliyet Optimum

Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m².yıl)

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

28

24

20

16

12

8

4

0

15

29

43

57

71

85

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya/Seçilen

Maliyet Optimum

CO2 Salınımı (kg/m².yıl)

Öneriler

Pareto Optimal Öneri Sayısı

nZEB Öneri

Ütopya Öneri

Maliyet Optimum Öneri

Seçilen Öneri

12

D24.S2.H6.Y2*

D5*.S1*.H6.Y2*

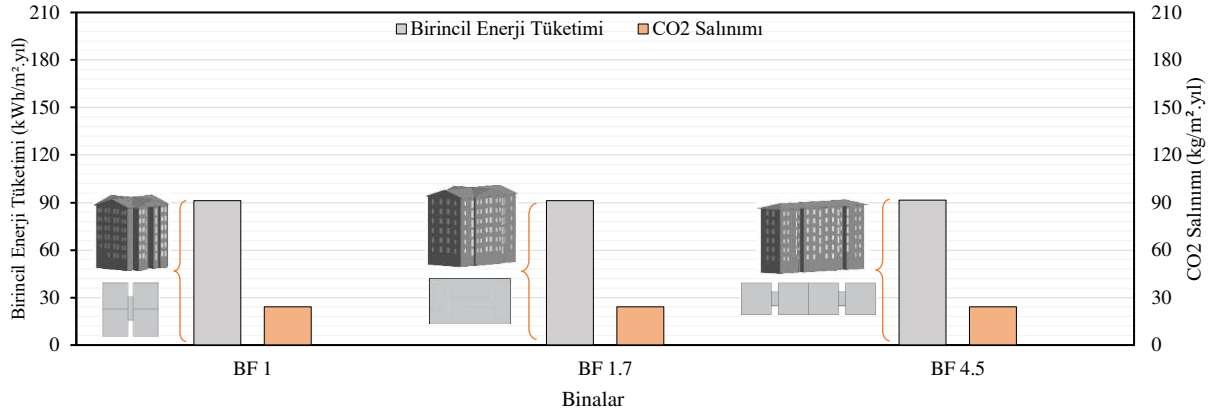
D5*.S1*.H3.Y2*

D5*.S1*.H6.Y2*

4.13. Çanakkale İline Ait Bulgular

Çanakkale’de bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.85’den Tablo 4.91’e kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

Çanakkale ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2019 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2070 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2070 yılına kadar çalışılmamıştır. 2070 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2070 yılında önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 1.7 için çıkmıştır (Şekil 4.14). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 1.7 kullanılmıştır.



Şekil 4.14. Çanakkale yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.85. Çanakkale 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü	Öneri Sayısı							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	576								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
32				D24.S1*.H6.Y2				D5.S1*.H6.Y1*				D4*.S1*.H3*.Y1*				D4*.S1*.H4.Y1*											

Tablo 4.86. Çanakkale 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fırlmı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
20				D24.S2.H4*.Y2				D8.S1*.H4*.Y2				D4*.S1*.H4.Y1*				D4*.S1*.H4*.Y2											

Tablo 4.87. Çanakkale 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fınlı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü	Öneri Sayısı							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
21				D24.S1*.H6.Y2*				D4*.S1*.H6.Y2*				D4*.S1*.H3.Y2*				D4*.S1*.H4.Y2*											

Tablo 4.88. Çanakkale 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Fınlı	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi							Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi					PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü								
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-							

Optimizasyon Sonuçları

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m².yıl)

◆ Mevcut Durum ◆ Öneriler ◆ Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya

Seçilen

Maliyet Optimum

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

CO2 Salınımı (kg/m².yıl)

◆ Mevcut Durum ◆ Öneriler ◆ Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya

Seçilen

Maliyet Optimum

Öneriler				
Pareto Optimal Öneri Sayısı	nZEB Öneri	Ütopya Öneri	Maliyet Optimum Öneri	Seçilen Öneri
19	D24.S1*.H4*.Y2	D9.S1*.H4*.Y2	D4*.S1*.H4*.Y1*	D4*.S1*.H4*.Y2

Tablo 4.89. Çanakkale 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
19				D24.S1*.H6.Y2*				D4*.S1*.H5.Y2*				D4*.S1*.H3.Y2*				D4*.S1*.H5.Y2*											

Tablo 4.90. Çanakkale 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

2020-2029

2030-2039

2040-2049

2050-2059

2060-2069

2070-2079

2080-2089

BİNA YENİLEME

Tasarım Parametreleri

Bina Kabuğu

Mekanik Sistemler

Bina Formu

Isı Yalıtım Kalınlığı

Faz Değiştiren Malzeme

Cam Filmi

Gölgeleme Elemanı

Isıtma Sistemi

Soğutma Sistemi

Kullanım Sıcak Suyu Sistemi

PV Paneller ile Elektrik Üretimi

Biçim Faktörü

D

S

G

H

Y

-

•

•

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

•

•

96

Optimizasyon Sonuçları

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

42

36

30

24

18

12

6

0

70

88

106

124

142

160

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Seçilen

Ütopya

Maliyet Optimum

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

42

36

30

24

18

12

6

0

15

23

31

39

47

55

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Seçilen

Ütopya

Maliyet Optimum

Öneriler

Pareto Optimal Öneri Sayısı

nZEB Öneri

Ütopya Öneri

Maliyet Optimum Öneri

Seçilen Öneri

15

D24.S1*.H5*.Y2

D1.S1*.H5*.Y2

D1.S1*.H5*.Y1*

D5.S1*.H5*.Y2

Tablo 4.91. Çanakkale 2080-2089 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi

2020-2029

2030-2039

2040-2049

2050-2059

2060-2069

2070-2079

2080-2089

BİNA YENİLEME

Tasarım Parametreleri

Bina Kabuğu

Mekanik Sistemler

Bina Formu

Isı Yalıtım Kalınlığı

Faz Değiştiren Malzeme

Cam Filmi

Gölgelene Elemanı

Isıtma Sistemi

Soğutma Sistemi

Kullanım Sıcak Suyu Sistemi

PV Paneller ile Elektrik Üretimi

Biçim Faktörü

D

S

G

H

Y

-

•

•

-

-

•

•

•

•

•

•

-

-

•

•

•

•

•

-

-

288

Optimizasyon Sonuçları

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

28

24

20

16

12

8

4

0

70

88

106

124

142

160

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya/Seçilen

Maliyet Optimum

Global Maliyet (TL/m².on yıl)

28

24

20

16

12

8

4

0

15

23

31

39

47

55

Öneriler

Pareto Optimal Öneriler

nZEB

Ütopya/Seçilen

Maliyet Optimum

Öneriler

Pareto Optimal Öneri Sayısı

nZEB Öneri

Ütopya Öneri

Maliyet Optimum Öneri

Seçilen Öneri

17

D24 S1* H6 Y2*

D5* S1* H6 Y2*

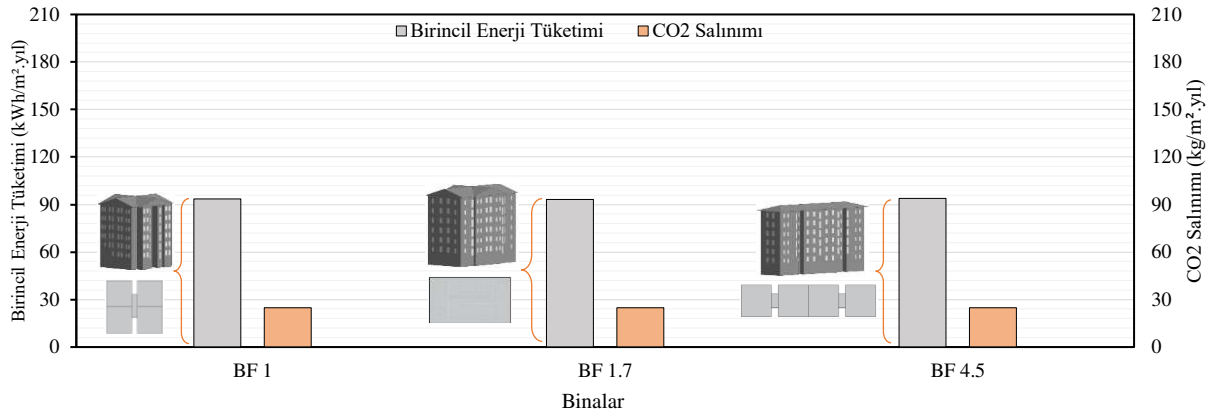
D5* S1* H3 Y2*

D5* S1* H6 Y2*

4.14. Bilecik İline Ait Bulgular

Bilecik'te bulunan referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde farklı tasarım parametreleri ile oluşan öneriler uygulanmıştır. Uygulanan öneriler ile elde edilen birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet verileri her bir dönem için optimize edilmiştir. Dönemlere göre kullanılan ve kullanılmayan tasarım parametreleri, bu tasarım parametrelerinden oluşan öneriler ile yapılan optimizasyon sonuçları ve optimizasyon sonucu çıkan nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneriler Tablo 4.92'den Tablo 4.98'e kadar verilmiştir. Ayrıca tablolarda her bir döneme ait toplam öneri sayıları ve optimizasyon sonucu çıkan pareto optimal öneri sayıları ve seçilen dönemin önerisi yer almaktadır.

Bilecik ili için yapılan çalışmada, referans binalar 2013 yılında inşa edildiği için ömür sürelerinin 2070 yılına kadar tamamlanmayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle bina formu 2070 yılına kadar çalışılmamıştır. 2070 yılında ise binaların ömür sürelerinin tamamlandığı ve yeniden inşa edilecekleri öngörülmüştür. Bu nedenle 2070 yılında önce bina formu grubundan biçim faktörünün birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımına etkisi incelenmiştir. Binalar, mevcut taban alanı, hacmi ve daire sayısı korunarak BF 1, BF 1.7 ve BF 4.5 biçim faktörlerinde yeniden modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yerleşimin ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı en az BF 1.7 için çıkmıştır (Şekil 4.15). Bu nedenle yeniden inşa edilecek binalar için BF 1.7 kullanılmıştır.



Şekil 4.15. Bilecik yerleşiminin biçim faktörüne göre ortalama birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı

Tablo 4.92. Bilecik 2020-2029 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						Elektrik Üretimi	Biyom Kütlesi	Öneri Sayısı							
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	•	-	576								
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
20				D24.S2.H6.Y2				D5*.S1*.H6.Y1*				D5*.S1*.H3.Y1*				D5*.S1*.H3.Y1*											

Tablo 4.93. Bilecik 2030-2039 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı Faz Değiştirilen Malzeme Cam Filmi Gölgeleme Elemanı				Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi				PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Büçüm Faktörü		Öneri Sayısı					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y									
•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
18				D24.S1*.H3*.Y2				D6.S1*.H3*.Y2				D5*.S1*.H3*.Y1*				D5*.S1*.H3*.Y2											

Tablo 4.94. Bilecik 2040-2049 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu		Öneri Sayısı							
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi							PV Paneller ile Elektrik Üretimi	Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G	H														Y	-									
•	•	•	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	•	•	•	-	-	288							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
14				D24.S2.H6.Y2*				D5*.S1*.H6.Y2*				D5*.S1*.H3*.Y2*				D5*.S1*.H4.Y2*											

Tablo 4.95. Bilecik 2050-2059 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																				
2020-2029			2030-2039			2040-2049			2050-2059			2060-2069			2070-2079			2080-2089		
												BİNA YENİLEME								
Tasarım Parametreleri																				
Bina Kabuğu					Mekanik Sistemler												Bina Formu			
Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						Elektrik Tüketimi	Bina Biçim Faktörü	
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası					
D	S	G	H												Y	-				
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-		
Öneri Sayısı																				
96																				
Optimizasyon Sonuçları																				
Öneriler																				
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri				
17				D24.S2.H4*.Y2				D8.S1*.H4*.Y2				D5*.S1*.H4*.Y1*				D5*.S1*.H4*.Y2				

Tablo 4.96. Bilecik 2060-2069 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
																				BİNA YENİLEME							
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı		Faz Değiştiren Malzeme		Cam Filmi		Gölgeleme Elemanı		Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Biçim Faktörü		Öneri Sayısı	
								Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası							
D		S		G		H														Y		-					
•		•		-		-		•		•		•		•		•		•		•		•		-			

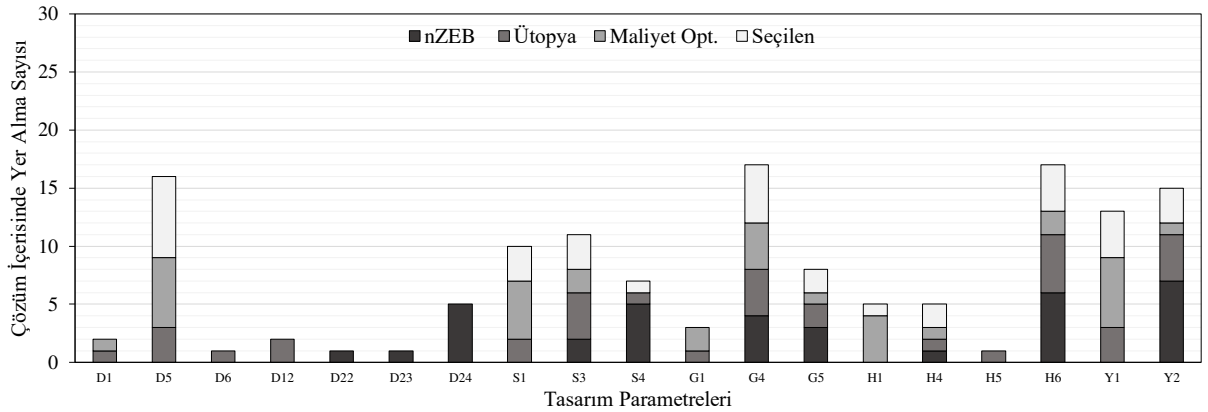
Optimizasyon Sonuçları																			
Öneriler																			
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri			
13				D24.S2.H6.Y2*				D5*.S1*.H6.Y2*				D5*.S1*.H3.Y2*				D5*.S1*.H6.Y2*			

Tablo 4.97. Bilecik 2070-2079 dönemi tasarım parametreleri, optimizasyon sonuçları ve öneriler

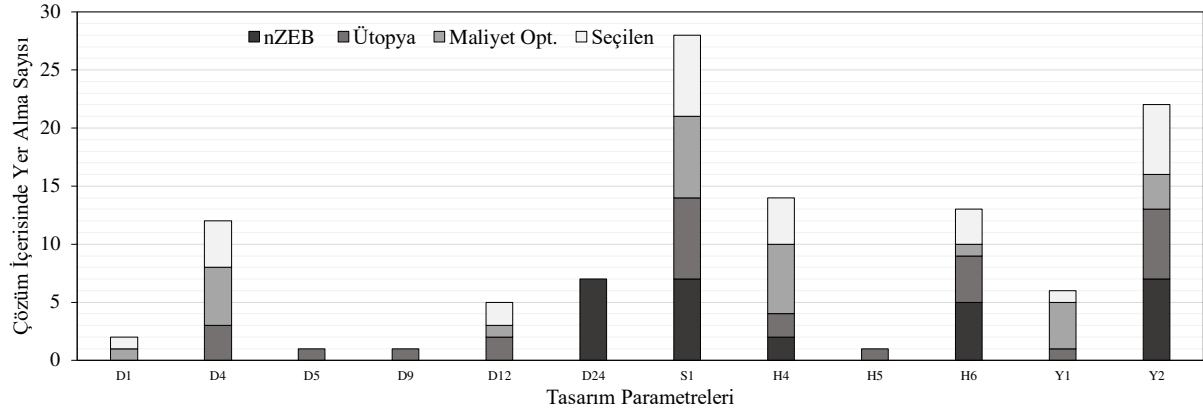
Çalışma Dönemi																											
2020-2029				2030-2039				2040-2049				2050-2059				2060-2069				2070-2079				2080-2089			
BİNA YENİLEME																											
Tasarım Parametreleri																											
Bina Kabuğu				Mekanik Sistemler														Bina Formu									
Isı Yalıtım Kalınlığı Faz Değiştiren Malzeme Cam Filmi Gölgeleme Elemanı				Isıtma Sistemi								Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elektrik Üretimi		Biçim Faktörü					
				Katı Yakıt	Güneş En. Destekli Katı Yakıt	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. Destekli Doğalgaz	Isı Pompası	Güneş En. Destekli Isı Pompası											
D	S	G		H														Y	-								
•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	•	96							
Optimizasyon Sonuçları																											
Öneriler																											
Pareto Optimal Öneri Sayısı				nZEB Öneri				Ütopya Öneri				Maliyet Optimum Öneri				Seçilen Öneri											
27				D24.S2.H6*.Y2				D1.S1*.H6*.Y2				D1.S1*.H6*.Y1*				D5.S1*.H6*.Y2											

4.15. Bulguların Değerlendirilmesi

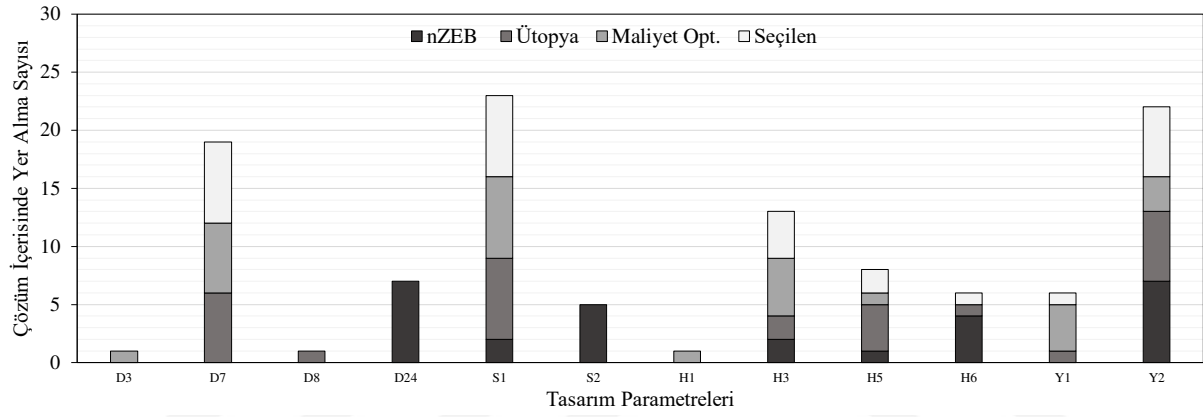
Tez çalışmasında Türkiye'nin uzun dönem enerji plan ve stratejilerde belirtilen hedeflere ulaşabilmesi için, binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımının yıllara göre aşamalı olarak azaltılması için bir çalışma yapılmıştır. Bu amaca ulaşabilmek için mevcut ve yeni yapılacak binalarda birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimum bina kabuğu, mekanik sistem ve bina formu gibi tasarım parametreleri belirlenmiştir. Belirlenen bu parametreler, Akdeniz Bölgesi'nden Antalya ve Isparta, Doğu Anadolu Bölgesi'nden Malatya ve Ardahan, Ege Bölgesi'nden İzmir ve Kütahya, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden Şanlıurfa ve Gaziantep, İç Anadolu Bölgesi'nden Kırıkkale ve Sivas, Karadeniz Bölgesi'nden Trabzon ve Bayburt, Marmara Bölgesi'nden Çanakkale ve Bilecik illerinde belirlenen referans binalara 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde uygulanarak her on yıllık dönem için öneriler oluşturulmuştur. Bu öneriler oluşturulurken kullanılan tasarım parametreleri birincil enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından optimize edilmiştir. Her bir dönemde çıkan optimizasyon sonuçları nZEB, ütopya ve maliyet optimum öneri olarak kategorize edilmiştir. Bu önerilerden biri veya pareto front hattı üzerinde bulunan başka bir pareto optimal öneri dönemin önerisi seçilmiştir. İllere göre tasarım parametrelerinin nZEB, ütopya ve maliyet optimum kategorilerinde yer alma ve ayrıca seçilme sayıları Şekil 4.16'dan Şekil 4.29'a kadar verilmiştir.



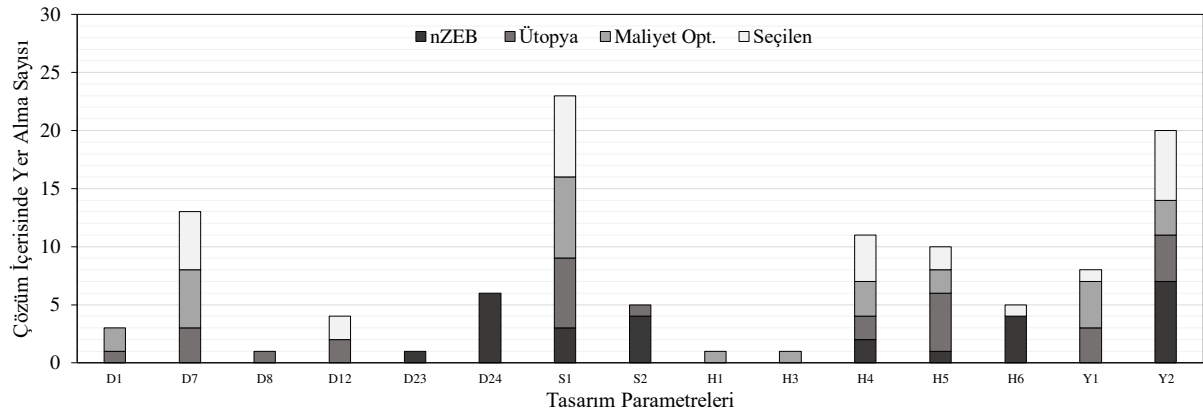
Şekil 4.16. Antalya için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları



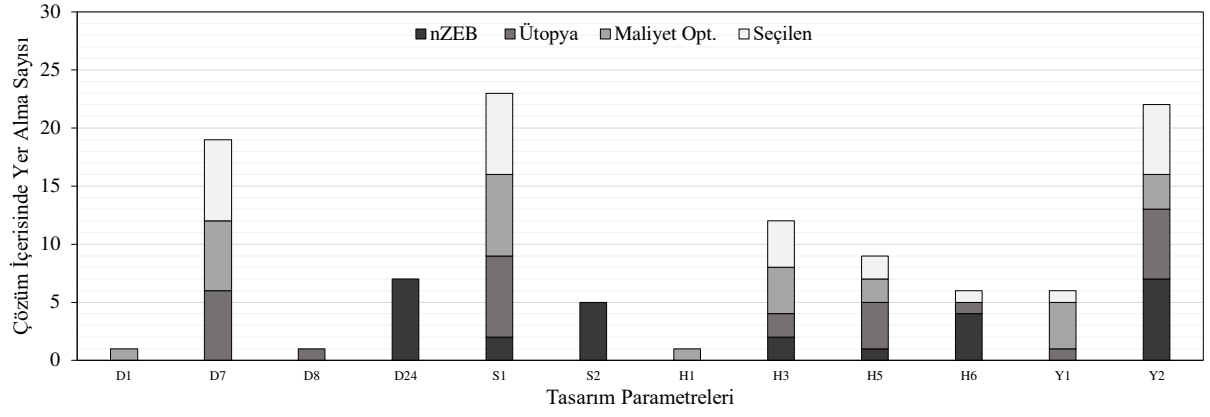
Şekil 4.17. Isparta için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları



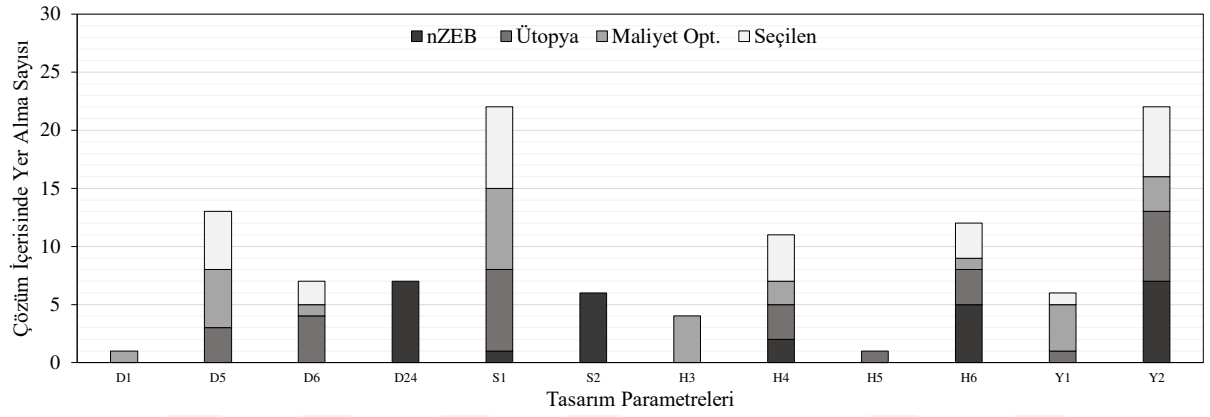
Şekil 4.18. Malatya için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları



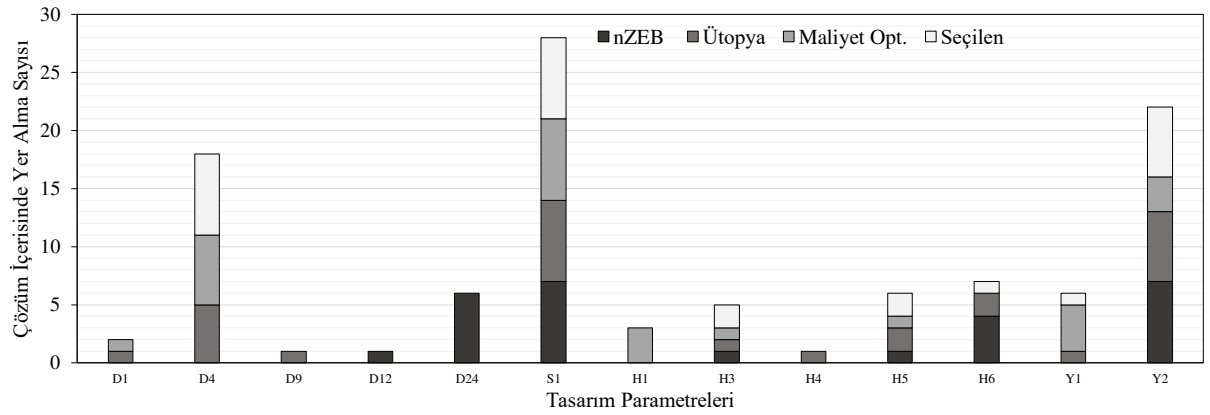
Şekil 4.19. Ardahan için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları



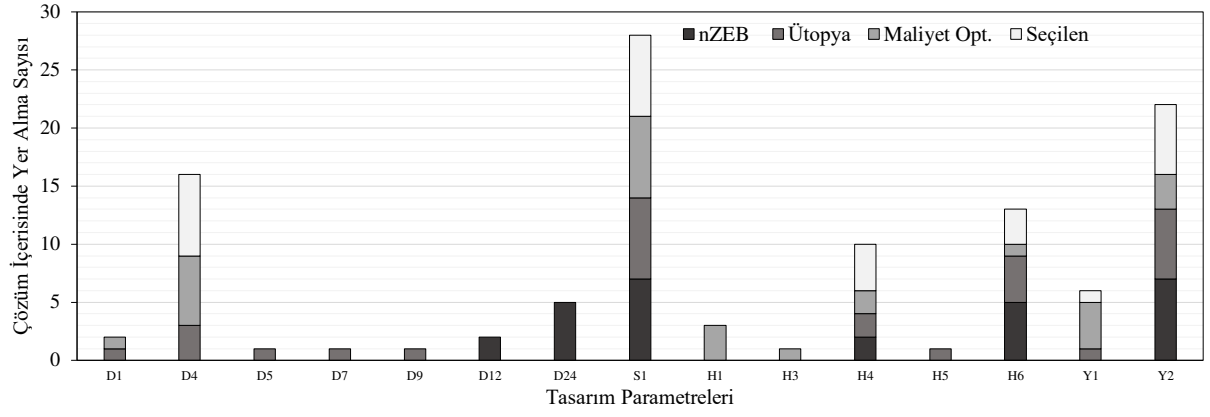
Şekil 4.20. İzmir için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları



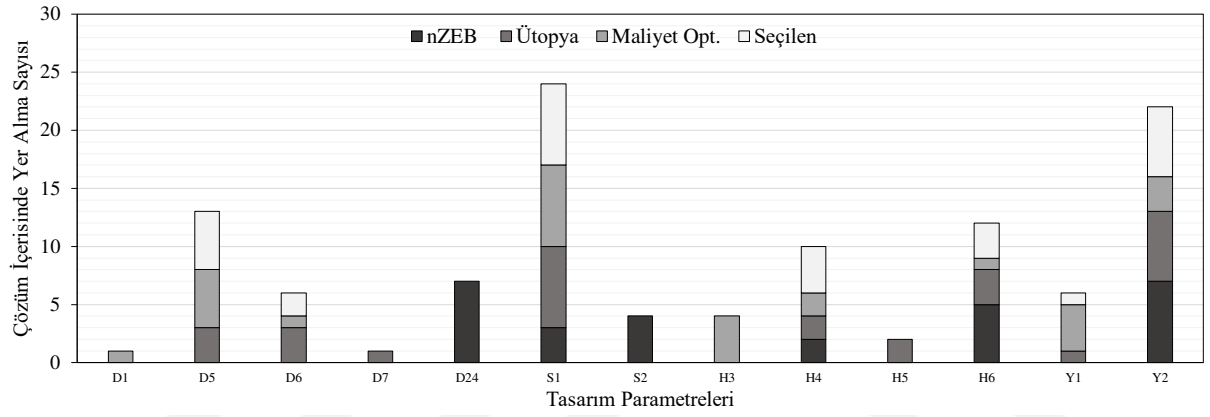
Şekil 4.21. Kütahya için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları



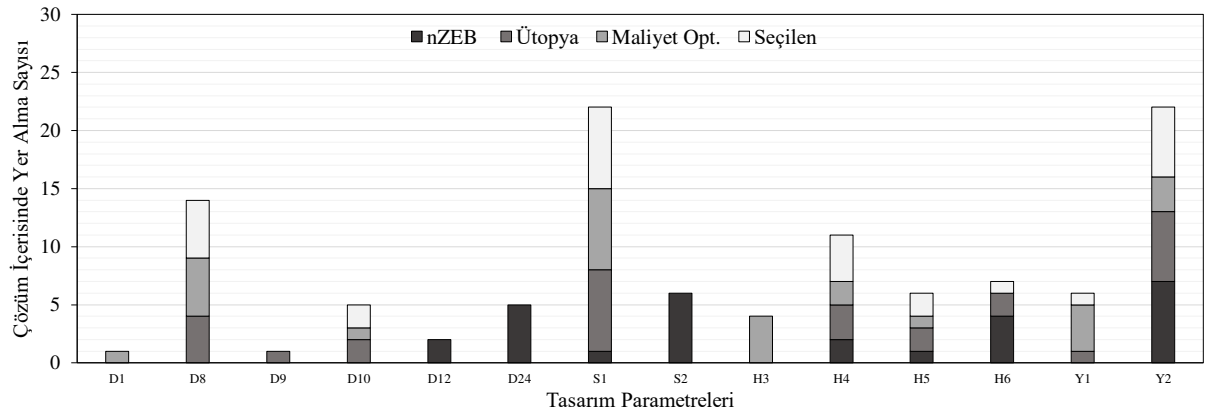
Şekil 4.22. Şanlıurfa için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları



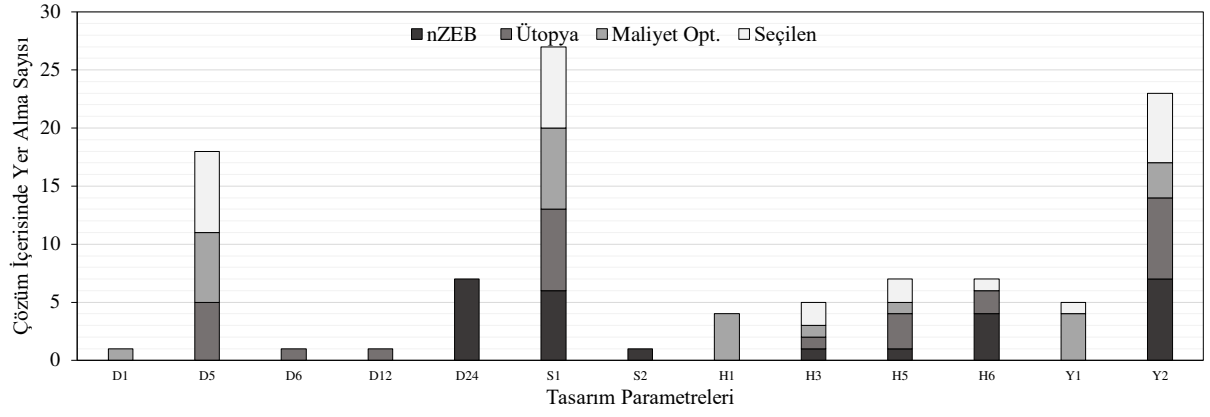
Şekil 4.23. Gaziantep için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları



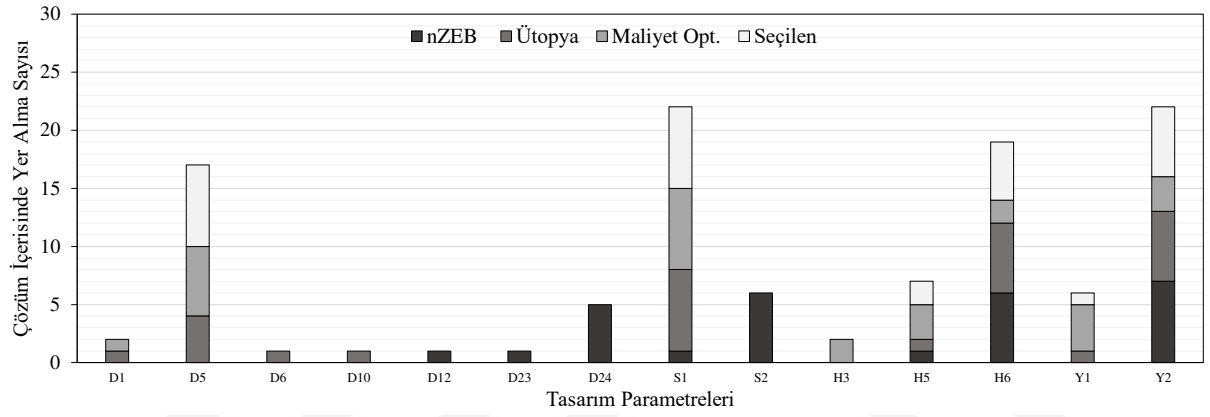
Şekil 4.24. Kırıkkale için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları



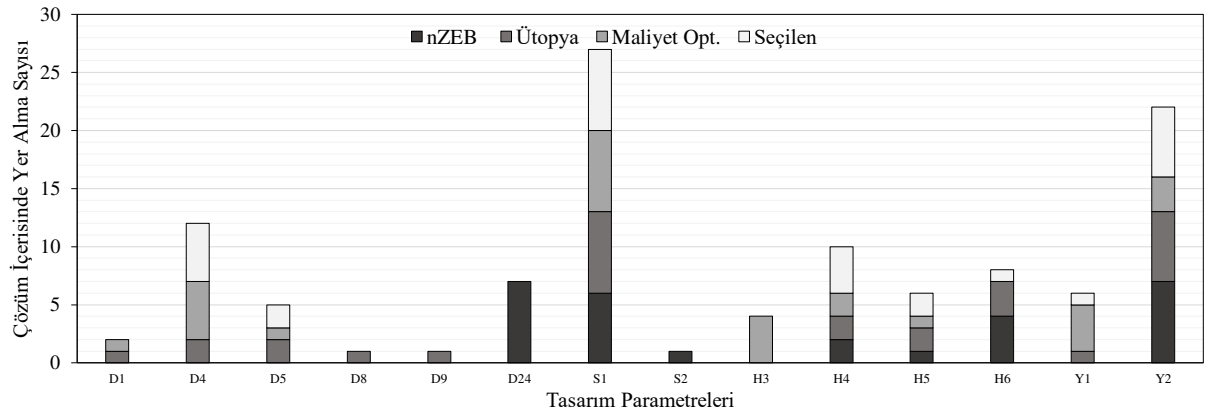
Şekil 4.25. Sivas için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları



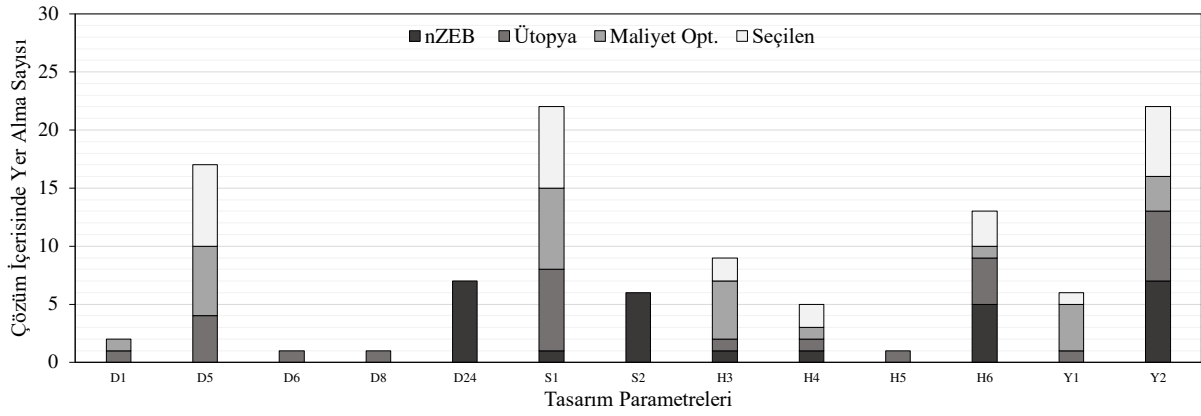
Şekil 4.26. Trabzon için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları



Şekil 4.27. Bayburt için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları



Şekil 4.28. Çanakkale için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları



Şekil 4.29. Bilecik için tasarım parametrelerinin optimum çözüm içerisinde yer alma sayıları

nZEB, ütopya ve maliyet optimum önerileri oluşturan tasarım parametreleri, illerin bulunduğu iklimlere bağlı olarak binaların birincil enerji tüketimini ve CO₂ salınımlarını farklı oranlarda etkilemiştir. Bu nedenle bu tasarım parametrelerinin bu öneri gruplarının içinde yer alma sayıları da farklılık göstermiştir. Sıcak iklimde bulunan Antalya’da 2020 yılından 2089 yılına kadar, bina kabuğu grubundan D22 ve D23 birer defa, D24 ise beş defa nZEB öneride tasarım parametreleri arasında yer almıştır. Soğuk iklimde bulunan Isparta’da ise aynı yıllar arasında bina kabuğu grubundan D24 yedi defa nZEB öneride tasarım parametreleri arasında yer almıştır. Bu tasarım parametrelerinin faz değiştiren malzeme içermesinden dolayı yüksek ilk yatırım maliyetleri nedeniyle ütopya ve maliyet optimum öneride yer alamamıştır. D1, D2 ve D3 gibi daha az ısı yalıtım kalınlığı içeren tasarım parametreleri seçilen önerilerin içerisinde yer almasa da çoğu ilde maliyet optimum öneriler içerisinde yer almıştır. Bunun nedeni ilk yatırım maliyetinin az olmasıdır. Fakat bu tasarım parametreleri birincil enerji tüketimini ve CO₂ salınımını azaltmadığı için seçilen öneriler içerisinde yer alamamıştır. Isı yalıtım kalınlığının daha fazla olduğu D4’ten D12’ye kadar olan tasarım parametreleri ise her bir ilde mevcutta bulunan ısı yalıtım kalınlığına göre farklı sayılarda seçilen tasarım parametreleri olmuştur.

Bina kabuğu grubundan Antalya’da S1 ve S3 üç, S4 bir, G4 beş ve G5 iki defa tasarım parametresi olarak seçilirken İzmir’de S1 dokuz, S2 üç, S3 on iki, S4 ise dört defa tasarım parametresi olarak seçilmiştir. Bu parametrelerin seçim sayısının fazla olması, Antalya ve İzmir gibi sıcak iklime sahip illerde cam filmi ve gölgeleme elemanı kullanılmasının enerji tüketimini azaltmada önemli olduğunu göstermektedir. Kütahya, Ardahan ve Bayburt gibi illerde ise S1 yedi defa tasarım parametresi olarak seçilmiştir. Bu parametrenin seçim sayısının fazla olması, soğuk iklime sahip illerde cam filmi kullanılmasının, enerji tüketimini azaltmada etkisinin az

olmasının yanında cam filmi maliyetlerinin yüksek olmasının da etkili olduğu gör÷lmektedir. Mekanik sistemler grubunda yer alan tasarım parametreleri incelendiğinde ise, H1 tasarım parametresinin ilk yatırım maliyetinin düşük olmasından dolayı maliyet optimum öneriler arasında yer alırken, birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımını azaltmaması nedeniyle seçilen öneriler arasında mevcut durumda bulunması dışında yer alamamıştır. Birincil enerji tüketimini ve CO₂ salınımını yüksek oranda azaltması sayesinde en çok ütopya ve nZEB öneri içerisinde yer alan tasarım parametreleri ise güneşlenme süresinin diğer illere göre az olduğu illerde H5, güneşlenme süresinin fazla olduğu illerde ise H6 olmuştur. İllere ve dönemlere göre önerilerde kullanılan ve seçilen tasarım parametreleri Tablo 4.99’da verilmiştir.



Tablo 4.99. İllere ve dönemlere göre önerilerde kullanılan ve seçilen tasarım parametreleri

İller	Çalışma Dönem	Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgelene Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elek. Ü.	Biçim Faktörü
						Katı Yakıt	Güneş En. D. K. Yak.	Doğalgaz	Güneş En. D. Doğ.	Isı Pompası	Güneş En. D. Isı P.	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. D. Doğ.	Isı Pompası	Güneş En. D. Isı P.			
Antalya	2020-2029	•	•	•	✓	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	✓	•	•	•	•	✓	•	•	•	-
	2040-2049	•	•	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-
	2050-2059	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	•	✓	•	•	•	•	•	✓	•	-
	2060-2069	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2070-2079	✓	•	•	✓	•	•	•	•	•	✓	•	✓	•	•	•	•	•	✓	-	✓
	2080-2089	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
Isparta	2020-2029	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	-	-	•	•	✓	•	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2040-2049	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	-	-	•	•	✓	•	•	•	-	-
	2050-2059	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2060-2069	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	✓	•	-	-
	2070-2079	✓	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
	2080-2089	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-
Malatya	2020-2029	•	•	•	-	•	•	✓	•	•	•	-	-	•	✓	•	•	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2040-2049	•	•	•	-	•	•	✓	•	•	•	-	-	•	✓	•	•	•	•	-	-
	2050-2059	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2060-2069	✓	•	-	-	•	•	•	•	✓	•	-	-	•	•	•	✓	•	•	-	✓
	2070-2079	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2080-2089	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-
Ardahan	2020-2029	•	•	•	-	•	•	✓	•	•	•	-	-	•	✓	•	•	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2040-2049	•	•	•	-	•	•	✓	•	•	•	-	-	•	✓	•	•	•	•	-	-
	2050-2059	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2060-2069	•	•	-	-	•	•	•	•	✓	•	-	-	•	•	•	✓	•	•	-	-
	2070-2079	✓	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
	2080-2089	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-
İzmir	2020-2029	•	•	•	✓	•	•	•	✓	•	•	✓	•	•	•	✓	•	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2040-2049	•	•	✓	-	•	•	•	✓	•	•	✓	•	•	•	✓	•	•	•	-	-
	2050-2059	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2060-2069	✓	•	•	•	•	•	•	•	✓	•	•	✓	•	•	•	✓	•	•	-	✓
	2070-2079	•	•	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2080-2089	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	•	✓	•	•	•	•	•	✓	-	-

Tablo 4.99'un devamı

İller	Çalışma Dönem	Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elek. Ü.	Biçim Faktörü
						Katı Yakıt	Güneş En. D. K. Yak.	Doğalgaz	Güneş En. D. Doğ.	Isı Pompası	Güneş En. D. Isı P.	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. D. Doğ.	Isı Pompası	Güneş En. D. Isı P.			
Kütahya	2020-2029	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	-	-	•	•	✓	•	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2040-2049	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	-	-	•	•	✓	•	•	•	-	-
	2050-2059	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2060-2069	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	✓	-	-	-
	2070-2079	✓	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
	2080-2089	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-
Şanlıurfa	2020-2029	•	•	•	-	•	✓	•	•	•	•	-	-	✓	•	•	•	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2040-2049	•	•	•	-	•	•	✓	•	•	•	-	-	•	✓	•	•	•	•	-	-
	2050-2059	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2060-2069	•	•	-	-	•	•	•	•	✓	•	-	-	•	•	•	✓	•	•	-	-
	2070-2079	✓	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
	2080-2089	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-
Gaziantep	2020-2029	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	-	-	•	•	✓	•	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2040-2049	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	-	-	•	•	✓	•	•	•	-	-
	2050-2059	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2060-2069	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	✓	-	-	-
	2070-2079	✓	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
	2080-2089	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	✓	-	-	-
Kırıkkale	2020-2029	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	-	-	•	•	✓	•	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2040-2049	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	-	-	•	•	✓	•	•	•	-	-
	2050-2059	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2060-2069	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	✓	-	-	-
	2070-2079	✓	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
	2080-2089	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	✓	-	-	-
Sivas	2020-2029	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	-	-	•	•	✓	•	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2040-2049	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	-	-	•	•	✓	•	•	•	-	-
	2050-2059	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2060-2069	•	•	-	-	•	•	•	•	✓	•	-	-	•	•	•	✓	•	•	-	-
	2070-2079	✓	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
	2080-2089	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	✓	-	-	-

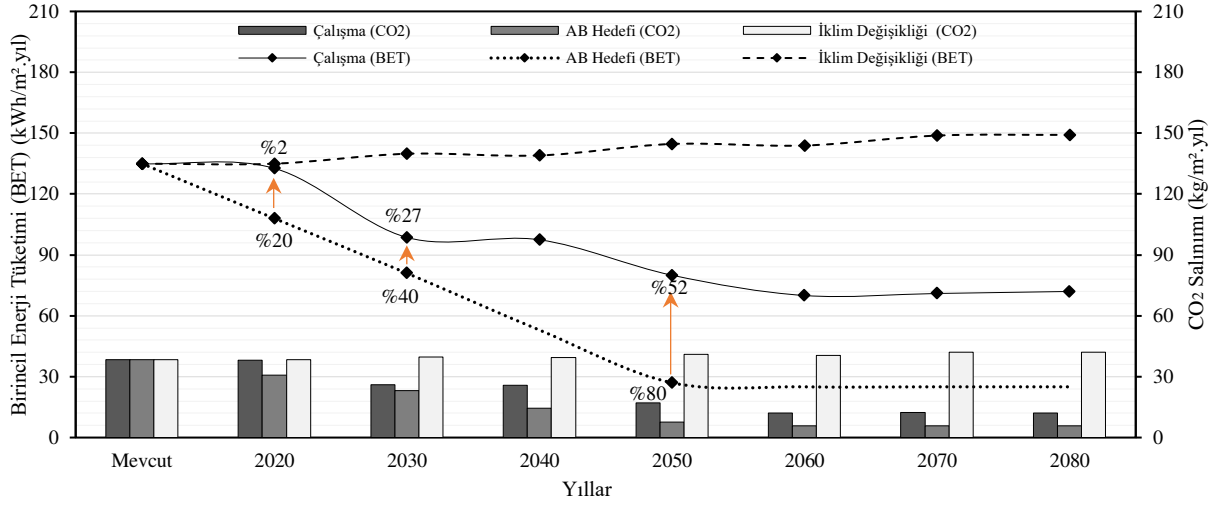
Tablo 4.99'un devamı

İller	Çalışma Dönem	Isı Yalıtım Kalınlığı	Faz Değiştiren Malzeme	Cam Filmi	Gölgelene Elemanı	Isıtma Sistemi						Soğutma Sistemi		Kullanım Sıcak Suyu Sistemi						PV Paneller ile Elek. Ü.	Biçim Faktörü
						Katı Yakıt	Güneş En. D. K. Yak.	Doğalgaz	Güneş En. D. Doğ.	Isı Pompası	Güneş En. D. Isı P.	Elektrik	Isı Pompası	Elektrik	Doğalgaz	Güneş En. D. Doğ.	Isı Pompası	Güneş En. D. Isı P.			
Trabzon	2020-2029	•	•	•	-	•	✓	•	•	•	•	-	-	✓	•	•	•	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2040-2049	•	•	•	-	•	•	✓	•	•	•	-	-	•	✓	•	•	•	•	-	-
	2050-2059	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2060-2069	•	•	-	-	•	•	•	•	✓	•	-	-	•	•	•	✓	•	•	-	-
	2070-2079	✓	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
	2080-2089	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-
Bayburt	2020-2029	•	•	•	-	•	•	•	•	✓	•	-	-	•	•	•	✓	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2040-2049	•	•	•	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	✓	-	-	-
	2050-2059	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2060-2069	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	✓	-	-	-
	2070-2079	✓	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
	2080-2089	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-
Çanakkale	2020-2029	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	-	-	•	•	✓	•	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2040-2049	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	-	-	•	•	✓	•	•	•	-	-
	2050-2059	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2060-2069	•	•	-	-	•	•	•	•	✓	•	-	-	•	•	•	✓	•	-	-	-
	2070-2079	✓	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
	2080-2089	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-
Bilecik	2020-2029	•	•	•	-	•	•	✓	•	•	•	-	-	•	✓	•	•	•	•	•	-
	2030-2039	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2040-2049	•	•	•	-	•	•	•	✓	•	•	-	-	•	•	✓	•	•	•	-	-
	2050-2059	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-
	2060-2069	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	✓	-	-	-
	2070-2079	✓	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
	2080-2089	•	•	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-	•	•	•	•	•	✓	-	-

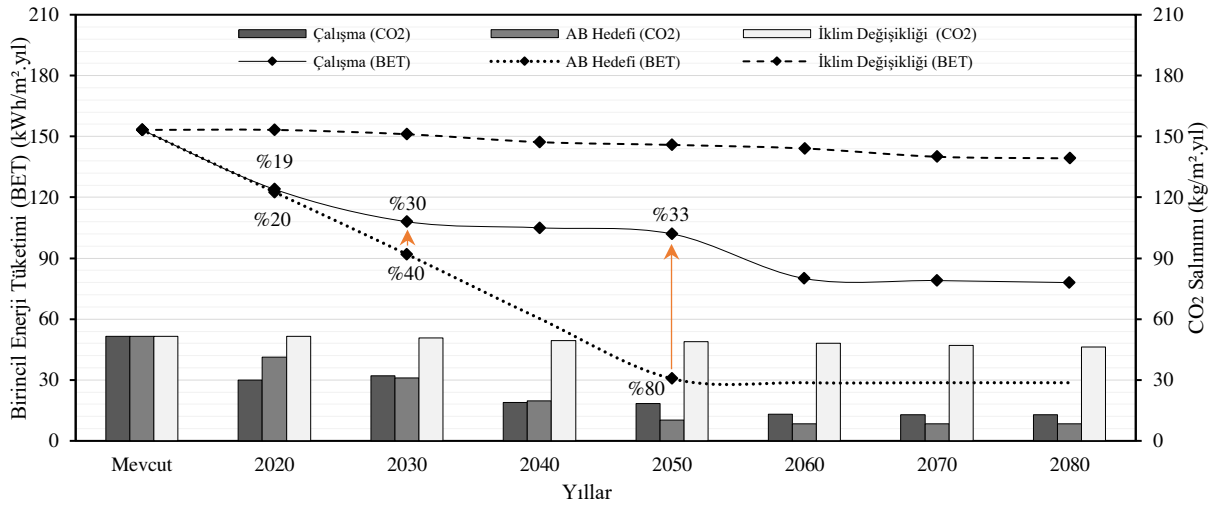
(✓) Seçilen, (•) Tasarım parametresi olarak kullanılan, (-) Tasarım parametresi olarak kullanılmayan

Çalışmada farklı tasarım parametrelerinden oluşan ve onar yıllık dönemlerde seçilen öneriler, yıllara göre aşamalı olarak binaların birincil enerji tüketimini ve CO₂ salınımını azaltmıştır. Bu azalma seçilen her bir ile göre farklılık göstermiştir. Tez çalışmasında kullanılan bütün iller için hem birincil enerji tüketiminin hem de CO₂ salınımının yıllara göre değişimi Şekil 4.30'dan Şekil 4.43'e kadar verilmiştir. Ayrıca, EU'nun 1990 yılına kıyasla 2020 yılında %20, 2030 yılında %40 ve 2080 yılında %80-95 enerji tüketimi ve CO₂ salınımını azaltma

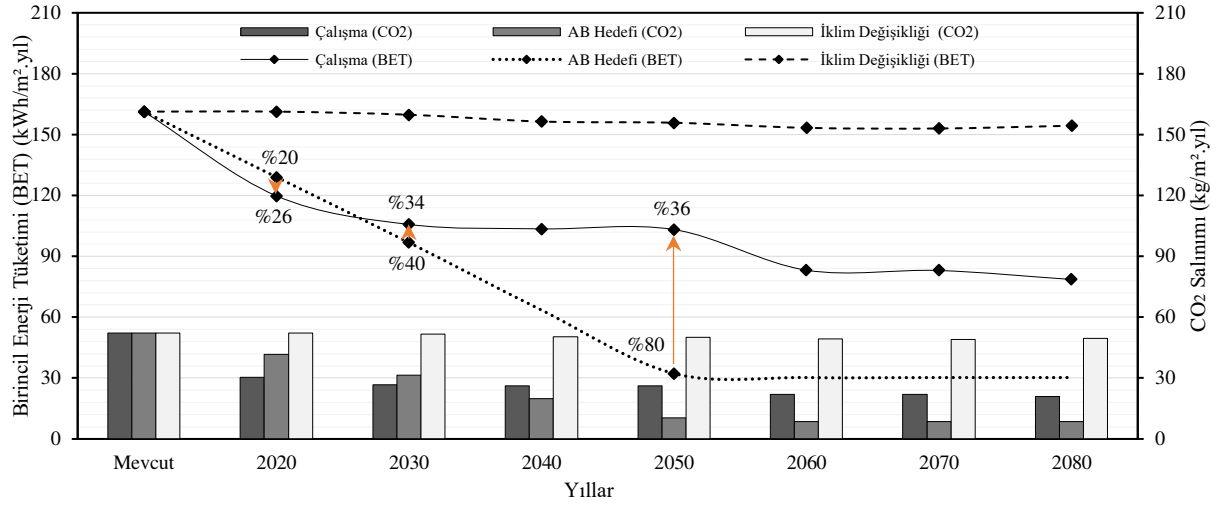
hedefleri bulunmaktadır [112]. EU'nun referans yılı olan 1990 yerine tez çalışmasında binaların mevcut enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları referans kabul edilmiştir. Bu hedeflere yaklaşım aynı şekiller üzerinde yer almıştır. Ek olarak ise binaların mevcut durumunun 2080 yılına kadar korunması durumunda iklim değişikliğinin birincil enerji tüketimine ve CO₂ salınımlarına etkileri de aynı şekiller üzerinde verilmiştir.



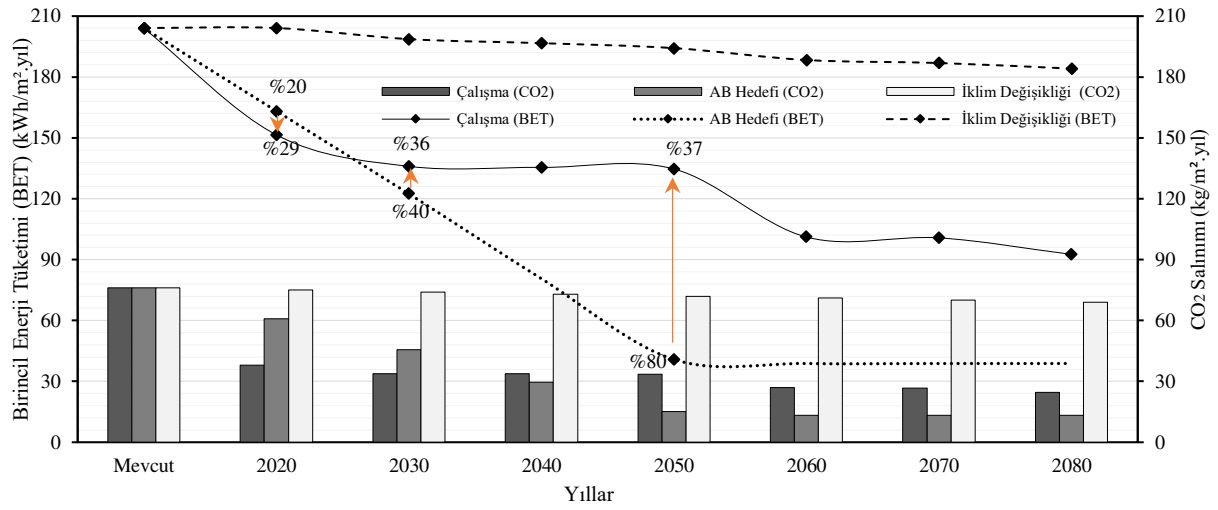
Şekil 4.30. Antalya için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımları değişimi



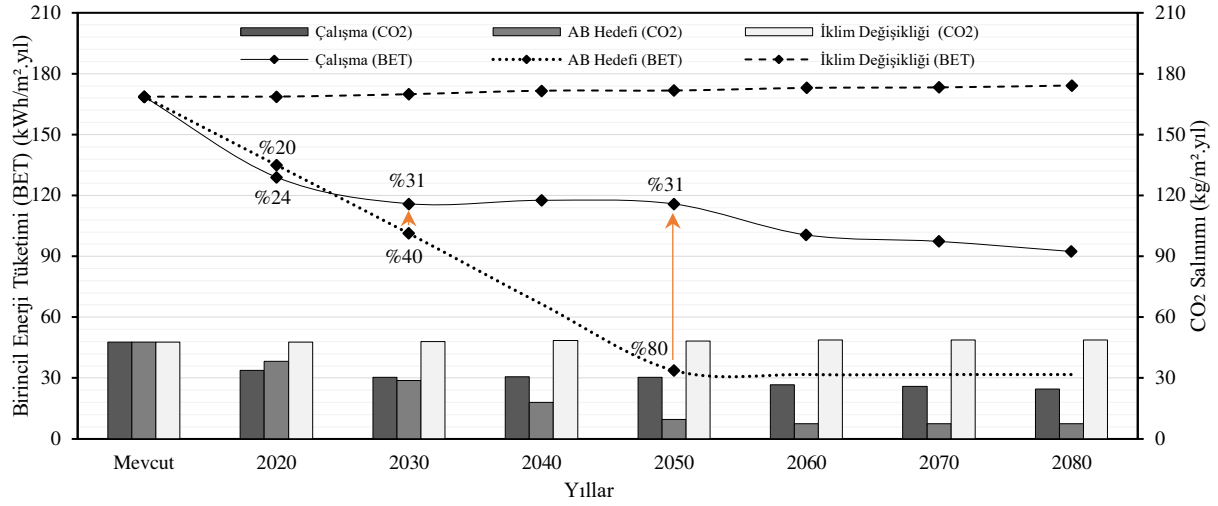
Şekil 4.31. Isparta için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımları değişimi



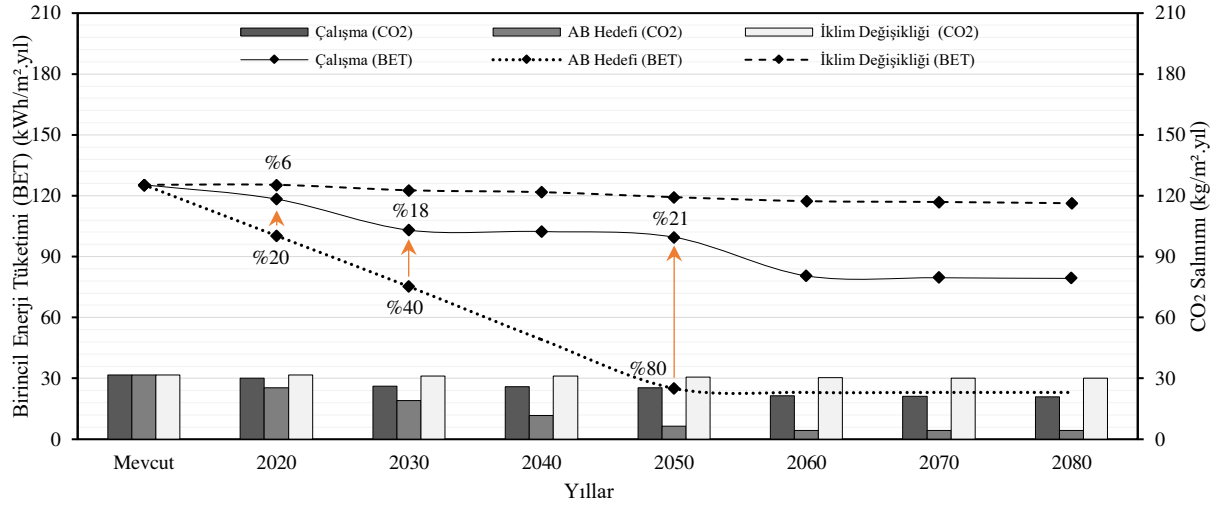
Şekil 4.32. Malatya için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



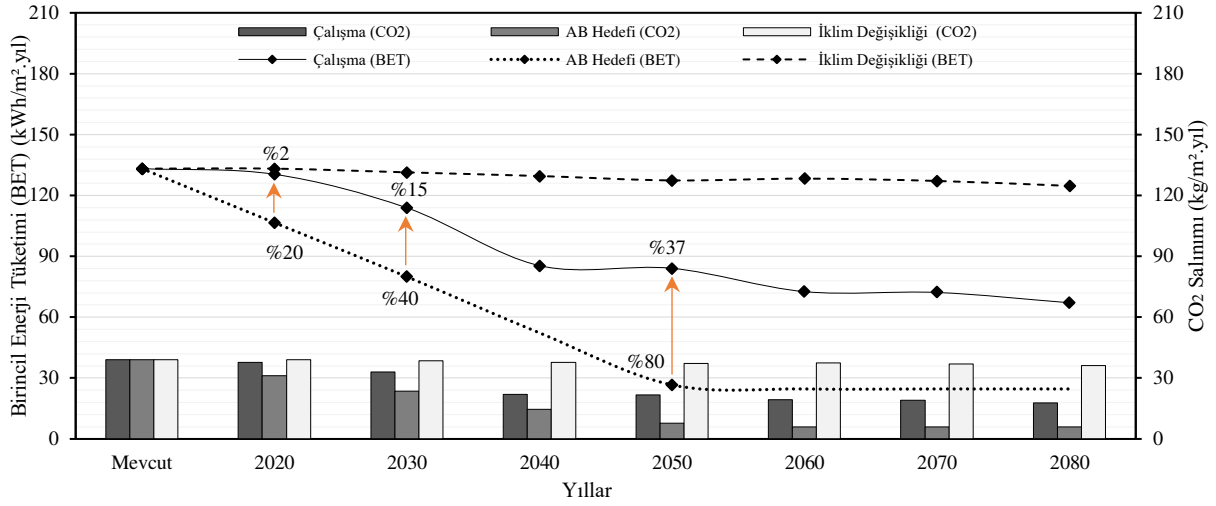
Şekil 4.33. Ardahan için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



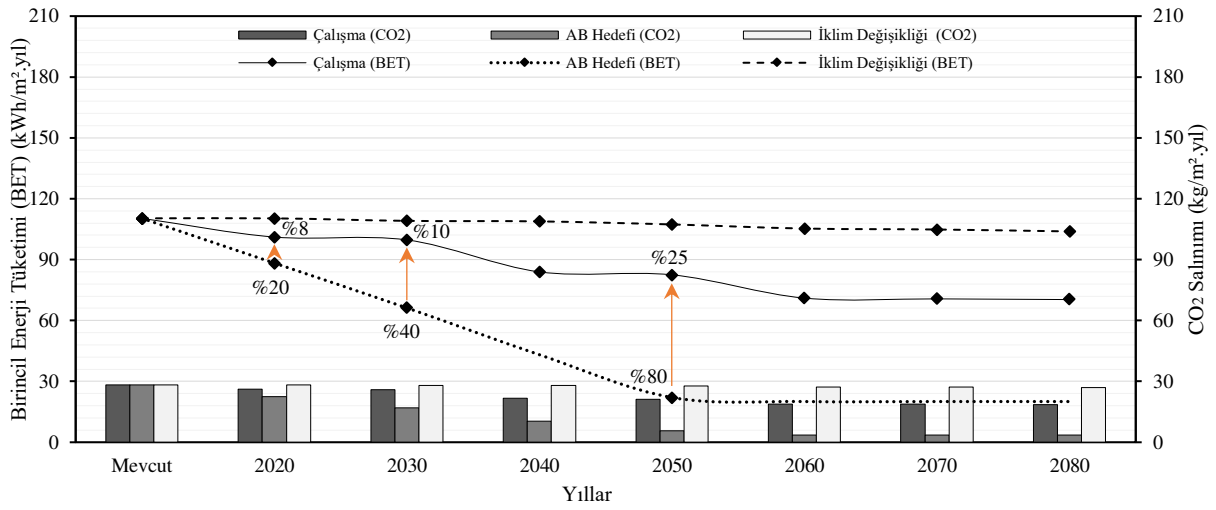
Şekil 4.34. İzmir için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



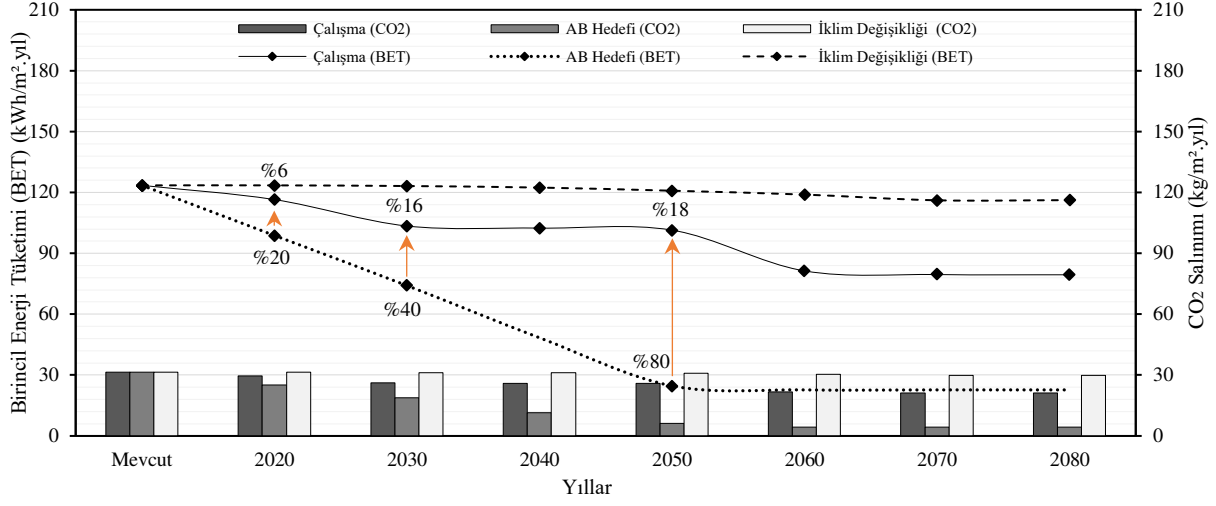
Şekil 4.35. Kütahya için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



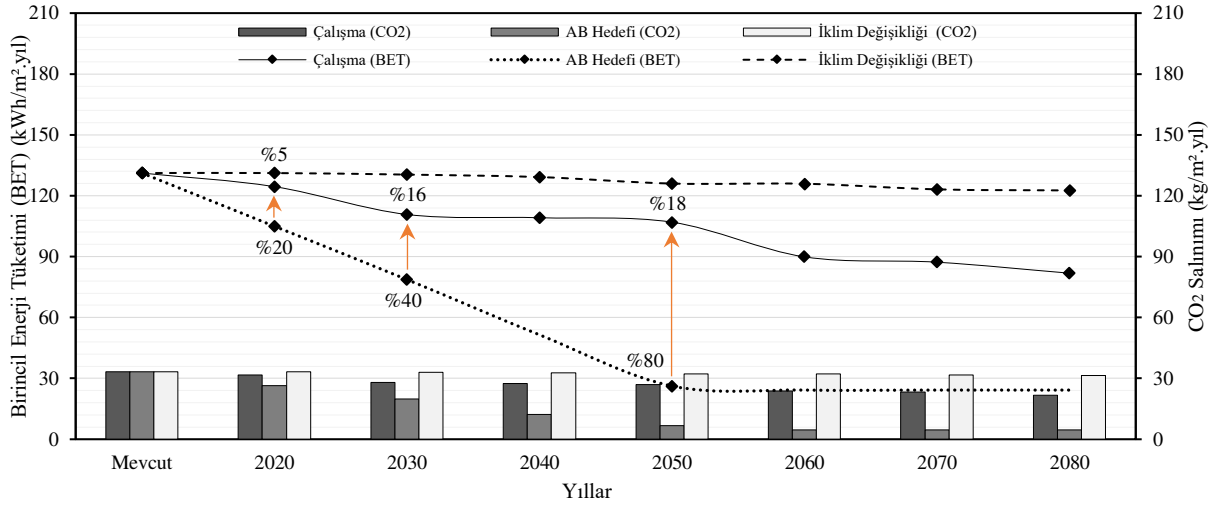
Şekil 4.36. Şanlıurfa için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



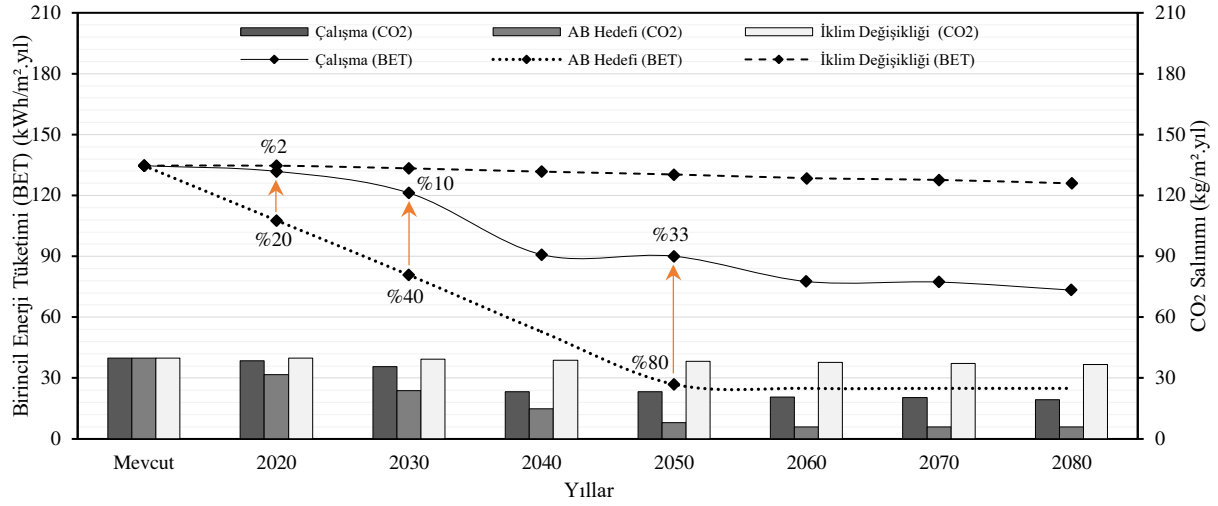
Şekil 4.37. Gaziantep için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



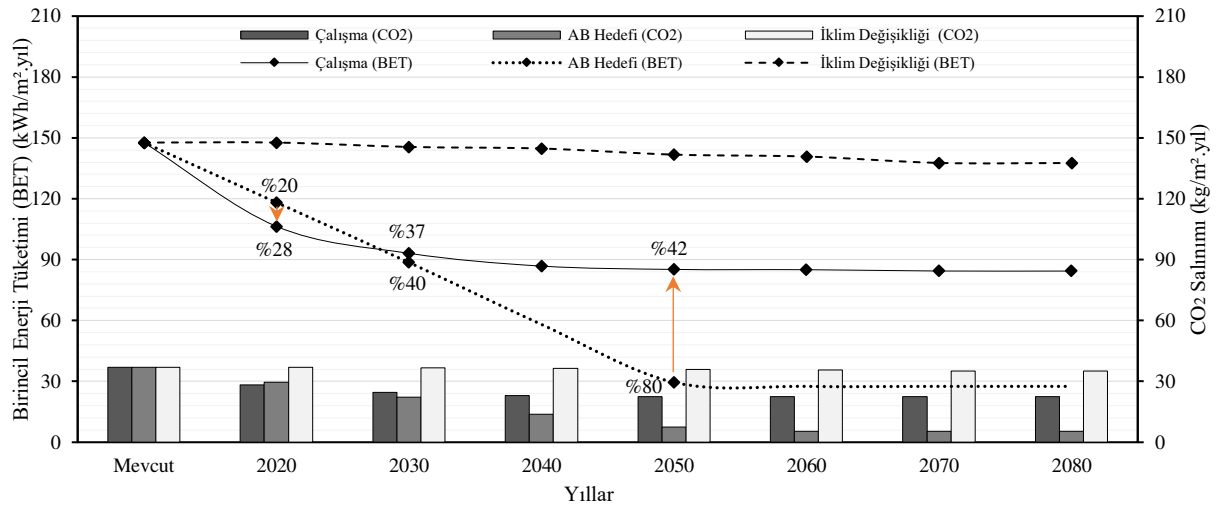
Şekil 4.38. Kırıkkale için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



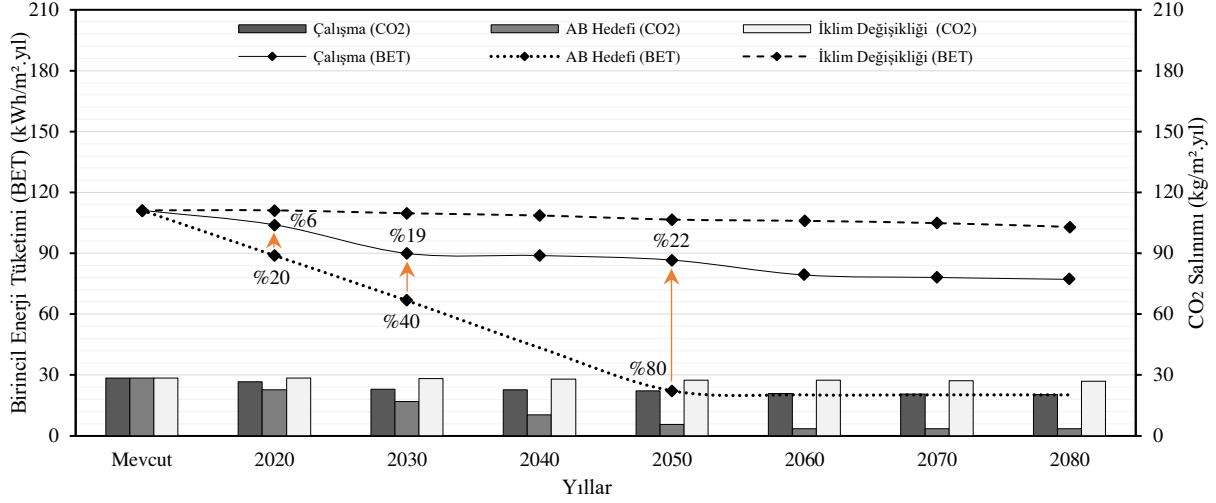
Şekil 4.39. Sivas için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



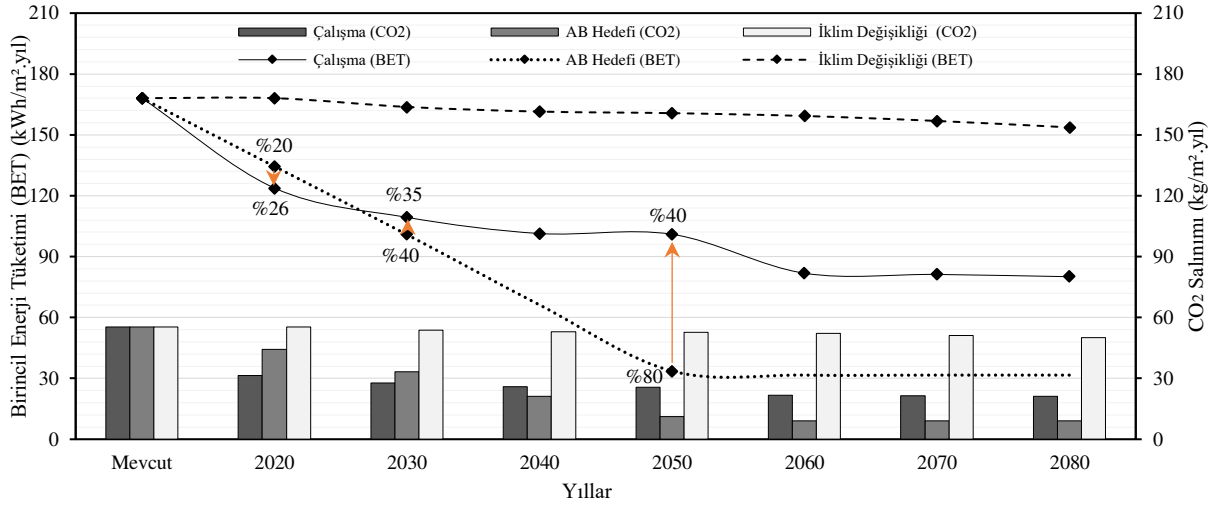
Şekil 4.40. Trabzon için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



Şekil 4.41. Bayburt için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



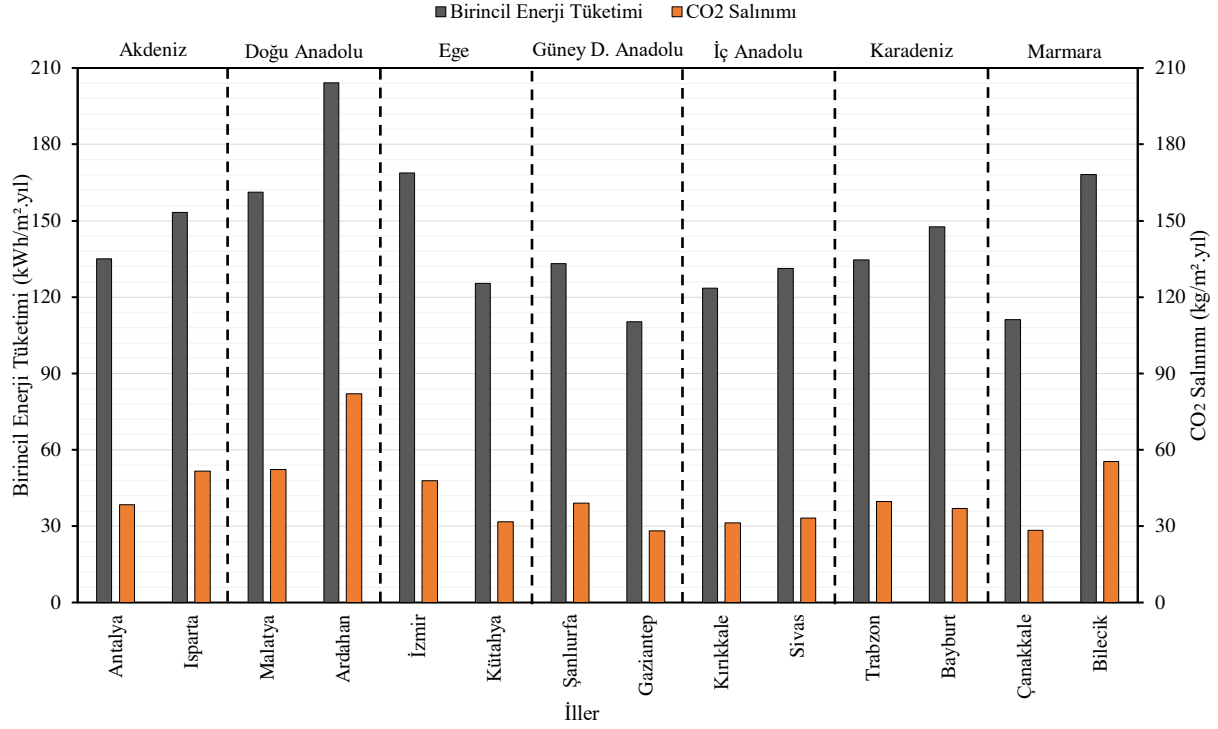
Şekil 4.42. Çanakkale için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



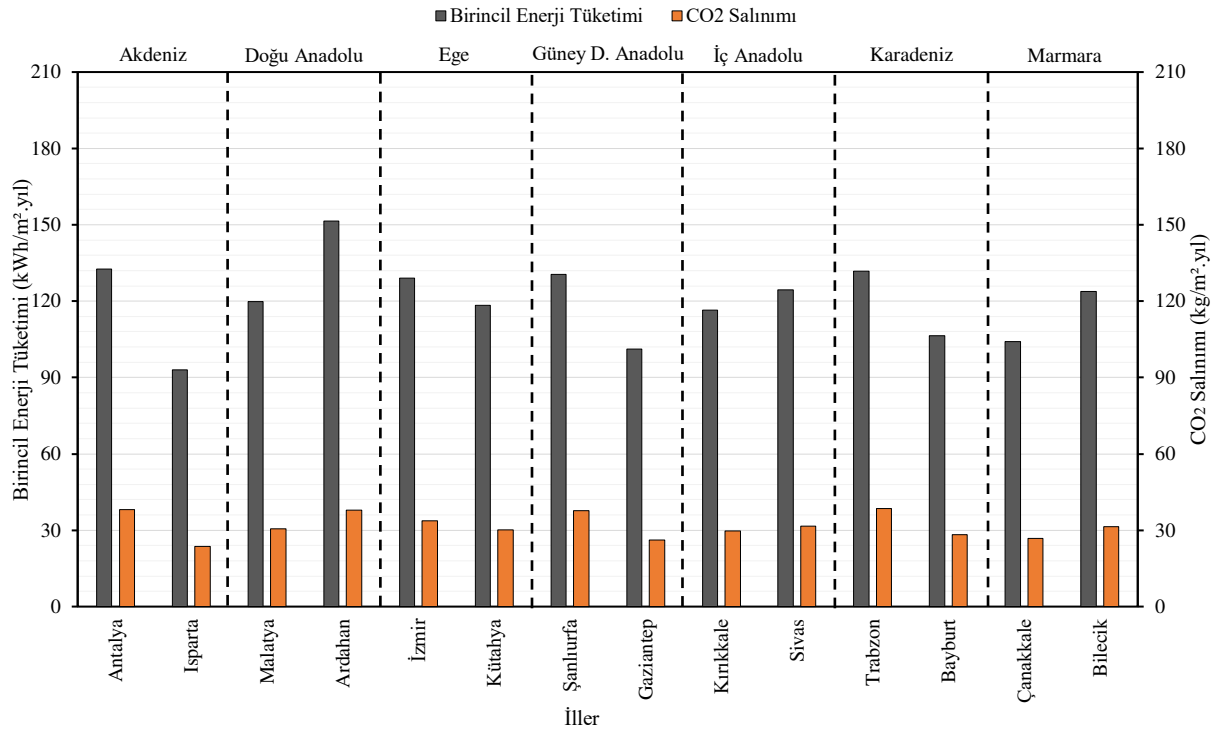
Şekil 4.43. Bilecik için yıllara göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi

Tez çalışmasında farklı özelliklere sahip binaların yıllara göre birincil enerji tüketimlerinin ve CO₂ salınımlarının azaltılması için getirilen aşamalı öneriler doğrultusunda sıcak iklim özelliği gösteren Antalya'da mevcut duruma göre birincil enerji tüketimi 2020'den 2089'a kadar onar yıllık dönemlerde sırasıyla %2, %27, %28, %52, %66, %66 ve %67 oranlarında azalırken; CO₂ salınımı ise %1, %32, %33, %55, 68% ve %69 oranlarında azalmıştır. Akdeniz Bölgesi'nin en soğuk ili olan Isparta'da bulunan binaların mevcut duruma göre birincil enerji tüketimi 2020'den 2089'a kadar onar yıllık dönemlerde sırasıyla %39, %50, %51, %53, %68, %69 ve %69 oranında azalırken; CO₂ salınımı ise %54, %62, %63, %64, %75,

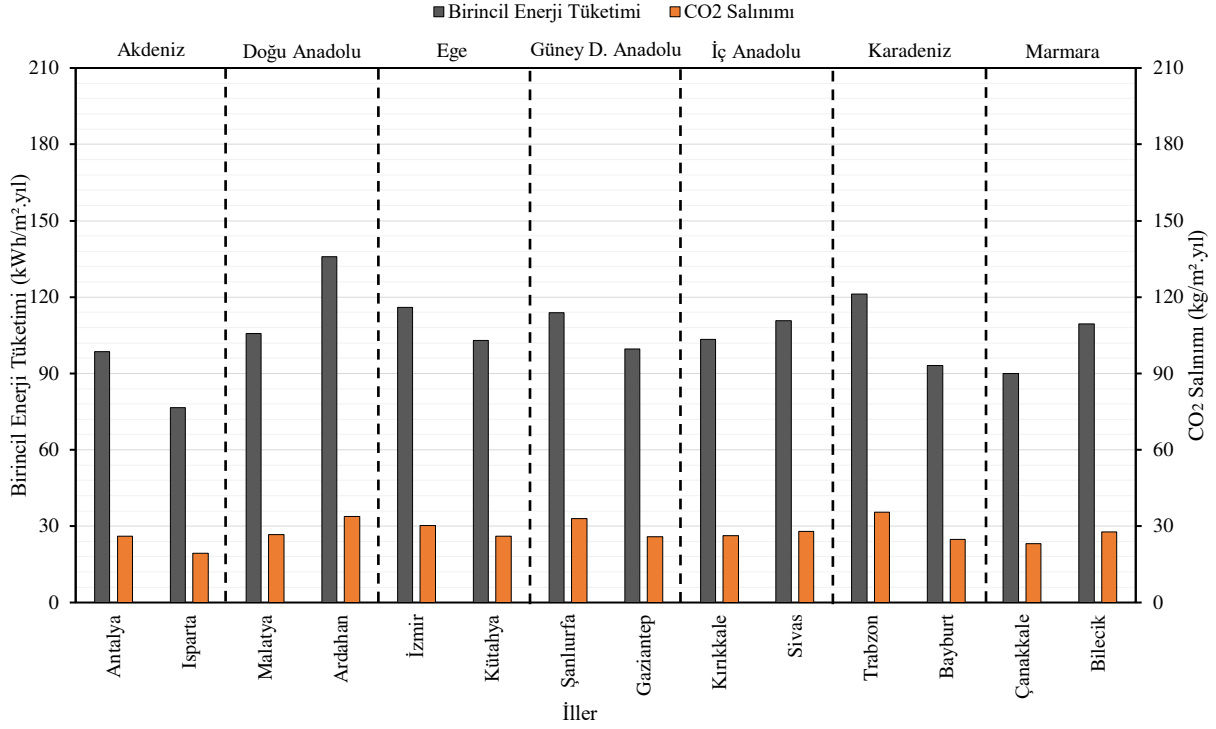
%75 ve %75 oranlarında azalmıştır. Doğu Anadolu Bölgesi'nin en sıcak ve en soğuk illerinde getirilen önlemler ile en sıcak il olan Malatya'da 2089 yılına kadar birincil enerji tasarruf oranı % 51 ve CO₂ salınım tasarrufu ise %60'a kadar ulaşmıştır. Bölgenin en soğuk ili olan Ardahan'da ise önlemler ile birincil enerji tasarruf oranı % 56 ve CO₂ salınım tasarrufu ise %68'e kadar ulaşmıştır. Türkiye'nin en sıcak illerinden biri olan İzmir'de birincil enerji tüketiminde % 45 ve CO₂ salınımında ise %48 oranında tasarruf sağlanmıştır. Soğuk iklim özelliği gösteren Kütahya'da bulunan binalar için 2020 yılından 2089 yılına birincil enerji tüketiminde % 37 ve CO₂ salınımında ise % 34'e kadar tasarruf oranı elde edilmiştir. Çalışılan diğer iller için 2089 yılına kadar mevcut 2020 yılına kıyasla sırasıyla birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınım tasarruf oranları Şanlıurfa'da % 50 ve % 54, Gaziantep'te % 36 ve % 34, Kırıkkale'de % 36 ve % 33, Sivas'ta % 38 ve % 35, Trabzon'da % 46 ve % 51, Bayburt'ta % 43 ve % 40, Çanakkale'de %30 ve %28, Bilecik'te %52 ve %61 oranına ulaşmıştır. Seçilen illerde gelecek iklim verilerini kullanarak yıllara göre aşamalı bir şekilde birincil enerji tüketimini ve CO₂ salınımını azaltmasıyla tez çalışmasının amacına ulaşılmıştır. Ayrıca çalışma ile AB'nin 2020 yılında %20, 2030 yılında %27 yenilenebilir enerji kullanım oranının artırılması ve Türkiye'nin 2017-2023 yılları arasında birincil enerji tüketiminin %14 azaltılması hedefine de uyulmuştur [33, 112]. Tez çalışmasında son olarak mevcut durum da dahil olmak üzere 2020 yılından 2089 yılına kadar onar yıllık dönemlerde illerin ve bölgelerin birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımları Şekil 4.44'ten Şekil 4.51'e kadar verilmiştir.



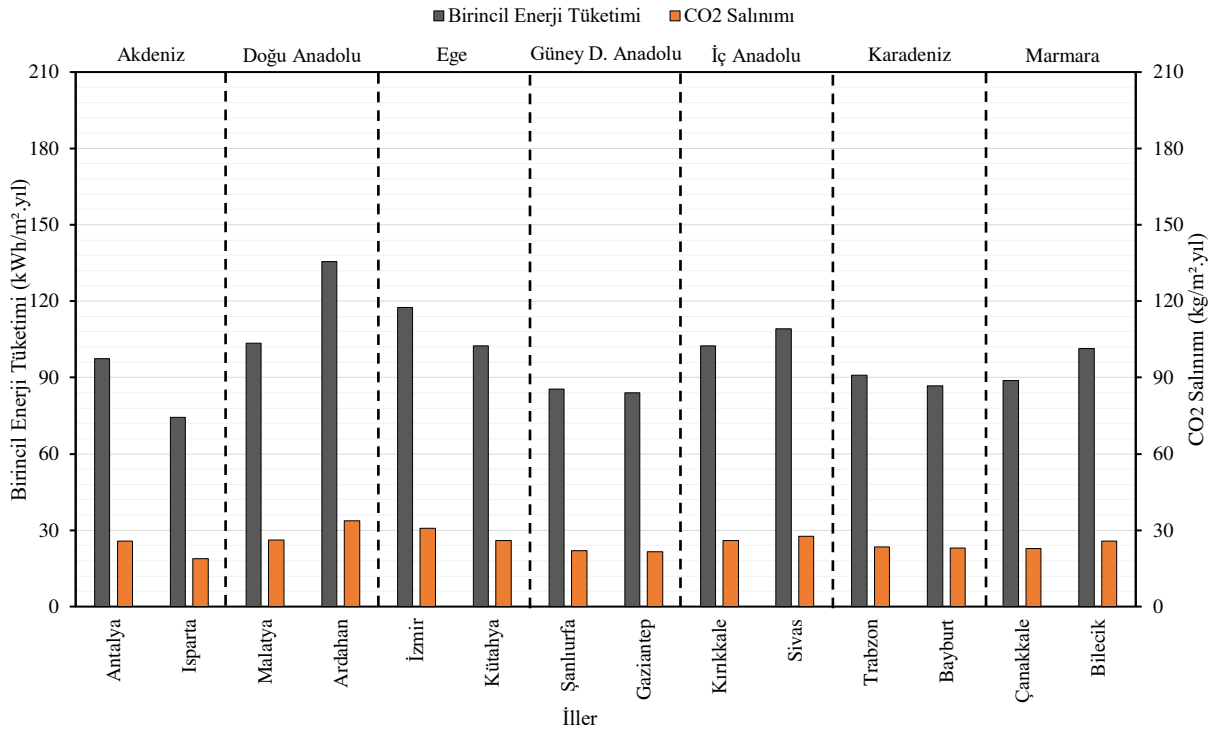
Şekil 4.44. Mevcut durum için illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



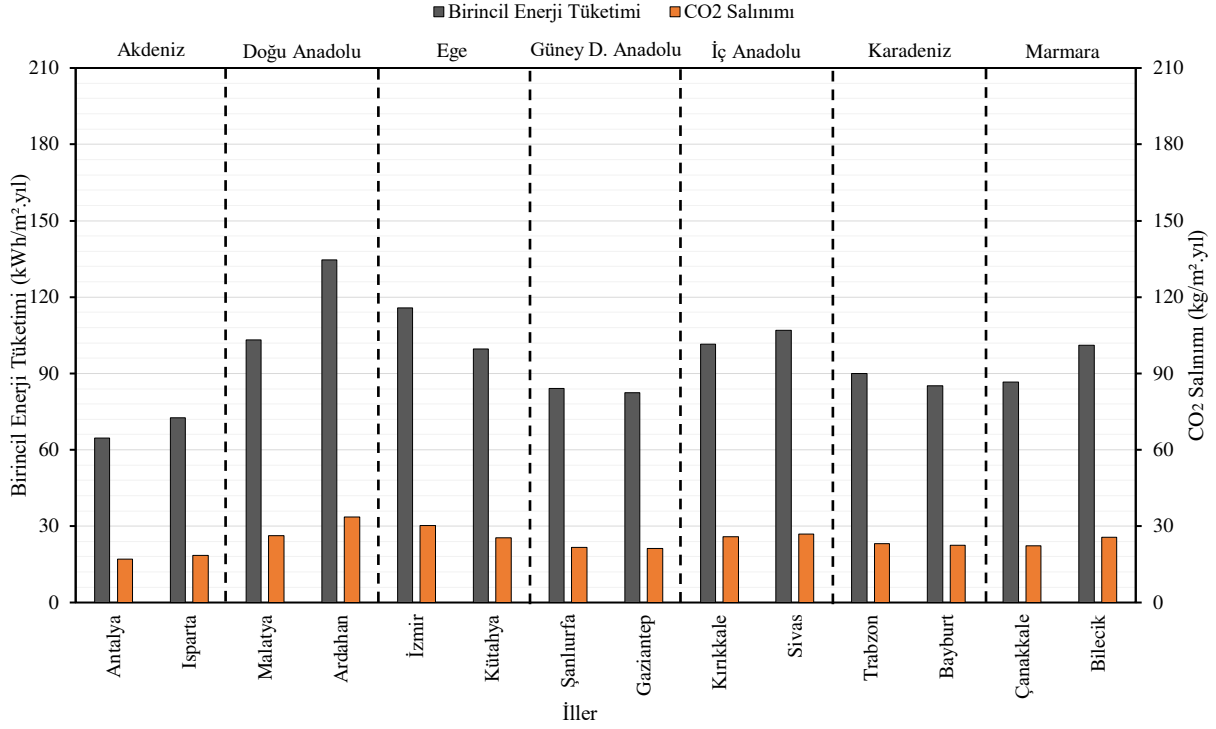
Şekil 4.45. 2020-2029 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



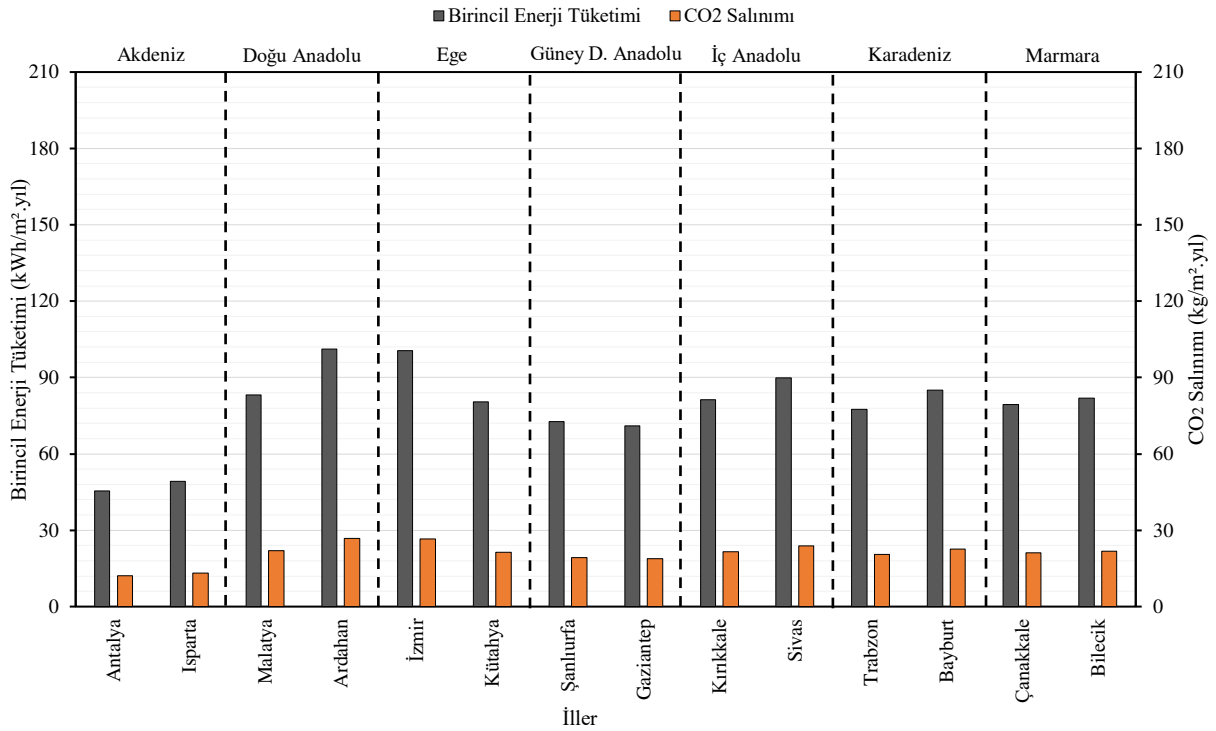
Şekil 4.46. 2030-2039 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



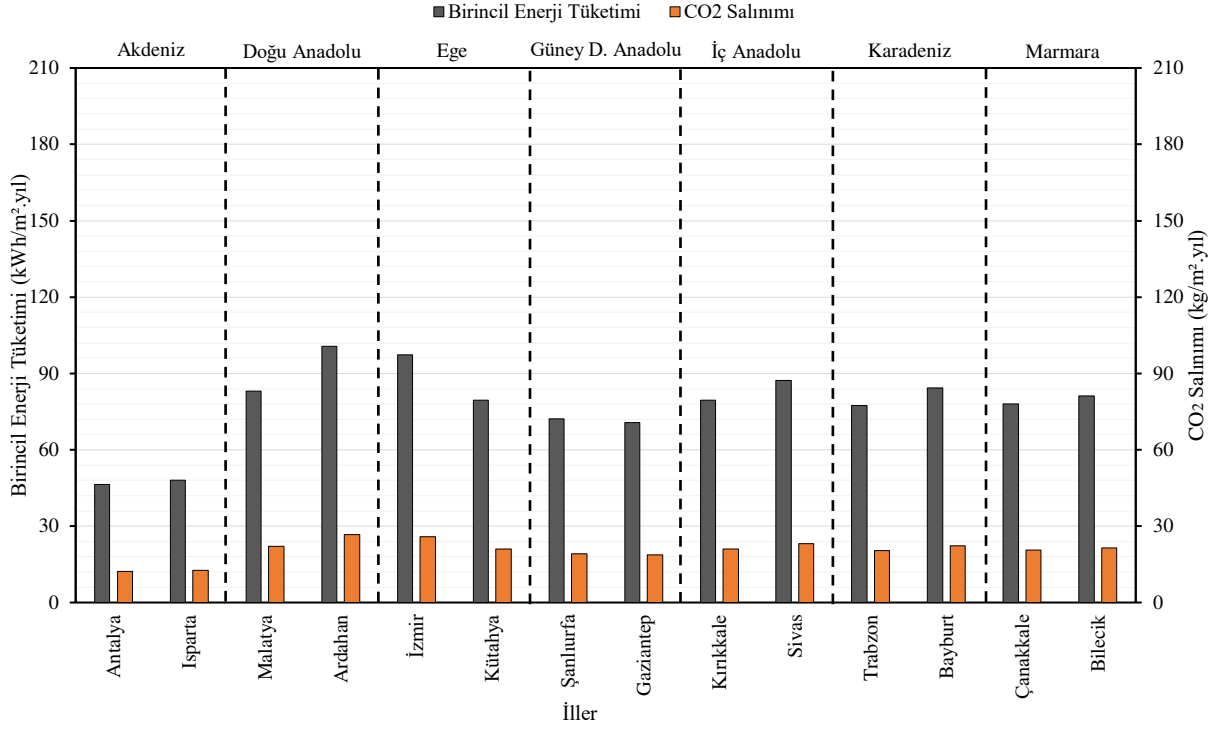
Şekil 4.47. 2040-2049 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



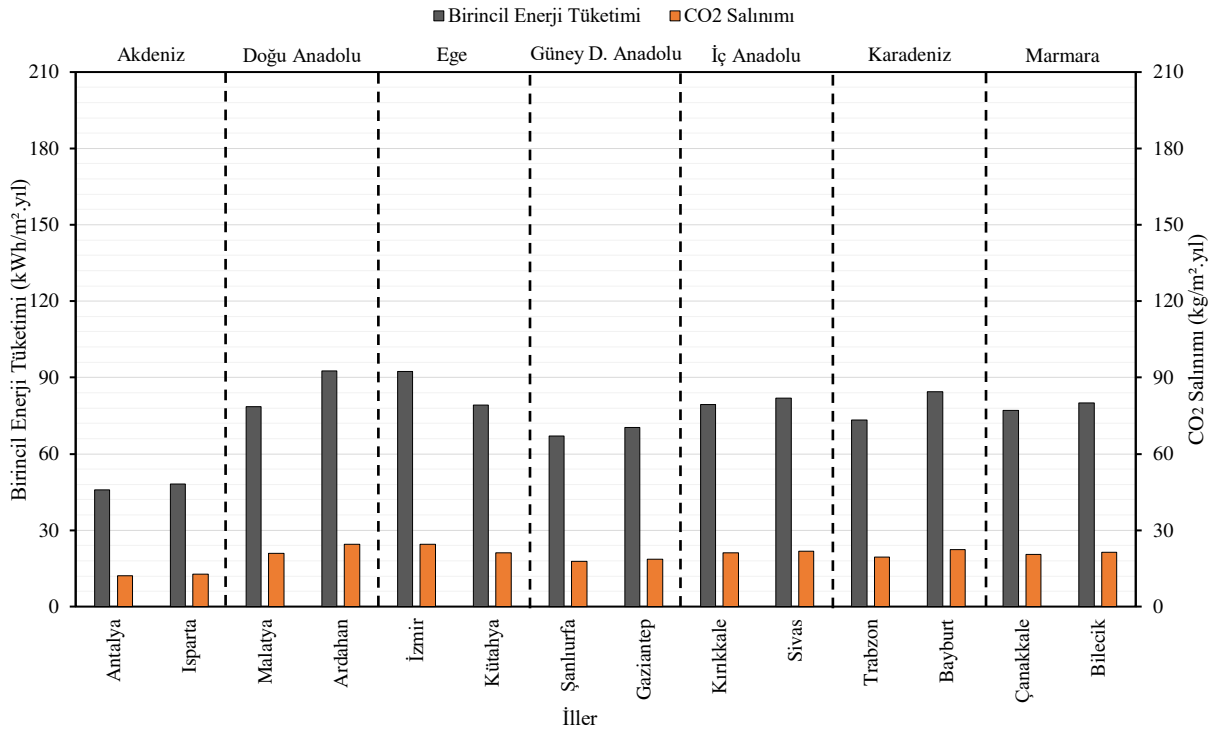
Şekil 4.48. 2050-2059 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



Şekil 4.49. 2060-2069 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



Şekil 4.50. 2070-2079 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi



Şekil 4.51. 2080-2089 dönemi illere ve bölgelere göre birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı değişimi

Birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı onar yıllık dönemler sonunda en az azalan il, birincil enerji tüketiminde %36 ve CO₂ salınımında %33'lük azalmayla Kırıkkale olurken, en fazla olan il ise, birincil enerji tüketiminde %69 ve CO₂ salınımında %75'lik azalmayla Isparta olmuştur. İllerdeki birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımlarındaki azalmaların oranları incelendiğinde, birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı azalmasının fazla olan illerde mevcut durumda katı yakıt kaynaklı ısıtma sistemi kullanıldığı, daha sonra bu sistemlerin aşamalı olarak önce doğalgaz kaynaklı daha sonra ısı pompası kaynaklı ısıtma sistemine geçtiği görülmüştür. Mevcut durumunda doğalgaz kaynaklı ısıtma sistemi kullanılan illerde onar yıllık dönemlerin sonunda birincil enerji tüketimdeki ve CO₂ salınımındaki azalma ortalama olarak %40'ın altında kalmıştır. Ayrıca ısı yalıtım kalınlığının mevcut duruma göre artırılması da bu oranları büyük ölçüde etkilemiştir. Bölgesel olarak ise birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı onar yıllık dönemler sonunda en az azalan bölge, birincil enerji tüketiminde %41 ve CO₂ salınımında %42'lik azalmayla Ege Bölgesi olurken, en fazla olan bölge ise, birincil enerji tüketiminde %68 ve CO₂ salınımında %72'lik azalmayla Akdeniz Bölgesi olmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji tüketiminin son yıllardaki artışı enerji etkinliği konusunda ülkelerin yapmış olduğu çalışmaları hızlandırmıştır. Türkiye ve Avrupa'da enerji tüketimi ile ilgili uzun dönem enerji planları, yasalar ve yönetmelikler hazırlamıştır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerji tüketiminin en fazla olduğu alanların başında binalar gelmektedir. Bu nedenle ülkelerin hazırladığı enerji planlarında binaların enerji tüketiminin azaltılması önemli bir yer kaplamaktadır. Türkiye'de son yıllarda binalardan kaynaklı enerji talebindeki artış yıllık ortalama %4.4'tür ve bu artışın nihai enerji tüketimindeki payı ise %32.8 değerine ulaşarak sanayi sektörünün de önüne geçmiştir. Binalarda alınan önlemler ile binaların enerji tüketimlerinin %25 - %45 oranında azaltılmasının mümkün olduğu görülmektedir.

Binaların enerji kaynaklarının büyük bir çoğunluğu fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanımından dolayı sera gazları salınım miktarı artmaktadır. Sera gazları miktarındaki artış iklim değişikliğinin en önemli nedenleri arasında gösterilmektedir. Salınan sera gazları içerisinde iklim değişikliğini tetikleyen en önemli parametre CO₂ salınımıdır. Uluslararası iklim değişikliği panelinde sera gazları salınımındaki artış ile 21. yüzyıl sonuna kadar sıcaklıkların 1.1 °C - 6.4 °C değerlerini aralığında yükseleceği tahmin edilmektedir. İklim değişikliği tüm yeryüzünü etkilemektedir. Ancak Türkiye gibi Doğu Akdeniz Havzası'nda yer alan ülkeler iklim değişikliğinin etkilerini yüksek risk grubunda olarak hissedeceği ön görülmektedir. Bu nedenle Türkiye bu konuda çalışmalar yürütmektedir ve en kapsamlı hedef olarak CO₂ salınımı miktarındaki artışın önüne geçilmesini belirlemiştir. Yapılan çalışmalar mevcut ve yeni yapılacak binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı miktarının azaltılması hedefini içermektedir. Ancak bu hedefler mevcut bina stoğunun fazla olması, maliyetler ve bina ömür sürelerinin uzun olmasından dolayı hızla uygulanabilen hedefler değildir. Diğer bir yandan alınan önlemlerin uzun süreler kullanılması ve her geçen gün iklim değişikliği kaynaklı sıcaklıklarda meydana gelen değişim ile ilk gün ki kadar önemini koruyamama durumu söz konusudur. Önlemlerin uzun dönem ve aşamalı olarak ele alınmasının yanı sıra kapsamlı olarak planlama yapılması gerekir. Bu nedenle bu tez çalışmasında binaların enerji tüketimlerinin azaltılmasına yönelik önlemlerin uygulamalarının ve verimlerinin artırılmasına yönelik yaklaşım ortaya konmuştur. Tez çalışmasında iklim değişikliği ve piyasa koşulları dikkate alınarak optimizasyon ile yıllara göre oluşturulan önerilerin birincil

enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve global maliyet açısından en optimum çözümleri elde edilmiştir. Çalışmada ayrıca önerilerin aşamalı olarak uygulanması ve ömür süreleri dolmadan sistemlerin değiştirilmemesi çalışmanın ortaya koyduğu yaklaşımın uygulanabilirliğini artırmıştır. Çalışmada referans olarak seçilen yerleşimlerin her birinin ayrı coğrafi özelliklere, mimari planlara ve iklim özelliklerine sahip olması Türkiye ölçeğinde örneklem alanını genişletmiştir. Bu sayede her bir il için alınan önlemlerin etkileri ve maliyetleri ortaya koyulmuştur. Bu çalışmanın hipotezi mevcut ve yeni inşa edilecek binaların enerji tüketimlerinin ve CO₂ salınımlarının gelecek iklim verileri dikkate alınarak azaltılmasıdır. Referans binalara uygulanan önlemler yıllara göre aşamalı olarak birincil enerji tüketiminde sağlanan tasarruf ve CO₂ salınımindaki azalmalar ile çalışmanın hipotezi doğrulanmıştır. Tez çalışmasının yaklaşımı ile mevcut binaların birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı azalma oranlarının yıllara göre aşamalı olarak artırılması bina sahipleri açısından uygulanabilirliğini artırmıştır. Yapılan çalışma ile ortaya koyulan yaklaşımın uygulanması kısa sürelerde gerçekleşmeyecektir. Ancak uzun dönemde Türkiye'nin yıllık iyileştirme hedefi oranlarını yakalamıştır. Ayrıca Türkiye'nin 2017-2023 yılları arasında birincil enerji tüketiminin %14 oranında azaltılması hedefi çalışmadaki binalar için oluşturulan ilk yıl önerileri içinde Isparta %19, Malatya %26, Ardahan %29, İzmir %24, Bayburt 28, Bilecik %26 oranı olarak yakalanmıştır.

Bu tez çalışmasından çıkarılan sonuçlar Türkiye'nin farklı özelliklere sahip illerinde bulunan binaların iklim değişikliğinin etkileri dikkate alınarak enerji tüketimlerinin azaltılması planları için önemli ve uygulanabilirdir. Tez çalışması ile binaların enerji tüketimlerinin azaltılmasında iklim değişikliğinin etkileri dikkate alınması gerektiği konusunda önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bu doğrultuda tez çalışmasında binaların enerji tüketiminin azaltılması için uzun dönemde iklim değişikliği de dikkate alınarak tasarım yapılması gerektiği ortaya koyulmuştur. Çalışmada aşamalı öneriler ile farklı iklim özelliğine sahip illerde yer alan binalarda farklı oranda birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı azalmıştır. Çalışılan illerden birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı onar yıllık dönemler sonunda en az azalan il, birincil enerji tüketiminde %36 ve CO₂ salınımda %33'lük azalmayla Kırıkkale olurken, en fazla olan il ise, birincil enerji tüketiminde %69 ve CO₂ salınımda %75'lik azalmayla Isparta olmuştur. Bölgesel olarak ise birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı onar yıllık dönemler sonunda en az azalan bölge, birincil enerji tüketiminde %41 ve CO₂ salınımda %42'lik azalmayla Ege Bölgesi olurken, en fazla olan

bölge ise, birincil enerji tüketiminde %68 ve CO₂ salınımında %72'lik azalmayla Akdeniz Bölgesi olmuştur.

Türkiye'nin yedi coğrafi bölgesinde bulunan on dört ilde yer alan mevcut binalar için gelecek iklim veri senaryoları doğrultusunda birincil enerji tüketimleri ve CO₂ salınımlarının azaltılması için getirilen önerilerden elde edilen genel sonuçlar aşağıda yer almaktadır.

- Mevcut binaların enerji performansları iyileştirme hedeflerine iklim değişikliği kaynaklı sıcaklık artışı etkileri dikkate alınarak planlama yapılması gerektiği önerilmiştir.
- Türkiye'nin uzun dönemde binaların enerji tüketimlerini azaltma hedefinde önümüzdeki yıllarda yenilenebilir enerji kullanımının maliyetleri azaltılması ön görüldüğünden kullanımının yaygınlaştırılması için çalışmaların artırılmasına ulaşılmıştır.
- Bina kabuğu, mekanik sistemler ve bina formu iyileştirme önerilerinin ömür sürelerinin uzun olması nedeni ile kapsamlı bir perspektif ile ele alınmalıdır.
- İyileştirme önerilerinin yıllara göre gerçekleşen sıcaklık değişimleri dikkate alınarak potansiyelleri değerlendirilmelidir.
- Binaların enerji tüketimlerinin azaltılması için tasarımcıların ilgili iklim koşullarını göz önünde bulundurarak pasif önlemleri tasarım aşamasında ele almaları önemlidir.
- Çalışma sonunda farklı iller için elde edilen bulgular ile ilgili illerde mevcut ve yeni inşa edilecek binalar için birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımlarının azaltılması açısından yol göstericidir.
- Bu tez, mevcut binaların alınan aşamalı önlemler ile Türkiye'nin belirlemiş olduğu birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı azaltma hedeflerine ulaşılabilceğini göstermektedir.
- 2020 ve 2080 yılları arasında onar yıllık dönemler için mevcut binalara getirilen öneriler paranın zaman değeri dikkate alınarak oluşturulmuş ancak maliyetlerde yaşanan büyük değişikliklerde maliyet revizyonu gereklidir.
- Tez çalışması bütün olarak ele alındığında mevcut bina stoğunun, binaların tadilatları ile birincil enerji tüketimi ve CO₂ salınımı azalımı açısından umut vericidir. Ancak aşamalı iyileştirme örneklerinin yaygınlaştırılması ve planlara dahil edilmesi gerekir.

Tez çalışmasında önerilen yaklaşım konut işlevi dışında diğer işlevlere sahip mevcut ve yeni inşa edilecek binalar için uygulanabilir. Bu şekilde enerji alanında ulusal belirlenen hedeflere daha hızlı ulaşılabilir. Farklı işlevlere sahip binalara uyarlamanın yanı sıra yaklaşıma getirilecek zaman içinde teknolojik öneriler de çalışma metodolojisini destekleyecektir. Farklı işlev ve türlere sahip binalara uygulanması çalışma kapsamını genişletecektir.



6. KAYNAKLAR

1. Ledec, G. ve Goodland, R., Wildlands: Their Protection and Management in Economic Development, World Bank, Washington D.C., USA, 1988.
2. Kaynaklı, O., A Study on Residential Heating Energy Requirement and Optimum Insulation Thickness, Renewable Energy, 33 (2008) 1164-1172.
3. www.webstore.iea.org/ International Energy Agency (IEA), Global Energy CO2 Status Report. 2 Mart 2018.
4. www.mgm.gov.tr/ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği. 10 Kasım 2018.
5. www.iea.org/ World Energy Outlook, Tracking Clean Energy Progress. 2 Eylül 2018.
6. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 2014.
7. Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği, Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara, 2015.
8. www.mfa.gov.tr/ Dış İşleri Bakanlığı, İklim Değişikliği ile Mücadele. 10 Ekim 2018.
9. www.csb.gov.tr/strateji-belgeleri/ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye İklim Değişikliği Strateji Belgesi. 15 Ocak 2019.
10. International Energy Agency, Energy Technology Perspectives 2016, OECD/IEA, Paris, 2016.
11. Huang, K. ve Hwang, R., Future Trends of Residential Building Cooling Energy and Passive Adaptation Measures to Counteract Climate Change: The Case of Taiwan, Applied Energy, 184 (2016) 1230-1240.
12. Domínguez Amarillo, S., Fernández-Agüera, J., Sendra, J. J. ve Roaf, S., The Performance of Mediterranean Low-Income Housing In Scenarios Involving Climate Change, Energy & Buildings, 202 (2019) 109374.
13. Ferrara, M. ve Fabrizio, E., Cost Optimal nZEBs in Future Climate Scenarios, Energy Procedia, 122 (2017) 877-882.

14. Fontanini, A.D., Pr'Out, K. M., Kosny, J. ve Ganapathysubramanian, B., Exploring Future Climate Trends on The Thermal Performance of Attics:Part 1 – Standard Roofs, Energy and Buildings, 129 (2016) 32–45.
15. Nik, V. M., Mata, E. ve Kalagasidis, A. S., A Statistical Method for Assessing Retrofitting Measures of Buildingsand Ranking Their Robustness Against Climate Change, Energy and Buildings, 88 (2015) 262–275.
16. Vong, N. K., Climate Change and Building Energy Use: Evaluating The Impact of Future Weather on Building Energy Performance in Tropical Regions, Doktora Tezi, University of Hawai'i at Mānoa, Hawai, 2016.
17. Kurnitski, J., Kuusk, K., Tark, T., Uutar, A., Kalamees, T. ve Pikas, E., Energy and Investment Intensity of Integrated Renovation and 2030 Cost Optimal Savings, Energy and Buildings, 75 (2014) 51–59.
18. Jentsch, M. F., Bahaj, A. S. ve James, P. A. B., Climate Change Future Proofing of Buildings Generation and Assessment of Building Simulation Weather Files, Energy and Buildings, 40 (2008) 2148-68.
19. Dirks, J. A., Gorrisen, W. J., Hathaway, J. H., Skorski, D., C., Scott, M. J., Pulsipher, T. C., Huang, M., Liu, Y. Ve Rice, J. S., Impacts of Climate Change on Energy Consumption and Peak Demand in Buildings: A Detailed Regional Approach, Energy, 79 (2015) 20-32.
20. Berger, T., Amann, C., Formayer, H., Korjenic, A., Pospischal, B., Neururer, C. ve Smutny, R., Impacts of Climate Change Upon Cooling and Heating Energy Demand of Office Buildings in Vienna, Austria, Energy and Buildings, 80 (2014) 517-530.
21. Wang, H. ve Chen, Q., Impact of Climate Change Heating and Cooling Energy Use in Buildings in The United States, Energy and Buildings, 82 (2014) 428-436.
22. Rosenthal, D. H., Gruenspecht, H. K. ve Moran, E. A., Effects of Global Warming on Energy Use for Space Heating and Cooling in The United States, The Energy Journal, 16 (1995) 77-96.
23. Amato, A.D., Ruth, M., Kirshen, P. ve Horwitz, J., Regional Energy Demand Responsesto Climate Change: Methodology and Application to The Commonwealth of Mas-Sachusetts, Climatic Change, 71 (2005) 175-201.
24. Chan, A.L.S., Developing Future Hourly Weather Files for Studying The Impact of Climate Change on Building Energy Performance in Hong Kong, Energy and Buildings, 43 (2011) 2860-68.

25. Radhi, H., Evaluating The Potential impact of Global Warming on The UAE Residential Buildings A Contribution to Reduce The CO₂ Emissions, Building and Environment, 44 (2009) 2451-62.
26. Wang, X., Chen, D. ve Ren, Z., Assessment of Climate Change Impact on Residential Building Heating and Cooling Energy Requirement in Australia, Building and Environment, 45 (2010) 1663-82.
27. Wan, K., Li, D., Pan, W. ve Lam, J., Impact of Climate Change on Building Energy Use in Different Climate Zones and Mitigation and Adaptation Implications, Applied Energy, 97 (2012) 274-282.
28. Olonscheck, M., Holsten, A. ve Kropp, J.P., Heating and Cooling Energy Demand and Related Emissions of The German Residential Building Stock Under Climate Change, Energy Policy, 39 (2011) 4795-4806.
29. Asimakopoulos, D.A., Santamouris, M., Farrou, I., Laskari, M., Saliari, M., Zanis, G. ve Giannakidis, G., Modelling The Energy Demand Projection of The Building Sector in Greece in The 21st Century, Energy and Buildings, 49 (2012) 488-498.
30. International Energy Agency (IEA), Transition to Sustainable Buildings: Strategies and Opportunities to 2050, OECD/IEA, Paris, 2013.
31. Chowdhury, A.A., Rasul, M.G. ve Khan, M.M.K., Thermal-Comfort Analysis and Simulation for Various Low-Energy Cooling-Techonologies Applied to an Office Building in a Subtropical Climate, Applied Energy, 85 (2008) 449-462.
32. EED, Directive 2012/27/EU of The European Parliament and of The Council of 25 Ekim 2012 on Energy Efficiency.
33. www.enerji.gov.tr/ Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023. 2 Ocak 2019.
34. Damso, T., Kjaer, T. ve Christensen, T. B., Local Climate Action Plans in Climate Change Mitigation - Examining The Case of Denmark, Energy Policy, 89 (2016) 74–83.
35. Delponte, I., Pittaluga, I. ve Schenone, C., Monitoring and Evaluation of Sustainable Energy Action Plan: Practice and Perspective, Energy Policy, 100 (2017) 9–17.
36. Riva F., Tognollo A., Gardumi F. ve Colombo E., Long-Term Energy Planning and Demand Forecast in Remote Areas of Developing Countries: Classification of Case Studies and Insights from A Modelling Perspective, Energy Strategy Reviews, 20 (2018) 71-89.

37. Wretling, V., Gunnarsson-Östling, U., Hörnberg, C. ve Balfors, B., Strategic Municipal Energy Planning in Sweden - Examining Current Energy Planning Practice and Its Influence on Comprehensive Planning, Energy Policy, 113 (2018) 688-700.
38. T.C. Resmi Gazete, Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023 Kurul Kararı. (28215), 20.2.2012.
39. Kyoto Protokolü, Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change 1997. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> 3 Eylül 2018.
40. de Oliveira Neves, L. ve Marques, T. H. T., Building Envelope Energy Performance of High-rise Office buildings in Sao Paulo City, Brazil, Procedia Environmental Sciences, 38 (2017) 821-29.
41. Uygun, İ., The Impact of Architectural Design Criteria on Energy Performance of Residential Buildings: A Case Study in İzmir, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2012.
42. Wang, Q., Wu, R., Wu, Y. ve Zhao, C.Y., Parametric Analysis of Using PCM Walls for Heating Loads Reduction, Energy & Buildings, 172 (2018) 328-36.
43. Fujii, I. ve Yano, N., A consideration on phase change behavior of latent heat storage material, in: Proceedings of the Society of Heating, Air-conditioning and Sanitary Engineers of Japan, Japan, 1996.
44. Karaoulis, A., Investigation of Energy Performance in Conventional and Lightweight Building Components with the use of Phase Change Materials (PCMS): Energy Savings in Summer Season, Procedia Environmental Sciences, 38 (2017) 796-803.
45. Cheung, N., A Study on Optimum Insulation Thickness in Walls and Energy Savings in Tunisian Buildings Based on Analytical Calculation of Cooling and Heating Transmission Loads, Applied Energy, 88 (2011) 156-164.
46. Bojic., M., Yik, F. ve Sat., P., Energy Performance of Windows in High-Rise Residential Buildings in Hong Kong, Energy and Building, 34 (2020) 71-82.
47. Delmastro C., Mutani, G. ve Corgnati, A. P., A Supporting Method for Selecting Cost-Optimal Energy Retrofit Policies for Residential Buildings at The Urbanscale, Energy Policy, 99 (2016) 42-56.

48. Delmastro C., Martinsson F., Mutani, G. ve Corgnati, S. P., Modeling Building Energy Demand Profiles and District Heating Networks for Low Carbon Urban Areas, Prodecia Engineering, 198 (2017) 386-397.
49. Delmastro C., Mutani, G. ve Schranz, L., Advantages of Coupling A Woody Biomass Cogeneration Plant with A District Heating Network for A Sustainable Built Environment: A Case Study in Luserna San Giovanni (Torino, Italy), Energy Procedia, 78 (2015) 794-799.
50. Oliveira Panao, M. J.N., Rebelo, M. P. ve Camelo, S. L., How Low Should Be The Energy Required by A Nearly Zero-Energy Building? The Load/Generation Energy Balance of Mediterranean Housing, Energy and Buildings, 61 (2013) 161-171.
51. Olgyay, V., Design with Climate, Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, Princeton University Pres, New Jersey, 1967.
52. Givoni, B., Passive and Low Energy Cooling of Buildings, Van Nostrand Reinhold, NewYork, 1994.
53. Konya, A., Design Primer for Hot Climates, Architectural Press, London, 1980
54. Hyde, R., Climate Responsive Design: A Study of Buildings in Moderate and Hot Humid Climates, Taylor & Francis Press, 2000.
55. Depecker, P., Menezes, C., Virgone, J. ve Lepers, S., Design of Buildings Shape and Energetic Consumption, Building and Environment, 36,5 (2001) 627-35.
56. Nguyen, A. T. and Reiter, S., Passive Designs and Strategies for Low-Cost Housing Using Simulation-Based Optimization and Different Thermal Comfort Criteria, Journal of Building Performance Simulation, 7,1 (2014) 68-81.
57. Tsanas, A. ve Xifara, A., Accurate Quantitative Estimation of Energy Performance of Residential Buildings Using Statistical Machine Learning Tools, Energy and Buildings, 49 (2012) 560-567.
58. Zhang, A., Bokel R., Dobbels A., Sun, Y., Huang Q. ve Zhang Q., Optimization of Thermal and Daylight Performance of School Buildings Based on a Multi-Objective Genetic Algorithm in the Cold Climate of China, Energy and Buildings, 139 (2017) 371-84.
59. Alsharif, D., Parametric Exploration of Shading Screens:Daylight, Sun Penetration, and view Factor, Yüksek Lisans Tezi, University of Washington, Seattle, 2017.

60. Rashdi, W., ve Embi. M., Analysing Optimum Building Form in Relation to Lower Cooling Load, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 222 (2016) 782-790.
61. Kocagil, I. E., ve Oral, G. K., The Effect of Building Form and Settlement Texture on Energy Efficiency for Hot Dry Climate Zone in Turkey. Energy Procedia, 78, 2315 (2015) 1835-40.
62. Sanaieian, H., Tenpierik, M., Linden, K. Van Den, Mehdizadeh Seraj, F. ve Mofidi Shemrani, S. M., Review of The Impact of Urban Block Form on Thermal Performance, Solar Access And Ventilation, Renewable And Sustainable Energy Reviews, 38 (2014) 551-560.
63. Littlefair, P., Passive Solar Urban Design : Ensuring The Penetration of Solar Energy into The City, Renewable and Sustainable, Energy Reviews, 2, 3 (1998), 303-326.
64. Tereci, A., Energy Benchmarking Method For Urban Settlements, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2012.
65. Delmastro C., Mutani, G., Pastorelli, M. ve Vicentini, G., Urban Morphology and Energy Consumption in Italian Residential Buildings, International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 22-25 Kasım 2015, Palermo, İtalya, Bildiri Kitabı: 1603-1608.
66. Quan, S. J., Economou, A., Grasl, T. ve Yang, P. P. J., Computing Energy Performance of Building Density, Shape and Typology in Urban Context, Energy Procedia, 61 (2014) 1602-1605.
67. Wong X., Chen, Y., Ge, H., Fazio, P., Chen, G. ve Guo, X., Thermal Comfort Evaluation of Naturally Ventilated Public Housing in Singapore, Energy and Buildings, 109 (2001) 361-368.
68. Ascione, F., Bianco, N., Böttcher, O., Kaltenbrunner, R. ve Vanoli, G. P., Net Zero-Energy Buildings in Germany: Design, Model Calibration and Lessons Learned From A Case-Study in Berlin, Energy and Buildings, 133 (2016) 688-710.
69. Bourgeois, D., Detailed Occupancy Prediction, Occupancy-Sensing Control and Advanced Behavioural Modelling within Whole-Building Energy Simulation, Doktora Tezi Université Laval, Kanada, 2005
70. Li, Z., Heo, Y. ve Augenbroe, G., Hvac Design Informed by Organizational Simulation, Building Simulation, (2009) 2198-2203.
71. Martinaitis, V., Zavadskas, E. K., Motuzienė, V. ve Vilutienė, T., Importance of Occupancy Information When Simulating Energy Demand of Energy Efficient House: A Case Study, Energy and Buildings, 101 (2015) 64-75.

72. Motuziene, V. ve Vilutiene, T., Modelling The Effect of The Domestic Occupancy Profiles on Predicted Energy Demand of The Energy Efficient House, Procedia Engineering, 57 (2013) 798–807.
73. Fathalian, A. ve Kargarsharifabad, H., Actual validation of energy simulation and investigation of energy management strategies, Case Study: An office building in Semnan, Iran, 12 (2018) 510-516.
74. EPBD 2002, Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, EU Commission, Official Journal of the European Union, 2002.
75. EPBD recast 2010, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast), EU Commission, Official Journal of the European Union, 2010.
76. EPBD 2018, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of Council of 30 May 2018 on the energy performance of buildings (recast), EU Commission, Official Journal of the European Union, 2018.
77. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, İstanbul, 2008.
78. TOKİ, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Ankara.
79. T.C. Resmi Gazete, Bina Enerji Performansı Yönetmeliği. (27075), 05.12.2008.
80. www.wwf.org.tr/iklim-degisikligi, World Wide Fund for Nature, 05 Şubat 2019.
81. Harris, D., C., Charles David Keeling and the Story of Atmospheric CO₂ Measurements, Analytical Chemistry, 82,19 (2010) 7865-70.
82. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Avrupa Komisyonu, Rio de Janeiro, Brezilya, 1994.
83. www.iklim.csb.gov.tr/ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İklim Değişikliği. 20 Şubat 2019.
84. www.mfa.gov.tr/ Dış İşleri Bakanlığı, BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. 21 Şubat 2019.
85. www.mfa.gov.tr/ Dış İşleri Bakanlığı, BM Çevre Programı (UNEP). 21 Şubat 2019.

86. www.wmo.int/ Dünya Meteoroloji Örgütü, İklim Değişikliği. 23 Şubat 2019.
87. www.unfccc.int/ Paris İklim Anlaşması, İklim Değişikliği 2 Mart 2019.
88. Fragkos, P., Tasios, N., Paroussos, L., Capros, P. ve Tsani, S., Energy System Impacts and Policy Implications of The European Intended Nationally Determined Contribution and Low-Carbon Pathway To 2050, Energy Policy, 100 (2017) 216-226.
89. www.mfa.gov.tr/ Dış İşleri Bakanlığı, Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü, 25 Şubat 2019.
90. www.onbirinciplan.gov.tr/ Strateji ve Bütçe Başkanlığı, On birinci Kalkınma Planı 2019, 3 Ocak 2020.
91. Yanar, R. ve Kerimoğlu, G., Türkiye’de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Cari Açık İlişkisi, Ekonomi Bilimleri Dergisi, 3, 2 (2011) 191-201.
92. Carrow, R., Energy Systems Handbook, McGraw-Hill Professional Book, New York, ABD, 1999.
93. Acaroğlu, M., Alternatif Enerji Kaynakları, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2013.
94. Özil, E., Şişbot, S., Özpinar, A. ve Olgun, B., Enerjisi Teknolojileri ve Enerji Verimliliği, TESAB (Türkiye Elektrik Sanayi Birliği) Yayınları, Ankara, 2013.
95. www.weforum.org/ World Economic Forum (WEF), Yenilenebilir Enerji. 04 Mart 2020.
96. www.oecd.org/ Organisation for Economic Co-operation and Development, Çevresel Performans İncelemeleri. 20 Aralık 2019.
97. www.ec.europa.eu/ European Comission, Climate Action. 06 Haziran 2019.
98. www.iea.org/ International Energy Agency, Energy Technology Perspectives. 20 Temmuz 2019.
99. www.iea.org/ International Energy Agency, World Energy Model, Sustainable Development Scenario. 4 Nisan 2020.
100. www.ec.europa.eu/ European Comission, Energy Efficiency. 15 Kasım 2019.

101. www.mmo.org.tr/ Tmmob Makine Mühendisleri Odası, Türkiye'nin Enerji Görünümü. 15 Aralık 2020.
102. www.iea.org/ International Energy Agency, Tracking Buildings 2020. 05 Temmuz 2020.
103. www.iea.org/ International Energy Agency, Members of IEA. 10 Ocak 2019.
104. www.eia.gov/ Energy Information Administration, Topics. 10 Ocak 2019.
105. www.ec.europa.eu/ European Comission, European Union Energy Topics. 06 Haziran 2019.
106. Özdeniz M. ve Yaşar Y., Türkiye'nin Yapılarda Enerji Sakınımı ile İlgili Yasal Düzenlemeleri, Enerji Dünyasının Sorunları ve Çözümleri Karşısında Türkiye Sempozyumu, Mayıs 1985, Eskişehir, Bildiriler Kitabı: 25-38.
107. Dikmen, N., Elias-Özkan, S. T. ve Sümer Haydaraslan, K., Interventions for Ensuring Thermal Comfort Equality in Apartment Buildings, European Journal of Sustainable Development, 6,3 (2017) 40-50.
108. Prasad, R.D., Bansal, R.C. ve Raturi, A., Multi-Faceted Energy Planning: A Review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 38 (2014) 686-699.
109. Deshmukh, S., Energy Resource Allocation in Energy Planning, Handb. Renew. Energy Technol., World Scientific Publishing, Singapore, 801-846, 2011.
110. Rojas-Zerpa, J.C. ve Yusta, J.M., Methodologies, Technologies and Applications For Electric Supply Planning in Rural Remote Areas, Energy for Sustainable Development, 20 (2014) 66-76.
111. Hiremath, R.B., Shikha, S. ve Ravindranath, N.H., Decentralized Energy Planning; Modeling and Application-A Review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11 (2007) 729-752.
112. www.ec.europa.eu/ European Comission, National long-term strategies. 08 Kasım 2019.
113. www.ec.europa.eu/ Eurostat, Eurostat Database. 10 Temmuz 2019.
114. www.ec.europa.eu/ European Comission, Clean Energy for All Europeans Package. 11 Haziran 2019.

115. www.ec.europa.eu/_European Comission, Building Stock Observatory. 11 Haziran 2019.
116. www.ec.europa.eu/_European Comission, Smart Finance for Smart Buildings. 15 Haziran 2019.
117. www.iea.org/ International Energy Agency, Topics. 05 Temmuz 2020.
118. www.iea.org/ World Energy Outlook(WEO), Scenarios. 2 Eylül 2019.
119. www.enerji.gov.tr/ Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019-2023 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planı. 10 Ocak 2020.
120. www.akillisehirler.gov.tr/ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi Eylem Planı 2020-2013. 11 Ocak 2020.
121. www.csb.gov.tr/strateji-belgeleri/ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018-2022 Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Stratejik Planı. 15 Mart 2019.
122. www.uab.gov.tr/ Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2017-2020 Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı. 10 Aralık 2018.
123. www.sbb.gov.tr/ Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Orta Vadeli Program 2018-2020 (2017). 02 Aralık 2018.
124. www.enerji.gov.tr/ Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010-2014 Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı. 05 Aralık 2018.
125. www.tarimorman.gov.tr/ Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ulusal Kırsal Kalkınma 2014-2020 Stratejisi. 20 Nisan 2020.
126. www.sbb.gov.tr/ Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2014-2023 Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi. 20 Nisan 2020.
127. www.sbb.gov.tr/ Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018). 15 Haziran 2019.
128. www.kentges.csb.gov.tr/ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, KENTGES 2010-2023 Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı. 10 Nisan 2020.

129. www.ab.gov.tr/ Çevre ve Orman Bakanlığı, AB Entegre Çevre Uyum 2007-2023 Stratejisi. 07 Temmuz 2020.
130. www.tubitak.gov.tr/ Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi. 07 Temmuz 2020.
131. T.C. Resmi Gazete, Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği. (27019), 09.10.2008.
132. T.C. Resmi Gazete, Sanayi Dışı Yeni veya Mevcut Binalarda Sıcak Su Üretimi ve Ortam Isıtması için Kullanılan Isı Jeneratörlerinin Performansı ve Sanayi Dışı Yeni Binalarda Dahili Sıcak Su Dağıtımı ve Isı Yalıtımına Dair Yönetmelik. (24260), 14.12.2000.
133. T.C. Resmi Gazete, Tanıtma ve Kullanma Kılavuzu Uygulama Esaslarına Dair Yönetmelik. (29029), 13.06.2014.
134. T.C. Resmi Gazete, Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği. (25699), 13.01.2005.
135. T.C. Resmi Gazete, Ev Tipi Klimaların Enerji Etiketlemesine İlişkin Yönetmelik. (26376), 14.12.2006.
136. T.C. Resmi Gazete, Florasan Aydınlatma Balastlarının Enerji Verimliliği ile İlgili Yönetmelik. (26392), 30.12.2006
137. T.C. Resmi Gazete, Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik. (30762), 02.05.2019.
138. T.C. Resmi Gazete, Sıvı ve Gaz Yakıtlı Yeni Sıcak Su Kazanlarının Verimlilik Gereklerine Dair Yönetmelik. (26897), 05.06.2008.
139. T.C. Resmi Gazete, Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik. (26847), 14.04.2008.
140. T.C. Resmi Gazete, Millî Eğitim Bakanlığına (MEB) Bağlı Okullarda Enerji Yöneticisi Görevlendirilmesine İlişkin Yönetmelik. (27203), 17.04.2009.
141. T.C. Resmi Gazete, Enerji İle İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik. (27722), 01.10.2010.
142. T.C. Resmi Gazete, Ev Tipi Buzdolapları, Derin Dondurucular, Buzdolabı Derin Dondurucular ve Bunların Bileşimlerinin Enerji Etiketlemesine Dair Yönetmelik. (27478), 30.01.2010.

143. T.C. Resmi Gazete, Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) Destekleri Yönetmeliği. (27612), 15.06.2010.
144. T.C. Resmi Gazete, Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik. (28097), 27.10.2011.
145. T.C. Resmi Gazete, Genel Aydınlatma Yönetmeliği. (28720), 27.07.2013.
146. T.C. Resmi Gazete, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği. (29186), 25.11.2014.
147. T.C. Resmi Gazete, Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi Verilmesine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik. (28782), 01.10.2013.
148. T.C. Resmi Gazete, Binalar ile Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği. (30279), 23.12.2017.
149. T.C. Resmi Gazete, Enerji Verimliliği Denetim Yönetmeliği. (30470), 06.07.2018.
150. T.C. Resmi Gazete, Enerji Verimliliği Eğitim ve Sertifikalandırma Faaliyetleri Hakkında Tebliğ. (28415), 18.09.2012.
151. T.C. Resmi Gazete, Enerji Verimliliği Destekleri Hakkında Tebliğ. (28342), 03.07.2012.
152. T.C. Resmi Gazete, Enerji Verimliliği Hizmetlerini Yürütecek Kurum ve Kuruluşlara Yetki Belgesi Verilmesi Hakkında Tebliğ. (28364), 25.07.2012.
153. T.C. Resmi Gazete, Kojenerasyon ve Mikrokojenerasyon Tesislerinin Verimliliğinin Hesaplanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Tebliğ. (29123), 18.09.2014.
154. T.C. Resmi Gazete, Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ. (30227), 01.10.2017.
155. T.C. Resmi Gazete, Yetki Belgesi ve Sertifika Bedelleri İle Sertifika Bedellerinin Yetkilendirilmiş Kurumlara Ödenecek Bölümü Hakkında Tebliğ. (30670), 29.01.2019.
156. T.C. Resmi Gazete, 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanununun 10 Uncu Maddesine Göre 2019 Yılında Uygulanacak Olan İdari Para Cezalarına İlişkin Tebliğ. (30639), 28.12.2018.

157. T.C. Resmi Gazete, Enerji Verimliliği Yılı ile İlgili Başbakanlık Genelgesi. (26788), 15.02.2008.
158. T.C. Resmi Gazete, Kamu Alımlarında Enerji Verimliliği Konulu Genelge. (10089), 24.11.2015.
159. T.C. Resmi Gazete, 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu. (26510), 02.06.2007.
160. www.enerji.gov.tr/ Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Genel Aydınlatma Kapsamında Led Armatürlerin Kullanımına İlişkin Usul ve Esaslar. 05 Aralık 2019.
161. www.enerji.gov.tr/ Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Kamu Binalarında Tasarruf Hedefi ve Uygulama Rehberi. 10 Ocak 2020.
162. T.C. Resmi Gazete, Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği. (27019), 09.10.2008.
163. T.C. Resmi Gazete, Enerji Verimliliği Kanunu. (26510), 02.06.2007.
164. T.C. Resmi Gazete, Binalar ile Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği. (30279), 23.12.2017.
165. Kalaycıoğlu, E., A New Approach to Evaluate The Nearly Zero Energy Concept of EPBD Recast At District Scale, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017.
166. Tunalı, S., Enerji Simülasyon Metodlarının Bina Tasarım Sürecinde Destek Sistemi Olarak Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
167. Atmaca, M., Avrupa Birliği Bina Enerji Performansı Direktifi' nin Türkiye' deki Mevcut Otel Binaları İçin Uyarlanması Yönelik Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.
168. Dikmen, Ç. B., Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi, Politeknik Dergisi, 14,2 (2011) 121-134.
169. Manioğlu, G., Enerji Etkin Tasarım ve Yenileme Çalışmalarının Örneklerle Değerlendirilmesi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 126 (2012) 35-47.

170. Saxena, R., Rakshit, D. ve Kaushik, S. C., Phase Change Material (PCM) Incorporated Bricks for Energy Conservation in Composite Climate: A Sustainable Building Solution, Solar Energy, 183 (2019) 276-284.
171. Szokolay, S., Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design, First Edition, Architectural Press, Oxford, 2004.
172. Olofsson, T. ve Andersson, S., Long-Term Energy Demand Predictions Based on Short-Term Measured Data, Energy and Buildings, 33, 2 (2001) 85-91.
173. Auzebya, M., Weia, S., Underwooda, C., Chenc, C., Lingc, H., Panc, S., Nga, B., Tindalla, J. ve Buswelld, R., Using Phase Change Materials to Reduce Overheating Issues in UK Residential Buildings, Energy Procedia, 105 (2017) 4072-77.
174. Perkins, A., Hamnett, S., Pullen, S., Zito, R. ve Trebilcock, D., Transport, Housing and Urban Form: The Life Cycle Energy Consumption and Emissions of City Centre Apartments Compared with Suburban Dwellings, Urban Policy and Research, 27 (2009) 377-396.
175. Al-Sallal, K. A., Solar Access/Shading And Building Form: Geometrical Study of The Traditional Housing Cluster in Sana'a, Renewable Energy, 8 (1996) 331-334.
176. Berkovic, S., Yezioro, A. ve Bitan, A., Study of Thermal Comfort in Courtyards in a Hot Arid Climate, Solar Energy, 86,5 (2012) 1173-86.
177. Yaşar, Y., Paralel Yüzeyli Isı Köprüsü İçeren Yapı Elemanında Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanmasında Kullanılabilecek Bir Yöntem, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1989.
178. Hachem, C., Athienitis, A. ve Fazio, P., Investigation of Solar Potential of Housing Units in Different Neighborhood Designs, Energy and Buildings, 43, 9 (2011) 2262-73.
179. Daniels, K., The Technology of Ecological Building: Basic Principles and Measures. Examples and Ideas, Birkhauser Verlag, Berlin, 1997.
180. Maçka Kalfa, S., Türkiye İklim Bölgelerinde Konut Binaları için Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2014.
181. Roaf, S., Ecohouse 2: A Design Guide, İtalya, 2003.

182. Al Anzi, A., Seo, D. ve Krarti, M., Impact of Building Shape on Thermal Performance of Office Buildings in Kuwait, Energy Conversion and Management, 50, 3 (2009) 822-828.
183. Parasonis, J., Keizikas, A., Endriukaitytė, A. ve Kalibatienė, D., Architectural Solutions to Increase The Energy Efficiency of Buildings, Journal of Civil Engineering and Management, 18, 1 (2012) 71-80.
184. Catalina, T., Virgone, J. ve Iordache, V., Study on The Impact of The Building Form on The Energy Consumption, 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Kasım 2011, Sydney, Bildiriler Kitabı, 1726-29.
185. Danielski, I., Energy Variations in Apartment Buildings due to Different Shape Factors and Relative Size of Common Areas, World Renewable Energy Congress, Mayıs 2011, Linköping, Bildiriler Kitabı, 1000-07.
186. Gauzin-Müller, D., Sustainable Architecture and Urbanism, Birkhauser, İtalya, 2002.
187. Roaf, S. ve Hancock, M., Energy Efficient Building: A Design Guide, Wiley, New Jersey, 1992.
188. www.iea.org/ International Energy Agency, Technology Roadmap, Energy efficient building envelopes. 10 Nisan 2019.
189. Fabi, V., Andersen, R.V., Corgnati, S. ve Olesen, B.W., Occupants' Window Opening Behaviour: A Literature Review of Factors Influencing Occupant Behaviour and Models, Building and Environment, 58 (2012) 188-198.
190. Baimuratov, D., Metal Çerçeveleli Giydirmeye Cephelerin Sürdürülebilirlik Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
191. McQiston, F.C., Parker, J.D., ve Spitler, J., Heating, Ventilating, and Air Conditioning Analysis and Design, Six Edition, John Wiley Press, USA, 2005.
192. ISO 13790, Energy Performance of Buildings - Calculation of Energy Use for Space Heating and Cooling, ISO, Switzerland, 2008.
193. Lechner N., Heating, Cooling, Lighting Sustainable Design Methods for Architects, Hoboken, Canada, 1991.
194. www.designbuilder.co.uk, DesignBuilder Software, Tutorials. 10.Eylül 2019.

195. Muneer, T., Abodahab, N., Weir, G. ve Kubie, J., *Windows in Building*, The Architectural Press, London, 2000.
196. Genceli, O. F. ve Parmaksızoğlu, İ. C., *Kalorifer Tesisatı*, Tmmob Makine Mühendisleri Odası, İstanbul, 2008.
197. Uralcan, İ.Y., Giray, S., Kenber, E., Sunaç, B., Çelimli, İ., Uzgur, S., Bilge, M. ve Yücel, T., *Klima Tesisatı*, Tmmob Makine Mühendisleri Odası, İstanbul, 2009.
198. Kou, R., Zhong, Y., Kim, J., Wang, Q., Wang, M., Chen, R. ve Qiao, Y., Elevating low-emissivity film for lower thermal transmittance, Energy & Buildings, 193 (2019) 69–77.
199. Martin-Palma, R.J., Vazquez, L., Martinez-Duart, J.M. ve Malats, R., Silver-Based Low-Emissivity Coatings for Archi-Tectural Windows: Optical and Structural Properties, Solar Energy Materials and Solar Cells, 53 (1998) 55-66.
200. Solovyev A.A., Rabotkin, S.V. ve Kovsharov, N.F., Polymer Films with Multilayer Low-e Coatings, Materials Science in Semiconductor Processing, 38 (2015) 373-380.
201. Tokuç, A., Başaran, T. ve Cengiz Yesügey, S., An Experimental and Numerical Investigation on The Use of Phase Change Materials in Building Elements: The Case of A Flat Roof in Istanbul, Energy and Buildings, 102 (2015) 91-104.
202. Tokuç, A., Başaran, T. ve Cengiz Yesügey, S., An evaluation methodology proposal for building envelopes containing phase change materials: the case of a flat roof in Turkey's climate zones, Architectural Science Review, 60,5 (2017) 408-423.
203. Wijesuriya, W., A., S., I., Experimental Analysis and Validation of A Numerical PCM Model for Building Energy Programs, Doktora Tezi, Colorado School of Mines, Colorado, 2020.
204. Amirkhani S., Bahadori-Jahromi, A., Mylona, A., Godfrey, P. ve Cook, D., Impact of Low-E Window Films on Energy Consumption and CO₂ Emissions of an Existing UK Hotel Building, Sustainability, 11 (2019) 42-65.
205. Lerch, W., Heinz, A. ve Heimrath, R., Direct Use of Solar Energy As Heat Source for A Heat Pump in Comparison to A Conventional Parallel Solar Air Heat Pump System, Energy and Buildings, 100 (2015) 34-42.
206. Chargui, R. Ve Sammouda, H., Modeling of a residential house coupled with a dual source heat pump using TRNSYS software, Energy Conversion and Management, 81 (2014) 384–399.

207. Mustafaraj, G., Marini, D., Costa, A. ve Keane, M., Model Calibration for Building Energy Efficiency Simulation, Applied Energy, 130 (2014) 72–85.
208. Becchio, C., Corngati, S. P., Delmastro, C., Fabi, V. ve Lombardi, P., The role of nearly-zero energy buildings in the transition towards Post-Carbon Cities, Sustainable Cities and Society, 27 (2016) 324–337.
209. Yuan, T., Ding, Y., Zhang, Q., Zhu, N., Yang, K. ve He, Q., Thermodynamic and Economic Analysis for Ground-Source Heat Pump System Coupled with Borehole Free Cooling.
210. Xia L., Ma, Z., McLauchlan, C. ve Wang, S., Experimental Investigation and Control Optimization of A Ground Source Heat Pump System, Applied Thermal Engineering, 127 (2017) 70–80.
211. Ashrafiyan, T., A New Approach to Define Economically Applicable Energy Efficient Retrofit Solutions For Residential Buildings In Turkey, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.
212. Wright, J. A., The Optimised Design of HVAC Systems, Doktora Tezi, University of Technology, Loughborough ,1986.
213. Wright J. A., HVAC Optimisation Studies: Sizing by Genetic Algorithm, Building Services Engineering Research and Technology. 17, 1 (1996) 7-14.
214. Wright, J. A., Loosemore, H. A. ve Farmani, R., Optimization of Building Thermal Design and Control by Multi-Criterion Genetic Algorithm, Energy and Buildings, 34, 9 (2002) 959-72.
215. Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S. ve Meyarivan, T.A.M.T. A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6, 2 (2002) 182-197.
216. Kheiri, F., A Review On Optimization Methods Applied In Energy-Efficient Building Geometry And Envelope Design, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 92 (2018) 897-920.
217. Zhao, J. ve Du, Y., Multi-Objective Optimization Design for Windows and Shading Configuration Considering Energy Consumption and Thermal Comfort: A Case Study for Office Building in Different Climatic Regions of China, Solar Energy, 206 (2020) 997-1017.

218. Harkouss, F., Fardoun, F. ve Biwole, P.H., Multi-Objective Optimization Methodology for Net Zero Energy Buildings, Journal of Building Engineering, 16 (2018) 57-71.
219. Zhai, Y.N., Wang, Y., Huang, Y.Q. ve Meng, X.J., A Multi-Objective Optimization Methodology for Window Design Considering Energy Consumption, Thermal Environment and Visual Performance, Renewable Energy, 134 (2019) 1190-99.
220. Taşcı, G., A New Approach to Increase Energy Efficiency of Luxury High-Rise Residential Buildings Through An Advanced Facade Component, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017.
221. Ganiç Sağlam, N., A New Approach to Identify Achievable Nearly-Zero Energy Building Targets For Existing Building Retrofits, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017.
222. Çetintaş, K. F., Türkiye'de Konut Binalarının Yaşam Döngüsü Sürecinde Enerji ve Maliyet Açısından Etkin Tasarım Alternatiflerinin Geliştirilmesine Yönelik Model Önerisi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017.
223. Depe, D., Yenilikçi Isı Depolama Sistemi Faz Değiştiren Malzemelerin Bina Enerji Verimliliği Üzerindeki Etkisinin Analizine Yönelik Yaklaşım : Diyarbakır ve Erzurum Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017.
224. Bayraktar, M., A Methodology for Energy Optimization of Buildings Considering Simultaneously Building Envelope Hvac And Renewable System Parameters, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.
225. Szigeti, F. ve Gerald, D., What is Performance Based Building, Performance Based Building: Conceptual Framework, Performance Based Building Thematic Network Funded by EU 5th Framework Research Programme, 2005, Hollanda, 9-18.
226. Schüler, N., Mastrucci, A., Bertrand, A., Page, J. ve Marechal, F., Heat Demand Estimation for Different Building Types at Regional Scale Considering Building Parameters and Urban Topography, Energy Procedia, 78 (2015) 3403-09.
227. Monsalvete, P., Robinson, D. ve Eicker, U., Dynamic Simulation Methodologies for Urban Energy Demand, Energy Procedia, 78 (2015) 3360-65.
228. Sunguroğlu, İ., Yüzey Özelliklerine Bağlı Olarak Örtüsüz Beton Duvarlarda Rasyonel Kesit Tayini, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1972.

229. Pehlevan, A., Türkiye’de Hıgro-Termik Koşullar Açısından Dış Duvarlarda Yoğuşma-Buharlaştırma-Adaptasyon Sürelerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1986.
230. www.mgm.gov.tr/ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteorolojik Veriler. 09 Aralık 2019.
231. European Commission, Commission Delegated Regulation (EU) No.244/2012 of 16 January 2012 Supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost- optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements, Official Journal of the European Union, 2012.
232. EN ISO 13790, Energy Performance of Buildings - Calculation of Energy Use for Space Heating and Cooling, International Organization for Standardization (ISO), Cenevre, Şubat 2008.
233. Ganiç, N., Yılmaz, Z. ve Corgnati, S., Enerji Performansı Gereksinimlerinin Optimum Maliyet Düzeyinin Türkiye’deki Örnek Bir Ofis Binasında Yapılan İyileştirmeler İçin Hesaplanması, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Nisan 2013, İzmir, 889-904.
234. Strand, R.K., Pedersen, C.O. ve Crawley, D.B., Modularization and Simulation Techniques for Heat Balance Based Energy and Load Calculation Programs: The Experience of The Ashrae Loads Toolkit and Energyplus, Seventh International IBPSA Conference, Ağustos 2001, Brezilya, 43-50.
235. Haydaraslan, E., Çuhadaroglu, B. ve Yaşar, Y., Kat Isıtmasında Yüzer Döşeme ve Faz Değiştiren Malzeme Kullanımının Enerji Verimliliğine ve Konfor Koşullarına Etkisi, Mühendis ve Makine, 61, 700 (2020) 180-197.
236. www.energyplus.net/ EnergyPlus Software, Tutorials. 03 Ağustos 2020.
237. EN 15603, Energy Performance of Buildings, Overall Energy Use and Definition of Energy Ratings, European Committee for Standardization (CEN), Brüksel, 2008.
238. www.cedbik.org/ Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK), Konut Sertifika Klavuzu. 06 Mayıs 2019.
239. www.ec.europa.eu/ A Roadmap for Moving to A Competitive Low Carbon Economy in 2050, 28 Nisan 2019.

240. EN 15459, Energy Performance of Buildings Economic Evaluation Procedure for Energy Systems in Buildings, European Committee For Standardization (CEN), Brüksel, 2007.
241. Yassaghi, H., Mostafavi, N. ve Hoque, S., Evaluation of Current and Future Hourly Weather Data Intended for Building Designs: A Philadelphia Case Study, Energy and Buildings, 199 (2019) 491-511.
242. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Averyt, K. ve Marquis, M., Climate Change 2007-the Physical Science Basis: Working group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC 4, Cambridge University Press, Cambridge, 2007.
243. Remund, J., Müller, S.C., Schilter, C. ve Rihm, B., The Use of Meteonorm Weather Generator for Climate Change Studies, 10th EMS Annual Meeting, 10th European Conference on Applications of Meteorology (ECAM) Abstracts, Eylül 2010, Zürich.
244. www.meteonorm. Com/ Meteonorm Documentation Software Version 7.2., 25 Şubat 2020.
245. Corgnati S.P., Fabrizio E., Filippi M. ve Monetti V., Reference Buildings for Cost Optimal Analysis: Method of Definition and Application, Applied Energy, 102 (2013) 983-993.
246. Sümer Haydaraslan, K. ve Yaşar, Y., Bina İç Mekân Sıcaklıklarının Kullanıcı Davranışına Göre Değişiminin Enerji Tüketimine Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22,3 (2018) 1217-22.
247. Yang, J., Santamouris, M. ve Lee, S. E., Review of Occupancy Sensing Systems and Occupancy Modeling Methodologies for The Application in Institutional Buildings, Energy and Buildings, 121(2016) 344-349.
248. www.tuik.gov.tr/ Türkiye İstatistik Kurumu, İstatistiklerle Aile 2018. 10 Aralık 2019.
249. www.ailevecalisma.gov.tr/ Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, Aile Yapısı Araştırması, 19 Kasım 2019.
250. ASHRAE Standart 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ISSN 1041-2336, 2010.
251. Daouas, N., A study on optimum insulation thickness in walls and energy savings in Tunisian buildings based on analytical calculation of cooling and heating transmission loads, Applied Energy, 88 (2011) 156-164.

252. Bolattürk, A., Optimum Insulation Thicknesses for Building Walls with Respect to Cooling and Heating Degree-Hours in The Warmest Zone of Turkey, Building and Environment, 43 (2008) 1055-64.
253. Dombaycı, Ö. A., The prediction of heating energy consumption in a model house by using artificial neural networks in Denizli–Turkey, Advances in Engineering Software, 41 (2010) 141-147.
254. Pikas, E., Thalfeldt, M. ve Kurnitski, J., Cost Optimal and Nearly Zero Energy Building Solutions for Office Buildings, Energy and Buildings, 74 (2014) 30-42.
255. Sümer Haydaraslan, K., Haydaraslan, E., Kahraman, H. T. ve Yaşar, Y., Estimate of Energy Consumption for Housing Buildings in Hot Climatic Zones through Artificial Intelligence Methods: Case of Antalya, Technological Applied Sciences, 13, 3 (2018) 273-284.
256. Thalfeldt, M., Pikas, E., Kurnitski, J. ve Voll, H., Facade Design Principles for Nearly Zero Energy Buildings in A Cold Climate, Energy and Buildings, 67 (2013) 309-321.
257. Al-Sanea S.A. ve Zedan M.F., Optimum Insulation Thickness for Building Walls in A Hot-Dry Climate, International Journal of Ambient Energy, 23,3 (2002) 115-126.
258. Friess, A.W., Rakhshan, K., Hendawi, T., A. and Tajerzadeh, S., Wall Insulation Measures for Residential Villas in Dubai: A Case Study in Energy Efficiency, Energy and Buildings, 44 (2012) 26-32.
259. Kolaitis, D. I., Malliotakis, E., Kontogeorgos, D.A., Mandilaras I., Katsourinis D. I. ve Founti M. A., Comparative Assessment of Internal and External Thermal Insulation Systems for Energy Efficient Retrofitting of Residential Buildings, Energy and Buildings, 64 (2013) 123-131.
260. Rostia, B., Omidvar, A. ve Monghasemi, N., Optimal Insulation Thickness of Common Classic and Modern Exterior Walls in Different Climate Zones of Iran, Journal of Building Engineering, 27 (2020) 100954.
261. www.izocam.com.tr/ İzocam, Isı Yalıtım Malzemesi. 20 Kasım 2019.
262. www.arpa-e.energy.gov/ARPA-E, Single-Pane Highly Insulating Efficient Lucid Designs (SHIELD) Program Overview.20 Ekim 2019.
263. Kaklauskas, A., Zavadskas, E.K., Raslanas, S., Ginevicius, R., Komka, A. ve Malinauskas, P., Selection of Low-E Windows in Retrofit of Public Buildings by Applying Multiple Criteria Method COPRAS: A Lithuanian Case, Energy and Building, 38 (2006) 454-462.
264. www.solargard.com/ Products, Architectural Window Film. 20 Mart 2020.

265. Kirimtata, A., Krejcar, O., Ekici, B. ve Tasgetiren, M.F., Multi-Objective Energy and Daylight Optimization of Amorphous Shading Devices in Buildings, Solar Energy, 185 (2019) 100-111.
266. Cho, J., Yoo, C. ve Kim, Y., Viability of Exterior Shading Devices for High-Rise Residential Buildings: Case Study for Cooling Energy Saving and Economic Feasibility Analysis, Energy and Building, 82 (2014) 771-785.
267. Leal, V. ve Maldonado, E., The Role of The PASLINK Test Cell in The Modelling and Integrated Simulation of An Innovative Window, Building and Environment, 43,2 (2008) 217-227.
268. Mandalaki, M., Papantoniou, S. ve Tsoutsos, T., Assessment of Energy Production From Photovoltaic Modules Integrated in Typical Shading Devices, Sustainable Cities and Society, 10 (2014) 222-231.
269. Valladares-Rendón, L.G. ve Lo, S.L., Passive Shading Strategies to Reduce Outdoor Insolation and Indoor Cooling Loads by Using Overhang Devices on A Building, Building Simulation, 7 (2014) 671-681.
270. Thambidurai, M., Panchabikesan ve K., Ramalingam, V., Review on Phase Change Material Based Free Cooling of Buildings-The Way Toward Sustainability, Journal of Energy Storage, 4 (2015) 74-88.
271. www.ec.europa.eu/ The Strategic Energy Technology (SET) Plan. 28 Ekim 2019.
272. Tyagi, V.V. ve Buddhi, D., PCM Thermal Storage in Buildings: A State of Art, Renewable Sustainable Energy Reviews, 11,6 (2007) 1146-66.
273. Kuznik, F., Virgone, J. ve Roux, J.J., Energetic Efficiency of Room Wall Containing PCM Wallboard: A Full-Scale Experimental Investigation, Energy and Buildings, 40 (2008) 148-156.
274. www.phasechange.com/ Phase Change Materials. 20 Şubat 2020.
275. Hailu, G., Dash, P. ve Fung, A.S., Performance Evaluation of an Air Source Heat Pump Coupled with a Building-Integrated Photovoltaic/Thermal (BIPV/T) System under Cold Climatic Conditions, Energy Procedia, 78 (2015) 1913-18.
276. Li, S., Modeling of Photovoltaic Thermal Systems with Transpired Solar Collectors Integrated in Building Operation Simulation, Doktora Tezi, Purdue University, Hindistan, 2014.
277. www.baymak.com.tr/ Ürünler, Kombi. 25 Mart 2020.
278. www.solaris-shop.com/ Products, Sunmodule. 20 Mart 2020.
279. Yılmaz, Z., İklimsel Konfor Sağlanması ve Yoğuşma Kontrolünde Optimum Performans Gösteren Yapı Kabuğunun Hacim Konumuna ve Boyutlarına Bağlı

Olarak Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1983.

280. Yaşar, Y., Maçka Kalfa, S., Sümer Haydaraslan, K. ve Haydaraslan, E., The Effect of Topography on Building Energy Performance, 5th International Conference on Architecture and Built Environment with Awards S.Arch, Nisan 2018, Venedik, Bildiriler Kitabı: 1273-82.
281. Sümer Haydaraslan, K., Binalarda Giydirmeye Cephe Açısının Isıl Performansa Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2016.
282. Murty, K. G., Optimization Models For Decision Making, Internet Edition, Chapter 1: Models for Decision Making, 1 (2003) 1-18.
283. Winston, W.L., Operations Research: Applications and Algorithms, International Thomson Publishing, Belmont, 2003.
284. Leontief, W.W., The Use of Indifference Curves in the Analysis of Foreign Trade, The Quarterly Journal of Economics, 47 (1933), 493-503.
285. Leontief, W. W., Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States, Review of Economics Statistics, 18,3 (1936) 105-125.
286. Koopmans, T. C., Optimum Utilization of the Transportation System, Proceedings of the International Statistical Conferences, 1949, Washington, 136-145.
287. Koopmans, T. C., Activity Analysis of Production and Allocation, Wiley, New York, 1951.
288. Akay, B., Nümerik Optimizasyon Problemlerinde Yapay Arı Kolonisi (Artificial Bee Colony) Algoritmasının Performans Analizi, Doktora Tezi, Kayseri Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2009.
289. Sağ, T., Çok Kriterli Optimizasyon için Genetik Algoritma Yaklaşımları, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2008.
290. Edgar, T. F., Himmelblau, D. M. ve Lasdon, L. S., Optimization of Chemical Processes, McGraw-Hill, New York, 2001.
291. Özkış, A., Girdap Arama ve Yapay Alg Algoritmalarının Çok Amaçlı Optimizasyon Problemlerine Uyarlanması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya 2018.
292. Arora, J. S., Introduction to Optimum Design, McGraw-Hill, New York, 1989.
293. Rao, S. S., Engineering Optimization: Theory and Practice, Third Edition, John Wiley & Son, New York, 1996.

294. Kaymaz, İ., Optimizasyon Teknikleri, online ders notu, Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 2020.
295. Ehlers, S., A Procedure to Optimize Ship Side Structures for Crashworthiness, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part M Journal of Engineering for the Maritim Environment, 224, 1 (2010) 1-11.
296. Xu, P., A Hybrid Global Optimization Method: The Multi-Dimensional Case, Journal of Computational and Applied Mathematics, 155,2 (2003) 423-446.
297. Haupt, R.L. ve Haupt, S.E., Practical Genetic Algorithms. Wiley, New York, 2004.
298. Hashim, F. A., Houssein, E. H., Mabrouk, M. S., Al-Atabany, W. ve Mirjalili, S., Henry Gas Solubility Optimization: A Novel Physics Based Algorithm, Future Generation Computer Systems, 101 (2019) 646-67.
299. Kennedy, J. ve Eberhart, R.C., Particle Swarm Optimisation, Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks IV, 1995, Piscataway, Bildiri Kitabı:1942-48.
300. Dorigo, M. ve Stützle, T., Ant Colony Optimization, MIT Press, Cambridge, 2004.
301. Yang, X.S., Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms, Luniver Press, University of Cambridge, 2008.
302. Storn, R. ve Price K., Differential Evolution-A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization Over Continuous Spaces, Journal of Global Optimization, 11,4 (1997) 341-359.
303. Liu, C., Yan, X., Liu, C. ve Wu, H., The Wolf Colony Algorithm, Chinese Journal of Electronics, 20,2 (2011).
304. Amjad A. H. ve Hussam N. F., Supernova Optimizer: A Novel Natural Inspired Meta-Heuristic, Canadian Center of Science and Education, 12,1 (2018) 1844-1913.
305. Eröz, E. ve Tanyıldızı, E., Güncel Metasezgisel Optimizasyon Algoritmalarının Performans Karşılaştırılması, International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP), Eylül 2018, Malatya, 1-16.
306. Salcedo-Sanz, S., Modern Meta-Heuristics Based on Nonlinear Physics Processes: A Review of Models and Design Procedures, Physics Reports, 655 (2016) 1–70.
307. Nenavath, H. ve Jatoth, R.K., Hybridizing Sine Cosine Algorithm with Differential Evolution for Global Optimization and Object Tracking, Applied Soft Computing, 62 (2018) 1019-43.
308. Kahraman, H.T., Aras, S. ve Gedikli, E., Fitness-Distance Balance (FDB): A New Selection Method for Meta-Heuristic Search Algorithms. Knowledge-Based Systems, 190 (2020) 105169.

309. Machairas, V., Tsangrassoulis, A. ve Axarli, K., Algorithms for Optimization of Building Design: A Review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 31 (2014) 101-112.
310. Tomassini, M., Evolutionary Algorithms, Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag, Berlin, 1996, 19-47.
311. Akbel, M. ve Kahraman, H. T., Çok Amaçlı Meta-Sezgisel Optimizasyon Algoritmalarının Performanslarının Karşılaştırılması, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8,5 (2020) 185-199.
312. Laumanns, M., Thiele, L., Deb, K. ve Zitzler, E., Combining Convergence and Diversity in Evolutionary Multiobjective Optimization, Evolutionary Computation, 10,3 (2002) 263-282.
313. Gou, S.Q., Nik, V.M., Scartezzini, J.L., Zhao, Q. ve Li, Z.R., Passive Design Optimization of Newly-Built Residential Buildings in Shanghai for Improving Indoor Thermal Comfort While Reducing Building Energy Demand, Energy Building, 169 (2018) 484-506.
314. Caldas L.G. ve Norford L.K., Genetic Algorithms for Optimization of Building Envelopes and The Design and Control of HVAC Systems, Journal of Solar Energy Engineering, 125,3 (2003) 343-351.
315. Goldberg D.E., Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley, Boston, 1989.
316. Fonseca C.M. ve Fleming P.J., Genetic Algorithms for Multiobjective Optimization: Formulation, Discussion and Generalization ICGA, 93 (1993) 416-23.
317. Horn J., Nafpliotis N. ve Goldberg D.E., A Niche Pareto Genetic Algorithm for Multiobjective Optimization, Proceedings of the First IEEE Conference on Evolutionary Computation. IEEE World Congress on Computational Intelligence, Haziran 1994, Orlando, 82-87.
318. Miller B.L. ve Goldberg D.E., Genetic Algorithms, Tournament Selection, and The Effects of Noise, Complex System, 9 (1995) 193-212.
319. Tamaki H., Mori M., Araki M., Generation of A Set of Pareto-Optimal Solutions by Genetic Algorithms, Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers, 31 (1995) 1185-92.
320. Tamaki H., Kita H. ve Kobayashi S., Multi-Objective Optimization by Genetic Algorithms: A Review, Proceedings of IEEE International Conference on Evolutionary Computation, Mayıs 1996, Nagoya, 517-522.
321. Srinivas N. ve Deb K., Multiobjective Optimization Using Nondominated Sorting in Genetic Algorithms, Evolutionary Computation, 2,3 (1994) 221-248.

322. Coello C. ve Carlos A., Application of Multi-Objective Evolutionary Algorithms, World Scientific Publishing Company, River Edge, New Jersey, 2005.
323. Zitzler, E., Laumanns, M. ve Thiele, L., SPEA2: Improving The Strength Pareto Evolutionary Algorithm, TIK-Report, 103 (2001) 1-21.
324. Zitzler, E. ve Künzli, S., Indicator-Based Selection in Multiobjective Search, International Conference on Parallel Problem Solving from Nature, Eylül 2004, Berlin, 1-10.
325. Beume, N., Naujoks, B. ve Emmerich, M., SMS-EMOA: Multiobjective Selection Based on Dominated Hypervolume, European Journal of Operational Research, 181,3 (2007) 1653-69.
326. Zhang, Q. ve Li, H., MOEA/D: A Multiobjective Evolutionary Algorithm Based on Decomposition, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 11,6 (2007) 712-731.
327. Li, K., Kwong, S., Zhang, Q. ve Deb, K., Interrelationship-based selection for decomposition multiobjective optimization, IEEE Transactions on Cybernetics, 45,10 (2015) 2076-88.
328. Echenagucia, T. M., Capozzoli, A., Cascone, Y. ve Sassone, M., The Early Design Stage of A Building Envelope: Multi-Objective Search Through Heating, Cooling and Lighting Energy Performance Analysis, Applied Energy, 154 (2015) 577-591.
329. Lei, Y.J., Zhang, S.W., Li, X.B. ve Zhou, C.M., MATLAB Genetic Algorithm Toolbox and Application, Xidian University Press, 2005.
330. Holland, J.H., Adaptations in Natural Artificial Systems, University of Michigan Press, MI, 1975.
331. Papadopoulos, S., Kontokosta, C.E., Vlachokostas, A. ve Azar, E., Rethinking HVAC Temperature Setpoints in Commercial Buildings: The Potential for Zero-Cost Energy Savings And Comfort Improvement in Different Climates, Building Environment, 155 (2019) 350-359.
332. Radford A. ve John, G., On Optimization in Computer Aided Architectural Design, Building and Environment, 15,2 (1980) 73-80.
333. Magnier, L. ve Haghighat, F., Multiobjective Optimization of Building Design Using TRNSYS Simulations, Genetic Algorithm, and Artificial Neural Network, Building Environment, 45,3 (2010) 739-746.
334. Gossard, D., Lartigue, B. ve Thellier, F., Multi-Objective Optimization of A Building Envelope for Thermal Performance Using Genetic Algorithms and Artificial Neural Network, Energy and Building, 67 (2013) 253-260.

335. Asadi, E., Silva, M.G., Antunes, C.H., Dias, L. ve Glicksman, L., Multi-Objective Op- Timization for Building Retrofit: A Model Using Genetic Algorithm and Artificial Neural Network and An Application, Energy and Building, 81 (2014) 444-456.
336. Delgarm, N., Sajadi, B., Delgarm, S. ve Kowsary, F., A Novel Approach for The Simulation Based Optimization of The Buildings Energy Consumption Using NSGA-II: Case Study in Iran, Energy Building, 127 (2016) 552-560.



7. EKLER

Ek 1.

Ek Tablo 1. Türkiye’de Binalar ile İlgili Yayınlanan Standartlar

Yıl	Standart
2008	TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı
2008	TS EN 12975-1 Isıl güneş enerji sistemleri ve bileşenleri-Güneş enerjisi kolektörleri-Bölüm 1:Genel Kurallar
2008	TS EN 89 Isıtıcılar – Gaz yakan – Ev tipi – Sıcak su üretimi için depolu su ısıtıcılar
2007	TS EN 832 Binaların Isıl Performansı – Meskenlerde Isıtma Amacıyla Kullanılan Enerjinin Hesaplanması
2007	TS EN ISO 6946 Yapı bileşenleri ve yapı elemanları - Isıl direnç ve ısıl geçirgenlik hesaplama metodu
2007	TS EN 378-1 Soğutma sistemleri ve ısı pompaları - Güvenlik ve çevre kuralları - Bölüm 1: Temel kurallar, tarifler, sınıflandırma ve seçim kriterleri
2007	TS EN 14336 Isıtma sistemleri - Binalar için - Su esaslı ısıtma sistemlerinin tesisi ve işletmeye alınması
2006	TS EN 26 Ani Su Isıtıcılar (Şofbenler)-Gaz Yakan, Atmosferik Brülörlü
2006	TS EN 1507 Havalandırma-Binalarda-Kanal Şebekesi-Dikdörtgen Enkesitli Sac Metal Hava Kanalları-Dayanım ve Sızdırmazlık-Özellik ve Deneyler
2006	TS EN 12237 Binalarda havalandırma – Kanal şebekesi – Dairesel sac metal kanallar – Dayanım ve sızdırmazlık
2006	TS 11389 EN 13384-1 Bacalar – Isı ve akışkan dinamiği hesaplama metotları – Bölüm 1: Tek ısıtma tertibatına bağlı bacalar
2006	TS 11388 EN 13384-2 Bacalar – Isı ve akışkan dinamiği hesaplama metotları – Bölüm 2: Birden çok ısıtma tertibatına bağlı bacalar
2004	TS EN 378-2 Soğutma sistemleri ve ısı pompaları - Güvenlik ve çevre kuralları- Bölüm 2: Tasarım, yapım, deney, işaretleme ve dokümantasyon
2004	TS EN 12207 Pencere ve kapılar - Hava geçirgenliği - Sınıflandırma
2003	TS EN 378-3 Soğutma Sistemleri ve Isı Pompaları - Güvenlik ve Çevre Kuralları- Bölüm 3: Tesis Yeri ve Personel Koruma
2002	TS 3419 Havalandırma Ve İklimlendirme Tesisleri - Projelendirme Kuralları
2001	TS EN 378-4 Soğutma Sistemleri ve Isı Pompaları- Güvenlik ve Çevre Kuralları- Bölüm 4: İşletme, Bakım, Onarım ve Geri Kazanım
2001	TS EN 13829 Binaların Isıl Performansı- Binaların Hava Geçirgenliğinin Tayini- Fan Basıncı Altında Tutma Deneyi
2001	TS EN ISO 10211-2 Bina Yapımında Isıl Köprüler- Isı Akışlarının ve Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması
2000	TS ISO 9459-2 Güneş Enerjisi Konut Su Isıtma Sistemleri Bölüm 2: Sadece Güneş Enerjili Sistemlerin Yıllık Performans Tahmini Ve Sistem Performans Karakteristikleri İçin Dış Ortam Deney Metodu
1999	TS ISO 9459-1 Güneş Enerjisiyle Isıtma-Konut Su Isıtma Sistemleri-Bölüm 1:İç Ortam Deney Metotları Kullanılarak Performans Değerlendirme İşlemi
1999	TS ISO 9459-3 Güneş Enerjisiyle Isıtma Konut Su Isıtma Sistemleri Bölüm 3 : Güneş Ve İlâve Isıtıcı Sistemlerin Performans Deneyi
1997	TS EN 834 Isı Maliyet Bölüştürücüler - Radyatör Isı Tüketiminin Belirlenmesinde Kullanılan - Elektrik Enerjisi İle Çalışan
1994	TS 3817 Güneş Enerjisi - Su Isıtma Sistemlerinin Yapım Tesis ve İşletme Kuralları
1983	TS 2164 Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları
1979	TS 3420 Havalandırma ve İklimlendirme Tesislerini Yerleştirme Kuralları
1976	TS 2192 Kalorifer Tesisatı Yerleştirme Kuralları

Ek Tablo 2. Binalar ile İlgili AB standartları

Yıl	Standart
2002-2007	EN 12464-1,2 Light and lighting - Lighting of workplaces: Indoor workplaces, outdoor workplaces
2007	EN 15239 Ventilation for buildings - Energy performance of buildings - Guidelines for inspection of ventilation systems
2007	EN 15242 Ventilation for buildings - Calculation methods for the determination of air flow rates in buildings including infiltration
2007	EN 1886 Ventilation for buildings - Air handling units - Mechanical performance
2007	EN 24185 Measurement of liquid flow in closed conduits - Weighing method
2007	EN 779 Particulate air filters for general ventilation - Determination of the filtration performance
2007	EN ISO 5167-1 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - Part 1: General principles and requirements
2007	EN 15240 Ventilation for Buildings - Energy performance of buildings: Guidelines for the inspection of air-conditioning systems.
2007	EN 15243 Ventilation for Buildings - Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems
2007	EN 15255 Thermal performance of buildings - Sensible room cooling load calculation - General criteria and validation procedures
2007	EN 15232 Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management
2007	EN 15316-1,2,3,4,5,6 Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies
2007	EN 15377-3 Design of embedded water based surface heating and cooling systems
2007	EN 15378 Energy performance of buildings: Inspection of boilers and heating systems
2007	EN 15217 Energy performance of buildings - Methods of expressing energy performance and for energy certification of buildings
2007	EN 15193 Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting
2006	EN 14277 Ventilation for buildings - Air terminal devices - Method for airflow measurement by calibrated sensors in or close to ATD/Plenum boxes
2006	EN 12097 Ventilation for buildings - Ductwork - Requirements for ductwork components to facilitate maintenance of ductwork systems
2006	EN 1507 Ventilation for buildings - Sheet metal air ducts with rectangular section - Requirements for strength and leakage
2006	EN 13053 Ventilation for buildings - Air handling units - Ratings and performance for units, components and sections
2005	EN 14518 Ventilation for buildings - Chilled beams - Testing and rating of passive chilled beams
2004	EN 14134 Ventilation for buildings - Performance testing and installation checks of residential ventilation systems
2004	EN 13465 Ventilation for buildings - Calculation methods for the determination of air flow rates in dwellings
2004	EN 14336 Heating Systems in buildings - Installation and commissioning of the water based heating systems
2004	EN 13032-1,2 Light and lighting - Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires
2004	EN 13141-1,2,3,4,5,6,7,8 Ventilation for buildings - Performance testing of components/ products for residential ventilation
2004	EN 13142 Ventilation for buildings – Components / products for residential ventilation – Required and optional performances characteristics
2004	EN 14240 Ventilation for buildings - Chilled ceilings - Testing and rating
2004	EN 14239 Ventilation for buildings - Ductwork - Measurement of ductwork surface area
2004	EN ISO 13791 Thermal performance of buildings - Calculation of internal temperatures of a room in summer without mechanical cooling - General criteria and validation procedures
2004	EN ISO 13792 Thermal performance of buildings - Calculation of internal temperatures of a room in summer without mechanical cooling - Simplified methods

Ek Tablo 2'nin devamı

2003	EN 12792 Ventilation for buildings. Symbols, terminology and graphical symbols
2003	EN 12237 Ventilation for buildings - Ductwork - Strength and leakage of circular sheet metal ducts
2003	EN 12828 Heating systems in buildings - Design for water-based heating systems
2003	EN 12831 Heating systems in buildings - Method for calculation of the design heat load
2002	EN 13182 Ventilation for buildings - Instrumentation requirements for air velocity measurements in ventilated spaces
2002	EN 12170 Heating systems in buildings - Procedure for the preparation of documents for operation, maintenance and use - Heating systems requiring a trained operator
2002	EN 12171 Heating systems in buildings - Procedure for the preparation of documents for operation, maintenance and use - Heating systems not requiring a trained operator
2002	EN 12665 Light and lighting - Basic terms and criteria for specifying lighting requirements
2002	EN 12236 Ventilation for buildings - Ductwork hangers and supports - Requirements for strength
2001	EN 12238 Ventilation for buildings - Air terminal devices - Aerodynamic testing and rating for mixed flow application
2001	EN 12239 Ventilation for buildings - Air terminal devices - Aerodynamic testing and rating for displacement flow applications
2001	EN 12589 Ventilation for buildings - Air terminal units - Aerodynamic testing and rating of constant and variable rate terminal units
2001	EN 13030 Ventilation for buildings - Terminals - Performance testing of louvres subjected to simulated rain
2001	EN 13180 ventilation for buildings - Ductwork - Dimensions and mechanical requirements for flexible ducts.
2001	EN 13181 Ventilation for buildings - Terminals - Performance testing of louvres subject to simulated sand
2001	EN 13829 Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method
2001	EN 13264 Ventilation for buildings - Terminals - Floor mounted air terminal devices - Tests for structural classification
2000	EN 12599 Ventilation for buildings - Test procedures and measuring methods for handing over installed ventilation and air conditioning systems
1998	EN 1751 Ventilation for buildings - Air terminal devices - Aerodynamic testing of dampers and valves
1998	EN 12220 Ventilation for buildings - Ductwork - Dimensions of circular flanges for general ventilation
1998	EN 15251 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics
2002-2007	EN 12464-1,2 Light and lighting - Lighting of work places :Indoor work places, outdoor work places
2007	EN 15239 Ventilation for buildings - Energy performance of buildings - Guidelines for inspection of ventilation systems

Ek 2. Antalya İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 3. Antalya 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D9	S4	G5	H6	Y2	42.92	11.38	436.47	Pareto Opt.
D11	S1*	G5	H1*	Y1*	125.44	36.03	99.17	Pareto Opt.
D6	S1*	G5	H1*	Y1*	127.49	36.91	90.32	Pareto Opt.
D5*	S3	G5	H6	Y1*	61.62	16.34	225.72	Pareto Opt.
D5*	S1*	G5	H6	Y2	43.45	11.52	368.01	Pareto Opt.
D5*	S3	G5	H6	Y2	43.15	11.44	378.94	Pareto Opt.
D5*	S1*	G5	H2	Y1*	119.51	33.07	138.24	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4	H4	Y1*	91.59	24.13	167.21	Pareto Opt.
D5*	S1*	G1*	H6	Y2	44.55	11.82	362.94	Pareto Opt.
D5*	S4	G4	H1*	Y1*	128.01	37.26	69.59	Pareto Opt.
D5*	S1*	G2	H5	Y2	46.16	12.22	332.04	Pareto Opt.
D5*	S1*	G5	H4	Y1*	90.10	23.71	168.63	Pareto Opt.
D5*	S1*	G1*	H1*	Y1*	130.93	37.23	41.16	Mevcut
D5*	S1*	G4	H3	Y1*	105.36	27.35	149.31	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4	H6	Y2	43.83	11.62	367.21	Pareto Opt.
D5*	S1*	G5	H5	Y1*	63.82	16.93	179.54	Pareto Opt.
D5*	S1*	G5	H6	Y1*	61.93	16.43	214.80	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4	H1*	Y1*	128.70	37.00	46.98	Pareto Opt.
D5*	S1*	G1*	H5	Y2	46.46	12.31	327.67	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4	H6	Y1*	62.34	16.54	214.00	Pareto Opt.
D8	S4	G5	H6	Y2	42.95	11.39	434.27	Pareto Opt.
D6	S3	G5	H6	Y2	43.09	11.43	420.42	Pareto Opt.
D10	S4	G5	H6	Y1*	61.34	16.27	285.46	Pareto Opt.
D5*	S1*	G5	H1*	Y1*	128.12	37.18	49.51	Pareto Opt.
D9	S4	G5	H6	Y1*	61.38	16.28	283.26	Pareto Opt.
D6	S3	G5	H6	Y1*	61.56	16.33	267.20	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4	H2	Y1*	120.74	33.19	136.54	Pareto Opt.
D5*	S1*	G1*	H5	Y1*	64.93	17.22	174.45	Pareto Opt.
D5*	S1*	G1*	H2	Y1*	123.69	33.76	131.64	Pareto Opt.
D5*	S1*	G1*	H4	Y1*	94.77	25.00	162.55	Pareto Opt.
D22	S4	G5	H6	Y2	42.87	11.37	564.62	Pareto Opt.
D6	S4	G5	H6	Y2	43.04	11.42	429.86	Pareto Opt.
D8	S1*	G5	H1*	Y1*	126.49	36.48	93.67	Pareto Opt.
D5*	S4	G5	H6	Y2	43.10	11.43	388.38	Pareto Opt.
D5*	S1*	G1*	H6	Y1*	63.12	16.74	209.72	Pareto Opt.

Ek Tablo 3'ün devamı

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D9	S4	G5	H1*	Y1*	125.44	36.50	117.65	Pareto Opt.
D8	S1*	G4	H1*	Y1*	127.17	36.33	91.21	Pareto Opt.
D21	S4	G5	H6	Y2	42.90	11.38	562.41	Pareto Opt.
D5*	S1*	G5	H5	Y2	45.42	12.03	332.76	Pareto Opt.
D5*	S1*	G1*	H3	Y1*	108.28	28.16	144.29	Pareto Opt.
D23	S4	G5	H6	Y2	42.84	11.36	566.83	Pareto Opt.
D5*	S4	G5	H6	Y1*	61.57	16.33	235.16	Pareto Opt.
D5*	S4	G5	H5	Y1*	63.50	16.84	199.91	Pareto Opt.
D7	S3	G5	H6	Y1*	61.50	16.31	269.41	Pareto Opt.
D5*	S1*	G5	H3	Y1*	104.14	27.00	151.07	Pareto Opt.
D5*	S3	G5	H5	Y2	45.18	11.97	343.69	Pareto Opt.
D5*	S4	G4	H5	Y1*	63.81	16.92	199.09	Pareto Opt.
D5*	S4	G5	H1*	Y1*	127.60	37.42	71.80	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4	H5	Y1*	64.20	17.03	178.73	Pareto Opt.

Ek Tablo 4. Antalya 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	İstma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D5*	S3	G4*	H2	Y1*	123.76	34.41	84.04	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4*	H5	Y1*	64.53	17.12	100.43	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4*	H5	Y2	46.11	12.21	188.68	Pareto Opt.
D9	S3	G4*	H6	Y2	43.55	11.55	242.98	Pareto Opt.
D11	S4	G4*	H6	Y2	43.46	11.53	250.95	Pareto Opt.
D5*	S3	G4*	H5	Y1*	64.19	17.03	106.72	Pareto Opt.
D12	S3	G4*	H6	Y2	43.47	11.53	246.79	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4*	H6	Y2	44.10	11.70	208.99	Pareto Opt.
D5*	S4	G4*	H6	Y1*	62.18	16.49	132.46	Pareto Opt.
D11	S4	G4*	H6	Y1*	61.94	16.43	162.70	Pareto Opt.
D10	S3	G4*	H6	Y2	43.52	11.54	244.25	Pareto Opt.
D10	S3	G4*	H6	Y1*	62.01	16.45	156.00	Pareto Opt.
D7	S3	G4*	H6	Y1*	62.11	16.47	152.18	Pareto Opt.
D12	S4	G4*	H6	Y1*	61.92	16.42	163.98	Pareto Opt.
D5*	S4	G4*	H6	Y2	43.69	11.59	220.71	Pareto Opt.
D12	S4	G4*	H6	Y2	43.43	11.52	252.23	Pareto Opt.
D9	S3	G4*	H6	Y1*	62.04	16.45	154.73	Pareto Opt.
D5*	S3	G4*	H6	Y1*	62.22	16.50	127.02	Pareto Opt.
D11	S3	G4*	H6	Y1*	61.98	16.44	157.26	Pareto Opt.
D12	S3	G4*	H6	Y1*	61.95	16.43	158.54	Pareto Opt.
D5*	S3	G4*	H3	Y1*	108.40	28.09	91.50	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4*	H6	Y1*	62.61	16.61	120.73	Pareto Opt.
D10	S1*	G4*	H1*	Y1*	130.92	37.35	53.08	Pareto Opt.
D6	S3	G4*	H6	Y1*	62.16	16.49	150.91	Pareto Opt.
D5*	S4	G4*	H5	Y2	45.74	12.11	200.41	Pareto Opt.
D11	S3	G4*	H1*	Y1*	130.22	37.65	62.06	Pareto Opt.
D5*	S3	G4*	H1*	Y1*	133.03	38.84	33.44	Pareto Opt.
D5*	S4	G4*	H5	Y1*	64.14	17.01	112.16	Pareto Opt.
D5*	S3	G4*	H6	Y2	43.72	11.60	215.27	Pareto Opt.
D8	S3	G4*	H6	Y1*	62.07	16.46	153.45	Pareto Opt.
D12	S3	G4*	H1*	Y1*	129.93	37.53	63.16	Pareto Opt.
D5*	S4	G4*	H1*	Y1*	132.31	38.54	38.46	Pareto Opt.
D8	S3	G4*	H6	Y2	43.59	11.56	241.70	Pareto Opt.
D12	S1*	G4*	H1*	Y1*	130.35	37.11	55.28	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4*	H3	Y1*	109.64	28.47	84.25	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4*	H1*	Y1*	133.22	38.34	25.48	Mevcut

Ek Tablo 4'ün devamı

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	İstma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D5*	S3	G4*	H5	Y2	45.79	12.13	194.97	Pareto Opt.
D11	S3	G4*	H6	Y2	43.49	11.54	245.52	Pareto Opt.
D24	S4	G4*	H6	Y2	43.42	11.52	324.77	Pareto Opt.
D12	S4	G4*	H1*	Y1*	129.16	37.21	68.15	Pareto Opt.
D6	S3	G4*	H6	Y2	43.67	11.58	239.16	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4*	H2	Y1*	124.98	34.39	76.84	Pareto Opt.
D11	S4	G4*	H1*	Y1*	129.45	37.33	67.05	Pareto Opt.
D8	S1*	G4*	H1*	Y1*	131.64	37.66	50.97	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4*	H4	Y1*	95.66	25.21	94.40	Pareto Opt.
D7	S3	G4*	H6	Y2	43.62	11.57	240.43	Pareto Opt.
D11	S1*	G4*	H1*	Y1*	130.62	37.23	54.17	Pareto Opt.
D9	S1*	G4*	H1*	Y1*	131.25	37.50	52.01	Pareto Opt.

Ek Tablo 5. Antalya 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	İstma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D7	S3	G4*	H4*	Y2	74.62	19.65	77.32	Pareto Opt.
D12	S4	G4*	H4*	Y2	73.09	19.27	82.97	Pareto Opt.
D9	S3	G4*	H4*	Y2	74.11	19.53	78.65	Pareto Opt.
D7	S3	G4*	H4*	Y1*	93.86	24.75	26.49	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4*	H4*	Y1*	96.52	25.48	8.29	Mevcut
D8	S3	G4*	H4*	Y2	74.37	19.59	77.99	Pareto Opt.
D12	S4	G4*	H4*	Y1*	92.35	24.38	32.14	Pareto Opt.
D5*	S3	G4*	H4*	Y1*	94.55	24.93	12.19	Pareto Opt.
D9	S3	G4*	H4*	Y1*	93.35	24.63	27.82	Pareto Opt.
D8	S3	G4*	H4*	Y1*	93.61	24.69	27.16	Pareto Opt.
D12	S3	G4*	H4*	Y2	73.57	19.39	79.96	Pareto Opt.
D5*	S3	G4*	H4*	Y2	75.33	19.83	63.02	Pareto Opt.
D10	S3	G4*	H4*	Y1*	93.16	24.58	28.50	Pareto Opt.
D12	S3	G4*	H4*	Y1*	92.81	24.49	29.13	Pareto Opt.
D10	S3	G4*	H4*	Y2	73.92	19.48	79.33	Pareto Opt.
D10	S4	G4*	H4*	Y2	73.45	19.36	82.34	Pareto Opt.
D10	S4	G4*	H4*	Y1*	92.71	24.47	31.51	Pareto Opt.
D5*	S4	G4*	H4*	Y1*	94.15	24.83	15.20	Pareto Opt.
D24	S4	G4*	H4*	Y2	73.03	19.26	125.47	Pareto Opt.
D5*	S4	G4*	H4*	Y2	74.91	19.72	66.03	Pareto Opt.

Ek Tablo 6. Antalya 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D5*	S3*	G4*	H1	Y1*	136.74	39.26	56.74	Pareto Opt.
D5*	S3*	G4*	H6	Y1*	62.60	16.60	69.64	Pareto Opt.
D5*	S3*	G4*	H3	Y1*	113.18	29.42	57.67	Pareto Opt.
D5*	S3*	G4*	H6	Y2	44.11	11.70	98.91	Pareto Opt.
D6	S3*	G4*	H6	Y1*	62.55	16.59	77.51	Pareto Opt.
D5*	S3*	G4*	H5	Y1*	64.53	17.11	62.90	Pareto Opt.
D6	S3*	G4*	H6	Y2	44.06	11.69	106.79	Pareto Opt.
D7	S3*	G4*	H6	Y1*	62.50	16.58	77.88	Pareto Opt.
D5*	S3*	G4*	H4	Y1*	99.26	26.16	61.05	Pareto Opt.
D10	S3*	G4*	H6	Y1*	62.40	16.55	79.00	Pareto Opt.
D8	S3*	G4*	H6	Y1*	62.47	16.57	78.26	Pareto Opt.
D10	S3*	G4*	H6	Y2	43.92	11.65	108.27	Pareto Opt.
D12	S3*	G4*	H6	Y2	43.87	11.64	109.02	Pareto Opt.
D12	S3*	G4*	H6	Y1*	62.35	16.54	79.74	Pareto Opt.
D24	S3*	G4*	H6	Y2	43.86	11.63	133.06	Pareto Opt.
D9	S3*	G4*	H6	Y2	43.95	11.66	107.90	Pareto Opt.
D9	S3*	G4*	H6	Y1*	62.43	16.56	78.62	Pareto Opt.
D5*	S3*	G4*	H5	Y2	46.13	12.22	92.18	Pareto Opt.
D7	S3*	G4*	H6	Y2	44.02	11.68	107.16	Pareto Opt.
D8	S3*	G4*	H6	Y2	43.98	11.67	107.53	Pareto Opt.
D11	S3*	G4*	H6	Y2	43.89	11.64	108.65	Pareto Opt.
D11	S3*	G4*	H6	Y1*	62.38	16.54	79.37	Pareto Opt.

Ek Tablo 7. Antalya 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S3*	G4*	H6*	Y2	43.97	11.66	23.88	Pareto Opt.
D9	S3*	G4*	H6*	Y2	43.99	11.67	23.64	Pareto Opt.
D9	S3*	G4*	H6*	Y1*	62.52	16.58	6.78	Pareto Opt.
D7	S3*	G4*	H6*	Y2	44.06	11.69	23.15	Pareto Opt.
D11	S3*	G4*	H6*	Y2	43.94	11.65	24.13	Pareto Opt.
D5*	S3*	G4*	H6*	Y1*	62.68	16.62	1.48	Mevcut
D10	S3*	G4*	H6*	Y1*	62.49	16.57	7.02	Pareto Opt.
D7	S3*	G4*	H6*	Y1*	62.58	16.60	6.29	Pareto Opt.
D5*	S3*	G4*	H6*	Y2	44.15	11.71	18.34	Pareto Opt.
D6	S3*	G4*	H6*	Y1*	62.63	16.61	6.05	Pareto Opt.
D8	S3*	G4*	H6*	Y2	44.02	11.68	23.40	Pareto Opt.
D8	S3*	G4*	H6*	Y1*	62.55	16.59	6.53	Pareto Opt.
D6	S3*	G4*	H6*	Y2	44.10	11.70	22.91	Pareto Opt.
D12	S3*	G4*	H6*	Y2	43.92	11.65	24.37	Pareto Opt.
D24	S3*	G4*	H6*	Y2	43.91	11.65	38.23	Pareto Opt.
D12	S3*	G4*	H6*	Y1*	62.44	16.56	7.51	Pareto Opt.
D11	S3*	G4*	H6*	Y1*	62.46	16.57	7.26	Pareto Opt.

Ek Tablo 8. Antalya 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D6	S1*	G5	H5	Y2*	48.25	12.78	13.61	Pareto Opt.
D23	S4	G5	H6	Y2*	45.67	12.11	23.41	Pareto Opt.
D8	S1*	G5	H5	Y2*	48.17	12.76	13.82	Pareto Opt.
D3	S1*	G5	H5	Y2*	48.44	12.83	13.31	Pareto Opt.
D3	S3	G5	H6	Y2*	46.04	12.21	16.22	Pareto Opt.
D11	S1*	G5	H3	Y2*	99.97	25.96	12.22	Pareto Opt.
D3	S3	G5	H5	Y2*	48.10	12.74	13.92	Pareto Opt.
D4	S1*	G5	H3	Y2*	102.11	26.49	11.61	Pareto Opt.
D2	S1*	G5	H5	Y2*	48.53	12.85	13.21	Pareto Opt.
D4	S1*	G5	H6	Y2*	46.34	12.29	15.72	Pareto Opt.
D2	S1*	G5	H6	Y2*	46.48	12.33	15.51	Pareto Opt.
D5	S1*	G5	H3	Y2*	101.64	26.38	11.69	Pareto Opt.
D6	S1*	G1*	H1*	Y2*	127.42	36.14	11.04	Pareto Opt.
D1	S1*	G5	H6	Y2*	46.58	12.36	15.41	Pareto Opt.
D2	S3	G5	H6	Y2*	46.12	12.23	16.12	Pareto Opt.
D3	S1*	G5	H6	Y2*	46.41	12.31	15.61	Pareto Opt.
D4	S1*	G5	H4	Y2*	88.19	23.24	12.80	Pareto Opt.
D6	S1*	G5	H6	Y2*	46.25	12.27	15.92	Pareto Opt.
D5	S1*	G5	H6	Y2*	46.29	12.28	15.82	Pareto Opt.
D4	S3	G5	H6	Y2*	45.97	12.19	16.33	Pareto Opt.
D4	S1*	G5	H5	Y2*	48.37	12.81	13.41	Pareto Opt.
D6	S1*	G5	H3	Y2*	101.25	26.28	11.77	Pareto Opt.
D11	S4	G5	H6	Y2*	45.68	12.12	17.57	Pareto Opt.
D5	S1*	G1*	H1*	Y2*	127.91	36.34	10.97	Pareto Opt.
D5	S1*	G5	H5	Y2*	48.31	12.79	13.51	Pareto Opt.
D5	S3	G5	H6	Y2*	45.92	12.18	16.42	Pareto Opt.
D9	S3	G5	H6	Y2*	45.77	12.14	16.83	Pareto Opt.
D8	S1*	G5	H3	Y2*	100.63	26.13	11.94	Pareto Opt.
D9	S3	G5	H5	Y2*	47.78	12.65	14.53	Pareto Opt.
D9	S1*	G5	H3	Y2*	100.38	26.06	12.04	Pareto Opt.
D10	S3	G5	H5	Y2*	47.75	12.65	14.63	Pareto Opt.
D3	S1*	G5	H4	Y2*	88.70	23.37	12.72	Pareto Opt.
D3	S1*	G1*	H1*	Y2*	129.22	36.85	10.84	Pareto Opt.
D5	S1*	G1*	H3	Y2*	104.89	27.26	11.39	Pareto Opt.
D1	S1*	G5	H3	Y2*	104.27	27.04	11.40	Pareto Opt.
D7	S1*	G5	H5	Y2*	48.21	12.77	13.72	Pareto Opt.

Ek Tablo 8'in devamı

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D1	S1*	G4	H5	Y2*	49.13	13.01	13.07	Pareto Opt.
D2	S1*	G5	H3	Y2*	103.37	26.81	11.46	Pareto Opt.
D7	S3	G5	H5	Y2*	47.85	12.67	14.33	Pareto Opt.
D2	S3	G5	H5	Y2*	48.20	12.77	13.82	Pareto Opt.
D3	S1*	G1*	H5	Y2*	49.27	13.05	13.03	Pareto Opt.
D1	S1*	G1*	H6	Y2*	47.41	12.58	15.13	Pareto Opt.
D5	S3	G5	H5	Y2*	47.96	12.70	14.12	Pareto Opt.
D10	S3	G5	H6	Y2*	45.74	12.13	16.93	Pareto Opt.
D7	S1*	G5	H6	Y2*	46.21	12.26	16.02	Pareto Opt.
D3	S1*	G1*	H4	Y2*	92.08	24.28	12.43	Pareto Opt.
D8	S3	G5	H5	Y2*	47.81	12.66	14.43	Pareto Opt.
D1	S1*	G4	H6	Y2*	47.08	12.49	15.37	Pareto Opt.
D1	S1*	G5	H4	Y2*	90.18	23.74	12.58	Pareto Opt.
D7	S3	G5	H6	Y2*	45.83	12.16	16.63	Pareto Opt.
D1	S1*	G1*	H3	Y2*	107.42	27.89	11.10	Pareto Opt.
D1	S1*	G5	H5	Y2*	48.65	12.89	13.11	Pareto Opt.
D24	S4	G5	H6	Y2*	45.65	12.11	23.51	Pareto Opt.
D10	S4	G5	H6	Y2*	45.70	12.12	17.46	Pareto Opt.
D6	S3	G5	H5	Y2*	47.90	12.69	14.22	Pareto Opt.
D1	S1*	G1*	H5	Y2*	49.46	13.10	12.82	Pareto Opt.
D11	S3	G5	H6	Y2*	45.72	12.13	17.04	Pareto Opt.
D2	S1*	G1*	H1*	Y2*	130.11	37.20	10.79	Pareto Opt.
D8	S3	G5	H6	Y2*	45.80	12.15	16.73	Pareto Opt.
D7	S1*	G5	H3	Y2*	100.91	26.20	11.86	Pareto Opt.
D2	S1*	G5	H4	Y2*	89.35	23.53	12.65	Pareto Opt.
D2	S1*	G1*	H5	Y2*	49.35	13.07	12.93	Pareto Opt.
D1	S3	G5	H6	Y2*	46.22	12.26	16.02	Pareto Opt.
D3	S1*	G5	H3	Y2*	102.67	26.63	11.53	Pareto Opt.
D1	S1*	G1*	H1*	Y2*	131.25	37.64	10.74	Pareto Opt.
D3	S1*	G1*	H3	Y2*	105.88	27.51	11.23	Pareto Opt.
D2	S1*	G1*	H4	Y2*	92.69	24.43	12.36	Pareto Opt.
D1	S1*	G1*	H4	Y2*	93.50	24.64	12.29	Pareto Opt.
D6	S3	G5	H6	Y2*	45.87	12.17	16.52	Pareto Opt.
D4	S3	G5	H5	Y2*	48.02	12.72	14.02	Pareto Opt.

Ek Tablo 9. Antalya 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D11	S3	G5*	H6*	Y1*	64.23	17.04	2.26	Pareto Opt.
D5*	S1*	G5*	H6*	Y2	46.32	12.29	6.09	Pareto Opt.
D7	S3	G5*	H6*	Y1*	64.35	17.07	2.02	Pareto Opt.
D5*	S4	G5*	H6*	Y2	45.91	12.18	6.74	Pareto Opt.
D11	S3	G5*	H6*	Y2	45.75	12.13	7.84	Pareto Opt.
D5*	S1*	G5*	H6*	Y1*	64.84	17.20	0.51	Pareto Opt.
D10	S3	G5*	H6*	Y1*	64.26	17.04	2.20	Pareto Opt.
D8	S3	G5*	H6*	Y2	45.82	12.15	7.67	Pareto Opt.
D12	S3	G5*	H6*	Y1*	64.21	17.03	2.32	Pareto Opt.
D9	S3	G5*	H6*	Y1*	64.28	17.05	2.14	Pareto Opt.
D8	S3	G5*	H6*	Y1*	64.31	17.06	2.08	Pareto Opt.
D24	S4	G5*	H6*	Y1*	64.17	17.02	5.99	Pareto Opt.
D12	S3	G5*	H6*	Y2	45.73	12.13	7.90	Pareto Opt.
D10	S3	G5*	H6*	Y2	45.77	12.14	7.78	Pareto Opt.
D7	S3	G5*	H6*	Y2	45.85	12.16	7.61	Pareto Opt.
D24	S4	G5*	H6*	Y2	45.68	12.12	11.57	Pareto Opt.
D5*	S3	G5*	H6*	Y1*	64.43	17.09	0.86	Pareto Opt.
D6	S3	G5*	H6*	Y2	45.89	12.17	7.55	Pareto Opt.
D9	S3	G5*	H6*	Y2	45.79	12.15	7.73	Pareto Opt.
D5*	S4	G5*	H6*	Y1*	64.40	17.08	1.16	Pareto Opt.
D11	S4	G5*	H6*	Y1*	64.20	17.03	2.56	Pareto Opt.
D12	S4	G5*	H6*	Y1*	64.18	17.02	2.62	Pareto Opt.
D6	S3	G5*	H6*	Y1*	64.39	17.08	1.96	Pareto Opt.
D12	S4	G5*	H6*	Y2	45.69	12.12	8.21	Pareto Opt.
D11	S4	G5*	H6*	Y2	45.71	12.12	8.15	Pareto Opt.
D5*	S3	G5*	H6*	Y2	45.94	12.18	6.44	Pareto Opt.

Ek Tablo 10. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (Antalya)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48.62	28.00	16.13	9.29	5.35	3.08	1.78
D2	52.16	30.04	17.30	9.97	5.74	3.31	1.90
D3	55.70	32.08	18.48	10.64	6.13	3.53	2.03
D4	59.24	34.12	19.65	11.32	6.52	3.76	2.16
D5	62.78	36.16	20.83	12.00	6.91	3.98	2.29
D6	66.32	38.20	22.00	12.67	7.30	4.20	2.42
D7	69.86	40.24	23.18	13.35	7.69	4.43	2.55
D8	73.40	42.28	24.35	14.03	8.08	4.65	2.68
D9	76.94	44.32	25.53	14.70	8.47	4.88	2.81
D10	80.48	46.36	26.70	15.38	8.86	5.10	2.94
D11	84.02	48.39	27.87	16.06	9.25	5.33	3.07
D12	87.56	50.43	29.05	16.73	9.64	5.55	3.20
D13	249.92	143.95	82.91	47.76	27.51	15.84	9.13
D14	253.46	145.99	84.09	48.43	27.90	16.07	9.25
D15	257.00	148.03	85.26	49.11	28.29	16.29	9.38
D16	260.54	150.06	86.44	49.79	28.68	16.52	9.51
D17	264.08	152.11	87.61	50.46	29.07	16.74	9.64
D18	267.62	154.15	88.79	51.14	29.46	16.97	9.77
D19	271.16	156.18	89.96	51.82	29.84	17.19	9.90
D20	274.70	158.22	91.13	52.49	30.23	17.41	10.03
D21	278.24	160.26	92.31	53.17	30.62	17.64	10.16
D22	281.78	162.30	93.48	53.84	31.01	17.86	10.29
D23	285.32	164.34	94.66	54.52	31.40	18.09	10.42
D24	288.86	166.38	95.83	55.20	31.79	18.31	10.55
S1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S2	775.94	446.93	257.43	148.27	85.40	49.19	28.33
S3	123.83	71.33	41.08	23.66	13.63	7.85	4.52
S4	230.25	132.62	76.39	44.00	25.34	14.60	8.41
G1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
G2	50.00	28.80	16.59	9.55	5.50	3.17	1.83
G3	60.00	34.56	19.91	11.47	6.60	3.80	2.19
G4	50.00	28.80	16.59	9.55	5.50	3.17	1.83
G5	60.00	34.56	19.91	11.47	6.60	3.80	2.19
H1	100.17	57.70	33.23	19.14	11.03	6.35	3.66
H2	133.64	76.97	44.34	25.54	14.71	8.47	4.88
H3	104.36	60.11	34.62	19.94	11.49	6.62	3.81
H4	141.62	81.57	46.98	27.06	15.59	8.98	5.17
H5	165.45	95.30	54.89	31.62	18.21	10.49	6.04

Ek Tablo 10'nun devamı

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
H6	202.21	116.47	67.08	38.64	22.26	12.82	7.38
Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y2	157.93	90.97	52.40	30.18	17.38	10.01	5.77
Elektrik	0.06777743	0.03903876	0.02248573	0.01295144	0.00745983	0.00429675	0.00247486
Doğalgaz	0.17668715	0.10176910	0.05861745	0.03376275	0.01944683	0.01120108	0.00645165
Kömür	0.16923076	0.09747433	0.05614373	0.03233793	0.01862615	0.01072838	0.00617938

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020'den alınmıştır.

Ek 3. Isparta İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 11. Isparta 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D9	S1*	H6	Y1*	63.88	16.94	190.88	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y1*	63.42	16.82	196.37	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y1*	63.65	16.88	193.63	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y1*	64.85	17.20	179.92	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y1*	63.20	16.76	199.15	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2	48.26	12.80	317.01	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y1*	68.00	18.04	98.56	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y1*	65.12	17.27	126.03	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y1*	93.01	23.72	83.19	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y1*	64.35	17.07	185.40	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y1*	64.11	17.01	188.14	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2	48.04	12.74	319.79	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y1*	64.60	17.13	182.66	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2	49.94	13.24	246.67	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2	49.18	13.05	306.04	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2	48.95	12.98	308.78	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y2	52.80	14.00	219.21	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2	49.68	13.18	300.56	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2	49.43	13.11	303.30	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2	47.96	12.72	493.61	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2	48.49	12.86	314.27	Pareto Opt.

Ek Tablo 12. Isparta 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D12	S1*	H4*	Y2	67.95	17.33	137.46	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y2	68.65	17.50	136.08	Pareto Opt.
D24	S1*	H4*	Y2	67.69	17.27	237.49	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y2	69.44	17.69	134.80	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4*	Y1*	91.81	23.44	29.96	Mevcut
D6	S1*	H4*	Y1*	88.77	22.72	60.89	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y2	70.30	17.90	133.57	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y1*	83.88	21.54	66.59	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4*	Y2	76.57	19.40	99.45	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y1*	83.19	21.37	67.97	Pareto Opt.
D5	S1*	H4*	Y1*	90.17	23.05	60.06	Pareto Opt.
D5	S1*	H4*	Y2	74.93	19.01	129.55	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y1*	85.53	21.94	64.08	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y2	72.34	18.39	131.35	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y2	73.54	18.68	130.38	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y1*	84.67	21.73	65.31	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y2	71.26	18.13	132.42	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y1*	87.58	22.43	61.87	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y1*	86.50	22.17	62.93	Pareto Opt.

Ek Tablo 13. Isparta 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D4*	S1*	H5	Y2*	52.15	13.83	32.67	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	48.98	12.99	60.58	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	47.53	12.61	123.72	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	48.06	12.75	64.22	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	48.74	12.93	61.50	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	47.62	12.63	66.06	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2*	49.49	13.13	41.80	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	47.84	12.69	65.13	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2*	49.23	13.06	59.68	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	48.28	12.81	63.32	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y2*	74.38	18.88	26.15	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	48.51	12.87	62.40	Pareto Opt.

Ek Tablo 14. Isparta 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S1*	H4*	Y2	66.04	16.89	43.90	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y2	69.82	17.80	42.35	Pareto Opt.
D5	S1*	H4*	Y1*	86.48	22.19	19.00	Pareto Opt.
D5	S1*	H4*	Y2	71.10	18.11	42.05	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y2	66.84	17.09	43.48	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y1*	81.41	20.97	20.85	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y1*	80.03	20.63	21.75	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y1*	82.22	21.16	20.42	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y1*	84.08	21.61	19.65	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y2	68.71	17.53	42.70	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y1*	83.10	21.38	20.03	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y2	64.66	16.56	44.81	Pareto Opt.
D24	S1*	H4*	Y2	64.41	16.50	78.00	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4*	Y1*	87.98	22.54	8.98	Mevcut
D6	S1*	H4*	Y1*	85.20	21.88	19.30	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4*	Y2	72.61	18.46	32.03	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y1*	80.67	20.79	21.29	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y2	65.30	16.71	44.34	Pareto Opt.

Ek Tablo 15. Isparta 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D7	S1*	H6	Y2*	48.51	12.87	20.40	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	47.82	12.68	21.30	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	47.60	12.63	21.61	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2*	48.99	13.00	19.79	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	47.38	12.57	21.91	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y2*	72.58	18.46	8.43	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	48.27	12.80	20.70	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	48.05	12.74	21.00	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y2*	51.79	13.74	10.83	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2*	49.25	13.06	13.86	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	48.75	12.93	20.10	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	47.30	12.55	41.04	Pareto Opt.

Ek Tablo 16. Isparta 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D12	S1*	H6*	Y2	48.07	12.75	25.68	Pareto Opt.
D6	S1*	H6*	Y1*	64.07	16.99	17.50	Pareto Opt.
D5	S1*	H6*	Y1*	64.26	17.05	17.36	Pareto Opt.
D9	S1*	H6*	Y2	48.59	12.89	25.25	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y1*	63.88	16.94	17.65	Pareto Opt.
D8	S1*	H6*	Y2	48.77	12.94	25.11	Pareto Opt.
D12	S1*	H6*	Y1*	62.98	16.71	18.36	Pareto Opt.
D8	S1*	H6*	Y1*	63.69	16.89	17.79	Pareto Opt.
D1	S1*	H6*	Y2	50.23	13.32	24.11	Pareto Opt.
D9	S1*	H6*	Y1*	63.51	16.85	17.94	Pareto Opt.
D2	S1*	H6*	Y1*	64.92	17.22	16.94	Pareto Opt.
D10	S1*	H6*	Y2	48.41	12.84	25.39	Pareto Opt.
D10	S1*	H6*	Y1*	63.33	16.80	18.08	Pareto Opt.
D1	S1*	H6*	Y1*	65.18	17.29	16.79	Pareto Opt.
D2	S1*	H6*	Y2	49.98	13.26	24.26	Pareto Opt.
D3	S1*	H6*	Y2	49.75	13.20	24.40	Pareto Opt.
D5	S1*	H6*	Y2	49.33	13.09	24.68	Pareto Opt.
D4	S1*	H6*	Y2	49.54	13.14	24.54	Pareto Opt.
D24	S1*	H6*	Y2	48.00	12.73	33.94	Pareto Opt.
D6	S1*	H6*	Y2	49.14	13.03	24.82	Pareto Opt.
D4	S1*	H6*	Y1*	64.47	17.10	17.22	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y1*	63.16	16.75	18.22	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y2	48.24	12.79	25.54	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y2	48.95	12.98	24.97	Pareto Opt.
D3	S1*	H6*	Y1*	64.69	17.16	17.08	Pareto Opt.

Ek Tablo 17. Isparta 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D12*	S1*	H4	Y2*	62.70	16.12	16.24	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	48.00	12.73	25.23	Pareto Opt.
D12*	S1*	H6	Y2*	48.06	12.75	18.41	Pareto Opt.
D12*	S1*	H5	Y2*	49.97	13.25	17.42	Pareto Opt.

Ek Tablo 18. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (Isparta)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48.62	28.00	16.13	9.29	5.35	3.08	1.78
D2	52.16	30.04	17.30	9.97	5.74	3.31	1.90
D3	55.70	32.08	18.48	10.64	6.13	3.53	2.03
D4	59.24	34.12	19.65	11.32	6.52	3.76	2.16
D5	62.78	36.16	20.83	12.00	6.91	3.98	2.29
D6	66.32	38.20	22.00	12.67	7.30	4.20	2.42
D7	69.86	40.24	23.18	13.35	7.69	4.43	2.55
D8	73.40	42.28	24.35	14.03	8.08	4.65	2.68
D9	76.94	44.32	25.53	14.70	8.47	4.88	2.81
D10	80.48	46.36	26.70	15.38	8.86	5.10	2.94
D11	84.02	48.39	27.87	16.06	9.25	5.33	3.07
D12	87.56	50.43	29.05	16.73	9.64	5.55	3.20
D13	249.92	143.95	82.91	47.76	27.51	15.84	9.13
D14	253.46	145.99	84.09	48.43	27.90	16.07	9.25
D15	257.00	148.03	85.26	49.11	28.29	16.29	9.38
D16	260.54	150.06	86.44	49.79	28.68	16.52	9.51
D17	264.08	152.11	87.61	50.46	29.07	16.74	9.64
D18	267.62	154.15	88.79	51.14	29.46	16.97	9.77
D19	271.16	156.18	89.96	51.82	29.84	17.19	9.90
D20	274.70	158.22	91.13	52.49	30.23	17.41	10.03
D21	278.24	160.26	92.31	53.17	30.62	17.64	10.16
D22	281.78	162.30	93.48	53.84	31.01	17.86	10.29
D23	285.32	164.34	94.66	54.52	31.40	18.09	10.42
D24	288.86	166.38	95.83	55.20	31.79	18.31	10.55
S1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S2	775.94	446.93	257.42	148.27	85.40	49.19	28.33
H1	28.03	16.15	9.30	5.36	3.09	1.78	1.02
H2	56.88	32.76	18.87	10.87	6.26	3.61	2.08
H3	26.47	15.25	8.78	5.06	2.91	1.68	0.97
H4	29.60	17.05	9.82	5.66	3.26	1.88	1.08
H5	83.96	48.36	27.86	16.04	9.24	5.32	3.07
H6	112.04	64.54	37.17	21.41	12.33	7.10	4.09
Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y2	387.74	223.33	128.64	74.09	42.68	24.58	14.16
Kömür	0.169231	0.097474	0.056144	0.032338	0.018626	0.010728	0.006179
Doğalgaz	0.176687	0.101769	0.058617	0.033763	0.019447	0.011201	0.006452
Elektrik	0.067777	0.039039	0.022486	0.012951	0.00746	0.004297	0.002475

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020'den alınmıştır.

Ek 4. Malatya İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 19. Malatya 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D7*	S1*	H1*	Y1*	161.30	52.20	83.68	Mevcut
D24	S1*	H6	Y2	78.40	20.79	442.79	Pareto Opt.
D7*	S1*	H4	Y1*	112.22	28.70	120.25	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2	78.56	20.84	325.37	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y1*	93.19	24.72	197.56	Pareto Opt.
D7*	S1*	H6	Y1*	94.14	24.97	153.43	Pareto Opt.
D7*	S1*	H3	Y1*	119.80	30.47	101.40	Pareto Opt.
D7*	S1*	H6	Y2	80.70	21.40	276.21	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y1*	92.77	24.61	199.23	Pareto Opt.
D7*	S1*	H5	Y1*	99.32	26.34	125.97	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2	79.33	21.04	322.01	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y1*	91.99	24.40	202.59	Pareto Opt.
D7*	S1*	H5	Y2	85.93	22.79	248.75	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2	78.94	20.94	323.69	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2	79.75	21.15	320.34	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y1*	93.65	24.84	195.90	Pareto Opt.

Ek Tablo 20. Malatya 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S1*	H3*	Y1*	116.53	29.69	66.35	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y1*	115.28	29.39	68.01	Pareto Opt.
D12	S2	H3*	Y2	101.70	25.80	185.23	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y1*	117.26	29.87	65.59	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y2	102.08	25.88	138.73	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y1*	118.04	30.05	64.88	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y2	104.05	26.36	136.31	Pareto Opt.
D7*	S1*	H3*	Y1*	118.92	30.27	40.74	Mevcut
D11	S1*	H3*	Y1*	115.89	29.53	67.17	Pareto Opt.
D10	S1*	H3*	Y2	103.33	26.19	137.07	Pareto Opt.
D24	S2	H3*	Y2	101.42	25.73	252.81	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y2	104.83	26.55	135.60	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y2	102.69	26.03	137.89	Pareto Opt.
D7*	S1*	H3*	Y2	105.71	26.76	111.46	Pareto Opt.

Ek Tablo 21. Malatya 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D7*	S1*	H5	Y2*	84.32	22.36	41.68	Pareto Opt.
D7*	S1*	H6	Y2*	79.51	21.09	50.82	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	78.16	20.73	66.02	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	77.77	20.63	66.57	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	79.02	20.96	64.91	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	78.58	20.84	65.46	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	77.40	20.53	67.13	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	77.22	20.48	94.07	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2*	77.06	20.44	133.03	Pareto Opt.
D7*	S1*	H4	Y2*	95.95	24.48	38.60	Pareto Opt.
D7*	S1*	H3	Y2*	103.55	26.25	32.34	Pareto Opt.

Ek Tablo 22. Malatya 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D12	S1*	H3*	Y2	99.72	25.33	45.46	Pareto Opt.
D24	S1*	H3*	Y2	99.47	25.27	67.88	Pareto Opt.
D24	S2	H3*	Y2	99.22	25.21	83.34	Pareto Opt.
D7*	S1*	H3*	Y1*	116.50	29.70	12.91	Mevcut
D7*	S1*	H3*	Y2	103.19	26.17	36.37	Pareto Opt.
D10	S1*	H3*	Y2	100.95	25.63	44.90	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y1*	113.03	28.86	22.00	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y1*	115.67	29.50	20.93	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y1*	114.94	29.32	21.18	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y2	100.32	25.47	45.18	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y2	101.63	25.79	44.64	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y2	102.36	25.97	44.39	Pareto Opt.
D10	S1*	H3*	Y1*	114.26	29.16	21.44	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y1*	113.63	29.00	21.71	Pareto Opt.
D12	S2	H3*	Y2	99.47	25.27	60.92	Pareto Opt.

Ek Tablo 23. Malatya 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D8	S1*	H6	Y2*	77.80	20.63	21.51	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	76.21	20.21	22.24	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	78.78	20.89	21.14	Pareto Opt.
D1	S1*	H5	Y2*	88.33	23.43	17.21	Pareto Opt.
D11	S1*	H3	Y2*	98.79	25.12	15.51	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	76.95	20.41	21.87	Pareto Opt.
D6	S1*	H4	Y2*	94.59	24.16	16.88	Pareto Opt.
D3	S1*	H4	Y2*	98.35	25.06	16.72	Pareto Opt.
D5	S1*	H4	Y2*	95.66	24.42	16.80	Pareto Opt.
D7	S1*	H3	Y2*	101.61	25.80	14.95	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2*	79.35	21.05	20.96	Pareto Opt.
D4	S1*	H3	Y2*	104.73	26.55	14.68	Pareto Opt.
D5	S1*	H3	Y2*	103.55	26.26	14.75	Pareto Opt.
D7	S1*	H4	Y2*	93.65	23.94	16.98	Pareto Opt.
D2	S1*	H5	Y2*	87.04	23.09	17.38	Pareto Opt.
D4	S1*	H6	Y2*	80.00	21.22	20.78	Pareto Opt.
D8	S1*	H4	Y2*	92.85	23.74	17.09	Pareto Opt.
D6	S1*	H3	Y2*	102.53	26.02	14.84	Pareto Opt.
D6	S1*	H5	Y2*	83.75	22.21	18.11	Pareto Opt.
D9	S1*	H5	Y2*	82.15	21.79	18.67	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	78.26	20.76	21.32	Pareto Opt.
D5	S1*	H5	Y2*	84.41	22.39	17.92	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	76.05	20.17	35.17	Pareto Opt.
D2	S1*	H6	Y2*	81.62	21.65	20.44	Pareto Opt.
D4	S1*	H4	Y2*	96.89	24.71	16.74	Pareto Opt.
D3	S1*	H3	Y2*	106.12	26.88	14.64	Pareto Opt.
D7	S1*	H5	Y2*	83.16	22.06	18.29	Pareto Opt.
D3	S1*	H6	Y2*	80.74	21.42	20.61	Pareto Opt.
D4	S1*	H5	Y2*	85.16	22.59	17.74	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	77.36	20.52	21.69	Pareto Opt.
D9	S1*	H3	Y2*	100.07	25.43	15.21	Pareto Opt.
D3	S1*	H5	Y2*	86.02	22.82	17.56	Pareto Opt.
D8	S1*	H5	Y2*	82.64	21.92	18.48	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	76.57	20.31	22.06	Pareto Opt.
D8	S1*	H3	Y2*	100.81	25.60	15.08	Pareto Opt.
D10	S1*	H5	Y2*	81.70	21.67	18.86	Pareto Opt.

Ek Tablo 24. Malatya 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S1*	H5*	Y2	81.59	21.64	12.06	Pareto Opt.
D12	S1*	H5*	Y1*	94.29	25.01	4.53	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y1*	94.68	25.11	4.40	Pareto Opt.
D7*	S1*	H5*	Y2	83.01	22.02	9.10	Pareto Opt.
D10	S1*	H5*	Y1*	95.10	25.22	4.28	Pareto Opt.
D12	S1*	H5*	Y2	80.78	21.43	12.31	Pareto Opt.
D8	S1*	H5*	Y2	82.50	21.88	11.81	Pareto Opt.
D24	S1*	H5*	Y2	80.61	21.38	19.76	Pareto Opt.
D7*	S1*	H5*	Y1*	96.54	25.61	1.31	Mevcut
D8	S1*	H5*	Y1*	96.02	25.47	4.03	Pareto Opt.
D9	S1*	H5*	Y1*	95.54	25.34	4.15	Pareto Opt.
D9	S1*	H5*	Y2	82.03	21.76	11.93	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y2	81.17	21.53	12.18	Pareto Opt.
D24	S2	H5*	Y2	80.50	21.35	24.91	Pareto Opt.
D12	S2	H5*	Y2	80.67	21.40	17.46	Pareto Opt.

Ek Tablo 25. Malatya 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D24	S2	H6	Y2*	76.22	20.22	14.64	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	77.70	20.61	7.20	Pareto Opt.
D7*	S1*	H3	Y2*	102.29	25.96	3.50	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	77.31	20.50	7.26	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	76.38	20.26	10.35	Pareto Opt.
D7*	S1*	H4	Y2*	94.33	24.10	4.18	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	76.93	20.40	7.32	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	78.13	20.72	7.14	Pareto Opt.
D7*	S1*	H6	Y2*	78.59	20.85	5.59	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	76.57	20.31	7.38	Pareto Opt.
D7*	S1*	H5	Y2*	83.48	22.14	4.58	Pareto Opt.

Ek Tablo 26. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (Malatya)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48.62	28.00	16.13	9.29	5.35	3.08	1.78
D2	52.16	30.04	17.30	9.97	5.74	3.31	1.90
D3	55.70	32.08	18.48	10.64	6.13	3.53	2.03
D4	59.24	34.12	19.65	11.32	6.52	3.76	2.16
D5	62.78	36.16	20.83	12.00	6.91	3.98	2.29
D6	66.32	38.20	22.00	12.67	7.30	4.20	2.42
D7	69.86	40.24	23.18	13.35	7.69	4.43	2.55
D8	73.40	42.27	24.35	14.03	8.08	4.65	2.68
D9	76.94	44.31	25.52	14.70	8.47	4.88	2.81
D10	80.48	46.35	26.70	15.38	8.86	5.10	2.94
D11	84.02	48.39	27.87	16.05	9.25	5.33	3.07
D12	87.56	50.43	29.05	16.73	9.64	5.55	3.20
D13	249.92	143.95	82.91	47.76	27.51	15.84	9.13
D14	253.46	145.99	84.09	48.43	27.90	16.07	9.25
D15	257.00	148.03	85.26	49.11	28.29	16.29	9.38
D16	260.54	150.06	86.44	49.79	28.68	16.52	9.51
D17	264.08	152.10	87.61	50.46	29.07	16.74	9.64
D18	267.62	154.14	88.78	51.14	29.45	16.97	9.77
D19	271.16	156.18	89.96	51.81	29.84	17.19	9.90
D20	274.70	158.22	91.13	52.49	30.23	17.41	10.03
D21	278.24	160.26	92.31	53.17	30.62	17.64	10.16
D22	281.78	162.30	93.48	53.84	31.01	17.86	10.29
D23	285.32	164.34	94.66	54.52	31.40	18.09	10.42
D24	288.86	166.38	95.83	55.20	31.79	18.31	10.55
S1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S2	775.94	446.93	257.43	148.27	85.40	49.19	28.33
H1	25.27	14.56	8.39	4.83	2.78	1.60	0.92
H2	51.29	29.54	17.02	9.80	5.65	3.25	1.87
H3	29.51	17.00	9.79	5.64	3.25	1.87	1.08
H4	58.47	33.68	19.40	11.17	6.44	3.71	2.14
H5	104.64	60.27	34.72	20.00	11.52	6.63	3.82
H6	133.22	76.73	44.20	25.46	14.66	8.45	4.86
Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y2	122.78	70.72	40.73	23.46	13.51	7.78	4.48
Elektrik	0.06777743	0.03903876	0.02248573	0.01295144	0.00745983	0.00429675	0.00247486
Doğalgaz	0.17668715	0.10176910	0.05861745	0.03376275	0.01944683	0.01120108	0.00645165
Kömür	0.16923076	0.09747433	0.05614373	0.03233793	0.01862615	0.01072838	0.00617938

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020'den alınmıştır.

Ek 5. Ardahan İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 27. Ardahan 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D24	S2	H6	Y2	93.64	24.84	527.13	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2	94.00	24.93	445.98	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y1*	106.88	28.35	205.78	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y1*	109.38	29.01	199.28	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y1*	108.04	28.66	202.51	Pareto Opt.
D7*	S1*	H6	Y1*	110.16	29.22	156.87	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2	95.38	25.30	325.29	Pareto Opt.
D7*	S1*	H3	Y1*	151.48	37.89	143.17	Pareto Opt.
D7*	S1*	H6	Y2	97.50	25.86	279.65	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y1*	107.44	28.50	204.14	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2	94.24	24.99	328.56	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y1*	108.68	28.83	200.89	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2	96.72	25.65	322.06	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2	96.02	25.47	323.67	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2	94.79	25.14	326.92	Pareto Opt.
D7*	S1*	H1*	Y1*	212.62	76.15	148.54	Mevcut

Ek Tablo 28. Ardahan 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D12	S2	H3*	Y2	129.40	32.31	205.57	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y1*	146.83	36.79	86.75	Pareto Opt.
D7*	S1*	H3*	Y1*	148.26	37.13	63.02	Mevcut
D12	S1*	H3*	Y2	130.07	32.47	159.30	Pareto Opt.
D7*	S1*	H3*	Y2	135.96	33.87	133.74	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y2	131.03	32.69	158.72	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y2	133.24	33.22	157.79	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y1*	143.32	35.96	88.00	Pareto Opt.
D10	S1*	H3*	Y2	132.09	32.95	158.22	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y2	134.53	33.53	157.47	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y1*	145.54	36.48	87.07	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y1*	142.36	35.73	88.58	Pareto Opt.
D10	S1*	H3*	Y1*	144.38	36.21	87.50	Pareto Opt.
D24	S2	H3*	Y2	128.97	32.21	273.03	Pareto Opt.

Ek Tablo 29. Ardahan 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D7*	S1*	H5	Y2*	103.47	27.44	42.99	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	94.24	25.00	66.53	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	94.91	25.17	65.99	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	93.62	24.83	67.07	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	93.04	24.68	67.61	Pareto Opt.
D7*	S1*	H6	Y2*	95.66	25.37	51.92	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	92.51	24.54	68.16	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	92.13	24.44	95.08	Pareto Opt.
D7*	S1*	H3	Y2*	135.46	33.75	45.91	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	92.28	24.48	107.11	Pareto Opt.

Ek Tablo 30. Ardahan 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D10	S1*	H3*	Y2	130.88	32.66	52.23	Pareto Opt.
D10	S1*	H3*	Y1*	143.35	35.97	28.77	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y1*	145.74	36.54	28.51	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y2	129.84	32.41	52.40	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y2	128.89	32.18	52.59	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y1*	142.30	35.72	28.94	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y1*	141.35	35.49	29.13	Pareto Opt.
D7*	S1*	H3*	Y2	134.67	33.56	44.09	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y2	133.27	33.23	51.97	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y1*	144.48	36.24	28.62	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y2	132.01	32.93	52.08	Pareto Opt.
D24	S2	H3*	Y2	127.77	31.92	90.32	Pareto Opt.
D12	S2	H3*	Y2	128.18	32.02	67.94	Pareto Opt.
D7*	S1*	H3*	Y1*	147.14	36.87	20.63	Mevcut

Ek Tablo 31. Ardahan 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D9	S1*	H6	Y2*	92.52	24.54	22.03	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	91.36	24.23	22.39	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	90.45	23.99	31.51	Pareto Opt.
D7*	S1*	H6	Y2*	93.88	24.90	17.18	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	93.17	24.71	21.85	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2*	90.23	23.93	44.43	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	90.84	24.09	22.57	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	91.91	24.38	22.21	Pareto Opt.
D7*	S1*	H5	Y2*	101.12	26.82	14.21	Pareto Opt.
D7*	S1*	H3	Y2*	131.31	32.78	14.00	Pareto Opt.

Ek Tablo 32. Ardahan 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S1*	H5*	Y2	98.37	26.09	12.28	Pareto Opt.
D4	S1*	H5*	Y1*	117.02	31.04	3.79	Pareto Opt.
D3	S1*	H5*	Y2	105.67	28.03	11.46	Pareto Opt.
D5	S1*	H5*	Y1*	115.71	30.69	3.90	Pareto Opt.
D9	S1*	H5*	Y2	99.08	26.28	12.16	Pareto Opt.
D10	S1*	H5*	Y1*	111.22	29.50	4.49	Pareto Opt.
D6	S1*	H5*	Y2	101.72	26.98	11.80	Pareto Opt.
D3	S1*	H5*	Y1*	118.56	31.45	3.68	Pareto Opt.
D9	S1*	H5*	Y1*	111.94	29.69	4.37	Pareto Opt.
D7	S1*	H5*	Y1*	113.60	30.13	4.13	Pareto Opt.
D7	S1*	H5*	Y2	100.74	26.72	11.92	Pareto Opt.
D12	S2	H5*	Y2	96.76	25.66	17.67	Pareto Opt.
D6	S1*	H5*	Y1*	114.59	30.40	4.02	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y1*	110.55	29.32	4.62	Pareto Opt.
D8	S1*	H5*	Y1*	112.73	29.90	4.25	Pareto Opt.
D1	S1*	H5*	Y1*	122.81	32.58	3.47	Pareto Opt.
D12	S1*	H5*	Y1*	109.93	29.16	4.74	Pareto Opt.
D2	S1*	H5*	Y2	107.53	28.52	11.35	Pareto Opt.
D4	S1*	H5*	Y2	104.13	27.62	11.57	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y2	97.70	25.91	12.40	Pareto Opt.
D5	S1*	H5*	Y2	102.83	27.27	11.68	Pareto Opt.
D2	S1*	H5*	Y1*	120.44	31.95	3.57	Pareto Opt.
D8	S1*	H5*	Y2	99.86	26.49	12.04	Pareto Opt.
D12	S2	H5*	Y1*	109.59	29.07	9.88	Pareto Opt.
D12	S1*	H5*	Y2	97.08	25.75	12.52	Pareto Opt.
D24	S2	H5*	Y2	96.50	25.59	25.12	Pareto Opt.

Ek Tablo 33. Ardahan 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D12	S2	H6	Y2*	89.35	23.70	10.44	Pareto Opt.
D7*	S1*	H5	Y2*	99.89	26.50	4.70	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	91.90	24.38	7.24	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	90.69	24.05	7.36	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	91.27	24.21	7.30	Pareto Opt.
D7*	S1*	H6	Y2*	92.60	24.56	5.69	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	90.15	23.91	7.42	Pareto Opt.

Ek Tablo 34. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (Ardahan)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48.62	28.00	16.13	9.29	5.35	3.08	1.78
D2	52.16	30.04	17.30	9.97	5.74	3.31	1.90
D3	55.70	32.08	18.48	10.64	6.13	3.53	2.03
D4	59.24	34.12	19.65	11.32	6.52	3.76	2.16
D5	62.78	36.16	20.83	12.00	6.91	3.98	2.29
D6	66.32	38.20	22.00	12.67	7.30	4.20	2.42
D7	69.86	40.24	23.18	13.35	7.69	4.43	2.55
D8	73.40	42.27	24.35	14.03	8.08	4.65	2.68
D9	76.94	44.31	25.52	14.70	8.47	4.88	2.81
D10	80.48	46.35	26.70	15.38	8.86	5.10	2.94
D11	84.02	48.39	27.87	16.05	9.25	5.33	3.07
D12	87.56	50.43	29.05	16.73	9.64	5.55	3.20
D13	249.92	143.95	82.91	47.76	27.51	15.84	9.13
D14	253.46	145.99	84.09	48.43	27.90	16.07	9.25
D15	257.00	148.03	85.26	49.11	28.29	16.29	9.38
D16	260.54	150.06	86.44	49.79	28.68	16.52	9.51
D17	264.08	152.10	87.61	50.46	29.07	16.74	9.64
D18	267.62	154.14	88.78	51.14	29.45	16.97	9.77
D19	271.16	156.18	89.96	51.81	29.84	17.19	9.90
D20	274.70	158.22	91.13	52.49	30.23	17.41	10.03
D21	278.24	160.26	92.31	53.17	30.62	17.64	10.16
D22	281.78	162.30	93.48	53.84	31.01	17.86	10.29
D23	285.32	164.34	94.66	54.52	31.40	18.09	10.42
D24	288.86	166.38	95.83	55.20	31.79	18.31	10.55
S1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S2	775.94	446.93	257.43	148.27	85.40	49.19	28.33
H1	28.03	16.15	9.30	5.36	3.09	1.78	1.02
H2	56.88	32.76	18.87	10.87	6.26	3.61	2.08
H3	32.73	18.85	10.86	6.25	3.60	2.07	1.19
H4	64.84	37.35	21.51	12.39	7.14	4.11	2.37
H5	116.05	66.84	38.50	22.18	12.77	7.36	4.24
H6	147.75	85.10	49.02	28.23	16.26	9.37	5.39
Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y2	136.17	78.43	45.17	26.02	14.99	8.63	4.97
Elektrik	0.06777743	0.03903876	0.02248573	0.01295144	0.00745983	0.00429675	0.00247486
Doğalgaz	0.17668715	0.10176910	0.05861745	0.03376275	0.01944683	0.01120108	0.00645165
Kömür	0.16923076	0.09747433	0.05614373	0.03233793	0.01862615	0.01072838	0.00617938

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020'den alınmıştır.

Ek 6. İzmir İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 35. İzmir 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D8	S1*	G1*	H1*	Y1*	162.50	45.36	89.03	Pareto Opt.
D2*	S1*	G3	H4	Y1*	128.56	33.58	163.53	Pareto Opt.
D7	S1*	G5	H6	Y2	91.75	24.33	361.76	Pareto Opt.
D5	S1*	G5	H6	Y2	92.62	24.56	358.66	Pareto Opt.
D2*	S4	G5	H6	Y2	93.27	24.73	347.57	Pareto Opt.
D24	S4	G5	H6	Y2	88.57	23.48	509.19	Pareto Opt.
D12	S1*	G1*	H1*	Y1*	159.99	44.45	95.41	Pareto Opt.
D10	S1*	G5	H6	Y1*	105.67	28.03	246.51	Pareto Opt.
D6	S1*	G5	H1*	Y1*	160.50	45.46	94.02	Pareto Opt.
D12	S3	G5	H6	Y2	89.16	23.64	382.24	Pareto Opt.
D2*	S1*	G1*	H1*	Y1*	168.72	47.80	52.12	Mevcut
D9	S1*	G1*	H1*	Y1*	161.79	45.10	90.54	Pareto Opt.
D5	S1*	G5	H6	Y1*	107.63	28.55	238.71	Pareto Opt.
D2*	S1*	G2	H4	Y1*	129.04	33.75	161.24	Pareto Opt.
D12	S3	G1*	H1*	Y1*	158.16	44.48	110.51	Pareto Opt.
D2*	S3	G5	H6	Y1*	108.67	28.82	216.69	Pareto Opt.
D10	S1*	G4	H1*	Y1*	158.60	44.45	98.10	Pareto Opt.
D10	S1*	G5	H6	Y2	90.68	24.04	366.47	Pareto Opt.
D11	S2	G5	H6	Y2	88.84	23.56	448.00	Pareto Opt.
D2*	S4	G5	H6	Y1*	108.28	28.72	227.62	Pareto Opt.
D2*	S1*	G5	H6	Y1*	109.40	29.02	204.04	Pareto Opt.
D2*	S1*	G2	H5	Y2	101.29	26.86	296.20	Pareto Opt.
D7	S1*	G5	H6	Y1*	106.76	28.32	241.81	Pareto Opt.
D2*	S1*	G4	H1*	Y1*	166.39	47.46	58.21	Pareto Opt.
D10	S3	G4	H1*	Y1*	157.42	44.61	113.12	Pareto Opt.
D10	S1*	G1*	H1*	Y1*	161.16	44.87	92.13	Pareto Opt.
D2*	S1*	G4	H5	Y1*	115.22	30.56	176.01	Pareto Opt.
D2*	S1*	G1*	H5	Y1*	116.63	30.94	171.13	Pareto Opt.
D10	S3	G5	H6	Y1*	104.78	27.79	259.13	Pareto Opt.
D2*	S1*	G1*	H6	Y2	96.56	25.60	318.27	Pareto Opt.
D8	S1*	G5	H6	Y2	91.36	24.23	363.32	Pareto Opt.
D11	S3	G5	H6	Y2	89.47	23.72	380.66	Pareto Opt.
D2*	S1*	G5	H6	Y2	94.37	25.02	323.99	Pareto Opt.
D11	S1*	G5	H6	Y2	90.34	23.96	368.04	Pareto Opt.
D10	S3	G5	H1*	Y1*	156.58	44.54	114.78	Pareto Opt.

Ek Tablo 35'in devamı

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D2*	S1*	G5	H5	Y1*	114.44	30.35	176.87	Pareto Opt.
D2*	S1*	G5	H5	Y2	99.43	26.37	296.83	Pareto Opt.
D10	S3	G5	H6	Y2	89.81	23.81	379.09	Pareto Opt.
D6	S1*	G5	H6	Y2	92.16	24.44	360.20	Pareto Opt.
D11	S3	G5	H6	Y1*	104.44	27.70	260.71	Pareto Opt.
D11	S1*	G5	H6	Y1*	105.34	27.94	248.09	Pareto Opt.
D2*	S4	G5	H1*	Y1*	163.69	47.25	85.14	Pareto Opt.
D2*	S1*	G5	H1*	Y1*	165.36	47.38	60.06	Pareto Opt.
D6	S1*	G5	H6	Y1*	107.17	28.43	240.25	Pareto Opt.
D2*	S3	G5	H1*	Y1*	164.72	47.66	75.07	Pareto Opt.
D2*	S3	G5	H6	Y2	93.65	24.83	336.65	Pareto Opt.
D11	S4	G5	H6	Y2	89.06	23.61	391.58	Pareto Opt.
D2*	S1*	G4	H6	Y2	95.14	25.23	323.12	Pareto Opt.
D2*	S1*	G5	H3	Y1*	134.48	34.95	143.37	Pareto Opt.
D12	S3	G5	H1*	Y1*	155.32	44.09	118.00	Pareto Opt.
D2*	S1*	G1*	H6	Y1*	111.65	29.62	198.31	Pareto Opt.
D12	S3	G4	H1*	Y1*	156.18	44.17	116.37	Pareto Opt.
D10	S4	G5	H6	Y1*	104.37	27.68	270.06	Pareto Opt.
D2*	S3	G4	H3	Y1*	134.02	34.80	155.99	Pareto Opt.
D12	S4	G5	H6	Y1*	103.67	27.50	273.20	Pareto Opt.
D11	S4	G5	H6	Y1*	104.02	27.59	271.63	Pareto Opt.
D11	S3	G5	H1*	Y1*	155.94	44.31	116.38	Pareto Opt.

Ek Tablo 36. İzmir 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S4	G2*	H4*	Y1*	121.26	31.79	63.05	Pareto Opt.
D8	S1*	G2*	H4*	Y1*	125.76	32.99	47.38	Pareto Opt.
D11	S4	G2*	H4*	Y2	106.22	27.81	133.13	Pareto Opt.
D9	S1*	G2*	H4*	Y1*	125.23	32.86	48.34	Pareto Opt.
D2*	S3	G2*	H4*	Y1*	128.32	33.55	33.19	Pareto Opt.
D10	S3	G2*	H4*	Y1*	122.27	32.05	57.15	Pareto Opt.
D9	S3	G2*	H4*	Y2	108.23	28.31	125.27	Pareto Opt.
D8	S1*	G2*	H4*	Y2	111.20	29.13	116.47	Pareto Opt.
D7	S1*	G2*	H4*	Y1*	126.33	33.14	46.45	Pareto Opt.
D2*	S3	G2*	H4*	Y2	113.76	29.69	102.28	Pareto Opt.
D10	S4	G2*	H4*	Y2	106.70	27.93	132.14	Pareto Opt.
D2*	S4	G2*	H4*	Y2	112.82	29.45	108.20	Pareto Opt.
D11	S1*	G2*	H4*	Y2	109.67	28.75	119.37	Pareto Opt.
D8	S3	G2*	H4*	Y1*	123.36	32.32	55.25	Pareto Opt.
D9	S3	G2*	H4*	Y1*	122.79	32.17	56.18	Pareto Opt.
D11	S1*	G2*	H4*	Y1*	124.24	32.61	50.28	Pareto Opt.
D11	S3	G2*	H4*	Y1*	121.78	31.92	58.13	Pareto Opt.
D10	S3	G2*	H4*	Y2	107.71	28.18	126.24	Pareto Opt.
D7	S1*	G2*	H4*	Y2	111.76	29.27	115.54	Pareto Opt.
D10	S1*	G2*	H4*	Y2	110.11	28.86	118.36	Pareto Opt.
D11	S4	G2*	H4*	Y1*	120.77	31.67	64.04	Pareto Opt.
D2*	S1*	G2*	H4*	Y2	115.93	30.30	94.37	Pareto Opt.
D2*	S4	G2*	H4*	Y1*	127.38	33.31	39.11	Pareto Opt.
D11	S3	G2*	H4*	Y2	107.23	28.06	127.22	Pareto Opt.
D2*	S1*	G2*	H4*	Y1*	130.49	34.16	25.27	Mevcut
D10	S1*	G2*	H4*	Y1*	124.68	32.72	49.27	Pareto Opt.
D6	S1*	G2*	H4*	Y2	112.40	29.43	114.65	Pareto Opt.
D8	S3	G2*	H4*	Y2	108.80	28.46	124.34	Pareto Opt.
D12	S2	G2*	H4*	Y2	105.33	27.61	166.07	Pareto Opt.
D9	S1*	G2*	H4*	Y2	110.67	29.00	117.43	Pareto Opt.
D6	S1*	G2*	H4*	Y1*	126.96	33.29	45.56	Pareto Opt.
D12	S3	G2*	H4*	Y2	106.78	27.95	128.23	Pareto Opt.
D12	S1*	G2*	H4*	Y1*	123.80	32.50	51.29	Pareto Opt.
D24	S2	G2*	H4*	Y2	105.15	27.56	232.95	Pareto Opt.
D12	S4	G2*	H4*	Y1*	120.29	31.55	65.03	Pareto Opt.
D12	S3	G2*	H4*	Y1*	121.33	31.81	59.14	Pareto Opt.

Ek Tablo 36'nın devamı

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D12	S1*	G2*	H4*	Y2	109.24	28.64	120.38	Pareto Opt.
D12	S4	G2*	H4*	Y2	105.73	27.69	134.12	Pareto Opt.

Ek Tablo 37. İzmir 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D2*	S4	G2*	H5	Y2*	100.41	26.63	64.59	Pareto Opt.
D7	S1*	G2*	H6	Y2*	94.02	24.93	78.33	Pareto Opt.
D2*	S1*	G2*	H6	Y2*	96.59	25.61	65.79	Pareto Opt.
D12	S2	G2*	H6	Y2*	90.62	24.03	107.45	Pareto Opt.
D9	S1*	G2*	H6	Y2*	93.29	24.74	79.37	Pareto Opt.
D6	S1*	G2*	H6	Y2*	94.43	25.04	77.81	Pareto Opt.
D2*	S4	G2*	H6	Y2*	95.25	25.26	73.60	Pareto Opt.
D5	S1*	G2*	H6	Y2*	94.87	25.16	77.30	Pareto Opt.
D2*	S1*	G2*	H4	Y2*	117.59	30.75	51.50	Pareto Opt.
D8	S1*	G2*	H6	Y2*	93.64	24.83	78.85	Pareto Opt.
D12	S3	G2*	H6	Y2*	91.23	24.19	85.11	Pareto Opt.
D2*	S1*	G2*	H5	Y2*	101.73	26.98	56.79	Pareto Opt.
D2*	S3	G2*	H6	Y2*	95.64	25.36	69.98	Pareto Opt.
D2*	S3	G2*	H5	Y2*	100.81	26.73	60.97	Pareto Opt.
D11	S3	G2*	H6	Y2*	91.55	24.28	84.59	Pareto Opt.
D9	S3	G2*	H6	Y2*	92.21	24.45	83.54	Pareto Opt.
D2*	S3	G2*	H3	Y2*	123.94	32.13	50.34	Pareto Opt.
D2*	S3	G2*	H4	Y2*	115.33	30.11	56.05	Pareto Opt.
D2*	S1*	G2*	H1	Y2*	157.02	45.07	44.19	Pareto Opt.
D11	S1*	G2*	H6	Y2*	92.63	24.56	80.41	Pareto Opt.
D11	S4	G2*	H6	Y2*	91.10	24.16	88.21	Pareto Opt.
D12	S4	G2*	H6	Y2*	90.78	24.07	88.73	Pareto Opt.
D12	S1*	G2*	H6	Y2*	92.33	24.48	80.94	Pareto Opt.
D2*	S1*	G2*	H3	Y2*	126.32	32.79	45.84	Pareto Opt.

Ek Tablo 38. İzmir 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S3*	G2*	H4*	Y1*	124.46	32.68	16.22	Pareto Opt.
D9	S3*	G2*	H4*	Y2	110.37	28.94	38.81	Pareto Opt.
D12	S3*	G2*	H4*	Y2	108.94	28.58	39.81	Pareto Opt.
D8	S3*	G2*	H4*	Y2	110.91	29.07	38.49	Pareto Opt.
D24	S3*	G2*	H4*	Y2	108.73	28.52	62.00	Pareto Opt.
D2*	S3*	G2*	H4*	Y2	115.80	30.30	31.11	Pareto Opt.
D4	S3*	G2*	H4*	Y1*	128.28	33.64	14.40	Pareto Opt.
D10	S3*	G2*	H4*	Y2	109.87	28.81	39.14	Pareto Opt.
D6	S3*	G2*	H4*	Y2	112.13	29.38	37.87	Pareto Opt.
D5	S3*	G2*	H4*	Y2	112.87	29.57	37.59	Pareto Opt.
D9	S3*	G2*	H4*	Y1*	124.95	32.81	15.89	Pareto Opt.
D7	S3*	G2*	H4*	Y2	111.50	29.22	38.18	Pareto Opt.
D3	S3*	G2*	H4*	Y1*	129.25	33.88	14.15	Pareto Opt.
D2*	S3*	G2*	H4*	Y1*	130.39	34.17	8.19	Mevcut
D12	S3*	G2*	H4*	Y1*	123.53	32.44	16.89	Pareto Opt.
D5	S3*	G2*	H4*	Y1*	127.46	33.44	14.67	Pareto Opt.
D4	S3*	G2*	H4*	Y2	113.70	29.77	37.32	Pareto Opt.
D3	S3*	G2*	H4*	Y2	114.67	30.01	37.08	Pareto Opt.
D11	S3*	G2*	H4*	Y1*	123.97	32.56	16.55	Pareto Opt.
D6	S3*	G2*	H4*	Y1*	126.72	33.25	14.95	Pareto Opt.
D8	S3*	G2*	H4*	Y1*	125.49	32.94	15.57	Pareto Opt.
D7	S3*	G2*	H4*	Y1*	126.08	33.09	15.25	Pareto Opt.
D11	S3*	G2*	H4*	Y2	109.39	28.69	39.47	Pareto Opt.

Ek Tablo 39. İzmir 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D9	S1*	G5	H3	Y2*	120.34	31.37	19.85	Pareto Opt.
D5	S1*	G5	H6	Y2*	93.25	24.72	26.29	Pareto Opt.
D1	S1*	G5	H3	Y2*	126.80	32.99	18.75	Pareto Opt.
D9	S1*	G5	H6	Y2*	91.73	24.32	26.98	Pareto Opt.
D1	S1*	G5	H6	Y2*	95.62	25.35	25.62	Pareto Opt.
D3	S1*	G4	H4	Y2*	117.06	30.75	20.63	Pareto Opt.
D5	S1*	G5	H3	Y2*	122.71	31.97	19.21	Pareto Opt.
D9	S1*	G5	H5	Y2*	96.74	25.65	24.03	Pareto Opt.
D3	S1*	G5	H3	Y2*	124.42	32.40	18.95	Pareto Opt.
D4	S1*	G5	H3	Y2*	123.53	32.18	19.08	Pareto Opt.
D4	S1*	G4	H1	Y2*	153.10	42.59	18.03	Pareto Opt.
D3	S1*	G5	H4	Y2*	115.40	30.29	20.78	Pareto Opt.
D8	S1*	G5	H6	Y2*	92.07	24.41	26.80	Pareto Opt.
D4	S1*	G4	H3	Y2*	125.31	32.66	18.94	Pareto Opt.
D5	S1*	G1*	H3	Y2*	128.06	33.43	18.51	Pareto Opt.
D5	S1*	G1*	H6	Y2*	95.51	25.33	25.66	Pareto Opt.
D6	S1*	G5	H3	Y2*	122.02	31.80	19.36	Pareto Opt.
D2	S1*	G5	H4	Y2*	116.50	30.56	20.68	Pareto Opt.
D5	S1*	G4	H4	Y2*	115.40	30.33	20.88	Pareto Opt.
D9	S4	G5	H6	Y2*	90.46	23.99	29.57	Pareto Opt.
D7	S1*	G5	H3	Y2*	121.42	31.65	19.52	Pareto Opt.
D5	S1*	G1*	H4	Y2*	118.87	31.27	20.31	Pareto Opt.
D4	S1*	G5	H5	Y2*	98.79	26.19	23.14	Pareto Opt.
D3	S1*	G4	H1	Y2*	154.29	43.04	17.94	Pareto Opt.
D12	S1*	G5	H5	Y2*	95.78	25.40	24.58	Pareto Opt.
D6	S1*	G5	H5	Y2*	97.87	25.95	23.50	Pareto Opt.
D7	S1*	G5	H4	Y2*	112.31	29.51	21.31	Pareto Opt.
D8	S1*	G5	H3	Y2*	120.85	31.50	19.68	Pareto Opt.
D3	S1*	G5	H6	Y2*	94.25	24.99	25.95	Pareto Opt.
D4	S1*	G5	H4	Y2*	114.48	30.06	20.89	Pareto Opt.
D2	S1*	G5	H5	Y2*	99.98	26.51	22.80	Pareto Opt.
D3	S1*	G4	H3	Y2*	126.17	32.88	18.81	Pareto Opt.
D4	S1*	G4	H4	Y2*	116.17	30.52	20.75	Pareto Opt.
D1	S1*	G1*	H3	Y2*	131.88	34.38	18.03	Pareto Opt.
D9	S1*	G5	H4	Y2*	111.21	29.24	21.62	Pareto Opt.
D6	S1*	G1*	H3	Y2*	127.42	33.26	18.67	Pareto Opt.

Ek Tablo 39'un devamı

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D5	S1*	G1*	H5	Y2*	100.54	26.66	22.69	Pareto Opt.
D11	S1*	G5	H5	Y2*	96.08	25.48	24.40	Pareto Opt.
D5	S1*	G5	H4	Y2*	113.61	29.84	21.02	Pareto Opt.
D2	S1*	G4	H4	Y2*	118.18	31.02	20.53	Pareto Opt.
D3	S1*	G1*	H3	Y2*	129.64	33.82	18.24	Pareto Opt.
D6	S1*	G5	H4	Y2*	112.91	29.67	21.16	Pareto Opt.
D2	S1*	G5	H3	Y2*	125.50	32.67	18.84	Pareto Opt.
D2	S1*	G4	H3	Y2*	127.22	33.14	18.70	Pareto Opt.
D6	S1*	G5	H6	Y2*	92.82	24.61	26.46	Pareto Opt.
D5	S1*	G5	H5	Y2*	98.30	26.07	23.32	Pareto Opt.
D2	S1*	G5	H6	Y2*	94.87	25.15	25.78	Pareto Opt.
D3	S1*	G1*	H5	Y2*	101.52	26.92	22.34	Pareto Opt.
D8	S1*	G5	H5	Y2*	97.09	25.74	23.85	Pareto Opt.
D11	S1*	G5	H4	Y2*	110.24	28.99	21.95	Pareto Opt.
D3	S1*	G5	H5	Y2*	99.35	26.34	22.97	Pareto Opt.
D2	S1*	G1*	H5	Y2*	102.12	27.08	22.16	Pareto Opt.
D10	S1*	G5	H5	Y2*	96.40	25.56	24.21	Pareto Opt.
D2	S1*	G1*	H3	Y2*	130.64	34.07	18.12	Pareto Opt.
D8	S1*	G5	H4	Y2*	111.72	29.37	21.46	Pareto Opt.
D7	S1*	G5	H5	Y2*	97.46	25.84	23.68	Pareto Opt.
D11	S1*	G5	H6	Y2*	91.10	24.15	27.32	Pareto Opt.
D6	S1*	G1*	H4	Y2*	118.22	31.11	20.45	Pareto Opt.
D5	S1*	G1*	H1	Y2*	155.14	42.79	17.53	Pareto Opt.
D1	S1*	G1*	H5	Y2*	102.85	27.27	21.99	Pareto Opt.
D4	S1*	G5	H6	Y2*	93.72	24.85	26.12	Pareto Opt.
D12	S1*	G5	H6	Y2*	90.80	24.08	27.50	Pareto Opt.
D7	S1*	G5	H6	Y2*	92.43	24.51	26.63	Pareto Opt.
D10	S1*	G5	H4	Y2*	110.70	29.11	21.78	Pareto Opt.
D10	S1*	G5	H3	Y2*	119.83	31.24	20.02	Pareto Opt.
D11	S4	G5	H6	Y2*	89.80	23.81	29.91	Pareto Opt.

Ek Tablo 40. İzmir 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D5*	S1*	G4	H5*	Y2	98.87	26.22	9.48	Pareto Opt.
D12	S1*	G4	H5*	Y2	96.43	25.57	12.65	Pareto Opt.
D5*	S3	G5	H5*	Y2	97.35	25.82	10.34	Pareto Opt.
D10	S3	G5	H5*	Y1*	110.43	29.29	5.65	Pareto Opt.
D9	S1*	G5	H5*	Y2	96.55	25.60	12.33	Pareto Opt.
D5*	S3	G5	H5*	Y1*	112.38	29.81	2.74	Pareto Opt.
D5*	S1*	G5	H5*	Y2	98.10	26.01	9.54	Pareto Opt.
D5*	S3	G4	H5*	Y2	98.02	25.99	10.28	Pareto Opt.
D10	S1*	G5	H5*	Y1*	111.25	29.51	4.85	Pareto Opt.
D9	S1*	G5	H5*	Y1*	111.58	29.59	4.73	Pareto Opt.
D5*	S1*	G5	H5*	Y1*	113.14	30.01	1.93	Pareto Opt.
D11	S1*	G5	H5*	Y1*	110.93	29.42	4.98	Pareto Opt.
D9	S3	G4	H5*	Y2	96.43	25.57	13.08	Pareto Opt.
D9	S3	G5	H5*	Y2	95.76	25.39	13.13	Pareto Opt.
D8	S1*	G5	H5*	Y1*	111.93	29.69	4.60	Pareto Opt.
D5*	S3	G4	H5*	Y1*	113.06	29.99	2.68	Pareto Opt.
D12	S3	G4	H5*	Y2	95.47	25.31	13.45	Pareto Opt.
D5*	S4	G5	H5*	Y2	97.00	25.72	11.03	Pareto Opt.
D5*	S4	G5	H5*	Y1*	112.02	29.71	3.43	Pareto Opt.
D12	S3	G5	H5*	Y2	94.78	25.13	13.51	Pareto Opt.
D5*	S1*	G1*	H5*	Y1*	115.41	30.61	1.57	Mevcut
D12	S2	G5	H5*	Y2	94.25	24.99	17.78	Pareto Opt.
D12	S1*	G5	H5*	Y1*	110.62	29.34	5.10	Pareto Opt.
D12	S4	G5	H5*	Y1*	109.40	29.02	6.60	Pareto Opt.
D12	S4	G5	H5*	Y2	94.40	25.03	14.20	Pareto Opt.
D5*	S1*	G1*	H5*	Y2	100.29	26.60	9.18	Pareto Opt.
D8	S1*	G5	H5*	Y2	96.90	25.69	12.21	Pareto Opt.
D5*	S1*	G4	H5*	Y1*	113.93	30.22	1.88	Pareto Opt.

Ek Tablo 41. İzmir 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi					Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Gölgeleme Elemanı	Isıtma. Soğutma ve DHW Sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D11	S3*	G5*	H6	Y2*	90.23	23.92	8.83	Pareto Opt.
D5*	S3*	G5*	H4	Y2*	113.10	29.71	5.41	Pareto Opt.
D24	S3*	G5*	H6	Y2*	89.80	23.81	13.13	Pareto Opt.
D5*	S3*	G5*	H3	Y2*	122.19	31.84	4.81	Pareto Opt.
D5*	S3*	G5*	H5	Y2*	97.44	25.84	6.18	Pareto Opt.
D5*	S3*	G5*	H1	Y2*	150.05	41.79	4.52	Pareto Opt.
D5*	S3*	G5*	H6	Y2*	92.38	24.49	7.16	Pareto Opt.
D12	S3*	G5*	H6	Y2*	89.93	23.84	8.89	Pareto Opt.
D9	S3*	G5*	H6	Y2*	90.86	24.09	8.72	Pareto Opt.
D6	S3*	G5*	H6	Y2*	91.95	24.38	8.54	Pareto Opt.
D7	S3*	G5*	H6	Y2*	91.56	24.28	8.60	Pareto Opt.
D10	S3*	G5*	H6	Y2*	90.54	24.00	8.77	Pareto Opt.
D8	S3*	G5*	H6	Y2*	91.20	24.18	8.66	Pareto Opt.

Ek Tablo 42. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (İzmir)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48.62	28.00	16.13	9.29	5.35	3.08	1.78
D2	52.16	30.04	17.30	9.97	5.74	3.31	1.90
D3	55.70	32.08	18.48	10.64	6.13	3.53	2.03
D4	59.24	34.12	19.65	11.32	6.52	3.76	2.16
D5	62.78	36.16	20.83	12.00	6.91	3.98	2.29
D6	66.32	38.20	22.00	12.67	7.30	4.20	2.42
D7	69.86	40.24	23.18	13.35	7.69	4.43	2.55
D8	73.40	42.27	24.35	14.03	8.08	4.65	2.68
D9	76.94	44.31	25.52	14.70	8.47	4.88	2.81
D10	80.48	46.35	26.70	15.38	8.86	5.10	2.94
D11	84.02	48.39	27.87	16.05	9.25	5.33	3.07
D12	87.56	50.43	29.05	16.73	9.64	5.55	3.20
D13	249.92	143.95	82.91	47.76	27.51	15.84	9.13
D14	253.46	145.99	84.09	48.43	27.90	16.07	9.25
D15	257.00	148.03	85.26	49.11	28.29	16.29	9.38
D16	260.54	150.06	86.44	49.79	28.68	16.52	9.51
D17	264.08	152.10	87.61	50.46	29.07	16.74	9.64
D18	267.62	154.14	88.78	51.14	29.45	16.97	9.77
D19	271.16	156.18	89.96	51.81	29.84	17.19	9.90
D20	274.70	158.22	91.13	52.49	30.23	17.41	10.03
D21	278.24	160.26	92.31	53.17	30.62	17.64	10.16
D22	281.78	162.30	93.48	53.84	31.01	17.86	10.29
D23	285.32	164.34	94.66	54.52	31.40	18.09	10.42
D24	288.86	166.38	95.83	55.20	31.79	18.31	10.55
S1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S2	775.94	446.93	257.43	148.27	85.40	49.19	28.33
S3	123.83	71.33	41.08	23.66	13.63	7.85	4.52
S4	230.25	132.62	76.39	44.00	25.34	14.60	8.41
G1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
G2	50.00	28.80	16.59	9.55	5.50	3.17	1.83
G3	60.00	34.56	19.91	11.47	6.60	3.80	2.19
G4	50.00	28.80	16.59	9.55	5.50	3.17	1.83
G5	60.00	34.56	19.91	11.47	6.60	3.80	2.19
H1	78.55	45.24	26.06	15.01	8.65	4.98	2.87
H2	104.26	60.05	34.59	19.92	11.48	6.61	3.81
H3	82.74	47.65	27.45	15.81	9.11	5.25	3.02
H4	111.36	64.14	36.94	21.28	12.26	7.06	4.07
H5	146.11	84.16	48.47	27.92	16.08	9.26	5.34

Ek Tablo 42'nin devamı.

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
H6	174.36	100.43	57.84	33.32	19.19	11.05	6.37
Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y2	121.36	69.90	40.26	23.19	13.36	7.69	4.43
Elektrik	0.06777743	0.03903876	0.02248573	0.01295144	0.00745983	0.00429675	0.00247486
Doğalgaz	0.17668715	0.10176910	0.05861745	0.03376275	0.01944683	0.01120108	0.00645165
Kömür	0.16923076	0.09747433	0.05614373	0.03233793	0.01862615	0.01072838	0.00617938

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020'den alınmıştır.

Ek 7. Kütahya İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 43. Kütahya 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D8	S1*	H6	Y2	82.41	21.86	316.50	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2	83.58	22.17	313.25	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2	80.39	21.32	440.00	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2	84.27	22.35	275.13	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y1*	93.89	24.90	199.80	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y1*	97.20	25.78	153.48	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y1*	93.47	24.79	201.46	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2	80.98	21.48	321.45	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y1*	95.32	25.28	194.84	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2	80.57	21.37	323.12	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2	80.27	21.29	520.83	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3*	Y1*	125.39	31.78	79.25	Mevcut
D6	S1*	H6	Y1*	96.51	25.60	191.59	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y1*	94.80	25.15	196.49	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2	82.97	22.01	314.87	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y1*	94.33	25.02	198.14	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y1*	102.71	27.24	126.21	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2	81.90	21.72	318.14	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y1*	95.88	25.43	193.21	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y1*	118.82	30.20	122.89	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2	89.84	23.83	247.87	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y1*	121.09	30.75	119.11	Pareto Opt.
D10	S1*	H3*	Y1*	120.27	30.55	120.29	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y1*	122.00	30.97	118.06	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2	81.43	21.60	319.79	Pareto Opt.
D6	S1*	H3*	Y1*	124.11	31.48	116.33	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y1*	118.35	30.14	128.03	Pareto Opt.

Ek Tablo 44. Kütahya 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D8	S1*	H4*	Y2	99.69	25.36	130.73	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y2	96.61	24.61	133.59	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y2	97.28	24.77	132.80	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y2	98.03	24.96	132.07	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y1*	110.75	28.33	62.00	Pareto Opt.
D12	S2	H4*	Y2	96.43	24.57	180.02	Pareto Opt.
D24	S1*	H4*	Y2	96.38	24.55	200.88	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y1*	111.56	28.52	61.31	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y1*	113.41	28.97	60.11	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y2	98.85	25.15	131.38	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y1*	114.52	29.23	59.65	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y1*	110.00	28.15	62.73	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y1*	112.41	28.73	60.66	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y2	101.81	25.86	129.72	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y2	100.69	25.59	130.18	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y1*	109.32	27.98	63.52	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4*	Y2	103.05	26.16	108.34	Pareto Opt.
D24	S2	H4*	Y2	96.14	24.50	247.28	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4*	Y1*	115.77	29.53	38.27	Mevcut

Ek Tablo 45. Kütahya 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D10	S1*	H6	Y2*	80.16	21.26	65.65	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	79.24	21.02	93.58	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	79.32	21.04	66.76	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	79.15	20.99	105.53	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	81.11	21.51	64.56	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2*	79.06	20.97	132.35	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y2*	102.38	26.00	41.10	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	81.64	21.65	64.01	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	82.89	21.99	50.83	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	80.61	21.38	65.10	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2*	87.89	23.31	41.74	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	79.72	21.15	66.20	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	82.23	21.81	63.48	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3	Y2*	109.26	27.61	34.59	Pareto Opt.

Ek Tablo 46. Kütahya 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S1*	H4*	Y2	94.95	24.23	43.08	Pareto Opt.
D12	S2	H4*	Y2	93.40	23.85	59.01	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y1*	111.33	28.49	18.99	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4*	Y2	99.57	25.34	35.11	Pareto Opt.
D24	S2	H4*	Y2	93.10	23.78	81.32	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y1*	108.58	27.83	19.59	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y2	96.48	24.60	42.61	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y1*	106.54	27.33	20.37	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y2	94.27	24.06	43.35	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y1*	110.30	28.24	19.16	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y1*	107.84	27.65	19.84	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y2	98.44	25.07	42.24	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y1*	109.37	28.02	19.36	Pareto Opt.
D24	S1*	H4*	Y2	93.37	23.85	65.94	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y2	97.41	24.82	42.41	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4*	Y1*	112.46	28.76	11.87	Mevcut
D12	S1*	H4*	Y2	93.65	23.91	43.62	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y1*	107.16	27.48	20.10	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y2	95.69	24.41	42.84	Pareto Opt.

Ek Tablo 47. Kütahya 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D6	S1*	H6	Y2*	79.92	21.20	21.01	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y2*	97.90	24.94	13.01	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2*	85.38	22.65	13.79	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3	Y2*	105.02	26.61	10.88	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	79.37	21.05	21.19	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	80.52	21.36	16.81	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	77.60	20.58	21.92	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2*	76.99	20.42	43.86	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	77.23	20.48	22.10	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	78.42	20.80	21.55	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	77.15	20.46	31.00	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	78.00	20.69	21.73	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	78.88	20.92	21.37	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	77.06	20.44	34.97	Pareto Opt.

Ek Tablo 48. Kütahya 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D6	S1*	H6*	Y2	79.60	21.11	11.42	Pareto Opt.
D4	S1*	H6*	Y1*	94.16	24.97	3.47	Pareto Opt.
D6	S1*	H6*	Y1*	92.85	24.63	3.71	Pareto Opt.
D3	S1*	H6*	Y1*	94.97	25.19	3.35	Pareto Opt.
D2	S1*	H6*	Y1*	95.95	25.45	3.23	Pareto Opt.
D12	S1*	H6*	Y1*	90.10	23.90	4.45	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y1*	90.49	24.00	4.33	Pareto Opt.
D10	S1*	H6*	Y1*	90.89	24.11	4.20	Pareto Opt.
D8	S1*	H6*	Y1*	91.79	24.35	3.96	Pareto Opt.
D3	S1*	H6*	Y2	81.71	21.67	11.06	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y1*	92.30	24.48	3.83	Pareto Opt.
D2	S1*	H6*	Y2	82.68	21.93	10.94	Pareto Opt.
D1	S1*	H6*	Y2	83.86	22.24	10.83	Pareto Opt.
D5	S1*	H6*	Y1*	93.46	24.79	3.59	Pareto Opt.
D9	S1*	H6*	Y1*	91.33	24.22	4.08	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y2	79.05	20.97	11.54	Pareto Opt.
D9	S1*	H6*	Y2	78.09	20.71	11.79	Pareto Opt.
D5	S1*	H6*	Y2	80.21	21.27	11.30	Pareto Opt.
D8	S1*	H6*	Y2	78.55	20.83	11.67	Pareto Opt.
D1	S1*	H6*	Y1*	97.14	25.77	3.11	Pareto Opt.
D4	S1*	H6*	Y2	80.90	21.46	11.18	Pareto Opt.
D10	S1*	H6*	Y2	77.66	20.60	11.92	Pareto Opt.
D24	S1*	H6*	Y2	76.71	20.35	19.59	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y2	77.26	20.49	12.04	Pareto Opt.
D12	S1*	H6*	Y2	76.87	20.39	12.17	Pareto Opt.

Ek Tablo 49. Kütahya 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D24	S2	H6	Y2*	76.45	20.28	14.55	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	77.81	20.64	7.15	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	77.01	20.43	7.27	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	78.74	20.88	7.02	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	76.48	20.28	11.60	Pareto Opt.
D6*	S1*	H3	Y2*	102.94	26.11	3.52	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	78.26	20.76	7.08	Pareto Opt.
D6*	S1*	H4	Y2*	95.42	24.36	4.20	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	76.64	20.33	7.33	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	76.61	20.32	10.28	Pareto Opt.
D6*	S1*	H6	Y2*	79.27	21.03	5.56	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	77.40	20.53	7.21	Pareto Opt.

Ek Tablo 50. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (Kütahya)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48.62	28.00	16.13	9.29	5.35	3.08	1.78
D2	52.16	30.04	17.30	9.97	5.74	3.31	1.90
D3	55.70	32.08	18.48	10.64	6.13	3.53	2.03
D4	59.24	34.12	19.65	11.32	6.52	3.76	2.16
D5	62.78	36.16	20.83	12.00	6.91	3.98	2.29
D6	66.32	38.20	22.00	12.67	7.30	4.20	2.42
D7	69.86	40.24	23.18	13.35	7.69	4.43	2.55
D8	73.40	42.27	24.35	14.03	8.08	4.65	2.68
D9	76.94	44.31	25.52	14.70	8.47	4.88	2.81
D10	80.48	46.35	26.70	15.38	8.86	5.10	2.94
D11	84.02	48.39	27.87	16.05	9.25	5.33	3.07
D12	87.56	50.43	29.05	16.73	9.64	5.55	3.20
D13	249.92	143.95	82.91	47.76	27.51	15.84	9.13
D14	253.46	145.99	84.09	48.43	27.90	16.07	9.25
D15	257.00	148.03	85.26	49.11	28.29	16.29	9.38
D16	260.54	150.06	86.44	49.79	28.68	16.52	9.51
D17	264.08	152.10	87.61	50.46	29.07	16.74	9.64
D18	267.62	154.14	88.78	51.14	29.45	16.97	9.77
D19	271.16	156.18	89.96	51.81	29.84	17.19	9.90
D20	274.70	158.22	91.13	52.49	30.23	17.41	10.03
D21	278.24	160.26	92.31	53.17	30.62	17.64	10.16
D22	281.78	162.30	93.48	53.84	31.01	17.86	10.29
D23	285.32	164.34	94.66	54.52	31.40	18.09	10.42
D24	288.86	166.38	95.83	55.20	31.79	18.31	10.55
S1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S2	775.94	446.93	257.43	148.27	85.40	49.19	28.33
H1	25.16	14.49	8.35	4.81	2.77	1.59	0.92
H2	51.05	29.41	16.94	9.76	5.62	3.24	1.86
H3	29.37	16.92	9.74	5.61	3.23	1.86	1.07
H4	58.20	33.52	19.31	11.12	6.41	3.69	2.13
H5	104.16	60.00	34.56	19.90	11.46	6.60	3.80
H6	132.61	76.38	43.99	25.34	14.60	8.41	4.84
Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y2	122.22	70.40	40.55	23.35	13.45	7.75	4.46
Elektrik	0.06777743	0.03903876	0.02248573	0.01295144	0.00745983	0.00429675	0.00247486
Doğalgaz	0.17668715	0.10176910	0.05861745	0.03376275	0.01944683	0.01120108	0.00645165
Kömür	0.16923076	0.09747433	0.05614373	0.03233793	0.01862615	0.01072838	0.00617938

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020'den alınmıştır.

Ek 8. Şanlıurfa İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 51. Şanlıurfa 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D9	S1*	H6	Y1*	83,25	22,08	193,69	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2	67,24	17,83	437,02	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y1*	84,73	22,47	186,99	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y1*	82,63	21,92	197,06	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2	70,17	18,61	272,25	Pareto Opt.
D12	S1*	H4	Y2	73,75	19,19	261,56	Pareto Opt.
D12	S1*	H4	Y1*	88,60	23,13	140,20	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y1*	83,93	22,26	190,33	Pareto Opt.
D10	S1*	H4	Y1*	89,47	23,35	137,10	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2	68,58	18,19	313,37	Pareto Opt.
D11	S1*	H4	Y2	74,16	19,29	259,99	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y1*	83,58	22,17	192,00	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2	67,95	18,02	316,74	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2	69,72	18,49	308,35	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2	68,93	18,28	311,69	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2	69,30	18,38	310,02	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y1*	82,94	22,00	195,38	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2	68,26	18,10	315,05	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y1*	84,31	22,36	188,65	Pareto Opt.
D11	S1*	H4	Y1*	89,01	23,23	138,62	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2	67,37	17,87	320,12	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y2	78,25	20,29	216,06	Pareto Opt.
D4*	S1*	H2	Y1*	130,73	37,88	70,63	Pareto Opt.
D4*	S1*	H3	Y1*	102,81	26,50	78,68	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y1*	93,11	24,23	94,69	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y1*	85,19	22,60	150,89	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y1*	89,58	23,76	123,39	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y2	74,62	19,79	244,75	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2	67,65	17,94	318,43	Pareto Opt.

Ek Tablo 52. Şanlıurfa 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D4*	S1*	H2*	Y2	114,15	33,15	94,48	Pareto Opt.
D10	S1*	H2*	Y1*	124,25	35,17	48,97	Pareto Opt.
D5	S1*	H2*	Y2	113,06	32,70	114,88	Pareto Opt.
D7	S1*	H2*	Y1*	126,32	35,98	46,44	Pareto Opt.
D10	S1*	H2*	Y2	109,31	31,21	118,88	Pareto Opt.
D4*	S1*	H2*	Y1*	129,09	37,11	24,58	Mevcut
D12	S1*	H2*	Y2	108,19	30,79	120,74	Pareto Opt.
D8	S1*	H2*	Y1*	125,55	35,67	47,23	Pareto Opt.
D7	S1*	H2*	Y2	111,38	32,02	116,34	Pareto Opt.
D6	S1*	H2*	Y2	112,19	32,34	115,59	Pareto Opt.
D6	S1*	H2*	Y1*	127,13	36,30	45,68	Pareto Opt.
D12	S1*	H2*	Y1*	123,12	34,75	50,84	Pareto Opt.
D5	S1*	H2*	Y1*	128,00	36,66	44,98	Pareto Opt.
D9	S1*	H2*	Y2	109,93	31,45	117,98	Pareto Opt.
D11	S1*	H2*	Y2	108,74	31,00	119,80	Pareto Opt.
D9	S1*	H2*	Y1*	124,87	35,41	48,08	Pareto Opt.
D11	S1*	H2*	Y1*	123,67	34,96	49,90	Pareto Opt.
D8	S1*	H2*	Y2	110,61	31,71	117,13	Pareto Opt.
D24	S1*	H2*	Y2	107,96	30,71	188,07	Pareto Opt.

Ek Tablo 53. Şanlıurfa 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D5	S1*	H6	Y2*	68,54	18,18	61,96	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y2*	73,31	19,45	40,85	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	66,34	17,60	65,88	Pareto Opt.
D10	S1*	H4	Y2*	72,45	18,89	44,61	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	67,18	17,82	64,19	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y2*	75,69	19,68	30,36	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	68,16	18,08	62,51	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2*	68,95	18,29	49,98	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	67,49	17,90	63,63	Pareto Opt.
D9	S1*	H4	Y2*	72,88	19,00	44,09	Pareto Opt.
D11	S1*	H4	Y2*	72,06	18,79	45,14	Pareto Opt.
D12	S1*	H4	Y2*	71,69	18,70	45,68	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	67,81	17,98	63,07	Pareto Opt.
D4*	S1*	H3	Y2*	85,62	22,01	25,15	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	66,88	17,74	64,75	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	66,60	17,67	65,31	Pareto Opt.
D4*	S1*	H1	Y2*	115,03	33,58	22,91	Pareto Opt.

Ek Tablo 54. Şanlıurfa 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S1*	H3*	Y1*	96,31	24,94	16,96	Pareto Opt.
D7	S1*	H3*	Y2	82,59	21,28	39,19	Pareto Opt.
D10	S1*	H3*	Y2	81,28	20,96	40,15	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y2	82,13	21,17	39,50	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y1*	96,72	25,05	16,63	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y2	81,69	21,06	39,82	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y1*	95,92	24,85	17,29	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y1*	95,55	24,76	17,63	Pareto Opt.
D24	S1*	H3*	Y2	80,38	20,73	63,17	Pareto Opt.
D5	S1*	H3*	Y2	83,66	21,54	38,59	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y1*	97,15	25,15	16,31	Pareto Opt.
D5	S1*	H3*	Y1*	98,69	25,53	15,40	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y2	80,53	20,77	40,82	Pareto Opt.
D6	S1*	H3*	Y1*	98,14	25,40	15,69	Pareto Opt.
D4*	S1*	H3*	Y2	84,31	21,70	31,74	Pareto Opt.
D7	S1*	H3*	Y1*	97,62	25,27	15,99	Pareto Opt.
D4*	S1*	H3*	Y1*	99,33	25,69	8,55	Mevcut
D6	S1*	H3*	Y2	83,11	21,41	38,88	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y2	80,90	20,86	40,48	Pareto Opt.

Ek Tablo 55. Şanlıurfa 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D24	S1*	H6	Y2*	65,71	17,43	34,71	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	66,96	17,76	21,10	Pareto Opt.
D8	S1*	H4	Y2*	72,45	18,90	14,34	Pareto Opt.
D12	S1*	H4	Y2*	70,80	18,49	15,04	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	66,37	17,60	21,47	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y2*	72,78	19,31	13,54	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y2*	74,71	19,45	9,94	Pareto Opt.
D10	S1*	H4	Y2*	71,57	18,68	14,68	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	67,61	17,93	20,73	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	67,28	17,84	20,91	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2*	67,99	18,03	20,54	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2*	68,39	18,14	16,57	Pareto Opt.
D4*	S1*	H3	Y2*	84,82	21,82	8,24	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	66,10	17,53	21,66	Pareto Opt.
D4*	S1*	H1	Y2*	113,71	32,98	7,43	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	65,82	17,46	21,84	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	66,65	17,68	21,29	Pareto Opt.
D11	S1*	H4	Y2*	71,16	18,58	14,86	Pareto Opt.

Ek Tablo 56. Şanlıurfa 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D2	S1*	H5*	Y1*	88,59	23,50	3,13	Pareto Opt.
D10	S1*	H5*	Y2	70,28	18,64	11,82	Pareto Opt.
D6	S1*	H5*	Y1*	86,77	23,01	3,63	Pareto Opt.
D1	S1*	H5*	Y2	74,02	19,63	10,70	Pareto Opt.
D2	S1*	H5*	Y2	73,36	19,46	10,82	Pareto Opt.
D12	S1*	H5*	Y1*	84,94	22,53	4,38	Pareto Opt.
D1	S1*	H5*	Y1*	89,26	23,68	3,01	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y2	70,01	18,57	11,95	Pareto Opt.
D9	S1*	H5*	Y2	70,58	18,72	11,70	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y1*	85,21	22,60	4,26	Pareto Opt.
D6	S1*	H5*	Y2	71,56	18,98	11,32	Pareto Opt.
D8	S1*	H5*	Y2	70,88	18,80	11,57	Pareto Opt.
D5	S1*	H5*	Y2	71,94	19,08	11,19	Pareto Opt.
D9	S1*	H5*	Y1*	85,78	22,75	4,00	Pareto Opt.
D7	S1*	H5*	Y2	71,21	18,89	11,45	Pareto Opt.
D4	S1*	H5*	Y2	72,36	19,19	11,07	Pareto Opt.
D12	S1*	H5*	Y2	69,74	18,50	12,08	Pareto Opt.
D3	S1*	H5*	Y2	72,82	19,32	10,95	Pareto Opt.
D24	S1*	H5*	Y2	69,62	18,47	19,50	Pareto Opt.
D10	S1*	H5*	Y1*	85,48	22,67	4,13	Pareto Opt.
D7	S1*	H5*	Y1*	86,41	22,92	3,75	Pareto Opt.
D8	S1*	H5*	Y1*	86,08	22,83	3,88	Pareto Opt.
D3	S1*	H5*	Y1*	88,05	23,35	3,25	Pareto Opt.
D4	S1*	H5*	Y1*	87,57	23,23	3,38	Pareto Opt.
D5	S1*	H5*	Y1*	87,15	23,12	3,50	Pareto Opt.

Ek Tablo 57. Şanlıurfa 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D8	S1*	H4	Y2*	70,29	18,39	4,66	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	65,66	17,42	7,05	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	66,24	17,57	6,93	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	64,78	17,18	11,51	Pareto Opt.
D10	S1*	H4	Y2*	69,49	18,19	4,77	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	65,40	17,35	7,12	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	64,89	17,21	7,24	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	65,14	17,28	7,18	Pareto Opt.
D11	S1*	H4	Y2*	69,15	18,11	4,84	Pareto Opt.
D4*	S1*	H1	Y2*	110,18	31,35	2,30	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2*	66,90	17,75	6,81	Pareto Opt.
D4*	S1*	H3	Y2*	82,53	21,28	2,63	Pareto Opt.
D7	S1*	H4	Y2*	70,67	18,49	4,60	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y2*	72,26	18,88	3,18	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2*	67,28	17,85	5,49	Pareto Opt.
D6	S1*	H4	Y2*	71,13	18,60	4,54	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y2*	71,57	18,98	4,48	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	65,94	17,49	6,99	Pareto Opt.
D9	S1*	H4	Y2*	69,87	18,29	4,72	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	66,56	17,65	6,87	Pareto Opt.
D12	S1*	H4	Y2*	68,83	18,03	4,90	Pareto Opt.

Ek Tablo 58. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (Şanlıurfa)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48,62	28,00	16,13	9,29	5,35	3,08	1,78
D2	52,16	30,04	17,30	9,97	5,74	3,31	1,90
D3	55,70	32,08	18,48	10,64	6,13	3,53	2,03
D4	59,24	34,12	19,65	11,32	6,52	3,76	2,16
D5	62,78	36,16	20,83	12,00	6,91	3,98	2,29
D6	66,32	38,20	22,00	12,67	7,30	4,20	2,42
D7	69,86	40,24	23,18	13,35	7,69	4,43	2,55
D8	73,40	42,27	24,35	14,03	8,08	4,65	2,68
D9	76,94	44,31	25,52	14,70	8,47	4,88	2,81
D10	80,48	46,35	26,70	15,38	8,86	5,10	2,94
D11	84,02	48,39	27,87	16,05	9,25	5,33	3,07
D12	87,56	50,43	29,05	16,73	9,64	5,55	3,20
D13	249,92	143,95	82,91	47,76	27,51	15,84	9,13
D14	253,46	145,99	84,09	48,43	27,90	16,07	9,25
D15	257,00	148,03	85,26	49,11	28,29	16,29	9,38
D16	260,54	150,06	86,44	49,79	28,68	16,52	9,51
D17	264,08	152,10	87,61	50,46	29,07	16,74	9,64
D18	267,62	154,14	88,78	51,14	29,45	16,97	9,77
D19	271,16	156,18	89,96	51,81	29,84	17,19	9,90
D20	274,70	158,22	91,13	52,49	30,23	17,41	10,03
D21	278,24	160,26	92,31	53,17	30,62	17,64	10,16
D22	281,78	162,30	93,48	53,84	31,01	17,86	10,29
D23	285,32	164,34	94,66	54,52	31,40	18,09	10,42
D24	288,86	166,38	95,83	55,20	31,79	18,31	10,55
S1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S2	775,94	446,93	257,43	148,27	85,40	49,19	28,33
H1	25,10	14,46	8,33	4,80	2,76	1,59	0,92
H2	50,93	29,34	16,90	9,73	5,61	3,23	1,86
H3	29,30	16,88	9,72	5,60	3,23	1,86	1,07
H4	58,06	33,44	19,26	11,09	6,39	3,68	2,12
H5	103,91	59,85	34,47	19,86	11,44	6,59	3,79
H6	132,29	76,20	43,89	25,28	14,56	8,39	4,83
Y1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y2	121,92	70,23	40,45	23,30	13,42	7,73	4,45
Elektrik	0,06777743	0,03903876	0,02248573	0,01295144	0,00745983	0,00429675	0,00247486
Doğalgaz	0,17668715	0,10176910	0,05861745	0,03376275	0,01944683	0,01120108	0,00645165
Kömür	0,16923076	0,09747433	0,05614373	0,03233793	0,01862615	0,01072838	0,00617938

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020’den alınmıştır.

Ek 9. Gaziantep İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 59. Gaziantep 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istima ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D9	S1*	H6	Y1*	87.00	23.08	194.50	Pareto Opt.
D5	S1*	H3*	Y1*	109.59	28.08	94.94	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y1*	88.25	23.41	189.50	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2	71.35	18.92	315.86	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y1*	87.80	23.29	191.16	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2	71.73	19.03	314.18	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y1*	89.33	23.69	151.77	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2	70.32	18.65	320.90	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y1*	86.64	22.98	196.17	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2	73.10	19.39	309.22	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2	72.14	19.13	312.52	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2	73.66	19.54	273.14	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y1*	85.97	22.80	199.54	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y1*	86.29	22.89	197.85	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2	72.59	19.25	310.86	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y1*	87.39	23.18	192.82	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y1*	88.76	23.54	187.86	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2	70.64	18.74	319.21	Pareto Opt.
D4*	S1*	H3*	Y1*	110.60	28.32	59.56	Mevcut
D4*	S1*	H4	Y1*	101.38	26.17	105.54	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2	70.99	18.83	317.53	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y1*	107.26	27.52	98.63	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y1*	94.18	24.98	124.37	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y2	85.93	22.07	226.91	Pareto Opt.
D6	S1*	H3*	Y1*	108.71	27.87	96.03	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y1*	106.64	27.37	100.08	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y2	78.55	20.84	245.74	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y1*	105.54	27.10	103.14	Pareto Opt.
D7	S1*	H3*	Y1*	107.95	27.69	97.30	Pareto Opt.

Ek Tablo 60. Gaziantep 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D10	S1*	H4*	Y2	79.96	20.64	120.31	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y2	78.93	20.38	122.12	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y1*	94.38	24.48	52.22	Pareto Opt.
D5	S1*	H4*	Y1*	98.95	25.59	46.58	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y1*	97.30	25.20	47.93	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4*	Y2	84.48	21.73	96.10	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y1*	95.42	24.74	50.41	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4*	Y1*	99.95	25.83	26.19	Mevcut
D6	S1*	H4*	Y1*	98.07	25.38	47.21	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y1*	96.60	25.03	48.70	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y2	81.84	21.09	117.84	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y2	79.43	20.51	121.21	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y2	81.14	20.93	118.61	Pareto Opt.
D5	S1*	H4*	Y2	83.49	21.49	116.49	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y2	82.61	21.28	117.12	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y1*	96.01	24.88	49.56	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y1*	94.89	24.61	51.31	Pareto Opt.
D24	S1*	H4*	Y2	78.72	20.33	189.45	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y2	80.55	20.78	119.46	Pareto Opt.

Ek Tablo 61. Gaziantep 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D7	S1*	H6	Y2*	71.29	18.91	63.36	Pareto Opt.
D4*	S1*	H3	Y2*	93.78	23.91	28.91	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2*	72.76	19.30	50.29	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2*	72.22	19.15	62.26	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y2*	84.17	21.66	34.26	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	70.89	18.80	63.91	Pareto Opt.
D4*	S1*	H1	Y2*	128.69	40.04	28.82	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	71.74	19.03	62.81	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	69.50	18.43	66.14	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	69.82	18.52	65.58	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y2*	77.74	20.62	41.20	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	70.51	18.70	64.47	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	70.16	18.61	65.02	Pareto Opt.

Ek Tablo 62. Gaziantep 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D6	S1*	H4*	Y2	80.95	20.89	38.46	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y2	77.94	20.16	39.86	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y1*	95.77	24.84	15.52	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y1*	94.01	24.41	16.37	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4*	Y1*	98.26	25.44	8.27	Mevcut
D8	S1*	H4*	Y2	79.60	20.56	38.99	Pareto Opt.
D5	S1*	H4*	Y1*	97.34	25.22	15.05	Pareto Opt.
D24	S1*	H4*	Y2	77.28	19.99	62.51	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y1*	94.55	24.54	16.08	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y2	80.22	20.71	38.71	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4*	Y2	82.71	21.31	31.46	Pareto Opt.
D5	S1*	H4*	Y2	81.79	21.09	38.24	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y1*	95.15	24.69	15.79	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y2	78.46	20.28	39.56	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y2	79.00	20.42	39.27	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y1*	93.49	24.28	16.67	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y1*	93.02	24.17	16.98	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y1*	96.51	25.01	15.27	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y2	77.48	20.04	40.18	Pareto Opt.

Ek Tablo 63. Gaziantep 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D7	S1*	H6	Y2*	69.85	18.53	20.99	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y2*	80.90	20.89	10.91	Pareto Opt.
D4*	S1*	H3	Y2*	90.40	23.11	9.12	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	68.13	18.07	21.91	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y2*	75.86	20.12	13.63	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	69.45	18.42	21.17	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	68.43	18.15	21.73	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2*	71.21	18.89	16.65	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	68.75	18.24	21.54	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	69.09	18.32	21.36	Pareto Opt.
D4*	S1*	H1	Y2*	123.36	37.59	8.84	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2*	70.71	18.75	20.62	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	70.26	18.63	20.81	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	67.99	18.03	34.78	Pareto Opt.

Ek Tablo 64. Gaziantep 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D9	S1*	H6*	Y2	68.70	18.22	11.68	Pareto Opt.
D10	S1*	H6*	Y2	68.37	18.13	11.81	Pareto Opt.
D10	S1*	H6*	Y1*	84.17	22.33	4.11	Pareto Opt.
D12	S1*	H6*	Y1*	83.55	22.16	4.37	Pareto Opt.
D3	S1*	H6*	Y2	71.40	18.94	10.93	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y2	68.05	18.05	11.93	Pareto Opt.
D24	S1*	H6*	Y2	67.62	17.93	19.48	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y1*	85.26	22.62	3.74	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y2	69.45	18.42	11.43	Pareto Opt.
D6	S1*	H6*	Y2	69.86	18.53	11.31	Pareto Opt.
D4	S1*	H6*	Y1*	86.66	22.99	3.36	Pareto Opt.
D6	S1*	H6*	Y1*	85.68	22.73	3.61	Pareto Opt.
D8	S1*	H6*	Y1*	84.88	22.51	3.86	Pareto Opt.
D5	S1*	H6*	Y1*	86.15	22.85	3.49	Pareto Opt.
D2	S1*	H6*	Y2	72.08	19.12	10.81	Pareto Opt.
D1	S1*	H6*	Y2	72.88	19.33	10.69	Pareto Opt.
D8	S1*	H6*	Y2	69.06	18.32	11.55	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y1*	83.85	22.24	4.24	Pareto Opt.
D3	S1*	H6*	Y1*	87.24	23.14	3.24	Pareto Opt.
D1	S1*	H6*	Y1*	88.74	23.54	3.00	Pareto Opt.
D5	S1*	H6*	Y2	70.32	18.65	11.18	Pareto Opt.
D12	S1*	H6*	Y2	67.75	17.97	12.06	Pareto Opt.
D4	S1*	H6*	Y2	70.83	18.79	11.06	Pareto Opt.
D9	S1*	H6*	Y1*	84.51	22.41	3.99	Pareto Opt.
D2	S1*	H6*	Y1*	87.92	23.32	3.12	Pareto Opt.

Ek Tablo 65. Gaziantep 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D4*	S1*	H4	Y2*	79.40	20.53	3.55	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	67.30	17.85	11.53	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2*	70.00	18.56	6.84	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2*	70.49	18.70	5.52	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	68.75	18.24	7.02	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	67.43	17.88	7.26	Pareto Opt.
D4*	S1*	H1	Y2*	121.20	36.59	2.84	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	69.13	18.34	6.96	Pareto Opt.
D4*	S1*	H3	Y2*	89.05	22.79	2.96	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	68.06	18.05	7.14	Pareto Opt.
D12	S1*	H4	Y2*	74.46	19.33	5.19	Pareto Opt.
D11	S1*	H4	Y2*	74.92	19.45	5.14	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	69.54	18.44	6.90	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	67.74	17.97	7.20	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	68.40	18.14	7.08	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y2*	75.08	19.91	4.52	Pareto Opt.

Ek Tablo 66. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (Gaziantep)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48.62	28.00	16.13	9.29	5.35	3.08	1.78
D2	52.16	30.04	17.30	9.97	5.74	3.31	1.90
D3	55.70	32.08	18.48	10.64	6.13	3.53	2.03
D4	59.24	34.12	19.65	11.32	6.52	3.76	2.16
D5	62.78	36.16	20.83	12.00	6.91	3.98	2.29
D6	66.32	38.20	22.00	12.67	7.30	4.20	2.42
D7	69.86	40.24	23.18	13.35	7.69	4.43	2.55
D8	73.40	42.27	24.35	14.03	8.08	4.65	2.68
D9	76.94	44.31	25.52	14.70	8.47	4.88	2.81
D10	80.48	46.35	26.70	15.38	8.86	5.10	2.94
D11	84.02	48.39	27.87	16.05	9.25	5.33	3.07
D12	87.56	50.43	29.05	16.73	9.64	5.55	3.20
D13	249.92	143.95	82.91	47.76	27.51	15.84	9.13
D14	253.46	145.99	84.09	48.43	27.90	16.07	9.25
D15	257.00	148.03	85.26	49.11	28.29	16.29	9.38
D16	260.54	150.06	86.44	49.79	28.68	16.52	9.51
D17	264.08	152.10	87.61	50.46	29.07	16.74	9.64
D18	267.62	154.14	88.78	51.14	29.45	16.97	9.77
D19	271.16	156.18	89.96	51.81	29.84	17.19	9.90
D20	274.70	158.22	91.13	52.49	30.23	17.41	10.03
D21	278.24	160.26	92.31	53.17	30.62	17.64	10.16
D22	281.78	162.30	93.48	53.84	31.01	17.86	10.29
D23	285.32	164.34	94.66	54.52	31.40	18.09	10.42
D24	288.86	166.38	95.83	55.20	31.79	18.31	10.55
S1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S2	775.94	446.93	257.43	148.27	85.40	49.19	28.33
H1	25.10	14.46	8.33	4.80	2.76	1.59	0.92
H2	50.93	29.34	16.90	9.73	5.61	3.23	1.86
H3	29.30	16.88	9.72	5.60	3.23	1.86	1.07
H4	58.06	33.44	19.26	11.09	6.39	3.68	2.12
H5	103.91	59.85	34.47	19.86	11.44	6.59	3.79
H6	132.29	76.20	43.89	25.28	14.56	8.39	4.83
Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y2	121.92	70.23	40.45	23.30	13.42	7.73	4.45
Elektrik	0.06777743	0.03903876	0.02248573	0.01295144	0.00745983	0.00429675	0.00247486
Doğalgaz	0.17668715	0.10176910	0.05861745	0.03376275	0.01944683	0.01120108	0.00645165
Kömür	0.16923076	0.09747433	0.05614373	0.03233793	0.01862615	0.01072838	0.00617938

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020'den alınmıştır.

Ek 10. Kırıkkale İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 67. Kırıkkale 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D9	S1*	H3*	Y1*	119,43	30,36	116,93	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y1*	93,29	24,74	199,67	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2	79,68	21,13	520,70	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y1*	94,16	24,98	196,35	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y1*	117,96	30,01	119,51	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2	81,30	21,56	318,00	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2	82,90	21,99	313,09	Pareto Opt.
D7	S1*	H3*	Y1*	121,23	30,80	114,80	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y1*	95,78	25,40	191,44	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y1*	96,44	25,58	153,32	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y1*	94,66	25,11	194,70	Pareto Opt.
D10	S1*	H3*	Y1*	118,67	30,18	118,19	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2	80,43	21,33	321,32	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y1*	95,19	25,25	193,06	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2	88,89	23,58	247,65	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y1*	93,72	24,86	198,01	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2	83,56	22,16	274,97	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2	81,79	21,69	316,35	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y1*	117,30	29,85	120,90	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2	80,85	21,45	319,66	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y1*	120,28	30,57	115,80	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2	80,02	21,23	322,99	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y1*	101,72	26,98	126,00	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3*	Y1*	123,50	31,34	76,77	Mevcut
D12	S2	H6	Y2	79,86	21,18	403,81	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y1*	92,88	24,64	201,34	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2	82,32	21,83	314,72	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2	79,85	21,18	439,88	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y1*	116,48	29,70	125,58	Pareto Opt.
D6	S1*	H3*	Y1*	122,28	31,05	113,93	Pareto Opt.

Ek Tablo 68. Kırıkkale 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D12	S2	H4*	Y2	96,76	24,65	180,15	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4*	Y1*	116,03	29,59	38,46	Mevcut
D12	S1*	H4*	Y1*	109,76	28,09	63,85	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y1*	114,81	29,30	59,87	Pareto Opt.
D24	S2	H4*	Y2	96,44	24,57	247,39	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y1*	111,13	28,42	62,29	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y2	97,20	24,75	133,92	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4*	Y2	103,46	26,26	108,54	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y1*	111,92	28,61	61,59	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y2	102,25	25,97	129,95	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y2	100,19	25,48	130,99	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y2	99,36	25,28	131,66	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y1*	113,71	29,04	60,34	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y2	101,15	25,71	130,41	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y1*	112,76	28,81	60,92	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y1*	110,43	28,25	63,05	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y2	98,57	25,09	132,36	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y2	97,87	24,92	133,13	Pareto Opt.

Ek Tablo 69. Kırıkkale 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D7	S1*	H6	Y2*	81,79	21,69	64,01	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	83,01	22,02	50,82	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2*	79,17	21,00	132,35	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	79,53	21,10	66,76	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	79,92	21,20	66,20	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	81,26	21,55	64,55	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	80,78	21,43	65,10	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	79,34	21,04	93,57	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	82,37	21,85	63,47	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	80,34	21,31	65,65	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y2*	102,43	26,02	41,05	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3	Y2*	109,85	27,75	34,77	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2*	88,36	23,44	41,76	Pareto Opt.

Ek Tablo 70. Kırıkkale 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D10	S1*	H4*	Y2	96,82	24,67	43,50	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y1*	109,50	28,04	20,26	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y2	99,25	25,26	42,82	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y1*	112,94	28,86	19,39	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4*	Y2	101,43	25,78	35,53	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y1*	110,25	28,22	20,01	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y1*	108,81	27,87	20,51	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y2	100,25	25,50	42,64	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y2	95,50	24,35	44,03	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y1*	111,94	28,62	19,57	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y2	96,12	24,50	43,76	Pareto Opt.
D24	S1*	H4*	Y2	95,23	24,29	66,35	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y2	97,56	24,85	43,26	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y2	98,37	25,05	43,03	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y1*	111,06	28,41	19,78	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4*	Y1*	114,12	29,15	12,28	Mevcut
D12	S1*	H4*	Y1*	108,18	27,72	20,79	Pareto Opt.

Ek Tablo 71. Kırıkkale 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D3	S1*	H4	Y2*	102,00	25,92	17,12	Pareto Opt.
D7	S1*	H3	Y2*	104,48	26,48	15,27	Pareto Opt.
D7	S1*	H5	Y2*	85,03	22,55	18,20	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	77,99	20,69	22,11	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	80,72	21,41	21,02	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	79,20	21,01	21,56	Pareto Opt.
D7	S1*	H4	Y2*	97,07	24,75	17,35	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	80,17	21,26	21,20	Pareto Opt.
D4	S1*	H4	Y2*	100,46	25,56	17,14	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	79,67	21,13	21,38	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3	Y2*	106,55	26,97	11,07	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y2*	99,18	25,25	13,17	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	77,88	20,66	31,01	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	78,52	20,83	21,93	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	81,34	21,57	16,82	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2*	86,35	22,90	13,81	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	78,77	20,89	21,75	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	77,83	20,64	34,98	Pareto Opt.

Ek Tablo 72. Kırıkkale 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D3	S1*	H6*	Y1*	94,63	25,10	3,34	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y2	77,22	20,48	12,04	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y1*	91,99	24,40	3,83	Pareto Opt.
D6	S1*	H6*	Y2	79,54	21,10	11,42	Pareto Opt.
D8	S1*	H6*	Y2	78,51	20,82	11,66	Pareto Opt.
D12	S1*	H6*	Y1*	89,84	23,83	4,45	Pareto Opt.
D6	S1*	H6*	Y1*	92,54	24,55	3,70	Pareto Opt.
D8	S1*	H6*	Y1*	91,50	24,27	3,95	Pareto Opt.
D1	S1*	H6*	Y2	83,68	22,20	10,82	Pareto Opt.
D5	S1*	H6*	Y2	80,14	21,26	11,29	Pareto Opt.
D24	S2	H6*	Y2	76,69	20,34	24,71	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y1*	90,21	23,93	4,33	Pareto Opt.
D4	S1*	H6*	Y2	80,83	21,44	11,17	Pareto Opt.
D10	S1*	H6*	Y1*	90,63	24,04	4,20	Pareto Opt.
D3	S1*	H6*	Y2	81,62	21,65	11,05	Pareto Opt.
D24	S1*	H6*	Y2	76,69	20,34	19,58	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y2	79,00	20,95	11,54	Pareto Opt.
D2	S1*	H6*	Y2	82,55	21,89	10,94	Pareto Opt.
D1	S1*	H6*	Y1*	96,71	25,65	3,11	Pareto Opt.
D9	S1*	H6*	Y1*	91,05	24,15	4,08	Pareto Opt.
D4	S1*	H6*	Y1*	93,84	24,89	3,46	Pareto Opt.
D12	S1*	H6*	Y2	76,86	20,38	12,16	Pareto Opt.
D2	S1*	H6*	Y1*	95,57	25,35	3,22	Pareto Opt.
D5	S1*	H6*	Y1*	93,14	24,71	3,58	Pareto Opt.
D9	S1*	H6*	Y2	78,06	20,70	11,79	Pareto Opt.

Ek Tablo 73. Kırıkkale 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D6*	S1*	H5	Y2*	84,12	22,31	4,56	Pareto Opt.
D6*	S1*	H4	Y2*	95,13	24,29	4,19	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	76,70	20,34	10,28	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	77,12	20,45	7,27	Pareto Opt.
D6*	S1*	H3	Y2*	102,80	26,08	3,51	Pareto Opt.
D6*	S1*	H6	Y2*	79,43	21,07	5,56	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	76,74	20,35	7,33	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	77,52	20,56	7,21	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	76,58	20,31	11,60	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	77,94	20,67	7,15	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	78,89	20,92	7,03	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	78,39	20,79	7,09	Pareto Opt.

Ek Tablo 74. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (Kırıkkale)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48,62	28,00	16,13	9,29	5,35	3,08	1,78
D2	52,16	30,04	17,30	9,97	5,74	3,31	1,90
D3	55,70	32,08	18,48	10,64	6,13	3,53	2,03
D4	59,24	34,12	19,65	11,32	6,52	3,76	2,16
D5	62,78	36,16	20,83	12,00	6,91	3,98	2,29
D6	66,32	38,20	22,00	12,67	7,30	4,20	2,42
D7	69,86	40,24	23,18	13,35	7,69	4,43	2,55
D8	73,40	42,27	24,35	14,03	8,08	4,65	2,68
D9	76,94	44,31	25,52	14,70	8,47	4,88	2,81
D10	80,48	46,35	26,70	15,38	8,86	5,10	2,94
D11	84,02	48,39	27,87	16,05	9,25	5,33	3,07
D12	87,56	50,43	29,05	16,73	9,64	5,55	3,20
D13	249,92	143,95	82,91	47,76	27,51	15,84	9,13
D14	253,46	145,99	84,09	48,43	27,90	16,07	9,25
D15	257,00	148,03	85,26	49,11	28,29	16,29	9,38
D16	260,54	150,06	86,44	49,79	28,68	16,52	9,51
D17	264,08	152,10	87,61	50,46	29,07	16,74	9,64
D18	267,62	154,14	88,78	51,14	29,45	16,97	9,77
D19	271,16	156,18	89,96	51,81	29,84	17,19	9,90
D20	274,70	158,22	91,13	52,49	30,23	17,41	10,03
D21	278,24	160,26	92,31	53,17	30,62	17,64	10,16
D22	281,78	162,30	93,48	53,84	31,01	17,86	10,29
D23	285,32	164,34	94,66	54,52	31,40	18,09	10,42
D24	288,86	166,38	95,83	55,20	31,79	18,31	10,55
S1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S2	775,94	446,93	257,43	148,27	85,40	49,19	28,33
H1	25,16	14,49	8,35	4,81	2,77	1,59	0,92
H2	51,05	29,41	16,94	9,76	5,62	3,24	1,86
H3	29,37	16,92	9,74	5,61	3,23	1,86	1,07
H4	58,20	33,52	19,31	11,12	6,41	3,69	2,13
H5	104,16	60,00	34,56	19,90	11,46	6,60	3,80
H6	132,61	76,38	43,99	25,34	14,60	8,41	4,84
Y1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y2	122,22	70,40	40,55	23,35	13,45	7,75	4,46
Elektrik	0,06777743	0,03903876	0,02248573	0,01295144	0,00745983	0,00429675	0,00247486
Doğalgaz	0,17668715	0,10176910	0,05861745	0,03376275	0,01944683	0,01120108	0,00645165
Kömür	0,16923076	0,09747433	0,05614373	0,03233793	0,01862615	0,01072838	0,00617938

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020’den alınmıştır.

Ek 11. Sivas İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 75. Sivas 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D9	S1*	H6	Y1*	98,75	26,19	198,25	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y1*	97,74	25,92	201,54	Pareto Opt.
D8*	S1*	H3*	Y1*	130,28	32,91	86,29	Mevcut
D8*	S1*	H6	Y1*	99,31	26,34	153,94	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2	84,34	22,37	325,70	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2	84,03	22,29	406,49	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2	85,26	22,61	322,40	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2	84,78	22,49	324,05	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y1*	97,29	25,81	203,20	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2	83,83	22,24	523,37	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y1*	98,22	26,05	199,89	Pareto Opt.
D8*	S1*	H6	Y2	86,34	22,90	276,44	Pareto Opt.
D8*	S1*	H5	Y2	92,38	24,50	249,28	Pareto Opt.
D8*	S1*	H5	Y1*	105,29	27,93	126,77	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2	85,78	22,75	320,76	Pareto Opt.
D8*	S1*	H4	Y1*	123,63	31,36	135,54	Pareto Opt.

Ek Tablo 76. Sivas 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D11	S1*	H4*	Y2	107,18	27,09	140,82	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y2	109,00	27,53	139,59	Pareto Opt.
D8*	S1*	H4*	Y2	110,01	27,77	114,48	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y1*	119,21	30,30	70,99	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y1*	121,78	30,92	69,03	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y1*	120,84	30,69	69,63	Pareto Opt.
D12	S2	H4*	Y2	106,01	26,81	187,80	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y2	106,42	26,91	141,55	Pareto Opt.
D8*	S1*	H4*	Y1*	122,79	31,16	43,92	Mevcut
D10	S1*	H4*	Y2	108,06	27,30	140,19	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y1*	119,96	30,48	70,26	Pareto Opt.

Ek Tablo 77. Sivas 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D10	S1*	H6	Y2*	84,04	22,29	66,24	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	82,90	21,99	94,15	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	83,12	22,05	67,34	Pareto Opt.
D8*	S1*	H3	Y2*	115,62	29,08	37,58	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2*	82,71	21,94	132,92	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	84,56	22,43	65,70	Pareto Opt.
D8*	S1*	H5	Y2*	91,12	24,17	41,98	Pareto Opt.
D8*	S1*	H6	Y2*	85,12	22,58	50,99	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	83,56	22,16	66,79	Pareto Opt.

Ek Tablo 78. Sivas 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S1*	H4*	Y1*	116,74	29,73	22,07	Pareto Opt.
D8*	S1*	H4*	Y2	105,63	26,74	36,92	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y1*	117,64	29,95	21,87	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y1*	115,20	29,36	22,55	Pareto Opt.
D8*	S1*	H4*	Y1*	118,59	30,18	13,52	Mevcut
D11	S1*	H4*	Y2	102,98	26,10	45,71	Pareto Opt.
D24	S2	H4*	Y2	101,53	25,75	83,61	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y2	104,69	26,51	45,28	Pareto Opt.
D12	S2	H4*	Y2	101,83	25,83	61,30	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y2	103,79	26,30	45,48	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y2	102,25	25,92	45,96	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y1*	115,94	29,54	22,30	Pareto Opt.

Ek Tablo 79. Sivas 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D8*	S1*	H6	Y2*	83,52	22,15	16,88	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	81,66	21,66	22,31	Pareto Opt.
D8*	S1*	H3	Y2*	112,42	28,32	12,03	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	83,00	22,01	21,76	Pareto Opt.
D8*	S1*	H5	Y2*	89,27	23,68	13,89	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	82,08	21,77	22,13	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	82,52	21,89	21,94	Pareto Opt.

Ek Tablo 80. Sivas 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D2	S1*	H5*	Y1*	106,71	28,30	3,38	Pareto Opt.
D10	S1*	H5*	Y2	86,66	22,98	12,09	Pareto Opt.
D12	S2	H5*	Y1*	98,86	26,22	9,70	Pareto Opt.
D12	S1*	H5*	Y2	85,68	22,72	12,34	Pareto Opt.
D6	S1*	H5*	Y1*	102,43	27,17	3,84	Pareto Opt.
D9	S1*	H5*	Y1*	100,44	26,64	4,20	Pareto Opt.
D7	S1*	H5*	Y1*	101,70	26,97	3,96	Pareto Opt.
D4	S1*	H5*	Y1*	104,22	27,64	3,60	Pareto Opt.
D12	S1*	H5*	Y1*	98,90	26,23	4,57	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y2	86,15	22,85	12,22	Pareto Opt.
D24	S2	H5*	Y2	85,45	22,66	24,88	Pareto Opt.
D7	S1*	H5*	Y2	88,45	23,46	11,73	Pareto Opt.
D6	S1*	H5*	Y2	89,18	23,65	11,61	Pareto Opt.
D12	S2	H5*	Y2	85,66	22,72	17,47	Pareto Opt.
D9	S1*	H5*	Y2	87,20	23,13	11,97	Pareto Opt.
D4	S1*	H5*	Y2	90,96	24,13	11,37	Pareto Opt.
D10	S1*	H5*	Y1*	99,89	26,49	4,33	Pareto Opt.
D1	S1*	H5*	Y2	95,11	25,23	11,03	Pareto Opt.
D5	S1*	H5*	Y1*	103,27	27,39	3,72	Pareto Opt.
D8	S1*	H5*	Y2	87,80	23,29	11,85	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y1*	99,38	26,36	4,45	Pareto Opt.
D1	S1*	H5*	Y1*	108,41	28,75	3,27	Pareto Opt.
D24	S1*	H5*	Y2	85,47	22,67	19,76	Pareto Opt.
D5	S1*	H5*	Y2	90,01	23,87	11,49	Pareto Opt.
D8	S1*	H5*	Y1*	101,04	26,80	4,08	Pareto Opt.
D2	S1*	H5*	Y2	93,42	24,78	11,14	Pareto Opt.
D3	S1*	H5*	Y1*	105,35	27,94	3,49	Pareto Opt.
D3	S1*	H5*	Y2	92,07	24,42	11,25	Pareto Opt.

Ek Tablo 81. Sivas 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D10*	S1*	H4	Y2*	100,36	25,49	4,47	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2*	80,13	21,25	14,61	Pareto Opt.
D10*	S1*	H6	Y2*	81,28	21,56	5,56	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	80,41	21,33	7,39	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	80,83	21,44	7,33	Pareto Opt.
D10*	S1*	H5	Y2*	86,43	22,92	4,57	Pareto Opt.
D10*	S1*	H3	Y2*	107,63	27,19	3,77	Pareto Opt.

Ek Tablo 82. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (Sivas)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48,62	28,00	16,13	9,29	5,35	3,08	1,78
D2	52,16	30,04	17,30	9,97	5,74	3,31	1,90
D3	55,70	32,08	18,48	10,64	6,13	3,53	2,03
D4	59,24	34,12	19,65	11,32	6,52	3,76	2,16
D5	62,78	36,16	20,83	12,00	6,91	3,98	2,29
D6	66,32	38,20	22,00	12,67	7,30	4,20	2,42
D7	69,86	40,24	23,18	13,35	7,69	4,43	2,55
D8	73,40	42,27	24,35	14,03	8,08	4,65	2,68
D9	76,94	44,31	25,52	14,70	8,47	4,88	2,81
D10	80,48	46,35	26,70	15,38	8,86	5,10	2,94
D11	84,02	48,39	27,87	16,05	9,25	5,33	3,07
D12	87,56	50,43	29,05	16,73	9,64	5,55	3,20
D13	249,92	143,95	82,91	47,76	27,51	15,84	9,13
D14	253,46	145,99	84,09	48,43	27,90	16,07	9,25
D15	257,00	148,03	85,26	49,11	28,29	16,29	9,38
D16	260,54	150,06	86,44	49,79	28,68	16,52	9,51
D17	264,08	152,10	87,61	50,46	29,07	16,74	9,64
D18	267,62	154,14	88,78	51,14	29,45	16,97	9,77
D19	271,16	156,18	89,96	51,81	29,84	17,19	9,90
D20	274,70	158,22	91,13	52,49	30,23	17,41	10,03
D21	278,24	160,26	92,31	53,17	30,62	17,64	10,16
D22	281,78	162,30	93,48	53,84	31,01	17,86	10,29
D23	285,32	164,34	94,66	54,52	31,40	18,09	10,42
D24	288,86	166,38	95,83	55,20	31,79	18,31	10,55
S1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S2	775,94	446,93	257,43	148,27	85,40	49,19	28,33
H1	25,33	14,59	8,40	4,84	2,79	1,61	0,93
H2	51,41	29,61	17,06	9,82	5,66	3,26	1,88
H3	29,58	17,04	9,81	5,65	3,26	1,88	1,08
H4	58,61	33,76	19,44	11,20	6,45	3,72	2,14
H5	104,89	60,41	34,80	20,04	11,54	6,65	3,83
H6	133,54	76,91	44,30	25,52	14,70	8,47	4,88
Y1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y2	123,07	70,89	40,83	23,52	13,55	7,80	4,49
Elektrik	0,06777743	0,03903876	0,02248573	0,01295144	0,00745983	0,00429675	0,00247486
Doğalgaz	0,17668715	0,10176910	0,05861745	0,03376275	0,01944683	0,01120108	0,00645165
Kömür	0,16923076	0,09747433	0,05614373	0,03233793	0,01862615	0,01072838	0,00617938

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020’den alınmıştır.

Ek 12. Trabzon İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 83. Trabzon 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D9	S1*	H6	Y2	74,45	19,75	315,99	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y1*	84,80	22,49	194,34	Pareto Opt.
D5*	S1*	H2	Y1*	131,86	38,46	72,38	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2	73,40	19,47	437,95	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y1*	86,35	22,90	151,15	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3	Y1*	102,80	26,49	78,86	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y1*	85,15	22,59	192,66	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2	75,99	20,15	272,80	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2	73,82	19,58	319,37	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y1*	96,09	24,92	98,82	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y1*	84,17	22,33	197,71	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2	75,16	19,93	312,64	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y1*	89,99	23,87	123,48	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y1*	83,87	22,25	199,40	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2	75,55	20,04	310,97	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y1*	85,52	22,68	190,99	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2	74,80	19,84	314,31	Pareto Opt.
D5*	S1*	H1	Y1*	134,66	39,77	50,04	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y1*	85,91	22,79	189,32	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2	79,66	21,13	245,14	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2	73,53	19,50	321,06	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y1*	84,48	22,41	196,02	Pareto Opt.

Ek Tablo 84. Trabzon 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D12	S1*	H2*	Y2	116,08	33,52	123,19	Pareto Opt.
D6	S1*	H2*	Y1*	130,40	37,84	48,09	Pareto Opt.
D5*	S1*	H2*	Y2	121,22	35,54	96,49	Pareto Opt.
D24	S1*	H2*	Y2	115,83	33,42	190,50	Pareto Opt.
D7	S1*	H2*	Y2	119,44	34,82	118,91	Pareto Opt.
D6	S1*	H2*	Y2	120,26	35,15	118,16	Pareto Opt.
D8	S1*	H2*	Y2	118,64	34,50	119,68	Pareto Opt.
D12	S1*	H2*	Y1*	126,22	36,21	53,12	Pareto Opt.
D8	S1*	H2*	Y1*	128,79	37,19	49,61	Pareto Opt.
D5*	S1*	H2*	Y1*	131,37	38,23	26,42	Mevcut
D9	S1*	H2*	Y1*	128,08	36,91	50,43	Pareto Opt.
D10	S1*	H2*	Y1*	127,40	36,65	51,29	Pareto Opt.
D9	S1*	H2*	Y2	117,93	34,22	120,50	Pareto Opt.
D7	S1*	H2*	Y1*	129,59	37,51	48,84	Pareto Opt.
D10	S1*	H2*	Y2	117,26	33,96	121,36	Pareto Opt.
D11	S1*	H2*	Y1*	126,81	36,43	52,20	Pareto Opt.
D11	S1*	H2*	Y2	116,66	33,74	122,27	Pareto Opt.
D12	S2	H2*	Y2	116,07	33,51	169,75	Pareto Opt.
D24	S2	H2*	Y2	115,76	33,39	237,03	Pareto Opt.

Ek Tablo 85. Trabzon 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D12	S1*	H6	Y2*	72,91	19,34	66,11	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	72,78	19,30	104,89	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	74,82	19,84	62,75	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	74,45	19,75	63,31	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3	Y2*	90,87	23,38	25,40	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	74,11	19,66	63,86	Pareto Opt.
D5*	S1*	H1	Y2*	121,67	35,76	23,77	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y2*	84,21	21,82	32,05	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2*	78,75	20,89	40,90	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	73,19	19,41	65,54	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	73,49	19,49	64,98	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	73,79	19,57	64,42	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	75,22	19,95	50,09	Pareto Opt.

Ek Tablo 86. Trabzon 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D10	S1*	H3*	Y2	87,50	22,57	40,55	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y1*	98,12	25,37	16,98	Pareto Opt.
D6	S1*	H3*	Y1*	99,64	25,75	16,07	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y2	87,10	22,47	40,88	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3*	Y2	90,06	23,19	32,06	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y1*	97,28	25,17	17,63	Pareto Opt.
D7	S1*	H3*	Y2	88,91	22,91	39,61	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3*	Y1*	100,24	25,89	8,81	Mevcut
D10	S1*	H3*	Y1*	97,68	25,27	17,30	Pareto Opt.
D6	S1*	H3*	Y2	89,46	23,05	39,32	Pareto Opt.
D7	S1*	H3*	Y1*	99,09	25,61	16,36	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y2	86,72	22,37	41,21	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y1*	98,58	25,49	16,67	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y2	88,40	22,79	39,91	Pareto Opt.
D24	S1*	H3*	Y2	86,55	22,33	63,56	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y2	87,94	22,67	40,23	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y1*	96,89	25,07	17,96	Pareto Opt.

Ek Tablo 87. Trabzon 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D7	S1*	H6	Y2*	73,27	19,43	20,98	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	74,01	19,63	16,59	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2*	77,60	20,58	13,54	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	72,34	19,19	21,53	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	73,63	19,53	20,79	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	71,79	19,04	21,91	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	71,67	19,01	34,77	Pareto Opt.
D5*	S1*	H1	Y2*	118,52	34,31	7,46	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3	Y2*	88,90	22,92	8,15	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y2*	81,85	21,27	10,30	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	72,95	19,35	21,16	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	72,64	19,27	21,35	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	72,06	19,11	21,72	Pareto Opt.

Ek Tablo 88. Trabzon 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D2	S1*	H5*	Y2	78,83	20,91	10,85	Pareto Opt.
D4	S1*	H5*	Y1*	88,08	23,36	3,38	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y2	75,32	19,98	11,98	Pareto Opt.
D2	S1*	H5*	Y1*	89,17	23,65	3,14	Pareto Opt.
D6	S1*	H5*	Y2	76,91	20,40	11,34	Pareto Opt.
D6	S1*	H5*	Y1*	87,24	23,14	3,63	Pareto Opt.
D12	S1*	H5*	Y1*	85,35	22,64	4,39	Pareto Opt.
D5	S1*	H5*	Y2	77,31	20,51	11,22	Pareto Opt.
D24	S1*	H5*	Y2	74,92	19,87	19,52	Pareto Opt.
D7	S1*	H5*	Y1*	86,88	23,04	3,76	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y1*	85,63	22,71	4,26	Pareto Opt.
D8	S1*	H5*	Y1*	86,54	22,96	3,88	Pareto Opt.
D5	S1*	H5*	Y1*	87,63	23,24	3,51	Pareto Opt.
D10	S1*	H5*	Y1*	85,92	22,79	4,14	Pareto Opt.
D1	S1*	H5*	Y2	79,52	21,09	10,73	Pareto Opt.
D4	S1*	H5*	Y2	77,75	20,62	11,10	Pareto Opt.
D3	S1*	H5*	Y1*	88,59	23,50	3,26	Pareto Opt.
D3	S1*	H5*	Y2	78,25	20,76	10,97	Pareto Opt.
D7	S1*	H5*	Y2	76,56	20,31	11,47	Pareto Opt.
D1	S1*	H5*	Y1*	89,87	23,84	3,02	Pareto Opt.
D10	S1*	H5*	Y2	75,61	20,05	11,85	Pareto Opt.
D12	S1*	H5*	Y2	75,04	19,90	12,10	Pareto Opt.
D9	S1*	H5*	Y1*	86,23	22,87	4,01	Pareto Opt.

Ek Tablo 89. Trabzon 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S1*	H6	Y2*	71,74	19,03	7,14	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	73,35	19,45	5,50	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	72,64	19,27	6,95	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y2*	80,27	20,90	3,34	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2*	76,78	20,37	4,49	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	72,98	19,36	6,89	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	71,09	18,86	11,53	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	72,32	19,18	7,02	Pareto Opt.
D5*	S1*	H1	Y2*	116,07	33,16	2,36	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	72,02	19,10	7,08	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3	Y2*	87,43	22,58	2,63	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	71,47	18,96	7,20	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	71,20	18,89	7,26	Pareto Opt.

Ek Tablo 90. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (Trabzon)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48,62	28,00	16,13	9,29	5,35	3,08	1,78
D2	52,16	30,04	17,30	9,97	5,74	3,31	1,90
D3	55,70	32,08	18,48	10,64	6,13	3,53	2,03
D4	59,24	34,12	19,65	11,32	6,52	3,76	2,16
D5	62,78	36,16	20,83	12,00	6,91	3,98	2,29
D6	66,32	38,20	22,00	12,67	7,30	4,20	2,42
D7	69,86	40,24	23,18	13,35	7,69	4,43	2,55
D8	73,40	42,27	24,35	14,03	8,08	4,65	2,68
D9	76,94	44,31	25,52	14,70	8,47	4,88	2,81
D10	80,48	46,35	26,70	15,38	8,86	5,10	2,94
D11	84,02	48,39	27,87	16,05	9,25	5,33	3,07
D12	87,56	50,43	29,05	16,73	9,64	5,55	3,20
D13	249,92	143,95	82,91	47,76	27,51	15,84	9,13
D14	253,46	145,99	84,09	48,43	27,90	16,07	9,25
D15	257,00	148,03	85,26	49,11	28,29	16,29	9,38
D16	260,54	150,06	86,44	49,79	28,68	16,52	9,51
D17	264,08	152,10	87,61	50,46	29,07	16,74	9,64
D18	267,62	154,14	88,78	51,14	29,45	16,97	9,77
D19	271,16	156,18	89,96	51,81	29,84	17,19	9,90
D20	274,70	158,22	91,13	52,49	30,23	17,41	10,03
D21	278,24	160,26	92,31	53,17	30,62	17,64	10,16
D22	281,78	162,30	93,48	53,84	31,01	17,86	10,29
D23	285,32	164,34	94,66	54,52	31,40	18,09	10,42
D24	288,86	166,38	95,83	55,20	31,79	18,31	10,55
S1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S2	775,94	446,93	257,43	148,27	85,40	49,19	28,33
H1	25,16	14,49	8,35	4,81	2,77	1,59	0,92
H2	51,05	29,41	16,94	9,76	5,62	3,24	1,86
H3	29,37	16,92	9,74	5,61	3,23	1,86	1,07
H4	58,20	33,52	19,31	11,12	6,41	3,69	2,13
H5	104,16	60,00	34,56	19,90	11,46	6,60	3,80
H6	132,61	76,38	43,99	25,34	14,60	8,41	4,84
Y1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y2	122,22	70,40	40,55	23,35	13,45	7,75	4,46
Elektrik	0,06777743	0,03903876	0,02248573	0,01295144	0,00745983	0,00429675	0,00247486
Doğalgaz	0,17668715	0,10176910	0,05861745	0,03376275	0,01944683	0,01120108	0,00645165
Kömür	0,16923076	0,09747433	0,05614373	0,03233793	0,01862615	0,01072838	0,00617938

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020’den alınmıştır.

Ek 13. Bayburt İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 91. Bayburt 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D5*	S1*	H6	Y1*	99.58	26.41	153.99	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y1*	106.42	28.23	127.01	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3*	Y1*	147.70	37.01	108.46	Mevcut
D10	S1*	H6	Y1*	96.81	25.68	198.67	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y1*	98.91	26.23	192.11	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2	84.29	22.35	320.32	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2	87.04	23.09	275.65	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2	86.37	22.91	313.76	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2	84.75	22.48	318.67	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y1*	97.77	25.93	195.37	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y1*	98.31	26.08	193.73	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y1*	97.27	25.80	197.02	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2	93.87	24.90	248.66	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2	85.24	22.61	317.02	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y1*	95.95	25.45	202.00	Pareto Opt.
D23	S1*	H6	Y2	83.68	22.19	438.88	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y1*	96.37	25.56	200.33	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2	85.78	22.75	315.39	Pareto Opt.

Ek Tablo 92. Bayburt 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D12	S1*	H5*	Y2	88.99	23.60	111.96	Pareto Opt.
D10	S1*	H5*	Y2	89.93	23.85	109.70	Pareto Opt.
D10	S1*	H5*	Y1*	102.48	27.18	39.63	Pareto Opt.
D12	S2	H5*	Y2	88.48	23.47	158.46	Pareto Opt.
D12	S1*	H5*	Y1*	101.53	26.93	41.89	Pareto Opt.
D6	S1*	H5*	Y1*	104.91	27.83	35.19	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5*	Y2	93.12	24.70	83.14	Pareto Opt.
D8	S1*	H5*	Y1*	103.59	27.48	37.40	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y2	89.44	23.72	110.83	Pareto Opt.
D9	S1*	H5*	Y1*	103.01	27.32	38.51	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y1*	101.99	27.05	40.76	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5*	Y1*	105.69	28.03	13.07	Mevcut
D7	S1*	H5*	Y1*	104.22	27.64	36.29	Pareto Opt.
D24	S2	H5*	Y2	88.28	23.42	225.86	Pareto Opt.
D6	S1*	H5*	Y2	92.34	24.49	105.26	Pareto Opt.
D9	S1*	H5*	Y2	90.46	23.99	108.58	Pareto Opt.
D8	S1*	H5*	Y2	91.04	24.15	107.47	Pareto Opt.
D7	S1*	H5*	Y2	91.66	24.31	106.36	Pareto Opt.
D11	S2	H5*	Y2	88.94	23.59	157.34	Pareto Opt.

Ek Tablo 93. Bayburt 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D5*	S1*	H5	Y2*	93.18	24.72	42.09	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	82.77	21.95	93.80	Pareto Opt.
D11	S2	H6	Y2*	83.18	22.06	93.24	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	85.05	22.56	64.81	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	85.58	22.70	64.26	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	86.16	22.85	63.72	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	83.68	22.19	66.45	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	84.56	22.43	65.35	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	83.28	22.09	67.01	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	86.81	23.03	51.08	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	84.11	22.31	65.90	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2*	82.60	21.91	132.57	Pareto Opt.

Ek Tablo 94. Bayburt 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S1*	H6*	Y1*	95.21	25.25	12.85	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y2	82.15	21.79	36.47	Pareto Opt.
D12	S1*	H6*	Y1*	94.41	25.04	13.60	Pareto Opt.
D8	S1*	H6*	Y1*	96.13	25.50	12.10	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6*	Y1*	97.86	25.96	4.02	Mevcut
D24	S2	H6*	Y2	81.21	21.54	74.65	Pareto Opt.
D9	S1*	H6*	Y1*	95.65	25.37	12.47	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y1*	94.80	25.14	13.23	Pareto Opt.
D6	S1*	H6*	Y2	84.55	22.43	34.61	Pareto Opt.
D6	S1*	H6*	Y1*	97.22	25.79	11.36	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6*	Y2	85.18	22.59	27.26	Pareto Opt.
D9	S1*	H6*	Y2	82.99	22.01	35.72	Pareto Opt.
D12	S2	H6*	Y2	81.39	21.59	52.29	Pareto Opt.
D8	S1*	H6*	Y2	83.47	22.14	35.35	Pareto Opt.
D10	S1*	H6*	Y2	82.56	21.90	36.10	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y1*	96.65	25.64	11.73	Pareto Opt.
D12	S1*	H6*	Y2	81.76	21.69	36.85	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y2	83.98	22.27	34.97	Pareto Opt.

Ek Tablo 95. Bayburt 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D7	S1*	H6	Y2*	83.86	22.24	21.28	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	85.04	22.56	16.91	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	83.34	22.11	21.46	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2*	91.52	24.27	13.93	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	84.41	22.39	21.10	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	82.03	21.76	22.01	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	82.44	21.87	21.83	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	81.65	21.65	22.19	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	81.25	21.55	31.08	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	82.87	21.98	21.64	Pareto Opt.

Ek Tablo 96. Bayburt 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S1*	H6*	Y2	81.86	21.71	11.97	Pareto Opt.
D12	S2	H6*	Y2	80.72	21.41	17.34	Pareto Opt.
D4	S1*	H6*	Y1*	97.88	25.96	3.52	Pareto Opt.
D12	S2	H6*	Y1*	93.49	24.80	9.63	Pareto Opt.
D12	S1*	H6*	Y2	81.08	21.50	12.22	Pareto Opt.
D6	S1*	H6*	Y1*	96.58	25.62	3.76	Pareto Opt.
D12	S1*	H6*	Y1*	93.85	24.89	4.51	Pareto Opt.
D1	S1*	H6*	Y2	87.96	23.33	10.88	Pareto Opt.
D9	S1*	H6*	Y1*	95.06	25.22	4.13	Pareto Opt.
D4	S1*	H6*	Y2	85.08	22.57	11.23	Pareto Opt.
D10	S1*	H6*	Y1*	94.64	25.10	4.25	Pareto Opt.
D6	S1*	H6*	Y2	83.79	22.22	11.47	Pareto Opt.
D8	S1*	H6*	Y2	82.74	21.95	11.72	Pareto Opt.
D8	S1*	H6*	Y1*	95.52	25.34	4.01	Pareto Opt.
D1	S1*	H6*	Y1*	100.78	26.73	3.16	Pareto Opt.
D2	S1*	H6*	Y1*	99.63	26.43	3.28	Pareto Opt.
D3	S1*	H6*	Y2	85.89	22.78	11.11	Pareto Opt.
D5	S1*	H6*	Y1*	97.19	25.78	3.64	Pareto Opt.
D9	S1*	H6*	Y2	82.29	21.82	11.84	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y1*	96.03	25.47	3.88	Pareto Opt.
D3	S1*	H6*	Y1*	98.69	26.18	3.40	Pareto Opt.
D24	S2	H6*	Y2	80.55	21.36	24.76	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y1*	94.23	24.99	4.38	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y2	83.24	22.08	11.59	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y2	81.46	21.61	12.09	Pareto Opt.
D5	S1*	H6*	Y2	84.40	22.39	11.35	Pareto Opt.
D2	S1*	H6*	Y2	86.81	23.03	10.99	Pareto Opt.

Ek Tablo 97. Bayburt 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D6	S1*	H6	Y2*	83.83	22.23	7.00	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	83.26	22.08	7.06	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2*	90.48	24.00	4.61	Pareto Opt.
D23	S2	H6	Y2*	80.98	21.48	14.52	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	81.42	21.59	7.30	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	81.03	21.49	7.36	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	81.83	21.70	7.24	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	84.45	22.40	5.61	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	82.27	21.82	7.18	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	82.74	21.95	7.12	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3	Y2*	125.74	31.48	4.58	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2*	80.58	21.37	14.58	Pareto Opt.

Ek Tablo 98. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (Bayburt)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48.62	28.00	16.13	9.29	5.35	3.08	1.78
D2	52.16	30.04	17.30	9.97	5.74	3.31	1.90
D3	55.70	32.08	18.48	10.64	6.13	3.53	2.03
D4	59.24	34.12	19.65	11.32	6.52	3.76	2.16
D5	62.78	36.16	20.83	12.00	6.91	3.98	2.29
D6	66.32	38.20	22.00	12.67	7.30	4.20	2.42
D7	69.86	40.24	23.18	13.35	7.69	4.43	2.55
D8	73.40	42.27	24.35	14.03	8.08	4.65	2.68
D9	76.94	44.31	25.52	14.70	8.47	4.88	2.81
D10	80.48	46.35	26.70	15.38	8.86	5.10	2.94
D11	84.02	48.39	27.87	16.05	9.25	5.33	3.07
D12	87.56	50.43	29.05	16.73	9.64	5.55	3.20
D13	249.92	143.95	82.91	47.76	27.51	15.84	9.13
D14	253.46	145.99	84.09	48.43	27.90	16.07	9.25
D15	257.00	148.03	85.26	49.11	28.29	16.29	9.38
D16	260.54	150.06	86.44	49.79	28.68	16.52	9.51
D17	264.08	152.10	87.61	50.46	29.07	16.74	9.64
D18	267.62	154.14	88.78	51.14	29.45	16.97	9.77
D19	271.16	156.18	89.96	51.81	29.84	17.19	9.90
D20	274.70	158.22	91.13	52.49	30.23	17.41	10.03
D21	278.24	160.26	92.31	53.17	30.62	17.64	10.16
D22	281.78	162.30	93.48	53.84	31.01	17.86	10.29
D23	285.32	164.34	94.66	54.52	31.40	18.09	10.42
D24	288.86	166.38	95.83	55.20	31.79	18.31	10.55
S1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S2	775.94	446.93	257.43	148.27	85.40	49.19	28.33
H1	25.16	14.49	8.35	4.81	2.77	1.59	0.92
H2	51.05	29.41	16.94	9.76	5.62	3.24	1.86
H3	29.37	16.92	9.74	5.61	3.23	1.86	1.07
H4	58.20	33.52	19.31	11.12	6.41	3.69	2.13
H5	104.16	60.00	34.56	19.90	11.46	6.60	3.80
H6	132.61	76.38	43.99	25.34	14.60	8.41	4.84
Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y2	122.22	70.40	40.55	23.35	13.45	7.75	4.46
Elektrik	0.06777743	0.03903876	0.02248573	0.01295144	0.00745983	0.00429675	0.00247486
Doğalgaz	0.17668715	0.10176910	0.05861745	0.03376275	0.01944683	0.01120108	0.00645165
Kömür	0.16923076	0.09747433	0.05614373	0.03233793	0.01862615	0.01072838	0.00617938

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020'den alınmıştır.

Ek 14. Çanakkale İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 99. Çanakkale 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D6	S1*	H6	Y2	76.85	20.38	311.09	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y1*	105.92	27.18	105.89	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y1*	88.87	23.57	191.39	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y1*	88.46	23.46	193.05	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y1*	89.81	23.82	188.08	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y1*	106.42	27.31	104.29	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2	75.62	20.06	316.09	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y1*	87.71	23.27	196.40	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y1*	89.32	23.69	189.73	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2	76.40	20.27	312.75	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2	76.00	20.16	314.41	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2	77.33	20.51	309.44	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y1*	108.15	27.73	99.81	Pareto Opt.
D6	S1*	H3*	Y1*	109.59	28.08	97.19	Pareto Opt.
D4*	S1*	H3*	Y1*	111.45	28.52	60.67	Mevcut
D9	S1*	H6	Y1*	88.08	23.36	194.73	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y1*	90.36	23.97	152.00	Pareto Opt.
D5	S1*	H3*	Y1*	110.45	28.28	96.07	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y1*	87.05	23.09	199.77	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2	74.60	19.79	321.13	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y1*	104.29	26.85	109.37	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2	74.60	19.79	401.99	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2	74.93	19.87	319.45	Pareto Opt.
D11	S1*	H4	Y2	86.79	22.33	273.22	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2	77.88	20.66	273.36	Pareto Opt.
D7	S1*	H3*	Y1*	108.83	27.89	98.45	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y1*	107.52	27.57	101.23	Pareto Opt.
D10	S1*	H3*	Y1*	106.95	27.44	102.73	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2	74.46	19.75	438.03	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y1*	87.38	23.18	198.08	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y1*	94.69	25.12	124.48	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2	75.26	19.96	317.76	Pareto Opt.

Ek Tablo 100. Çanakkale 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D10	S1*	H4*	Y2	85.69	22.07	122.32	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4*	Y2	90.16	23.16	98.07	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y1*	98.08	25.36	52.42	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y2	88.34	22.72	119.13	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4*	Y1*	102.56	26.44	28.17	Mevcut
D8	S1*	H4*	Y2	86.87	22.36	120.62	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y2	84.67	21.82	124.15	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y1*	99.26	25.65	50.72	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y1*	100.73	26.00	49.23	Pareto Opt.
D5	S1*	H4*	Y2	89.15	22.91	118.45	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y1*	98.66	25.50	51.56	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y2	87.57	22.53	119.85	Pareto Opt.
D5	S1*	H4*	Y1*	101.55	26.20	48.55	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y2	85.15	21.94	123.22	Pareto Opt.
D12	S2	H4*	Y2	84.64	21.82	170.70	Pareto Opt.
D24	S2	H4*	Y2	84.46	21.77	238.04	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y1*	99.97	25.82	49.95	Pareto Opt.
D24	S1*	H4*	Y2	84.47	21.78	191.47	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y1*	97.06	25.11	54.24	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y1*	97.54	25.23	53.31	Pareto Opt.

Ek Tablo 101. Çanakkale 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D7	S1*	H3	Y2*	94.25	24.09	31.71	Pareto Opt.
D4*	S1*	H3	Y2*	96.72	24.69	19.11	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2*	76.05	20.17	62.31	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	73.28	19.44	104.98	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y2*	89.11	22.91	35.08	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2*	76.57	20.31	50.34	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	74.76	19.83	63.96	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	74.05	19.64	65.08	Pareto Opt.
D5	S1*	H3	Y2*	95.80	24.47	30.89	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	73.73	19.56	65.64	Pareto Opt.
D10	S1*	H3	Y2*	92.50	23.67	33.19	Pareto Opt.
D11	S1*	H3	Y2*	92.00	23.54	33.72	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	75.14	19.93	63.41	Pareto Opt.
D6	S1*	H3	Y2*	94.97	24.27	31.27	Pareto Opt.
D8	S1*	H3	Y2*	93.61	23.94	32.18	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	74.39	19.73	64.52	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y2*	80.90	21.46	41.21	Pareto Opt.
D9	S1*	H3	Y2*	93.03	23.80	32.67	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	73.41	19.47	66.20	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	75.57	20.04	62.86	Pareto Opt.
D12	S1*	H3	Y2*	91.53	23.43	34.26	Pareto Opt.

Ek Tablo 102. Çanakkale 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D6	S1*	H4*	Y2	85.14	21.96	38.75	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y1*	95.19	24.68	16.66	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y1*	97.65	25.28	15.56	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y1*	95.73	24.82	16.37	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y2	84.44	21.80	39.00	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y1*	96.30	24.96	16.08	Pareto Opt.
D24	S1*	H4*	Y2	81.51	21.08	62.81	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y2	83.22	21.50	39.56	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y1*	96.95	25.11	15.81	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y2	83.80	21.64	39.27	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y2	82.68	21.37	39.86	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4*	Y2	86.87	22.38	31.74	Pareto Opt.
D5	S1*	H4*	Y2	85.94	22.16	38.52	Pareto Opt.
D5	S1*	H4*	Y1*	98.45	25.47	15.33	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y1*	94.67	24.56	16.97	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y2	82.17	21.24	40.16	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4*	Y1*	99.38	25.70	8.55	Mevcut
D12	S1*	H4*	Y2	81.71	21.13	40.47	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y1*	94.21	24.44	17.28	Pareto Opt.

Ek Tablo 103. Çanakkale 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D24	S1*	H6	Y2*	72.18	19.14	34.80	Pareto Opt.
D6	S1*	H3	Y2*	92.52	23.69	10.04	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	72.94	19.35	21.57	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	74.46	19.75	20.83	Pareto Opt.
D7	S1*	H3	Y2*	91.84	23.53	10.19	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	74.04	19.64	21.01	Pareto Opt.
D11	S1*	H3	Y2*	89.68	23.00	10.87	Pareto Opt.
D4*	S1*	H5	Y2*	79.50	21.09	13.64	Pareto Opt.
D4*	S1*	H4	Y2*	86.30	22.25	11.25	Pareto Opt.
D5	S1*	H3	Y2*	93.30	23.88	9.90	Pareto Opt.
D5	S1*	H6	Y2*	74.93	19.87	20.65	Pareto Opt.
D9	S1*	H3	Y2*	90.66	23.24	10.51	Pareto Opt.
D4*	S1*	H6	Y2*	75.45	20.01	16.68	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	73.28	19.44	21.38	Pareto Opt.
D4*	S1*	H3	Y2*	94.17	24.09	5.99	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	72.32	19.18	21.94	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	72.62	19.26	21.75	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	73.65	19.53	21.20	Pareto Opt.
D8	S1*	H3	Y2*	91.22	23.38	10.35	Pareto Opt.

Ek Tablo 104. Çanakkale 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D2	S1*	H5*	Y1*	92.88	24.64	3.19	Pareto Opt.
D3	S1*	H5*	Y1*	92.16	24.45	3.31	Pareto Opt.
D24	S1*	H5*	Y2	75.45	20.01	19.54	Pareto Opt.
D10	S1*	H5*	Y2	76.24	20.22	11.87	Pareto Opt.
D12	S1*	H5*	Y2	75.59	20.05	12.12	Pareto Opt.
D8	S1*	H5*	Y1*	89.66	23.78	3.93	Pareto Opt.
D5	S1*	H5*	Y1*	90.99	24.13	3.55	Pareto Opt.
D9	S1*	H5*	Y2	76.60	20.32	11.75	Pareto Opt.
D7	S1*	H5*	Y1*	90.06	23.89	3.80	Pareto Opt.
D2	S1*	H5*	Y2	80.17	21.26	10.88	Pareto Opt.
D4	S1*	H5*	Y1*	91.54	24.28	3.43	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y1*	88.60	23.50	4.30	Pareto Opt.
D10	S1*	H5*	Y1*	88.93	23.59	4.18	Pareto Opt.
D6	S1*	H5*	Y1*	90.50	24.00	3.68	Pareto Opt.
D3	S1*	H5*	Y2	79.45	21.07	11.00	Pareto Opt.
D7	S1*	H5*	Y2	77.37	20.52	11.50	Pareto Opt.
D1	S1*	H5*	Y2	81.04	21.50	10.76	Pareto Opt.
D9	S1*	H5*	Y1*	89.29	23.68	4.05	Pareto Opt.
D12	S1*	H5*	Y1*	88.28	23.41	4.43	Pareto Opt.
D11	S1*	H5*	Y2	75.91	20.13	12.00	Pareto Opt.
D4	S1*	H5*	Y2	78.83	20.91	11.12	Pareto Opt.
D6	S1*	H5*	Y2	77.80	20.64	11.37	Pareto Opt.
D8	S1*	H5*	Y2	76.97	20.42	11.62	Pareto Opt.
D5	S1*	H5*	Y2	78.28	20.76	11.25	Pareto Opt.
D1	S1*	H5*	Y1*	93.76	24.87	3.07	Pareto Opt.

Ek Tablo 105. Çanakkale 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D23	S1*	H6	Y2*	71.12	18.86	11.48	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	72.20	19.15	7.02	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3	Y2*	90.59	23.24	1.83	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	71.25	18.90	7.21	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	72.55	19.24	6.96	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	70.83	18.79	11.54	Pareto Opt.
D8	S1*	H3	Y2*	88.75	22.79	3.32	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	71.86	19.06	7.08	Pareto Opt.
D9	S1*	H3	Y2*	88.26	22.67	3.38	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	72.93	19.34	6.90	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2*	77.35	20.52	4.50	Pareto Opt.
D10	S1*	H3	Y2*	87.79	22.56	3.44	Pareto Opt.
D7	S1*	H3	Y2*	89.31	22.93	3.26	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	73.36	19.46	5.51	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y2*	82.52	21.35	3.56	Pareto Opt.
D6	S1*	H3	Y2*	89.91	23.08	3.21	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	71.54	18.98	7.14	Pareto Opt.

Ek Tablo 106. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (Çanakkale)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48.62	28.00	16.13	9.29	5.35	3.08	1.78
D2	52.16	30.04	17.30	9.97	5.74	3.31	1.90
D3	55.70	32.08	18.48	10.64	6.13	3.53	2.03
D4	59.24	34.12	19.65	11.32	6.52	3.76	2.16
D5	62.78	36.16	20.83	12.00	6.91	3.98	2.29
D6	66.32	38.20	22.00	12.67	7.30	4.20	2.42
D7	69.86	40.24	23.18	13.35	7.69	4.43	2.55
D8	73.40	42.27	24.35	14.03	8.08	4.65	2.68
D9	76.94	44.31	25.52	14.70	8.47	4.88	2.81
D10	80.48	46.35	26.70	15.38	8.86	5.10	2.94
D11	84.02	48.39	27.87	16.05	9.25	5.33	3.07
D12	87.56	50.43	29.05	16.73	9.64	5.55	3.20
D13	249.92	143.95	82.91	47.76	27.51	15.84	9.13
D14	253.46	145.99	84.09	48.43	27.90	16.07	9.25
D15	257.00	148.03	85.26	49.11	28.29	16.29	9.38
D16	260.54	150.06	86.44	49.79	28.68	16.52	9.51
D17	264.08	152.10	87.61	50.46	29.07	16.74	9.64
D18	267.62	154.14	88.78	51.14	29.45	16.97	9.77
D19	271.16	156.18	89.96	51.81	29.84	17.19	9.90
D20	274.70	158.22	91.13	52.49	30.23	17.41	10.03
D21	278.24	160.26	92.31	53.17	30.62	17.64	10.16
D22	281.78	162.30	93.48	53.84	31.01	17.86	10.29
D23	285.32	164.34	94.66	54.52	31.40	18.09	10.42
D24	288.86	166.38	95.83	55.20	31.79	18.31	10.55
S1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S2	775.94	446.93	257.43	148.27	85.40	49.19	28.33
H1	25.10	14.46	8.33	4.80	2.76	1.59	0.92
H2	50.93	29.34	16.90	9.73	5.61	3.23	1.86
H3	29.30	16.88	9.72	5.60	3.23	1.86	1.07
H4	58.06	33.44	19.26	11.09	6.39	3.68	2.12
H5	103.91	59.85	34.47	19.86	11.44	6.59	3.79
H6	132.29	76.20	43.89	25.28	14.56	8.39	4.83
Y1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y2	121.92	70.23	40.45	23.30	13.42	7.73	4.45
Elektrik	0.06777743	0.03903876	0.02248573	0.01295144	0.00745983	0.00429675	0.00247486
Doğalgaz	0.17668715	0.10176910	0.05861745	0.03376275	0.01944683	0.01120108	0.00645165
Kömür	0.16923076	0.09747433	0.05614373	0.03233793	0.01862615	0.01072838	0.00617938

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020'den alınmıştır.

Ek 15. Bilecik İline Ait Sonuçlar

Ek Tablo 107. Bilecik 2020-2029 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D5*	S1*	H3	Y1*	123,81	31,41	106,54	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y1*	93,37	24,76	201,44	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2	84,28	22,35	313,19	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2	81,42	21,60	323,09	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2	81,00	21,48	520,78	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y1*	95,66	25,37	193,16	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y1*	94,65	25,10	196,45	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y1*	96,24	25,53	191,54	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2	83,70	22,20	314,82	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2	81,82	21,70	321,43	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2	81,25	21,55	439,98	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y1*	94,18	24,98	198,11	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y1*	101,93	27,04	126,05	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2	83,17	22,06	316,46	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y1*	95,13	25,23	194,80	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2	84,93	22,53	275,07	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y1*	93,77	24,87	199,77	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2	90,00	23,87	247,70	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y1*	96,89	25,70	153,42	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2	82,70	21,93	318,11	Pareto Opt.

Ek Tablo 108. Bilecik 2030-2039 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S1*	H3*	Y2	104,80	26,57	136,57	Pareto Opt.
D10	S1*	H3*	Y1*	116,60	29,69	66,50	Pareto Opt.
D9	S1*	H3*	Y2	105,53	26,74	135,83	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y1*	115,28	29,37	68,10	Pareto Opt.
D6	S1*	H3*	Y1*	120,03	30,52	63,91	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3*	Y1*	121,17	30,79	42,45	Mevcut
D9	S1*	H3*	Y1*	117,33	29,87	65,76	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y1*	115,91	29,53	67,28	Pareto Opt.
D6	S1*	H3*	Y2	108,23	27,39	133,99	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3*	Y2	109,37	27,66	112,52	Pareto Opt.
D24	S1*	H3*	Y2	103,22	26,18	205,44	Pareto Opt.
D7	S1*	H3*	Y2	107,23	27,15	134,52	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y1*	118,14	30,07	65,08	Pareto Opt.
D7	S1*	H3*	Y1*	119,03	30,28	64,45	Pareto Opt.
D11	S1*	H3*	Y2	104,11	26,40	137,35	Pareto Opt.
D12	S1*	H3*	Y2	103,48	26,25	138,17	Pareto Opt.
D8	S1*	H3*	Y2	106,34	26,94	135,15	Pareto Opt.
D12	S2	H3*	Y2	103,25	26,19	184,57	Pareto Opt.

Ek Tablo 109. Bilecik 2040-2049 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	
D24	S1*	H6	Y2*	79,26	21,02	105,48	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	81,07	21,50	64,49	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3	Y2*	107,93	27,32	33,60	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	82,72	21,94	50,75	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2*	87,55	23,22	41,65	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	79,79	21,16	66,14	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2*	79,11	20,98	132,29	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	80,19	21,27	65,59	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	82,11	21,78	63,40	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	81,57	21,63	63,94	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	80,62	21,38	65,04	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	79,42	21,07	66,70	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y2*	101,40	25,80	40,27	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	79,28	21,03	93,51	Pareto Opt.

Ek Tablo 110. Bilecik 2050-2059 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D10	S1*	H4*	Y1*	108,58	27,82	20,03	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y2	98,08	25,00	42,79	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y1*	107,30	27,51	20,57	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y2	95,94	24,48	43,54	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4*	Y2	101,02	25,71	35,26	Pareto Opt.
D24	S2	H4*	Y2	94,62	24,16	81,48	Pareto Opt.
D10	S1*	H4*	Y2	96,58	24,64	43,27	Pareto Opt.
D12	S2	H4*	Y2	94,91	24,24	59,17	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y1*	111,92	28,63	19,14	Pareto Opt.
D9	S1*	H4*	Y1*	109,29	27,99	19,77	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y1*	110,93	28,39	19,32	Pareto Opt.
D8	S1*	H4*	Y1*	110,08	28,18	19,54	Pareto Opt.
D6	S1*	H4*	Y2	99,91	25,44	42,39	Pareto Opt.
D12	S1*	H4*	Y2	95,30	24,33	43,81	Pareto Opt.
D7	S1*	H4*	Y2	98,92	25,20	42,57	Pareto Opt.
D11	S1*	H4*	Y1*	107,94	27,66	20,29	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4*	Y1*	113,03	28,89	12,01	Mevcut

Ek Tablo 111. Bilecik 2060-2069 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi							
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
D24	S2	H6	Y2*	78,31	20,77	43,87	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	79,78	21,16	21,56	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	78,99	20,95	21,93	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	81,82	21,70	16,82	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	78,46	20,81	34,98	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	78,62	20,85	22,11	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	81,23	21,55	21,02	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y2*	99,56	25,36	13,13	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	80,23	21,28	21,38	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	79,37	21,05	21,75	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3	Y2*	106,46	26,97	10,97	Pareto Opt.
D7	S1*	H6	Y2*	80,71	21,41	21,20	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	78,47	20,81	31,01	Pareto Opt.

Ek Tablo 112. Bilecik 2070-2079 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Isıtma ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D8	S1*	H6*	Y2	79,64	21,12	11,67	Pareto Opt.
D12	S2	H6*	Y1*	90,17	23,92	9,58	Pareto Opt.
D8	S1*	H6*	Y1*	91,96	24,39	3,96	Pareto Opt.
D5	S1*	H6*	Y1*	93,57	24,82	3,59	Pareto Opt.
D2	S1*	H6*	Y1*	95,94	25,45	3,23	Pareto Opt.
D4	S1*	H6*	Y1*	94,24	25,00	3,47	Pareto Opt.
D12	S1*	H6*	Y2	78,02	20,70	12,17	Pareto Opt.
D6	S1*	H6*	Y1*	92,97	24,66	3,71	Pareto Opt.
D1	S1*	H6*	Y2	84,73	22,47	10,83	Pareto Opt.
D1	S1*	H6*	Y1*	97,08	25,75	3,11	Pareto Opt.
D3	S1*	H6*	Y2	82,67	21,93	11,06	Pareto Opt.
D2	S1*	H6*	Y2	83,60	22,17	10,94	Pareto Opt.
D10	S1*	H6*	Y2	78,78	20,89	11,92	Pareto Opt.
D4	S1*	H6*	Y2	81,91	21,73	11,18	Pareto Opt.
D9	S1*	H6*	Y1*	91,51	24,27	4,08	Pareto Opt.
D12	S1*	H6*	Y1*	90,34	23,96	4,46	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y2	80,12	21,25	11,55	Pareto Opt.
D3	S1*	H6*	Y1*	95,01	25,20	3,35	Pareto Opt.
D5	S1*	H6*	Y2	81,24	21,55	11,30	Pareto Opt.
D10	S1*	H6*	Y1*	91,10	24,16	4,21	Pareto Opt.
D6	S1*	H6*	Y2	80,65	21,39	11,42	Pareto Opt.
D7	S1*	H6*	Y1*	92,44	24,52	3,83	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y2	78,40	20,79	12,04	Pareto Opt.
D9	S1*	H6*	Y2	79,19	21,00	11,79	Pareto Opt.
D11	S1*	H6*	Y1*	90,71	24,06	4,33	Pareto Opt.
D24	S2	H6*	Y2	77,70	20,61	24,71	Pareto Opt.
D12	S2	H6*	Y2	77,86	20,65	17,29	Pareto Opt.

Ek Tablo 113. Bilecik 2080-2089 dönemi sonuçları

Tasarım Parametresi				Birincil Enerji Tüketimi (kWh/m ² .yıl)	CO ₂ Salınımı (kg/m ² .yıl)	Global Maliyet (TL/m ² .on yıl)	Açıklama
Duvar Kons.	Pencere Sistemi	Istina ve DHW sistemi	Yenilenebilir Enerji Kullanımı				
D7	S1*	H6	Y2*	79,02	20,96	7,02	Pareto Opt.
D5*	S1*	H4	Y2*	95,91	24,50	4,18	Pareto Opt.
D5*	S1*	H3	Y2*	102,98	26,16	3,47	Pareto Opt.
D11	S1*	H6	Y2*	77,34	20,51	7,26	Pareto Opt.
D6	S1*	H6	Y2*	79,53	21,10	6,96	Pareto Opt.
D10	S1*	H6	Y2*	77,71	20,61	7,20	Pareto Opt.
D8	S1*	H6	Y2*	78,55	20,83	7,08	Pareto Opt.
D9	S1*	H6	Y2*	78,12	20,72	7,14	Pareto Opt.
D5*	S1*	H5	Y2*	84,67	22,46	4,56	Pareto Opt.
D5*	S1*	H6	Y2*	80,11	21,25	5,57	Pareto Opt.
D12	S1*	H6	Y2*	76,98	20,42	7,32	Pareto Opt.
D24	S2	H6	Y2*	76,82	20,38	14,54	Pareto Opt.
D12	S2	H6	Y2*	76,98	20,42	10,28	Pareto Opt.
D24	S1*	H6	Y2*	76,82	20,38	11,59	Pareto Opt.

Ek Tablo 114. Tasarım parametrelerinin yıllara göre değişen birim fiyatları (Bilecik)*

Tasarım Parametresi	Birim Fiyat (TL/m ²)						
	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
D1	48,62	28,00	16,13	9,29	5,35	3,08	1,78
D2	52,16	30,04	17,30	9,97	5,74	3,31	1,90
D3	55,70	32,08	18,48	10,64	6,13	3,53	2,03
D4	59,24	34,12	19,65	11,32	6,52	3,76	2,16
D5	62,78	36,16	20,83	12,00	6,91	3,98	2,29
D6	66,32	38,20	22,00	12,67	7,30	4,20	2,42
D7	69,86	40,24	23,18	13,35	7,69	4,43	2,55
D8	73,40	42,27	24,35	14,03	8,08	4,65	2,68
D9	76,94	44,31	25,52	14,70	8,47	4,88	2,81
D10	80,48	46,35	26,70	15,38	8,86	5,10	2,94
D11	84,02	48,39	27,87	16,05	9,25	5,33	3,07
D12	87,56	50,43	29,05	16,73	9,64	5,55	3,20
D13	249,92	143,95	82,91	47,76	27,51	15,84	9,13
D14	253,46	145,99	84,09	48,43	27,90	16,07	9,25
D15	257,00	148,03	85,26	49,11	28,29	16,29	9,38
D16	260,54	150,06	86,44	49,79	28,68	16,52	9,51
D17	264,08	152,10	87,61	50,46	29,07	16,74	9,64
D18	267,62	154,14	88,78	51,14	29,45	16,97	9,77
D19	271,16	156,18	89,96	51,81	29,84	17,19	9,90
D20	274,70	158,22	91,13	52,49	30,23	17,41	10,03
D21	278,24	160,26	92,31	53,17	30,62	17,64	10,16
D22	281,78	162,30	93,48	53,84	31,01	17,86	10,29
D23	285,32	164,34	94,66	54,52	31,40	18,09	10,42
D24	288,86	166,38	95,83	55,20	31,79	18,31	10,55
S1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S2	775,94	446,93	257,43	148,27	85,40	49,19	28,33
H1	25,16	14,49	8,35	4,81	2,77	1,59	0,92
H2	51,05	29,41	16,94	9,76	5,62	3,24	1,86
H3	29,37	16,92	9,74	5,61	3,23	1,86	1,07
H4	58,20	33,52	19,31	11,12	6,41	3,69	2,13
H5	104,16	60,00	34,56	19,90	11,46	6,60	3,80
H6	132,61	76,38	43,99	25,34	14,60	8,41	4,84
Y1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y2	122,22	70,40	40,55	23,35	13,45	7,75	4,46
Elektrik	0,06777743	0,03903876	0,02248573	0,01295144	0,00745983	0,00429675	0,00247486
Doğalgaz	0,17668715	0,10176910	0,05861745	0,03376275	0,01944683	0,01120108	0,00645165
Kömür	0,16923076	0,09747433	0,05614373	0,03233793	0,01862615	0,01072838	0,00617938

* Tasarım parametrelerinde kullanılan malzemelerin birim fiyatları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat Birim Fiyatları Listesi 2020'den alınmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Isparta Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra Yıldız Teknik Üniversitesi'nde mimarlık eğitimine başlamıştır. Mimarlık bölümünden mezun olmuştur. Yüksek lisans eğitimini 2016 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilgisi Programı'nda tamamlamıştır. 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilgisi Programı'nda doktora eğitimine başlamıştır. 2018 yılında Politecnico di Torino Üniversitesi'nde bir dönem doktora çalışmalarına devam etmiştir. 2014 yılından bu yana Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.