

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**FARKLI AMAÇLARLA KULLANILAN BİNALARIN ISITMA VE**  
**SOĞUTMA YÜKLERİNE GÖRE OPTİMUM YALITIM**  
**KALINLIKLARININ TEORİK VE UYGULAMALI OLARAK**  
**BELİRLENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**OKAN KON**

**BALIKESİR, MART - 2014**

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**FARKLI AMAÇLARLA KULLANILAN BİNALARIN ISITMA VE**  
**SOĞUTMA YÜKLERİNE GÖRE OPTİMUM YALITIM**  
**KALINLIKLARININ TEORİK VE UYGULAMALI OLARAK**  
**BELİRLENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**OKAN KON**

**BALIKESİR, MART - 2014**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

**Okan KON** tarafından hazırlanan “**FARKLI AMAÇLARLA KULLANILAN BİNALARIN ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİNE GÖRE OPTİMUM YALITIM KALINLIKLARININ TEORİK VE UYGULAMALI OLARAK BELİRLENMESİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 07.03.2014 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

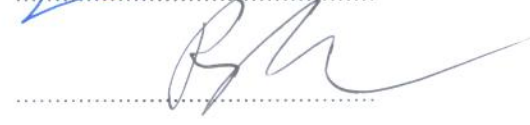
Danışman  
Prof. Dr. Bedri YÜKSEL



Üye  
Prof. Dr. Abdulvahap YİĞİT



Üye  
Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ



Üye  
Doç. Dr. Nadir İLTEN



Üye  
Doç. Dr. Hüseyin BULGURCU



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Cihan ÖZGÜR



**Bu tez alışması Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2009/25 nolu proje ile desteklenmiştir.**

## ÖZET

**FARKLI AMAÇLARLA KULLANILAN BİNALARIN ISITMA VE  
SOĞUTMA YÜKLERİNE GÖRE OPTİMUM YALITIM  
KALINLIKLARININ TEORİK VE UYGULAMALI OLARAK  
BELİRLENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**OKAN KON**

**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. BEDRİ YÜKSEL)**

**BALIKESİR, MART - 2014**

Çalışmada, farklı amaçlarla kullanılan Balıkesir Üniversitesi Rektörlük Binasının enerji tüketimleri incelenmiştir. Bina, ana bina ve atölye olarak kullanılan matbaa binalarından oluşmaktadır. Enerji tüketim ölçümleri için ısı merkezine ölçüm sistemleri kurularak, ısıtma döneminde 04.01.2010-31.12.2010 tarihleri arası (107 iş günü) ve soğutma döneminde ise 11.06.2010-20.09.2010 tarihleri arası (63 iş günü) su sıcaklık ve basınç değerleri ölçülmüştür. Doğal gazın tüketim değeri ve soğutma gruplarının (chiller lerin) elektrik tüketimleri tespit edilmiştir. Isı akış plakası ile dış duvarların birim alan başına ısı akışı ölçülmüştür. Bunlara bağlı olarak çalışmada ilk olarak, ısıtma ve soğutma döneminde ölçülen enerji, verim ve COP değerlerinin meteorolojik parametreler ile nasıl değiştiği tespit edilmiştir. Meteorolojik verilere bağlı olarak regresyon analizi yapılarak enerji analizleri için uygun denklemler elde edilmiştir. İkinci olarak; ısıtma, soğutma ve ısıtma+soğutma için, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri ve TS 825 aylık dış hava ortalama sıcaklık verileri ile derece-gün değerleri hesaplanmıştır. Bunlara bağlı olarak bulunan optimum yalıtım kalınlıkları; dokuz çeşit yalıtım malzemesi için tüm bina hacimlerinin hesaplanan ve ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ve ölçülen verim ile COP (Coefficient of Performance) değerine göre tespit edilmiştir. Dış duvarlar, tavan ve taban için optimum yalıtım kalınlığı hesaplarında, derece-gün metodu ve ömür maliyet analizi kullanılmıştır. Dış Duvar için ısıtma, soğutma ve ısıtma+soğutma döneminin optimum yalıtım kalınlığına bağlı regresyon analizleri yapılmıştır. Çalışmada son olarak; tesisatlar da kullanılan sirkülasyon pompalarının enerji tüketimleri ve verim değerlerinin, ölçümler yapılarak gerçek değerleri tespit edilmiştir. Ömür boyu maliyet analizi ile ölçülen ve teorik enerji tüketiminin, 10 ve 20 yıllık dönemler için maliyet analizi sonuçları verilmiştir. Sonuç olarak, ölçüm sistemleri ile elde edilen verilere bağlı olarak yıllık ortalama ısıtma sistemi verimi % 49 ve soğutma sistemi COP (Coefficient of Performance) değeri 2.09 olarak bulunmuştur. Bu ölçülen değerler için ısıtma dönemi optimum yalıtım kalınlığının en yüksek değeri 0.208 m, soğutma dönemi 0.064 m, ısıtma+soğutma dönemi 0.228 m olarak tespit edilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Binalarda Enerji Analizi, Optimum Yalıtım Kalınlığı, Meteorolojik Veriler, Pompalarda Enerji Tüketimi

## ABSTRACT

**DETERMINING THEORETICALLY AND PRACTICALLY THE  
OPTIMUM INSULATION THICKNESS OF BUILDINGS USED FOR  
DIFFERENT PURPOSES ACCORDING TO HEATING AND COOLING  
LOADS**

**PH.D THESIS**

**OKAN KON**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**MECHANICAL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: PROF.DR. BEDRİ YÜKSEL )**

**BALIKESİR, MARCH 2014**

In this thesis, energy consumptions of Balıkesir University rectorate building which is used for different purposes have been examined. The building consists of the main building and printing houses that are used as workshops. Measurement systems installed to the heat center in order to measure water temperature and pressure to determine the energy consumptions for both the heating period which is 107 working days between the dates of 01.04.2010-12.31.2010, and the cooling period that is 63 working days in the interval of time between 06.11.2010-09.20.2010. In addition, consumptions of natural gas and electricity of chillers were determined, and heat flows per unit area in outer walls were measured by heat flow plates. In parallel with these studies, firstly, it was determined how the values of energy, efficiency and COP (Coefficient of Performance) which were measured during the heating and the cooling periods are ranged according to meteorological parameters. Depending on meteorological data eligible equations were obtained for the energy analysis by analysis of regression. Secondly, degree-day values for the heating, cooling and the heating+cooling were calculated with the daily average outdoor air temperature meteorological data between the years of 1999-2010 (12 years) and TS 825 monthly average outdoor air temperature data. Consequently, the optimum insulation thickness for the nine types of insulation materials was determined by the measured and calculated heat transfer coefficient for the entire building volume and the theoretical and measured efficiency in accordance with the COP value. The degree-day method and life cycle cost analysis were used in the calculation of optimum insulation thickness of outer walls, ceilings and floors. Based on the optimum thickness of the insulation, regression analyzes were performed for outer walls in heating, cooling and heating+cooling periods. Lastly, the actual values of the energy consumption and the efficiency of circulation pumps which are used in installments were determined by making measurements. For the measured and theoretical energy consumptions in 10 and 20-year periods, the results of life cycle cost analysis were given. As a result, depending on the data obtained from the measuring system annual average efficiency of the heating system was found to be 49% while the cooling system COP value was 2.09. For these measured values, the highest value of the optimum thickness of insulation is determined as 0.208 m for heating period, 0.064 m for the cooling period, and 0.228 m for heating+cooling period.

**KEY WORDS:** Building Energy Analysis, Optimum Insulation Thickness, Meteorological Data, Pump Energy Consumption

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	xvii
SEMBOL LİSTESİ.....	xix
KISALTMA LİSTESİ.....	xxi
ÖNSÖZ.....	xxii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Binalarda Enerji Çalışması ve Literatür Taraması.....	1
1.1.1 Binalarda Enerji Tüketimi.....	1
1.1.2 İklim ve Enerji Tüketimi.....	6
1.1.3 Isıl Konfor.....	7
1.1.4 Yakıt Emisyonları.....	8
1.1.5 Binalarda Isı Yalıtımı.....	10
1.1.6 Enerji Tüketen Tesisat Elemanlarından Pompalar.....	21
1.1.7 Literatür Taraması.....	23
1.1.7.1 Binalarda Optimum Yalıtım Kalınlığı.....	23
1.1.7.2 Binalarda İklim Değerlerine Bağlı Enerji Tüketimi.....	46
1.1.7.3 Binalarda Enerji Tüketiminde Regrasyon Analizi.....	56
1.2.7.4 Enerji Tüketen Tesisat Elemanlarından Pompalar.....	57
1.2 Tezin Kapsamı, Önemi ve Amacı.....	59
<b>2. MATERYAL VE METOD.....</b>	<b>62</b>
2.1 Bina Özellikleri.....	62
2.2 Isıtma ve Soğutma Sistemi Ölçüm Aletleri ve Özellikleri ile Su Sıcaklık, Basınç ve Debi Ölçüm Noktaları.....	69
2.3 Meteorolojik Veriler.....	79
2.3.1 Isıtma Dönemi Meteorolojik Verileri.....	79
2.3.2 Soğutma Dönemi Meteorolojik Verileri.....	81
2.4 Dış Duvarlar, Çatı ve Döşeme için Isıtma, Soğutma ve Isıtma+Soğutma Yüklerine Göre Optimum Yalıtım Kalınlıkları.....	83
2.4.1 Derece-Gün Hesaplamaları.....	83
2.4.2 Isıtma, Soğutma ve Isıtma+Soğutma Yükünlerine Göre Dış Duvarlar, Çatı ve Döşeme için Optimum Yalıtım Kalınlıkları ve Yakıt Tüketim Değerleri.....	89
2.5 Hesaplamalarda Kullanılan Yakıt Özellikleri ve Mali Değerler.....	95
2.6 Isıtma ve Soğutma Sistemi Verim Hesapları.....	95
2.7 Duvar Isı Transfer Katsayısı Ölçümü ve Kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri.....	97
2.8 Doğal Gaz Özellikleri, Baca Gazı Ölçümleri Değerleri ve Yanma Emisyon Formülleri.....	98
2.8.1 Doğal Gaz Özellikleri.....	99
2.8.2 Yanma Emisyonları.....	99
2.8.3 Baca Gazı Ölçüm Noktaları ve Ölçüm Değerleri.....	101
2.9 Isıtma ve Soğutma Sistemi Sirkülasyon Pompaları Özellikleri, Verim ve Kullanılan Enerji Tüketiminin Maliyet Hesapları.....	102

2.9.1 Isıtma ve Soğutma Sistemi Sirkülasyon Pompaları Özellikleri.....	102
2.9.2 Isıtma ve Soğutma Sistemi Sirkülasyon Pompaları Verim Hesapları.....	105
2.9.3 Isıtma ve Soğutma Sistemi Sirkülasyon Pompaları Enerji Tüketiminin Maliyet Hesapları.....	106
<b>3. SİSTEMİNİN DEĞERLEDİRİLMESİ İÇİN ÖLÇÜLEN VE HESAPLANAN PARAMETRELER.....</b>	<b>107</b>
3.1 Meteorolojik Veriler ile Isıtma ve Soğutma Sistemleri Ölçüm Değerleri.....	107
3.1.1 Isıtma Sistemi Ölçüm Değerleri.....	107
3.1.2 Isıtma Dönemi, Enerji Tüketim ve Verim Değerlerinin Meteorolojik Verilerine Bağlı Olarak Değişimi .....	109
3.1.3 Soğutma Sistemi Ölçüm Değerleri.....	118
3.1.4 Soğutma Dönemi Meteorolojik Verileri ve Soğutma Sistemi Ölçüm Değerleri.....	121
3.2 Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Isıtma Sistemi Verimine Bağlı Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığı, Yakıt Tüketimi ve Yakıt Tüketimi Tasarrufu, Geri Ödeme Süresi, CO <sub>2</sub> Emisyonu ve CO <sub>2</sub> Emisyon Azalımı.....	133
3.2.1 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi.....	134
3.2.2 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi.....	136
3.2.3 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen Verim için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi.....	138
3.2.4 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim için Isıtma Yıllık Yakıt Tasarrufu.....	140
3.2.5 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim için Isıtma Yıllık Yakıt Tasarrufu.....	142
3.2.6 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen Verim için Isıtma Yıllık Yakıt Tasarrufu.....	143
3.2.7 Hesaplanan ve Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik ve Ölçülen Verim Değerleri için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığının En Kısa Geri Dönüş Süreleri.....	144
3.2.8 Yanma Emisyonları.....	145
3.2.9 Hesaplanan ve Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik ve Ölçülen Verim Değerleri için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO <sub>2</sub> Emisyonu ile CO <sub>2</sub> Emisyon Azalımı.....	146
3.2.9.1 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO <sub>2</sub> Emisyonu ve CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı.....	146
3.2.9.2 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO <sub>2</sub> Emisyonu ve CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı.....	148
3.2.9.3 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen Verim için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO <sub>2</sub> Emisyonu ve CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı.....	151



3.3 Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Soğutma Sistemi COP ye Bağlı Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı, Yakıt Tüketimi ve Geri Ödeme Süresi.....	153
3.3.1 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik COP için Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi.....	154
3.3.2 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik COP için Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi.....	156
3.3.3 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen COP için Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi.....	158
3.3.4 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik COP için Yıllık Yakıt Tasarrufu.....	160
3.3.5 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik COP için Yıllık Yakıt Tasarrufu.....	162
3.3.6 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen COP için Yıllık Yakıt Tasarrufu.....	163
3.3.7 Hesaplanan ve Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik ve Ölçülen COP Değerleri için Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığının En Kısa Geri Ödeme Süreleri.....	164
3.4 Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Isıtma, Soğutma Sistemi Verimine ve COP Değerlerine Bağlı Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı, Yakıt Tüketimi, Yakıt Tüketimi Tasarrufu, Geri Ödeme Süresi, CO <sub>2</sub> Emisyonu ve CO <sub>2</sub> Emisyon Azalımı.....	165
3.4.1 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik Verim ve Teorik COP için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi.....	166
3.4.2 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik Verim ve Teorik COP için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi.....	168
3.4.3 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Ölçülen Verim ve Ölçülen COP için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi.....	171
3.4.4 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik Verim ve Teorik COP için Isıtma+Soğutma Yıllık Yakıt Tasarrufu.....	173
3.4.5 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik Verim ve Teorik COP için Isıtma+Soğutma Yıllık Yakıt Tasarrufu.....	174
3.4.6 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Ölçülen Verim ve Ölçülen COP için Isıtma+Soğutma Yıllık Yakıt Tasarrufu.....	176
3.4.7 Hesaplanan ve Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik ve Ölçülen Verim ile Ölçülen COP Değerleri için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığının En Kısa Geri Ödeme Süreleri.....	177
3.4.8 Hesaplanan ve Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik ve Ölçülen Verim Değerleri için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO <sub>2</sub> Emisyonu ve CO <sub>2</sub> Emisyon Azalımı.....	178

3.4.8.1 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik Verim ve Teorik COP için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO <sub>2</sub> Emisyonu ve CO <sub>2</sub> Emisyon Azalımı.....	178
3.4.8.2 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik Verim ve Teorik COP için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO <sub>2</sub> Emisyonu ve CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı.....	181
3.4.8.3 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Ölçülen Verim ve Ölçülen COP için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO <sub>2</sub> Emisyonu ve CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı.....	184
3.5 Isıtma, Soğutma ve Isıtma+Soğutma Dönemi Teorik ve Ölçülen Verim ile COP Değerleri için Çatı ve Döşeme Optimum Yalıtım Kalınlığı, Yakıt Tüketimi, Yakıt Tasarrufu, CO <sub>2</sub> Emisyonu, CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı ve Geri Ödeme Süresi.....	194
3.6 Isıtma ve Soğutma Tesisatında Kullanılan Pompalar için Ölçülen Değerler.....	199
<b>4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>208</b>
4.1 Meteorolojik Verilere Bağlı Enerji Tüketimi ve Verim Analizi Sonuçları.....	208
4.2 Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığı Sonuçları.....	210
4.3 Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı Sonuçları.....	216
4.4 Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı Sonuçları.....	220
4.5 Isıtma, Soğutma ve Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı için Regresyon Analizi Sonuçları.....	226
4.6 Isıtma, Soğutma ve Isıtma+Soğutma Çatı (Tavan) ve Döşeme (Taban) için Optimum Yalıtım Kalınlığı Sonuçları.....	228
4.7 Isıtma ve Soğutma Sistemi Tesisatında Kullanılan Pompalar ile İlgili Sonuçlar.....	230
4.8 Öneriler.....	231
<b>5. KAYNAKLAR.....</b>	<b>234</b>
<b>6. EKLER.....</b>	<b>247</b>
Ek A.....	247
Ek B.....	249
Ek C.....	251
Ek D.....	252
Ek E.....	253
Ek F.....	254
Ek G.....	255
Ek H.....	256
Ek I.....	257
Ek İ.....	258
Ek J.....	259
Ek K.....	260
Ek L.....	261

## ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sekil No</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1:	Giydirme cephe sistemlerde dıştan havalandırılmalı yalıtım detayı.....	20
Şekil 2.1:	Balıkesir üniversitesi rektörlük ana binası resmi (arka cephe).....	62
Şekil 2.2:	Balıkesir üniversitesi rektörlük matbaa binası (ek bina) resmi.....	62
Şekil 2.3:	Balıkesir üniversitesi rektörlük ana binası resmi (ön cephe).....	63
Şekil 2.4:	Örnek bina vaziyet planı.....	63
Şekil 2.5:	Rektörlük ana binasının duvar bileşenleri.....	65
Şekil 2.6:	Rektörlük ana binası kaplamasız kısmı ve matbaa binasının duvar bileşenleri.....	65
Şekil 2.7:	Çatı Döşemesi Bileşenleri.....	66
Şekil 2.8:	Taban Döşemesi Bileşenleri.....	66
Şekil 2.9:	Örnek binanın ısıtma sistemi (kazan) görünümü.....	67
Şekil 2.10:	Örnek bina su soğutma sistemi (chiller) görünümü.....	67
Şekil 2.11:	Sıcaklık ve basınç verilerinin kayıt edildiği dotologger.....	72
Şekil 2.12:	Su sıcaklık ölçümü için sıcaklık sensörü Pt-100 montajı.....	73
Şekil 2.13:	Su basınç ölçümü için transmitter montajı.....	73
Şekil 2.14:	Elektrik ölçümü için sayaç montajı.....	73
Şekil 2.15:	Debimetre Transduserlerin bağlanması.....	74
Şekil 2.16:	Debimetre ile ölçüm.....	74
Şekil 2.17:	Isıtma sistemi tesisat şeması.....	75
Şekil 2.18:	Pt-100 sıcaklık sensörü ve basınç tansmitterinin bilgisayar bağlantıları.....	76
Şekil 2.19:	Soğutma sistemi tesisat şeması.....	77
Şekil 2.20:	Pt-100 sıcaklık sensörü ve basınç transmitterinin bilgisayar bağlantıları.....	78
Şekil 2.21:	Isıtma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin ortalama dış hava sıcaklıkları.....	79
Şekil 2.22:	Isıtma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin ortalama güneş radyasyonu değerleri.....	80
Şekil 2.23:	Isıtma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin ortalama rüzgar hızı değerleri.....	80
Şekil 2.24:	Isıtma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin toplam güneşlenme süresi.....	81
Şekil 2.25:	Soğutma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin ortalama dış hava sıcaklık değerleri.....	81
Şekil 2.26:	Soğutma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin ortalama güneş radyasyonu değerleri.....	82
Şekil 2.27:	Soğutma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin ortalama rüzgar hızı değerleri.....	82
Şekil 2.28:	Soğutma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin toplam güneşlenme süresi değerleri.....	83
Şekil 2.29:	Balıkesir ili için 1999-2010 yılları arası günlük dış hava sıcaklık ortalaması.....	86
Şekil 2.30:	Balıkesir ili için 1999-2010 yılları arası günlük dış hava sıcaklığına bağlı 16,19 ve 17.5 °C iç ortam sıcaklıkları için Isıtma Derece-Gün değerleri.....	86
Şekil 2.31:	Balıkesir ili için 1999-2010 yılları arası 20 °C iç ortam sıcaklıkları için Soğutma Derece-Gün değerleri.....	87

<b>Şekil 2.32:</b> Isı akış plakası ölçümü.....	98
<b>Şekil 2.33:</b> Örnek binanın ısıtma sisteminin (kazan) baca gazı ölçüm noktaları.....	101
<b>Şekil 2.34:</b> Isıtma sistemi sirkülasyon (santrifüj) pompalarının görünümü.....	104
<b>Şekil 2.35:</b> Soğutma sistemi sirkülasyon (santrifüj) pompalarının görünümü.....	104
<b>Şekil 2.36:</b> Isıtma sistemi tesisat şeması.....	104
<b>Şekil 2.37:</b> Soğutma sistemi tesisat şeması.....	105
<b>Şekil 3.1:</b> Günlük kazan gidiş-dönüş su sıcaklıkları.....	108
<b>Şekil 3.2:</b> Günlük ortalama kazana gidiş-dönüş su sıcaklık farkı.....	108
<b>Şekil 3.3:</b> Kazanın günlük ortalama doğal gaz tüketimi.....	109
<b>Şekil 3.4:</b> Günlük ortalama kazanın çalışma süresi.....	109
<b>Şekil 3.5:</b> Isıtma dönemi günlük ortalama ısıtma yükü ve verilen ısı.....	112
<b>Şekil 3.6:</b> Isıtma dönemi günlük ortalama verim.....	112
<b>Şekil 3.7:</b> Isıtma dönemi dış hava sıcaklığına bağlı verilen ısı değişimi.....	113
<b>Şekil 3.8:</b> Isıtma dönemi güneş radyasyonuna bağlı verilen ısı değişimi.....	113
<b>Şekil 3.9:</b> Isıtma dönemi rüzgar hızına bağlı verilen ısı değişimi.....	114
<b>Şekil 3.10:</b> Isıtma dönemi toplam güneşlenme süresine bağlı verilen ısı değişimi.....	114
<b>Şekil 3.11:</b> Isıtma dönemi dış hava sıcaklığına bağlı ısıtma yükü değişimi.....	115
<b>Şekil 3.12:</b> Isıtma dönemi güneş radyasyonuna bağlı ısıtma yükü değişimi.....	115
<b>Şekil 3.13:</b> Isıtma dönemi rüzgar hızına bağlı ısıtma yükü değişimi.....	116
<b>Şekil 3.14:</b> Isıtma dönemi toplam güneşlenme süresine bağlı ısıtma yükü değişimi.....	116
<b>Şekil 3.15:</b> Isıtma dönemi dış hava sıcaklığına bağlı verim değişimi.....	117
<b>Şekil 3.16:</b> Isıtma dönemi güneş radyasyonuna bağlı verim değişimi.....	117
<b>Şekil 3.17:</b> Isıtma dönemi rüzgar hızına bağlı verim değişimi.....	118
<b>Şekil 3.18:</b> Isıtma dönemi toplam güneşlenme süresine bağlı verim değişimi.....	118
<b>Şekil 3.19:</b> Chiller gidiş-dönüş su sıcaklıkları.....	119
<b>Şekil 3.20:</b> Chiller günlük ortalama gidiş-dönüş su sıcaklık farkı.....	119
<b>Şekil 3.21:</b> Chiller günlük ortalama elektrik tüketimi.....	120
<b>Şekil 3.22:</b> Chiller günlük ortalama çalışma saatleri.....	120
<b>Şekil 3.23:</b> Soğutma dönemi günlük ortalama soğutma yükü ve güç.....	123
<b>Şekil 3.24:</b> Soğutma dönemi günlük ortalama COP.....	123
<b>Şekil 3.25:</b> Soğutma dönemi dış hava sıcaklığına bağlı güç değişimi.....	124
<b>Şekil 3.26:</b> Soğutma dönemi güneş radyasyonuna bağlı güç değişimi.....	124
<b>Şekil 3.27:</b> Soğutma dönemi rüzgar hızına bağlı güç değişimi.....	125
<b>Şekil 3.28:</b> Soğutma dönemi toplam güneşlenme süresine bağlı güç değişimi.....	125
<b>Şekil 3.29:</b> Soğutma dönemi dış hava sıcaklığına bağlı soğutma yükü değişimi.....	126
<b>Şekil 3.30:</b> Soğutma dönemi güneş radyasyonuna bağlı soğutma yükü değişimi.....	126
<b>Şekil 3.31:</b> Soğutma dönemi rüzgar hızına bağlı soğutma yükü değişimi.....	127
<b>Şekil 3.32:</b> Soğutma dönemi toplam güneşlenme süresine bağlı soğutma yükü değişimi.....	127
<b>Şekil 3.33:</b> Soğutma dönemi dış hava sıcaklığına bağlı COP değişimi.....	128
<b>Şekil 3.34:</b> Soğutma dönemi güneş radyasyonuna bağlı COP değişimi.....	128
<b>Şekil 3.35:</b> Soğutma dönemi rüzgar hızına bağlı COP değişimi.....	129

<b>Şekil 3.36:</b> Soğutma dönemi toplam güneşlenme süresine bağlı COP değişimi.....	129
<b>Şekil 3.37:</b> Matbaa binası (ek bina) ısı akış plakası ile ölçülen dış duvar ısı transfer katsayısı değeri.....	133
<b>Şekil 3.38:</b> Rektörlük ana binası için ısı akış plakası ile ölçülen dış duvar ısı transfer katsayısı.....	134
<b>Şekil 3.39:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı.....	135
<b>Şekil 3.40:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı.....	135
<b>Şekil 3.41:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	136
<b>Şekil 3.42:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	136
<b>Şekil 3.43:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı.....	137
<b>Şekil 3.44:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı .....	137
<b>Şekil 3.45:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	138
<b>Şekil 3.46:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	138
<b>Şekil 3.47:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı.....	139
<b>Şekil 3.48:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı .....	139
<b>Şekil 3.49:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	140

<b>Şekil 3.50:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	140
<b>Şekil 3.51:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	141
<b>Şekil 3.52:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	141
<b>Şekil 3.53:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	142
<b>Şekil 3.54:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	142
<b>Şekil 3.55:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	143
<b>Şekil 3.56:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	144
<b>Şekil 3.57:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO <sub>2</sub> emisyonu.....	147
<b>Şekil 3.58:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO <sub>2</sub> emisyonu.....	147
<b>Şekil 3.59:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO <sub>2</sub> emisyonundaki azalma.....	148
<b>Şekil 3.60:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO <sub>2</sub> emisyonundaki azalma.....	148
<b>Şekil 3.61:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO <sub>2</sub> emisyonu.....	149

<b>Şekil 3.62:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO <sub>2</sub> emisyonu.....	150
<b>Şekil 3.63:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO <sub>2</sub> emisyonundaki azalma.....	150
<b>Şekil 3.64:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO <sub>2</sub> emisyonundaki azalma.....	151
<b>Şekil 3.65:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO <sub>2</sub> emisyonu.....	152
<b>Şekil 3.66:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO <sub>2</sub> emisyonu.....	152
<b>Şekil 3.67:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO <sub>2</sub> emisyonundaki azalma.....	153
<b>Şekil 3.68:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO <sub>2</sub> emisyonundaki azalma.....	153
<b>Şekil 3.69:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı.....	154
<b>Şekil 3.70:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı .....	155
<b>Şekil 3.71:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi .....	155
<b>Şekil 3.72:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	156

<b>Şekil 3.73:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı.....	157
<b>Şekil 3.74:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı .....	157
<b>Şekil 3.75:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi .....	158
<b>Şekil 3.76:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	158
<b>Şekil 3.77:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı.....	159
<b>Şekil 3.78:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı .....	159
<b>Şekil 3.79:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	160
<b>Şekil 3.80:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	160
<b>Şekil 3.81:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	161
<b>Şekil 3.82:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	161
<b>Şekil 3.83:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	162
<b>Şekil 3.84:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	163



<b>Şekil 3.85:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	164
<b>Şekil 3.86:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	164
<b>Şekil 3.87:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı.....	166
<b>Şekil 3.88:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı.....	167
<b>Şekil 3.89:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	167
<b>Şekil 3.90:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	168
<b>Şekil 3.91:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı.....	169
<b>Şekil 3.92:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı.....	169
<b>Şekil 3.93:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	170
<b>Şekil 3.94:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	170
<b>Şekil 3.95:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı.....	171

<b>Şekil 3.96:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı.....	172
<b>Şekil 3.97:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	172
<b>Şekil 3.98:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi.....	173
<b>Şekil 3.99:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	174
<b>Şekil 3.100:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	174
<b>Şekil 3.101:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	175
<b>Şekil 3.102:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	175
<b>Şekil 3.103:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	176
<b>Şekil 3.104:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu.....	177
<b>Şekil 3.105:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO <sub>2</sub> emisyonu.....	179
<b>Şekil 3.106:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO <sub>2</sub> emisyonu.....	180

<b>Şekil 3.107:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO <sub>2</sub> emisyonundaki azalma.....	180
<b>Şekil 3.108:</b> Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO <sub>2</sub> emisyonundaki azalma.....	181
<b>Şekil 3.109:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO <sub>2</sub> emisyonu.....	182
<b>Şekil 3.110:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO <sub>2</sub> emisyonu.....	182
<b>Şekil 3.111:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO <sub>2</sub> emisyonundaki azalma.....	183
<b>Şekil 3.112:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO <sub>2</sub> emisyonundaki azalma.....	183
<b>Şekil 3.113:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO <sub>2</sub> emisyonu.....	184
<b>Şekil 3.114:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO <sub>2</sub> emisyonu.....	185
<b>Şekil 3.115:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO <sub>2</sub> emisyonundaki azalma.....	185
<b>Şekil 3.116:</b> Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO <sub>2</sub> emisyonundaki azalma.....	186
<b>Şekil 3.117:</b> Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının günlük ortalama çalışma süreleri.....	199

<b>Şekil 3.118:</b> Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının günlük çalışmalarındaki ortalama ölçülen giriş çıkış basınç farkları.....	200
<b>Şekil 3.119:</b> Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının günlük çalışmalarındaki ortalama ölçülen elektrik tüketimleri.....	200
<b>Şekil 3.120:</b> Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının günlük ortalama çalışma süreleri.....	201
<b>Şekil 3.121:</b> Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının günlük çalışmalarındaki ortalama ölçülen giriş-çıkış basınç farkları.....	201
<b>Şekil 3.122:</b> Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının günlük çalışmalarındaki ortalama ölçülen elektrik tüketimleri.....	202

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo No</b>	<b>Adı</b>	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 1.1:</b>	Türkiye'nin birincil enerji yönünden açık tahmin raporu .....	1
<b>Tablo 1.2:</b>	Yakıt türlerinin bina sektöründe (ticari ve konut) dağılımı.....	2
<b>Tablo 1.3:</b>	Konut ve ticari binalarda enerji etüdü.....	4
<b>Tablo 1.4:</b>	Doğal gaz talebi ve talep tahmini.....	5
<b>Tablo 1.5:</b>	Nüfus ve enerji yoğunluğu.....	5
<b>Tablo 1.6:</b>	Türkiye de gelecekteki toplam enerji tüketimi.....	6
<b>Tablo 1.7:</b>	1980 ile 2010 arası direk ve in direk sera gazı emisyonları.....	9
<b>Tablo 1.8:</b>	Kişi başına düşen enerji tüketimi ve yalıtım malzemesi.....	14
<b>Tablo 1.9:</b>	Isı yalıtım malzemeleri karşılaştırma tablosu.....	15
<b>Tablo 2.1:</b>	Örnek binanın bulunduğu meteorolojik bölge için özellikler.....	63
<b>Tablo 2.2:</b>	Rektörlük ve matbaa binalarının yönlere göre dış cam ve dış duvar alanları.....	64
<b>Tablo 2.3:</b>	Bina yapı elemanlarının ısı transfer katsayısı değerleri.....	64
<b>Tablo 2.4:</b>	Ekipman özellikleri.....	68
<b>Tablo 2.5:</b>	Isıtma ve soğutma sistemi ölçüm aletleri ve özellikleri.....	70
<b>Tablo 2.6:</b>	Balıkesir için Meteorolojik dış hava sıcaklık verileri.....	87
<b>Tablo 2.7:</b>	Binanın farklı hacimleri için hesaplamalarda kullanılacak iç ortam sıcaklıkları ve ısıtma derece-gün değerleri.....	88
<b>Tablo 2.8:</b>	Bina için hesaplamalarda kullanılacak soğutma derece-gün değerleri.....	88
<b>Tablo 2.9:</b>	Hesaplamalara kullanılan yakıtlar ve mali değerleri.....	95
<b>Tablo 2.10:</b>	Yalıtım malzemeleri ve özellikleri.....	98
<b>Tablo 2.11:</b>	Balıkesir ili için kullanılan doğal gazın özellikleri.....	99
<b>Tablo 2.12:</b>	Baca gazı ölçüm değerleri.....	101
<b>Tablo 2.13:</b>	Isıtma sistemi sirkülasyon (santrifüj) pompaların özellikleri.....	103
<b>Tablo 2.14:</b>	Soğutma sistemi sirkülasyon (santrifüj) pompaların özellikleri.....	103
<b>Tablo 3.1:</b>	Isıtma döneminde ölçüm yapılan günler için ortalama meteorolojik değerler.....	110
<b>Tablo 3.2:</b>	Isıtma sisteminin değerlendirilmesinde ölçülen, tablolardan alınarak kullanılan ve hesaplanan değerler .....	111
<b>Tablo 3.3:</b>	Soğutma döneminde ölçüm yapılan günler için ortalama meteorolojik değerler.....	121
<b>Tablo 3.4:</b>	Soğutma sisteminin değerlendirilmesinde ölçülen tablolardan alınarak kullanılan ve hesaplanan değerler .....	122
<b>Tablo 3.5:</b>	Isıtma dönemi meteorolojik verilerine bağlı verilen ısı, ısıtma yükü ve verim için regresyon katsayısı ve eğri denklemleri.....	131
<b>Tablo 3.6:</b>	Soğutma dönemi meteorolojik verilerine bağlı güç, ısıtma yükü ve COP için regresyon katsayısı ve eğri denklemleri.....	132
<b>Tablo 3.7:</b>	Dış duvar için hesaplanan ve ölçülen ısı transfer katsayısı değerleri.....	134
<b>Tablo 3.8:</b>	Isıtma optimum yalıtım kalınlığına bağlı en kısa geri ödeme süreleri.....	145
<b>Tablo 3.9:</b>	Soğutma optimum yalıtım kalınlığına bağlı en kısa geri ödeme süreleri.....	165
<b>Tablo 3.10:</b>	Isıtma+Soğutma optimum yalıtım kalınlığına bağlı en kısa geri ödeme süreleri.....	178
<b>Tablo 3.11:</b>	12 yıllık meteoroloji dış ortam verileri için ısıtma optimum yalıtım kalınlığına bağlı regresyon analizi.....	188

<b>Tablo 3.12:</b> TS 825 dış ortam verileri için ısıtma optimum yalıtım kalınlığına bağlı regresyon analizi.....	189
<b>Tablo 3.13:</b> 12 yıllık meteoroloji dış ortam verileri için soğutma optimum yalıtım kalınlığına bağlı regresyon analizi.....	190
<b>Tablo 3.14:</b> TS 825 dış ortam verileri için soğutma optimum yalıtım kalınlığına bağlı regresyon analizi.....	191
<b>Tablo 3.15:</b> 12 yıllık meteoroloji dış ortam verileri için ısıtma+soğutma optimum yalıtım kalınlığına bağlı regresyon analizi.....	192
<b>Tablo 3.16:</b> TS 825 dış ortam verileri için ısıtma+soğutma optimum yalıtım kalınlığına bağlı regresyon analizi.....	193
<b>Tablo 3.17:</b> Hesaplanan ana bina ve matbaa binası için çatı ile döşeme ısı transfer katsayısı.....	194
<b>Tablo 3.18:</b> Isıtma dönemi ekstrüde polistiren yalıtım malzemesine bağlı çatı ve döşeme için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO <sub>2</sub> emisyonu, CO <sub>2</sub> emisyonu azalımı ve geri ödeme süresi.....	196
<b>Tablo 3.19:</b> Soğutma dönemi ekstrüde polistiren yalıtım malzemesine bağlı çatı ve döşeme için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu ve geri ödeme süresi.....	197
<b>Tablo 3.20:</b> Isıtma+Soğutma ekstrüde polistiren yalıtım malzemesine bağlı çatı ve döşeme için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO <sub>2</sub> emisyonu, CO <sub>2</sub> emisyonu azalımı ve geri ödeme süresi.....	198
<b>Tablo 3.21:</b> Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının ortalama kullanım değerleri ve verimleri.....	203
<b>Tablo 3.22:</b> Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının ortalama kullanım değerleri ve verimleri.....	203
<b>Tablo 3.23:</b> Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik ve gerçek elektrik tüketimi ile maliyet hesabı.....	204
<b>Tablo 3.24:</b> Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik ve gerçek elektrik tüketimi ile maliyet hesabı.....	205
<b>Tablo 3.25:</b> Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik ve gerçek elektrik tüketimine bağlı uzun dönem (ömür) için maliyet analizi.....	206
<b>Tablo 3.26:</b> Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik ve gerçek elektrik tüketimine bağlı uzun dönem (ömür) için maliyet analizi.....	207

## SEMBOL LİSTESİ

<b>Sembol :</b>	<b>Sembol Adı ve Birimi</b>
$M_f$	Alan başına yıllık yakıt tüketimi ( $m^3/m^2$ yıl, kWh/ $m^2$ yıl)
DG	Derece gün ( $^{\circ}C$ -Gün)
$R_{t,w}$	Yalıtımsız duvar toplam ısı direnci ( $m^2$ K/W)
$R_i$	İç ortam ısı direnci ( $m^2$ K/W)
$R_o$	Dış ortam ısı direnci ( $m^2$ K/W)
k	Isı iletim katsayısı (W/m K)
x	Yalıtım kalınlığı (m)
$x_{Opt}$	Optimum yalıtım kalınlığı (m)
i	Faiz oranı (%)
g	Enflasyon oranı (%)
N	Ömür (yıl)
$T_b$	Temel sıcaklık ( $^{\circ}C$ )
$T_0$	Günlük ortalama dış sıcaklık ( $^{\circ}C$ )
$T_i$	İç ortam sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )
$H_u$	Yakıt alt ısı değeri ( $J/m^3$ )
$\eta$	Isıtma sistemi verimi
U	Isı transfer katsayısı (W/ $m^2$ K)
q	Birim alan başına ısı kaybı ( $J/m^2$ )
PP	Geri dönüş süresi (yıl)
$A_s$	Maliyet farkı (\$)
PWF	Bugünkü değer faktörü
r	Gerçek faiz oranı
$C_f$	Yakıt fiyatı ( $\$/m^3$ )
$C_E$	Elektrik fiyatı ( $\$/kWh$ )
$C_{yIt}$	Yalıtım malzemesi fiyatı ( $\$/m^3$ )
$C_{t,yIt}$	Yalıtım maliyeti ( $\$/m^2$ )
$C_A$	Yakıt maliyeti ( $\$/m^2$ )
$C_t$	Toplam ısıtma maliyeti ( $\$/m^2$ )
$C_L$	Uzun dönem için toplam maliyet (TL)
$C_Y$	Bugünkü enerji maliyeti (TL)
GB	Güney Batı
GD	Güney Doğu
KB	Kuzey Batı
KD	Kuzey Doğu
G	Güney
K	Kuzey
D	Doğu
B	Batı
Y	Yönsüz
Al	Alüminyum
COP	Soğutma performans katsayısı
IDG	Isıtma Derece-Gün
SDG	Soğutma Derece-Gün
m	Kütleli debi (kg/s)
V	Hacimsel debi ( $m^3/s$ )
$C_p$	Sabit basınçta özgül ısı (kJ/kg.K)
$\Delta t$	Su sıcaklık farkı ( $^{\circ}C$ )
Y	Yakıt debisi ( $m^3/s$ )

$Q_A$	Isıtma sisteminden alınan ısı (kW)
$Q_V$	Isıtma sistemine verilen ısı (kW)
E	Günlük elektrik tüketimi (kWh)
S	Günlük çalışma süresi (saat)
W	Elektrik enerji miktarı (kW)
XPS	Ekstrüde polistiren
EPS	Ekspande polistren
PUR	Poliüretan köpük
M	Yakıtın mol ağırlığı (kg/kmol)
$\phi$	Elektrik tüketimi için aç
G	Güç (kW)
$\eta_p$	Pompa verimi
$\Delta P$	Basınç Farkı (bar)
t	Zaman (saat)
$R^2$	Regrasyon katsayısı

### **Alt İndis**

F,f	Yakıt
t,w	Yalıtımsız
i	İç
0	Dış
opt	Optimum
b	Temel
u	Alt
E	Elektrik
ylt	Yalıtım
t	Toplam
P	Basınç
A	Alınan
V	Verilen
p	Pompa
H	Isıtma
C	Soğutma
H,C	Isıtma+Soğutma
s	Sistem
L	Uzun dönem



<b><u>Kısaltma</u></b>	<b><u>Adı</u></b>
DG	Derece-gün
PP	Geri dönüş süresi
PWF	Bugünkü değer faktörü
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
G	Güney
K	Kuzey
D	Doğu
B	Batı
Y	Yönsüz
COP	Soğutma performans katsayısı
IDG	Isıtma derece-gün
SDG	Soğutma derece-gün
XPS	Ekstrüde polistiren
EPS	Ekspande polistiren
PUR	Poliüretan

## **ÖNSÖZ**

Tez çalışmasında, ilk olarak bana yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Bedri YÜKSEL'e teşekkür ederim. Çalışmada ekipman alınmasında bana destek sağlayan Kastamonu Entegre Ağaç San. ve Tic. A. Ş. teşekkür ederim. Tezin uygulama aşamalarında bana yardımcı olan Arş. Gör. T. Kerem DEMİRCİOĞLU'na ve Balıkesir Üniversitesi Yapı İşleri Teknik Daire Başkanlığı teknik personeli ile Mühendislik-Mimarlık Fakültesi teknik personeline teşekkür ederim. Balıkesir Üniversitesi Araştırma Projeleri birimine sağladığı maddi destekten dolayı teşekkür ederim.

Son olarak özellikle tezin her aşamasında bana büyük destek sağlayan aileme çok teşekkür ederim.

**Balıkesir, 2014**

**Okan KON**

# 1.GİRİŞ

## 1.1 Binalarda Enerji Çalışması ve Literatür Taraması

### 1.1.1 Binalarda Enerji Tüketimi

Enerji, insan yaşamının kalitesinin bir ölçüsü ve ayrıca sosyal ve ekonomik büyümenin bir göstergesidir. Gelişmiş ülkelerde kişi başına düşen enerji tüketimi diğer ülkelerden yüksektir. Konutlar için enerji tüketim karakteristiklerinin ortaya çıkarılması enerji türlerinin ve bu türlere göre dağılımların belirlenmesi ileriye dönük enerji talebinin ve yatırımların planlanması için gereklidir. Çoğu zaman ölçüme dayalı bilgilerin eksikliğinden, kişi ve m<sup>2</sup> başına tüketim gibi istatistiki verilerin olmayışından ya da kısa süreler, örneğin yılın her saati için kayıtların bulunmamasından dolayı gelecekle ilgili tüketim tahminlerini yapmak zordur (Öz, 2006).

Her ülke için enerji tasarrufu önemli bir konudur, kullandığı enerjinin çoğunluğu ithal olan Türkiye için bu çok daha önemlidir. Enerji tasarrufu, gereksiz ya da kayıp enerji tüketiminin azaltılmasıyla sağlanır (Çomaklı and Yüksel, 2003). Tablo 1.1’de (Ton Petrol Eşdeğer-TEP) Türkiye’nin birincil enerji yönünde açık tahmin raporu verilmektedir. Konut sektörünün enerji tüketiminde yaklaşık % 25-30’luk pay ile önemli yeri vardır. Son yıllarda yapılan çalışmalara göre bu alandaki tasarruf potansiyeli % 25-45 arasındadır. Konut sektöründe yaşam alanını ısıtmak için enerji tüketimi diğer tüketim kaynaklarından (su ısıtma, gıda dondurma, yemek pişirmek v.b.) iki kat daha fazladır (Kaynaklı, 2008).

**Tablo 1.1:** Türkiye’nin birincil enerji yönünden açık tahmin raporu (Daşdemir, 2011).

	2005	2010	2015	2020	2025
<b>Enerji Üretimi (Bin TEP)</b>	36028	53556	62788	82201	100368
<b>Enerji İhtiyacı (Bin TEP)</b>	124748	175074	233296	317353	407106
<b>Enerji Açığı (Bin TEP)</b>	88720	121518	170508	235152	306738

Yıllık enerji gereksiniminin % 61'ini ithal eden ülkemizde binalarda kullanılan enerji, toplam tüketilen enerji miktarının % 33'üne karşılık gelmektedir. Konut binalarında tüketilen enerji miktarı ise tüm binalar genelinde tüketilen enerjinin %34'ünü oluşturmaktadır. Türkiye koşullarında binalarda kullanılan enerji özellikle ısıtma gerektiren dönemi kapsamaktadır (Ayçam, 2006). Konuyla ilgili olarak, Tablo 1.2'de milyon ton petrol eşdeğeri (MTEP) olarak yakıt türlerinin bina sektöründe (ticari ve konut) dağılımı görülmektedir.

**Tablo 1.2:** Yakıt türlerinin bina sektöründe (ticari ve konut) dağılımı (MTEP) (Özüpak, 2008).

Sektör	Konut				
	2003	2010	2015	2020	2025
Doğal Gaz	4536	4964	5242	5494	5746
Elektrik	3478	4768	5468	6124	6854
Petrol	2671	3100	3226	3301	3377
Isı	1134	1260	1411	1386	1386
Kömür	706	1084	1084	1033	983
YEK	151	176	202	202	202
Toplam	12625	15498	16607	17514	18572
Sektör	Ticari				
	2003	2010	2015	2020	2025
Doğal Gaz	1688	1714	1840	1940	2041
Elektrik	2848	3679	4183	4662	5166
Petrol	1260	1310	1386	1426	1487
Isı	176	202	202	176	176
Kömür	151	227	227	252	252
YEK	25	25	25	50	50
Toplam	6149	7157	7862	8518	9148

Bir ülkenin gelişmişlik düzeyi, enerji açısından iki temel göstereyle izlenebilir. Bunlardan biri kişi başına enerji tüketimidir, diğeri ise enerji yoğunluğudur. Kişi başına enerji tüketiminin yüksek olması, hem ülkedeki ekonomik faaliyetlerin canlılığını, hem de (ulaşım araçlarının çokluğundan elektrikli aletlerin yaygınlığına ve yüksek konforlu barınma imkânlarına kadar geniş bir alanda) refah düzeyinin yüksekliğini gösterir. Enerji yoğunluğunun düşüklüğü ise, aynı miktar enerjiyle daha çok katma değer üretilmesini

simgeler. Bu durumda bir ülkede enerji açısından gelişmişliğin ideal şartı, kişi başı enerji tüketiminin yüksek ve enerji yoğunluğunun düşük olmasıdır (Değirmenci, 2010).

Bina sektörü enerji tüketiminin önemli bir payını oluşturduğundan, bina sektöründe enerjinin verimli kullanımına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanmasının sağlanması, diğer sektörlerde de bir kazanç olarak yansıtacaktır (Ülker, 2009).

Enerji tasarrufu, enerji ve enerji kaynaklarının verimli olarak değerlendirilmesi amacıyla kullanıcılar tarafından alınan tedbirler sonucunda belirli miktardaki üretimi ve hizmeti gerçekleştirmek için her aşamada harcanan enerji miktarında sağlanan azalmayı anlatmaktadır (Yaşar, 2011).

Enerji verimliliği ise, harcanan her birim enerjinin daha fazla hizmet ve ürüne dönüşmesi olarak tanımlanabilir. Binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin düşüşüne sebep olmaksızın enerji tüketiminin azaltılması olarak ifade edilebilir (Atmaca ve Koçak, 2011).

Binalarda konfor koşullarını sağlayan ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi sistemler toplam enerji tüketimi içinde önemli paya sahiptir, bu sistemlerde yapılacak enerji etütleri ile binaların ve bina enerji sistemlerinin enerji verimliliği açısından iyileştirilmesi mümkün olmaktadır. Enerji etütleri sonucunda hiç maliyet gerektirmeyen enerji tasarruf önlemleri alınabilirken, ilk yatırım maliyeti yüksek enerji verimli teknolojilerin kullanılma olanakları da belirlenebilmektedir (Topal, 2009). Konut ve ticari binalarda enerji etüdü çalışmalarının kapsamı Tablo 1.3’de verilmiştir.

Enerjinin verimli kullanımının sağlanmasında en temel gösterge enerji yoğunluğudur. Ülkemizde kişi başına enerji tüketimi OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) ülkeleri ortalamasının yaklaşık 1/5’i oranında, enerji yoğunluğu ise OECD ortalamasının iki katı kadardır. Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency) verilerine göre gelişmiş ülkelerde enerji yoğunluğu 0.09–

0.19 arasında iken, ülkemizde 0.38 olması ve azalma eğilimi göstermemesi bu konunun ciddi olarak ele alınması gereğini ortaya koymaktadır (Topal, 2009).

**Tablo 1.3:** Konut ve Ticari Binalarda Enerji Etüdü (Değirmenci, 2010).

<b>Konut ve Ticari Binalarda Enerji Etütleri</b>		
<b>Aşama</b>	<b>Isıtma ve Soğutma Sistemleri</b>	<b>Elektrik Sistemleri</b>
Veri Analizi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enerji Tüketim Profili</li> <li>• Birim alan için enerji tüketimi</li> <li>• Isıl enerji tüketiminin dağılımı</li> <li>• İklim koşullarının etkisi</li> <li>• Kullanılan yakıt çeşitleri</li> <li>• Yakıt maliyeti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrik tüketim profili</li> <li>• Birim alan için elektrik tüketimi</li> <li>• Elektrik tüketiminin dağılımı</li> <li>• İklim koşullarının etkisi</li> <li>• Elektrik maliyeti</li> </ul>
Yerinde İnceleme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bina yapı elemanlarının özellikleri</li> <li>• Isıtma, soğutma, havalandırma sistemlerinin tipi</li> <li>• Sıcak su kullanımı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isıtma, soğutma, havalandırma sistemlerinin tipi</li> <li>• Aydınlatma tipi ve yoğunluğu</li> <li>• Elektrik cihazları ve sayısı</li> <li>• Isıtma, soğutma, havalandırma için elektrik tüketimi</li> <li>• Aydınlatma için elektrik tük.</li> </ul>
Enerji Tüketim Karakteristiğinin Belirlenmesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mimari, mekanik ve kontrol projelerinin incelenmesi</li> <li>• Bina enerji tüketimi ile ilgili veri toplanması</li> <li>• Binanın enerji tüketim Karakteristiğinin belirlenmesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mimari, elektrik, mekanik ve kontrol projelerinin incelenmesi</li> <li>• Bina elektrik tüketimi ile ilgili veri toplanması</li> <li>• Elektrik tüketim karakteristiğinin belirlenmesi</li> </ul>
Enerji Tasarruf Olasılıklarının Değerlendirilmesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemlerin set değerlerinin Optimizasyonu</li> <li>• Atık ısının geri kazanılması</li> <li>• Mevcut ısıtma, soğutma, havalandırma sistemlerinin İyileştirilmesi</li> <li>• Mevcut sistemlerin verimli olan yeni sistemler ile değiştirilmesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemlerin set değerlerinin optimizasyonu</li> <li>• Güç faktörünün düzeltilmesi</li> <li>• Mevcut elektrik sistemlerinin iyileştirilmesi</li> <li>• Mevcut elektrik sistemlerinin verimli olan yeni sistemleri ile değiştirilmesi</li> </ul>

TÜİK'in (Türkiye İstatistik Kurumu) 2000 yılı bina sayımına göre, bina sayısı 1984 yılında 4.3 milyon iken, %78 artışla 2000 yılında 7.8 milyona, konut sayısı ise aynı yılın verilerine göre %129 artışla 16.2 milyona ulaşmıştır. 2000 yılı bina sayımına göre, konut, ticari ve kamu binalarının alanı 913 milyon m<sup>2</sup>'ye karşılık gelmekte olup, bunun yaklaşık 400 milyon m<sup>2</sup>'sinin ısıtıldığı tahmin edilmektedir (Yaşar, 2011).

Türkiye'nin enerji talebindeki büyümesi yıllık % 8 dir ve dünyadaki en yüksek oranlardan biridir. Tablo 1.5'de Türkiye'nin nüfus ve enerji yoğunluğu görülmektedir. Enerji talebinin bir parçası olan Türkiye deki doğal gaz tüketimi, birincil enerji kaynaklarından en hızlı büyüyendir (Kiliç, 2006). Tablo 1.4'de doğal gaz talebi ve talep tahmini görülmektedir.

**Tablo 1.4:** Doğal Gaz Talebi ve Talep Tahmini (milyar m<sup>3</sup>) (Hacisalihoğlu, 2008).

Yıllar	2000	2010	2015	2020
Konut	2928	8389	9396	9806
Endüstri	2415	10971	12238	15147
Gübre	839	929	929	929
Güç	9418	34903	44903	56903
Toplam	15600	55192	67466	82785

**Tablo 1.5:** Nüfus ve enerji yoğunluğu (Toklu v.d.,2010).

Yıl	Nüfus (*1000)	Toplam Enerji Talebi (MTEP)	Enerji /Kişi (Kilogram Petrol Eşdeğeri-KEP)	Enerji Yoğunluğu
1973	38072	24.6	646	81
1990	56098	53.7	957	50
1995	62171	64.6	1039	44
2000	67618	82.6	1218	40
2020	87759	282.2	3216	33

Türkiye'nin 2010 yılında elektrik enerjisi talebi 300 milyar kWh iken, 2020 yılında ise 580 milyar kWh 'e ulaşacağı tahmin edilmektedir (Bilgen v.d.,2008). Tablo 1.6'de Türkiye de şuan ve gelecekteki toplam enerji tüketimi görülmektedir.

**Tablo 1.6:** Türkiye de gelecekteki toplam enerji tüketimi (MTEP) (Bilgen v.d.,2008)

<b>Enerji Kaynağı</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>
Kömür ve Linyit	16.94	23.32	35.46	39.70	107.57	198.34
Petrol	23.61	31.08	40.01	51.17	71.89	102.38
Gaz	2.86	12.63	42.21	49.58	74.51	126.25
Biyogaz ve Atık	7.21	6.56	5.33	4.42	3.93	3.75
Nükleer	--	--	--	--	7.30	14.60
Hidroelektrik	1.99	2.66	4.16	5.34	10.00	10.00
Jeotermal	0.43	0.68	1.89	0.97	1.71	3.64
Güneş/Rüzgar/ Diğer	0.03	0.27	0.22	1.05	2.27	4.28
Toplam Birincil Enerji Tüketimi	53.01	77.49	129.63	152.22	279.18	463.24

### **1.1.2 İklim ve Enerji Tüketimi**

Genelde, bir binada, ısıtma amacı için enerji gereksinimi üç tamamlayıcı bileşen; meteoroloji, mimari dizayn ve malzeme tipidir (Durmaz ve Kadioğlu, 2003).

Binaların maliyet ve enerji tüketimini azaltmak için en iyi yaklaşım tasarım esnasında iklimin dikkate alınmasıdır. Tasarım süreci, mekanik ısıtma ve soğutma için enerji ihtiyaçlarının önemli ve etkili azaltılmasına yol gösterici olur (Orosa ve Oliveira, 2009)

Enerji verimli yeni bir bina tasarımında öncelikle, binanın bulunduğu bölgesel ve iklimsel veriler analiz edilmeli, bina tasarımı yapılarak enerji tüketim değerinin hesaplanmalı ve istenilen enerji tüketim değerine ulaşıncaya kadar bina tasarımı geliştirildikten sonra, en son aşamada, proje uygulamasına geçilmelidir (Özpak, 2008).

Belirli bir bölgedeki iklim karakteristikleri, binalarda tüketilen enerji miktarları üzerindeki en önemli belirleyici faktördür. İklimsel etki; hava sıcaklığı, rüzgar hızı, güneş radyasyonu gibi hava olayları ile binanın enerji ihtiyacının artmasına veya azalmasına tesir eder. Bu nedenle binalarda ısı analizlerinin yapılabilmesi için binanın yer aldığı bölgedeki meteorolojik verilere ihtiyaç vardır (Şişman, 2005).



İklim konusu (rüzgâr, güneş, yağış, sis gibi) önemine rağmen meteorologlar, coğrafyacılar, ısıtma-havalandırma mühendisleri ile şehir plancıları ve mimarlar arasında bir ilişki kurulmadığı, iklim bina ilişkisini kuran metotlar genellikle ısıtma ve havalandırma mühendisleri tarafından geliştirildiği için iklime uyumlu bina kavramı tasarımcıdan uzak kalmıştır (Tuncer, 2007).

Isı hesaplama yöntemlerinde mutlaka dış sıcaklığın bilinmesi gerekmektedir. Böylece iç ve dış sıcaklık farkından dolayı, bina dış yüzeyinden kaybedilen ısı miktarı hesaplanabilir. Ayrıca, dış sıcaklık, durgun ve düşük rüzgar hızlarında, havalandırma oranının hesaplanmasında geçerli bir parametredir. Normal olarak, özel önem alınmamış infiltrasyon kayıpları üzerinde, en önemli etkiyi yapar. Belli bir yerdeki ortalama rüzgar hızını estiği süredeki şiddeti ve esme yönü, binanın çeşitli yüzeylerindeki ısı transfer katsayısını etkileyecektir. Güneş radyasyonu, ısıtma sezonundaki ısı katsayısı ve soğutma sezonunda getireceği ilave yük nedeni ile bilinmesi gerekli diğer bir veridir (Şişman, 2005).

### **1.1.3 Isıl Konfor**

İnsanın sıcaklık açısından sağlıklı bir ortamda yaşaması ısıl konfora bağlıdır. Isıl konfor, insanların bedensel ve zihinsel sağlığını etkilemektedir. Bir insanın yaşadığı veya çalıştığı ortam sıcaklığından dolayı sağlık sorunları ile karşı karşıya kalması iş verimini de etkiler (Kılınç, 2011).

Kapalı ortamlardaki ısı koşulları, o ortamda yaşayan insanların rahatlığını, konforunu ve sağlığını doğrudan ilgilendirir. İnsanların çalışma verimlerini buldukları ortamın sıcaklığı büyük ölçüde belirlemektedir. Çalışma ortamının ısı koşulları, insanların bedensel ve zihinsel üretim hızını doğrudan etkilemektedir. Çok soğuk ya da çok sıcak ortamların çalışma verimini düşürdüğü belirlenmiştir. Yine çok soğuk ortamların yol açtığı sağlık sorunları da iş gücü kaybına ve buna bağlı sağlık harcamalarına neden olmaktadır. Ortam sıcaklığının iş yerlerinde iş kazalarına da yol açtığı belirlenmiştir (Şen, 2006).

İnsanların sıklıkla kullandığı hemen hemen tüm hacimler yaz ve kış şartlarına bağlı olarak değişik sistemler ile iklimlendirilmektedir. İklimlendirme sistemlerinin kullanım amacı bina sakinleri için konforlu ve sağlıklı iç ortam havası sağlamaktır (Atmaca, 2006).

Günümüzde değişik sistem ve teknolojiler vasıtasıyla yaygın olarak kullanılan iklimlendirme sistemlerinin amacı; bu ortamı kullanan insanlara kabul edilebilir kalitede konforlu ve temiz iç ortam hazırlamaktır. Mekanik olarak iklimlendirilmiş hacimlerde temel amaç, minimum enerji tüketimi elde etmekle birlikte, bu hacimleri kullanan insanlar için, sağlıklı ve konforlu yaşam alanları sağlamaktır (Atmaca, 2006) .

#### **1.1.4 Yakıt Emisyonları**

20.yy. da endüstrileşme ve kaynakların bilinçsiz kullanımı, giderek artan çevre kirliliği, enerji kaynaklarının azalması, CO<sub>2</sub> ve çevreye zararlı gaz emisyonlarındaki artış sonucu ozon tabakasının delinmesi, global ölçekte sera etkisi ve iklimlerin dönüşü olmayacak biçimde değişmesi gibi dünyanın geleceğini tehdit eden sorunlarını beraberinde getirmiştir (Ayçam, 2006).

Türkiye'nin binalarda ısınma amaçlı enerji tüketiminde % 70 oranında tasarruf potansiyelinin olduğu görülmektedir. Konut sektöründeki mevcut tüketim sonucunda ise yaklaşık olarak yılda 60 milyon ton CO<sub>2</sub>, 1 milyon ton SO<sub>2</sub>, 170 bin ton NO<sub>x</sub>, 550 bin ton CO ve 500 bin ton parçacığın atmosfere bırakıldığı belirtilmektedir. Bu durumda, % 70 tasarruf potansiyelinin gerçekleşmesi halinde yıllık toplam CO<sub>2</sub> emisyonunda 40 milyon ton (~% 15), yıllık SO<sub>2</sub> emisyonunda ise 700 bin ton azalma beklenmelidir. Türkiye, 60 milyon tonun üzerinde olan yakıt veya enerji kaynağının tüketiminin yaklaşık 36 milyon tonunu ithal kaynaklardan sağlamaktadır (Daşdemir, 2011).

Avrupa Komisyonu'nun 2006 yılında onayladığı enerji verimliliği kapsamında 2020 yılına kadar %20 oranında enerji tasarrufu sağlanarak her yıl 780 ton daha az CO<sub>2</sub> açığa çıkarması ve aynı zamanda 100 milyar Euro kazanım elde edilmesi

öngörülmektedir. AB'nin enerji tasarrufu ile atmosfere salınan sera gazlarında 2020 yılına kadar %20 azalma beklentisi yer almaktadır (Yaşar, 2011).

Atmosferdeki temel kirleticiler, karbonmonoksit (CO), karbondoksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), nitrik oksit (NO), azotdioksit (NO<sub>2</sub>), azot oksit (N<sub>2</sub>O), sülfürdioksit (SO<sub>2</sub>), kloroflorokarbon (CFC) ve ozondur. CO<sub>2</sub>, sera gazı etkilerinin yaklaşık %50'sini kapsar. 2004 de toplam CO<sub>2</sub> emisyon miktarı 200 milyon ton miktarındadır (Kaygusuz, 2009).

Dünya Bankası için hazırlanan bir rapora göre, partikül madde (PM) ve SO<sub>2</sub> emisyonu yılda yaklaşık % 2.2 büyüyeceği, SO<sub>2</sub>'nin 2025 yılında 3.8 Mt erişeceği, NO<sub>x</sub> emisyonu ise yılda % 3.5 büyüyeceği bildirilmiştir (Kaygusuz, 2009). Tablo 1.7'de 1980 ile 2010 arası direk ve in direk sera gazı emisyonları dağılımı görülmektedir.

**Tablo 1.7:** 1980 ile 2010 arası direk ve in direk sera gazı emisyonları (Kiloton)  
(Kaygusuz, 2009).

GHG ler	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Direk GHG ler	110216	133056	200720	241717	333320	427739	567000
CO <sub>2</sub>	81889	108923	177973	211229	303079	397351	535966
CH <sub>4</sub>	27574	23265	21618	24302	25585	25531	25640
N <sub>2</sub> O	753	868	1128	6116	4656	4858	5394
NO <sub>x</sub>	380	493	680	814	1154	1513	2073
CO	2936	3115	3715	3961	8390	9552	11433
MNVOC	360	380	524	599	1415	1638	1991
SO <sub>2</sub>	131	420	813	894	1038	1038	1038

### 1.1.5 Binalarda Isı Yalıtımı

Isı yalıtımı, kışın ısınmak ve yazın serinlemek için harcadığımız enerjiyi azaltmak amacı ile binaların dış cephe duvarları, çatıları, döşemeleri ve tesisatlarından ısı alış-verişini azaltan önlemlerdir. Mevcut binalarımızda çatı, döşeme ve dışa bakan tüm duvarlara ısı geçirmeyen malzeme uygulanmasıyla yapılır (Değirmenci, 2010).

Çok katlı binalarda ısı kayıplarının %6 bodrum, %17 hava kaçağı, %7 çatı, %30 pencerelerden ve %40 duvarlardan olduğu tespit edilmiştir (Aydın, 2011).

Duvarlar, yapı kabuğunda en fazla alana sahiptir. Bina dış duvarlarında binanın yüksekliği arttıkça ısı kaybı duvar yüzeyinin alanın büyümesine bağlı olarak artmaktadır. Bu nedenle duvarlar; binalarda ısı konforun sağlanmasında öncelikli olarak ısı kaybını önlemek için yalıtılması gereken yapı elemanlarıdır (Aydın, 2011). Özellikle yalıtım malzemesinin seçimi ve yalıtım kalınlığının belirlenmesi çok önemlidir. Yalıtım malzemesinin termal iletkenliği ve fiyatı seçiminde etkilidir (Yu at al, 2009). Binaların yalıtımı ile eklenen yalıtım malzemesi ilk yatırımı artacaktır fakat uzun vadede gerekli maliyeti azaltacaktır (Hasan, 1999).

Isı yalıtımı, binalarda ısı kayıp ve kazançlarının sınırlandırılması için yapılan işlemdir. Teknik olarak, ısı yalıtımı farklı sıcaklıktaki iki ortam arasında ısı geçişini azaltmak için uygulanır. Isı yalıtımının avantajları aşağıdaki gibi açıklanabilir: (Tolun, 2010; Atmaca ve Koçak, 2011)

- Dışarıyla ısı alış-verişini önlediği için kışın soğuktan, yazın sıcaktan koruyarak daha sağlıklı ve konforlu bir yaşam sağlar.
- Uygulaması pratiktir, ağır işçilik gerektirmez. Çevreye zarar vermez ve sık sık değiştirilmesi ya da yenilenmesi gerekmez.
- Enerji kaybını önleyerek tasarruf sağlar. Dolayısıyla yatırım maliyetini birkaç sene içinde karşılar ve ülkenin ekonomik kalkınmasına katkı sağlar.

- Binalarda yoğuşma ve rutubeti önleyerek yapı ömrünü uzatır. Korozyonu önler, betonarme demirlerinin çürümesine mani olur.
- Dolaylı olarak çevreye ve doğaya faydası vardır. Isı yalıtımı ile binalar daha az enerji ısıtılır.
- Kullanılan yakıt miktarının düşmesine bağlı parasal getiri sağlar,
- Tesisat (kazan kapasiteleri, radyatör miktarları, pompa ve brülör kapasiteleri, boru çapları azalmasına bağlı olarak) ilk yatırım giderlerinden olan parasal getiri sağlar.

Hem enerji tasarrufu, hem de fosil yakıtların yanmasından oluşan zararlı emisyonların azaltılması için kullanılan yalıtımın malzemesi ve yapılış şekli oldukça önemlidir (Kaynaklı, 2008, Mahlia v.d. 2007). Uygulanan doğru yalıtım ile atmosfere yayılan zararlı emisyonlar; karbondioksit (CO<sub>2</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve diğer zararlı gaz miktarları azalır. Bu yönüyle atmosferdeki sera etkisi, küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadeleye katkıda bulunulur, (Tolun, 2010)

Yalıtımın amacı yapıların ömrünü uzatmak, bakım masraflarını azaltmak ve kullanıcı için sağlıklı, huzurlu, rahat kullanabileceği mekânlar oluşturmaktır. Binanın kullanımının ömrünün uzatılması, kaynak israfını önleyecek ve ekonomik avantajlar sağlayacaktır (Şen, 2006).

İçeride yeterli konfor ortamının sağlanabilmesi için ya kaybolan ısının bir ısıtma sistemi ile karşılanması ya da ısı kaybının azaltılması gerekir. Isı kaybını azaltmak da ancak ısı yalıtımı ile mümkündür. Buradan hareketle, ısı yalıtımını, sıcak ortamlarda ısı kaybını, soğuk ortamlarda ise ısı kazancını sınırlandıran direnç olarak adlandırılabiliriz (Şen, 2006).

Isı yalıtım ürünlerinin temel amacı, yapı elemanlarının ısı iletim direncini artırmaktır. Bu nedenle bu ürünlerin yalıtma özelliğini ısı iletim katsayıları belirler. Isı iletim katsayısı ne kadar düşükse, o ürünün yalıtım özelliği artmaktadır. Buna bağlı olarak, yalıtım ürünlerinin ısı iletim katsayısının düşük olması istenir. Kullanım

kolaylığı ve ekonomiklik de ısı yalıtım ürünlerinde ikincil aranan özelliklerdir (Şen, 2006).

Isı yalıtımı uygulamalarında, yalıtım malzemesi kalınlığı artırılarak, enerji kayıpları ve hava kirliliği azaltılabilir. Ancak yalıtım kalınlığının hemen hemen hiç ısı kaybı olmayacak şekilde artırılması ne ekonomiktir ne de mümkündür. Yalıtım yatırım tutarı ile yalıtımlı binada sağlanacak tasarruflar arasında bir denge noktası belirlenmelidir. Denge noktası, en iyi yalıtım kalınlığıdır. Belirli bir ekonomik ömür için yalıtım ve işletim giderlerinin en az olmasını sağlayan yalıtım kalınlığına en iyi yalıtım kalınlığı denilmektedir (Şişman, 2005).

Yalıtım uygulamalarının ekonomik avantajı sadece yakıt ya da enerji tasarrufu ile sınırlı değildir. Aynı zamanda enerji üretiminde kullanılan ekipmanların kapasitelerindeki azalmaya paralel olarak, ilk yatırım sırasında ekonomik kazanç sağlanmış olunur. Bu durum binalarda ısı yalıtımı uygulamalarının önemini artırmıştır (Şişman, 2005).

Binalarda yalıtım yapmakla tesisat ilk yatırım giderlerinde azalma sağlanabilmektedir. Kazan kapasiteleri düşmekte, odalara yerleştirilecek radyatör miktarları azalmakta boru çapları düşmektedir. Yalıtıma yapılan yatırım bu nedenlerle kısa zamanda kendini geri ödemekte, daha sonra yıllar boyu tasarruf yapılmaktadır (Şişman, 2005).

Isı yalıtım malzemesi tüketimi değerleri dikkate alındığında, 0.04 m<sup>3</sup>/kişi ısı malzemesi tüketimi ile Türkiye benzer iklim özelliklerini paylaştığı Akdeniz ve Orta Avrupa ülkelerinin gerisinde kalmıştır. Bu durum, ısı yalıtımına daha çok önem vermemizin gerekliliğini sergilemektedir (Şişman, 2005). Tablo 1.8'de kişi başına düşen enerji ve yalıtım malzemesi miktarı görülmektedir.

Yalıtımın bir başka faydası da, yeni binalarda olduğu kadar eski binalarda da uygulanabilir olmasıdır. Halen kullanılmakta olan bir binanın içine hiç girilmeden tamamen dıştan yalıtılabilmesi büyük avantaj sağlamaktadır (Şişman, 2005).

Isı yalıtım malzemeleri; ısı kayıp ve kazançlarının azaltılmasında kullanılan sadece minimum kalınlıkta yalıtım sağlamak amacıyla üretilmiş yüksek ısı dirence sahip özel ürünlerdir. Isı yalıtım malzemelerinin en temel özelliği ısı iletim katsayılarının düşük olmasıdır. Bu malzemeler, yoğunlukları düşük, gözenekli, hareketsiz hava içeren malzemelerdir. Isı yalıtım malzemeleri, genellikle karmaşık yapıdadırlar. Sahip oldukları gözenekli yapı, liflerin, tanelerin ve gözenekli tanelerin yığın şekilde bulunmaları, köpüklü malzeme veya herhangi bir bileşiğin meydana getirdiği bazı kısmi elemanlarının çıkartılması ya da yakılması ile elde edilmektedir (Aydın, 2011). Binalarda en çok kullanılan ısı yalıtım malzemeleri Tablo 1.9'da karşılaştırma amacıyla verilmiştir.

**Tablo 1.8:** Kiři bařına dūřen enerji tūketimi ve yalıtım malzemesi (řen, 2006).

Bōlge	Ūlke	Enerji Tūketimi (KEP/kiři)	Isı Yalıtım Malzemesi Tūketimi (m <sup>3</sup> /kiři)
Kuzey Avrupa	Finlandiya	3985	0.66
	İsveç	3503	0.35
	Danimarka	3742	0.63
Kuzey Amerika	Norveç	4748	0.84
	Kanada	6941	0.78
	ABD	6679	0.49
	Almanya	3936	0.40
	İsviçre	2656	0.31
	Fransa	2604	0.29
Orta Avrupa	Avusturya	2813	0.37
	Hollanda	5084	0.24
	Belçika	3892	0.24
	İngiltere	3575	0.18
	İtalya	2499	0.06
Akdeniz Ūlkeleri	İspanya	1474	0.06
	Yunanistan	1716	0.05
	TŪrkiye	782	0.04
Tropik Ūlkeler	Avustralya	4792	0.17
	Kuveyt	6434	0.12
	Arjantin	1338	0.02
	GŪney Afrika	1971	0.019
	Brezilya	537	0.008



**Tablo 1.9:** Isı yalıtım malzemeleri karşılaştırma tablosu  
(Aydın 2011, Ulaş 2010, Kılınç 2011).

Isı Yalıtım Malzemesi	Isı İletim Kat. (W/m <sup>2</sup> K)	Kul. Sıcak. (°C)	Yoğun. (kg/m <sup>3</sup> )	Yangın Sınıfı (DIN 4102)	Mekan. Day. (kPa)	Buhar Difüz. Direnç Faktörü	Su Emme
Cam Yünü (TS 901) Silis kumunun yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Şilte ve levha halinde kullanılabilir.	0.043	max. 250	10-120 arası yoğunluklarda üretilir.	DIN 4102 'ye göre A sınıfı yanmaz	1.5-6.5 ton/m <sup>2</sup> basma dayan.	=1	hacimce % 3-10
Taş Yünü (TS 901) Bazalt veya diabez taşının yüksek sıcaklıklarda ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen bir ısı yalıtım malzemesidir.	0.04	max. 1000	20 -200 arasında üretilir.	DIN 4102'e göre A sınıfı yanmaz	1.5-6.5 ton/m <sup>2</sup> basma dayan.	=1	hacimce % 2.5-10

**Tablo 1.9:** (devamı)

Ekstrüde Polistiren (XPS) (TS 11989) XPS levha, polistiren ham-maddesinin ekstrüzyonla levha halinde çekilmesiyle üretilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Üretim tekniği dolayısıyla kapalı gözenekli ve bünyesine su almayan bir ısı yalıtım malzemesidir.	Yüzeyi pürüzsüz iken 0.08 yüzeyi pürüzlü iken 0.031	-50 ile +75/+80	~ 25 -50	B1 sınıfı zor alev alan	100 -500 kPa 0 -50 ton/m <sup>2</sup> ) max. basma dayan.	80 -250	hacimce % 0-0.5 max.
Ekspande Polistiren (EPS) (TS 7316) EPS, polistiren ham maddesinin genişletilerek blok halinde ve kesilme suretiyle levha haline getirilen bir ısı yalıtım malzemesidir. Ayrıca levha şeklinde kalıp içinde genişletilerek de üretilebilir.	ortalama 0.04	-180 / +75	15 -30 olmalı	DIN 4102'e göre B1 sınıfı zor alev alan, B2 sınıfı normal alev alan bir ısı yalıtım malzemesidir.	50 -150 kPa (5-15 ton/m <sup>2</sup> ) max. basma dayan.	20 -250	hacimce % 0-5 arası

**Tablo 1.9:** (devamı)

Poliüretan (PUR) TS 2193 -10981 Poliüretan, iki ayrı kimyasal komponentin bir araya getirilmesi ile üretilir. Levha, sandviç panel ve Püskürtme yöntemiyle kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir.	0.035	-200 / +110	30-40	B1 -B2 - B3 sınıfı zor, normal ve kolay alev alan	100 -400 kPa (10 -40 ton/m <sup>2</sup> )	30-100	hacimce %3-5 arası
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------	----------------	-------	---------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------	--------	--------------------------

Isı yalıtım malzemelerinin seçiminde, malzemenin bulunma ve uygulanma kolaylığı ile birlikte maliyeti de önemli bir faktördür. Çünkü yalıtım, binanın ilk yatırım giderlerini arttıran bir uygulamadır. Yalıtım ile temin edilecek tasarruf miktarının belirlenmesi için mevcut durum ile yalıtım sonrası durumda meydana gelecek olan ısı kayıplarının hesaplanması gerekir (Ulaş, 2010).

Doğru yalıtım malzemesinin seçilmesi ile birlikte enerji ünitesinden oluşan emisyonlar da azaltılmış olur (Mahlia v.d.,2007).

Kış aylarında ısı kayıplarını yaz aylarında ise kazançlarını azaltmak için en etkili yol ısı yalıtımıdır. Bilindiği gibi yalıtımın kalınlığı arttıkça ısı kazanç ve kayıpları önemli ölçüde azalırken yalıtım maliyetinde de artışa neden olacaktır. Bu durumda maliyet analiz yaparak yalıtımın optimum kalınlığı belirlenmelidir. Optimum yalıtım kalınlığı, yalıtım ve yakıt maliyetlerine, soğutma ve ısıtma yüklerine, ısıtma sistemlerinin verimliliğine, soğutma cihazlarının performansına, bina ömrüne ve faiz enflasyon gibi ekonomik verilere bağlıdır. Yıllık ısıtma ve soğutma yükleri iklim bölgelerine göre değişiklik göstermektedir (Dağdır ve Bolattürk, 2011). Optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesinde ekonomik analiz çok önemli bir kriterdir (Yu at al., 2009)

Farklı bölgelerdeki binaların yıllık ısıtma ve soğutma gereksinimi derece gün konsepti elde edilebilir. Derece günler; ortalama dış sıcaklık ve temel sıcaklığın arasındaki farktır. Isıtma ya da soğutma derece günler uzun dönem ölçülen veriler ile belirlenir. Bu konsept sabit iç şartlara, ısıtma ya da soğutma ekipmanlarının verimine dayanır (Bolattürk, 2006).

Toplam maliyeti minimum yapan nokta en uygun yalıtım kalınlığı değerini vermekte ve optimum yalıtım kalınlığı olarak adlandırılmaktadır. Bu noktanın sağında ve solunda (yani daha fazla ve az yalıtım kullanılması durumunda) ya yalıtım ya da yakıt maliyetinden dolayı toplam maliyet artma eğilimi göstermektedir. Soğutma için gerekli enerji ısıtmaya göre daha az olduğundan gerekli yalıtım kalınlığı da soğutma sezonunda daha küçük çıkmaktadır. Yalıtım kalınlığı ile tasarrufun maksimum olduğu (toplam maliyetin eğrilerinin tepe noktaları) en uygun yalıtım kalınlığı yani optimum kalınlığını vermektedir. Yalıtım kalınlığının artmasıyla ısı kaybı/kazancı azalacağından hem ısıtma hem de soğutma enerji (yakıt) tasarrufu artmaktadır ancak yalıtım maliyeti nedeniyle belirli bir değerden sonra tasarruf azalmaktadır (Kaynaklı v.d.,2010)

Günümüzde Türkiye’de dış duvarlardaki yalıtım, ısı yalıtım malzemesinin konumuna göre 4 farklı sistemde uygulanmaktadır (Aydın, 2011)

- Duvarların dış yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulamaları (Mantolama)
- Duvarların iç yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulamaları
- Çift duvar arası ısı yalıtım uygulamaları (Sandviç duvar)
- Havalandırılmalı dış duvar yalıtım uygulamaları (Giydirme cephe)

Dış duvarlarda dış taraftan ısı yalıtımı yapılmasının faydaları (Tolun, 2010; Aydın, 2011):

-Kiriş ve kolon gibi ısı köprüsü özelliğindeki yapı bileşenleri dış taraftan ısı yalıtım malzemesi ile örtüldükleri için ısı kaybı engellenir. (Yapılardaki kiriş ve kolon gibi elemanları ısı iletim katsayıları tuğla, gaz betonu gibi örme elemanlarına oranla çok yüksektir ve bu sebeple ısı buralardan daha çok kaçar.)

-Yapı, ısı yalıtım malzemesinden bir kılıf içinde bulunduğundan dış iklim şartlarından korunur.

-Yoğuşma tehlikesi azdır.

-Yapının dayanıklılığı ve ömrü artar.

-Binanın ısınması daha geç olmasına karşın soğuması da daha geç olur.

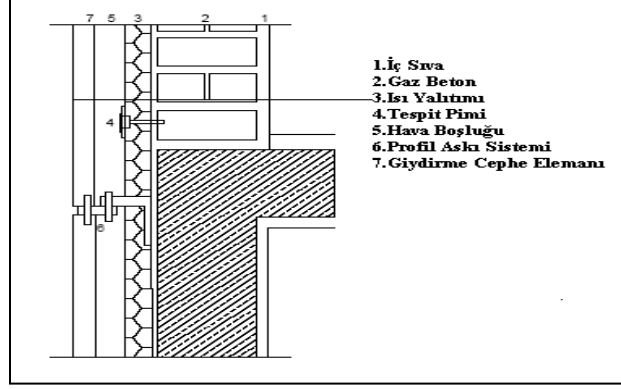
-Tüm yapı elemanları atmosfer etkilerinden korunur; binanın ömrünü uzatır. Taşıyıcı elemanları korozyondan korur.

-Isıtma sisteminin kısa süreli kapatılması halinde (geceleri), iç ortam sıcaklığının düşmesini önler.

-Yazın aşırı ısınmayı önler.

-Yapı fiziği hasarlarının önemli bir bölümü, dışarıdan ısı yalıtımı uygulamaları ile engellenebileceği gibi; mevcut hasarların onarımında da en etkin ve kalıcı uygulama olmaktadır.

Havalandırılmalı dış duvar yalıtım uygulamaları (giydirme cephe); yapının mevcut duvarına uygulanan ısı yalıtım malzemesi ile kaplama malzemesi arasında hava boşluğu bulunan sistemlerdir. Türkiye’de büyük şehirlerde artan büro yapılarının dışında günümüzde konut olarak da tercih edilen yüksek katlı yapılarda kullanılan bir sistemdir (Aydın, 2011). Şekil 1.1’ de giydirme cephe sistemlerde dıştan havalandırılmalı yalıtım detayı verilmiştir.



**Şekil 1.1:** Giydirme cephe sistemlerde dıştan havalandırılmalı yalıtım detayı  
(Aydın, 2011)

Giydirme cephe taşıyıcı konstrüksiyon arasında hava sirkülasyonu vardır. Bu akım esas olarak doğal taşınım akımıdır. Taşıyıcı konstrüksiyon, ısı yalıtım yüzeyini dış etkilerden korur (Çağlar, 2011).

Tasarımcı açısından, modern ve estetik görünüşü sebebiyle, son zamanlarda sıklıkla tercih edilen metal çerçeveli giydirme cephe projeleri iç ve dış etkenler ile istenen özel fonksiyonlar esas alınarak yapılmaktadır. Cephe sistem tasarımına etki eden faktörlerden bir kısmı yapının yüksek, alçak, yaygın olmasından bağımsız olarak, aynı etkiyi yapar. Bazılarının etkileri yapı yükseldikçe artar. Bazıları da yüksek yapıların geniş cephe yüzeylerine sahip olması nedeniyle önem kazanır. (Doğruel, 2010).

Tasarımcıların, metal çerçeveli giydirme cephelerin opak kısımlarında kullandıkları yalıtım malzemelerinin, iç kısımdan uygulaması, iç yüzey sıcaklığında kayıplara yol açarak, yakıt tüketimini arttırmaktadır. Bunu önlemek ise, dıştan yapılacak yalıtımla, ısı köprülerinin yok ederek, tüm yapı elemanlarının atmosferin etkilerinden korunması ile olmaktadır (Doğruel, 2010).

Türkiye’de giydirme cephe sistemi üreten ve uygulayan firmalar, alüminyum profilleri ısı köprüsü olarak kabul etmemekte ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplarında, alüminyum profilleri yok kabul etmektedirler. Alüminyum profillerin ısı köprüsü olarak hesaba katılmaması, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değeri üzerinde %7 oranında değişime sebep olmaktadır. Sonuçlar dikkate alındığında bunun yanlış bir

yaklaşım olduğu tespit edilmiş, böyle bir kabulün ısı kayıpları ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının belirlenmesinde doğru sonuçların elde edilmesine engel olacağı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle metal çerçeveli giydirme cephe sistemlerinde tespit elemanları üzerine yerleştirilen alüminyum profillerin birer ısı köprüsü olduğu dikkate alınmalı ve sistem seçimi buna göre yapılmalıdır (Doğruel, 2010).

### **1.1.6 Enerji Tüketen Tesisat Elemanlarından Pompalar**

Ekonomik ve sosyal kalkınmanın önemli girdilerden biri enerjidir (Yumurtacı ve Sarıgül, 2011). Bu girdiyi azaltmak için, pompa sistemleri, yüksek enerji tasarrufu potansiyel alanlarından biridir (Kaya v.d.,2008). Pompalar, mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren iş makineleri olarak tanımlanır (Sungur ve Bal, 2003). Amerikan Hidrolik Enstitüsünde yapılan bir çalışmada, gelişmiş ülkelerde tüketilen enerjinin, % 20 pompalar tarafından tüketilmektedir. Bu enerjinin % 30'u sistemin iyi dizaynı ve uygun pompa seçilmesi ile tasarruf edilebilir. Bir pompa sisteminin maksimum verimde çalışması, yalnız iyi bir pompa dizaynına dayanmaz. Aynı zamanda tüm sistemin iyi bir dizaynına ve çalışma şartlarına dayanır (Kaya v.d., 2008). Tasarruflu kullanımdan amaç; aynı işleri daha az güçle yani daha az kayıpla yaparak önemli parasal tasarruf sağlamak ayrıca ülke ekonomisine ve çevrenin korunmasına katkıda bulunmaktır (Yumurtacı ve Sarıgül, 2011).

Kalorifer tesisatında hem iyi ısınma ve hem de elektrik enerjisi tüketimi yönünden pompaların ayarları önemlidir. Uygulamada, mühendisler tarafından pompaları, ısıtma emniyeti düşüncesiyle gereğinden çok daha büyük kapasiteli seçilir. Kalorifer tesisatlarında dolaşım pompası olarak santrifüj pompalar kullanılır ve elektrik motoru ile tahrik edilirler. Santrifüj pompalarda, emiş ağzından emilen su, dönen çarka göbekten girer ve merkezkaç kuvvet ile artan bir hız ile dışarıya akarak basıncı yükselir (Dağsöz, 1988). Ayrıca santrifüj pompalar, bütün endüstriyel pompaların % 80'ini oluşturmaktadır (Tolvanen, 2007).

Motor-pompa setinin verimi son derece önemlidir. Yüksek verim değerleri ve pompalanan akışkanın hacmi başına olabildiğince en düşük enerji tüketimi amacı için, motorun ve pompanın seçimi önemlidir (Larralde ve Ocampo, 2010). Yüksek verimli pompaların kullanımı aynı zamanda sera gazlarının salınımında ciddi azalmalara sebep olmakta, enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasına ve çevremizin olumlu etkilenmesine katkı yapmaktadır (Yumurtacı ve Sarıgül, 2011).

Pompa verimi genel olarak; pompanın suya verdiği hidrolik gücün pompanın miline verilen mekanik güce oranıdır (Sungur ve Bal, 2003).Teorik olarak santrifüj pompaların verimleri,

küçük güçte pompalarda	$\eta_p = 0.40 - 0.60$
orta güçte pompalarda	$\eta_p = 0.60 - 0.75$
büyük güçte pompalarda	$\eta_p = 0.75 - 0.85$

arasında değişir (Dağsöz, 1988). Pompalarda enerji tüketimi azaltmak için; pompa kapasitesi olabildiğince düşük olmalıdır, pompaların basınç farkları olabildiğince düşük olmalıdır, pompaların verim oranları kullanma ve iletme olabildiğince yüksek olmalıdır. Enerji tüketimini azalmak için aynı zamanda dizaynda olabildiğince düşük basınç farklılıkları muhafaza etmek önemlidir (Vogel, 2008). Pompalar, genellikle giriş-çıkış basıncı ve akış oranı temelinde kontrol edilir (Ahonenv.d.,2010).

Pompalar tesisat sisteminin kalbidir. Seçimleri bütün maliyet bileşenlerini doğrudan etkilerler (Konuralp ve Albayrak 2009). Verimli pompa sistemleri tasarlanması, ömür boyu maliyetin, uzun zaman dilimi içerisinde düşmesini sağlayacak yapıyı oluşturur (Türkmen, 2011).

Ömür Boyu Maliyet (ÖBM) kavramı artan enerji tüketiminin analiz edilmesi ve sistemlerin enerji verimliliğinin artırılması amacıyla geliştirilmiş bir kavramdır. Pompalı sistemlerdeki tüketilen enerjinin büyüklüğü, sistemin bütün bileşenleri ile analizinin gerekliliğini ortaya çıkartmış ve verimliliğinin artırılması amacıyla; hem yeni



yatırımlar hem de işletilen sistemlerin analizlerinde bir bütün olarak “Ömür Boyu Maliyet” yaklaşımının geliştirilmesini sağlamıştır. ÖBM kavramı içeriğindeki bileşenler yardımı ile enerji verimliliği ve tasarrufu yönünde önemli iyileştirmeler sağlanmaktadır. ÖBM kavramı geleceğe dönük bir değerlendirmeye olanak vermektedir. Bu kavramın enerji kaynakları kısıtlı ülkemiz açısından önemi ele alınmalıdır. Buna bağlı olarak özellikle kurulu sistemlerdeki küçük iyileştirmelerin getirdiği tasarrufların uzun dönemdeki değeri çok önemlidir (Konuralp ve Albayrak, 2009).

Her ne kadar pompa tasarımları, temel tasarım kitaplarında yer alan ampirik denklemlere dayalı olarak gerçekleştirilse de tasarımı gerçekleştirilen pompanın deneylerle desteklenmesi gerekmektedir. Bu nedenle pompa deneylerinde kullanılan cihaz ve ekipmanların hassasiyetleri de oldukça önem taşımaktadır. Özellikle pompayı karakterize eden manometrik basma yüksekliği ve debi parametrelerinin hassas bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Basınç ölçümlerinde manometreler yerine basınç transducerlerinin veya transmitterlerinin, debi ölçümlerinde ise sabit hacim tankları, savak, orifismetre ve venturimetre yerine ultrasonik veya manyetik tip debi ölçer kullanımı önerilebilir. Şebeke bilgilerinin tespiti için de ampermetre, voltmetre, cosfmetre yerine, penswattmetre veya şebeke analizörü kullanmanın faydalı olacağı söylenebilir (Korkmaz v.d., 2009).

### **1.1.7 Literatür Taraması**

#### **1.1.7.1 Binalarda Optimum Yalıtım Kalınlığı**

Yu J, Yang C., Tian L. ve Liao D. (2009) yaptıkları çalışmada, Çin deki sıcak yaz ve soğuk kış bölgesi için dört şehir (Shanghai, Changsha, Shaoguan and Chengdu) seçmişlerdir. Beş yalıtım malzemesi (ekspande polistiren, ekstrüde polistiren, poliüretan köpük, perlit ve polivinil klorür) kullanmışlardır. Çalışmada, P1-P2 ekonomik modeli ve güneş hava soğutma ile ısıtma derece gün analizi kullanılarak tipik konutların duvarları için optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Toplam ömür maliyeti, tasarruf ve geri dönüş periyodu ömür maliyet analizine dayanarak hesaplanmıştır. Farklı yön,

yüzeý renđi, yalıtım malzemesi ve iklim için yirmi yıllık maliyet üzerine hesaplamalar yapılmıştır. Optimum yalıtım kalınlığı 0.053-0.236 m ve geri dönüş periyodu 1.9-4.7 yıl, tasarruf 32.0-54.80 arasında  $\$/m^2$  bulunmuştur.

Çomaklı K. ve Yüksel B. (2004) yaptıkları çalışmada, binalarda ısı kayıplarının azaltılması için kullanılan ısı yalıtımının çevresel etkisini araştırmışlardır. Analizlerde, optimum yalıtım kalınlığı kullanımı ile CO<sub>2</sub> emisyonları miktarı %50 azaltılabilmektedir. Türkiye'nin en soğuk illerinden Erzurum ili için çalışma yapılmıştır. Yakıt olarak fuel oil, yalıtım malzemesi olarak stropor kullanılmıştır. Hesaplamalar derece-gün metoduna göre yapılmıştır.

Kaynaklı Ö. (2008) yaptığı çalışmada, Bursa'daki prototip bir örnek bina için optimum yalıtım kalınlığı hesaplamıştır. 1992 ile 2005 arası uzun dönem dış hava sıcaklıkları göz önüne alınıp derece-saat değerleri hesaplanarak çeşitli mimari dizayn özellikleri için (infiltrasyon, cam tipi ve alan) yıllık enerji gereksinimi araştırılmıştır. Enerji gereksinimi üzerine yalıtımın kalınlığının etkisi ve toplam maliyet incelenmiştir. Ömür boyu maliyet analizine dayanarak optimum yalıtım kalınlığı farklı yakıt tipleri için belirlenmiştir. Optimum yalıtım kalınlığı farklı yakıt tipine göre 5.3 ile 12.4 cm arasında hesaplanmıştır. Çalışmada, beş ayrı yakıt için (Doğal Gaz, Kömür, Fuel-oil, LPG ve Elektrik) için çift ve tek cam için cam alanına (% 20, 30, 40 ve 50) ve hava değişim oranına (0.5, 1.0, 1.5, 2.0) bağlı olarak yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi ile ısıtmanın toplam fiyatı hesaplanmıştır.

Uçar, A., Balo F. (2009) yaptıkları çalışmada, Türkiye deki dört iklim bölgesindeki dört farklı şehir için (Ağrı, Elazığ, Kocaeli ve Aydın) dış duvarların optimum yalıtım kalınlığı, 10 yıllık ömür için enerji tasarrufu ve geri dönüş periyodu beş farklı yakıt ve dört farklı yalıtım malzemesi (köpük tahta 3500, köpük tahta 1500, ekstürüde polistiren ve fiberglas) için hesaplamışlardır. P1-P2 metodu kullanılarak net enerji tasarrufunun miktarı hesaplanmıştır. Optimum yalıtım kalınlığını 1.06 ile 7.64 cm arasında, enerji tasarrufunu 19  $\$/m^2$  ve 47  $\$/m^2$  arasında, geri dönüş periyodunu 1.8 ve 3.7 yıl arasında değiştirdiğini hesaplamışlardır.

Uçar A., Balo F. (2010) yaptıkları başka bir çalışmada, Türkiye'nin dört farklı iklim bölgesindeki dört şehir (Mersin, Elazığ, Şanlıurfa ve Bitlis) için on yıllık ömürde enerji tasarrufu ve geri dönüş periyodu, beş farklı enerji tipi (Kömür, Doğal Gaz, Fuel oil, LPG, Elektrik) ve dört farklı yalıtım malzemesi (nil siding, ekpande polistiren, eksturide polistiren, taş yünü) için dış duvarların optimum yalıtım kalınlıklarına bağlı olarak hesaplamışlardır. Hesaplamalarda P1-P2 metodu kullanılmıştır. Enerji fiyat tasarrufunu 4.2 \$/m<sup>2</sup> ile 9.5 \$/m<sup>2</sup> arasında bulmuşlardır.

Yıldız A., Gürlek G., Erkek M., Özbalta N. (2008) yaptıkları çalışmada, yalıtım malzemesi olarak cam yünü ve taş yünü kullanmışlardır. Hesaplamalar ömür maliyet analizi ve derece gün metodu göre yapılmıştır. Standart ve optimum yalıtım kalınlıkları için çevresel analizler incelenmiştir. Ilıman iklim için İzmir ve soğuk iklim için Ankara illerinin yalıtım kalınlığı çalışması yapılmıştır. Yakıt olarak kömür ve fuel oil kullanılmıştır.

Bolattürk A. (2008) yaptığı çalışmada, optimum yalıtım kalınlığı belirlemek için P1-P2 ekonomik modeli uygulamıştır. Soğutma derece saatlere dayanarak dış duvar optimum yalıtım kalınlığı; 3.2 ile 3.8 cm, enerji tasarrufu 8.47 ile 12.19 \$/m<sup>2</sup>, geri dönüş periyodu 3.39 ile 3.81 yıl arasında değiştiği hesaplamıştır. Isıtma derece saatlerine bağlı olarak optimum yalıtım kalınlığı; 1.6 ile 2.7 cm, enerji tasarrufu 2.2 ile 6.6 \$/m<sup>2</sup>, geri dönüş periyodu 4.15 ile 5.47 yıl arasında değiştiği bulmuştur. Yakıt olarak doğal gaz ve elektrik, yalıtım malzemesi olarak polistiren kullanılmıştır. Çalışma; Adana, Antalya, Aydın, Hatay, İskenderun, İzmir ve Mersin illeri için, farklı temel sıcaklıklara göre (14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 °C) yapılmıştır. Yıllık soğutma ve ısıtma yükleri, güneş radyasyonu düşünülerek derece saat kullanılarak hesaplanmıştır.

Dombaycı Ö. A. (2007) yaptığı çalışma, Türkiye de 3. İklim bölgesinde bulunan Denizli ili için dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlığının çevresel etkisi araştırmıştır. Yakıt olarak kömür, yalıtım malzemesi olarak ekspande polistiren kullanılmıştır. Optimum yalıtım kalınlığında enerji tüketiminde % 46.6, CO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> emisyonunda % 41.53 azalmıştır. Hesaplamalar Derece-gün metoduna göre yapılmıştır.

Kaynakli Ö (2011) yaptığı çalışmada, bina duvarları için optimum yalıtım kalınlığına çeşitli parametrelerin etkisi araştırmıştır. Geri dönüş periyodu ve optimum yalıtım kalınlığını belirlemek için ömür maliyet analizine dayalı ekonomik model kullanılmıştır. Çalışmada parametrik analizlerin sonuçları sunulmuştur. Bu analizlerde araştırılan parametreler, ısıtma ve soğutma derece günleri, bina ömrü, enflasyon ve faiz oranı, yalıtım malzemesi fiyatı, ısıtma ve soğutma için enerji kaynağının fiyatı, toplam duvar direnci, yalıtımın ısı iletkenliği, COP, güneş radyasyonudur. Sonuçlar göstermiştir ki, ısı yalıtımın kalınlığının optimizasyonu üzerine en önemli etkiyi, enerji gereksinimi, binanın ömrü ve yalıtımın fiyatı yaptığı anlaşılmıştır. Buna karşın elektrik fiyatı, duvar direnci, yalıtımın iletkenliği, COP ve güneş radyasyonu daha az etkiyi olduğu anlaşılmıştır.

Arslan, O., Özgür M.A., Yıldızay H. D., Köse R. (2009) yaptıkları çalışmada, ekserjetik ömür maliyet analizini, yakıt ve yalıtım malzemesinin fiyatı içine alan yalıtım kalınlığının optimizasyonu için kullanmışlardır. Optimizasyon, doğal gaz ve çeşitli linyit türü (Tunçbilek, Soma ve Yatağan) için incelenmiştir. Sonuçlar, hava kirliliği ve ekonomik yönden karşılaştırılmıştır. Çalışma Kütahya ili için yapılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistiren, ekspande polistiren ve taş yünü kullanılmıştır. Farklı yanma odası sıcaklıkları, baca gazı sıcaklıkları ve hava fazlalık katsayılarına bağlı olarak optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Kazan baca gazı için yakıt olarak linyit kullanıldığında; 150, 170 ve 190 °C ve doğal gaz kullanıldığında 180, 200 ve 220 °C; farklı yanma odası sıcaklıkları için, linyit kullanıldığında 500, 600 ve 700 °C, doğal gaz kullanıldığında 900, 1000 ve 1100 °C, hava fazlalık katsayısı için, linyit kullanıldığında; 1.8, 1.9 ve 2.0; doğal gaz kullanıldığında 1.1, 1.2 ve 1.3 kabul edilmiştir. Optimum yalıtım kalınlığı; 0.0291 ile 0.1352 m arasında bulunmuştur.

Gölcü M., Dombaycı A., Abalı S. (2006) yaptıkları çalışmada, Denizli deki binalarda ısıtma için farklı enerji kaynakları (kömür ve fuel oil) kullanıldığında, dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlıklarını, enerji tasarrufu ile geri ödeme sürelerini hesaplamışlardır. Dış duvarlarda yalıtım malzemesi olarak taş yünü kullanılmıştır. Ömür maliyet analizi ve derece-gün metodu kullanılarak optimum yalıtım kalınlığı

hesaplanmıştır. On yıllık ömür için optimum yalıtım kalınlığı, 0.048 ile 0.082 m elde edilmiştir. Yıllık tasarruf ise 12 ile 38.91 TL/m<sup>2</sup> hesaplanmıştır.

Dağdır C., Bolattürk A. (2011) yaptıkları çalışmada, birinci iklim bölgesinde bulunan İzmir ili için güneş radyasyonunun etkisi de hesaba katılarak soğutma ve ısıtma yüküne göre optimum yalıtım kalınlıkları hesaplamışlardır. Saatlik sıcaklık ve saatlik güneşlenme şiddeti verileri kullanılarak güneş hava sıcaklığı tespit edilmiştir. Daha sonra ısıtma ve soğutma yükleri belirli bir denge sıcaklığında derece-saat yöntemine göre hesaplanmıştır. Ayrıca güneş radyasyonun dikkate alınarak ve alınmayarak derece saat değerleri elde edilmiştir. Bu değerlere göre İzmir ilindeki bina dış duvarları için gerekli optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri; faiz, enflasyon, ömür kullanılarak tespit edilmiştir.  $\alpha_s/h_0$  oranı açık ve koyu renkli yüzeyler için 0.026, 0.039 ve 0.052 m<sup>2</sup> °C/W alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistiren ve ekspande polistiren, yakıt olarak doğal gaz ve elektrik kullanılmıştır. P1-P2 metoduna göre optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Optimum yalıtım kalınlıkları ısıtma yüküne göre 0.029-0.064 m, soğutma yüküne göre 0.0093- 0.141 m arasında değiştiği bulunmuştur.

Şişman N., Kahya E., Aras N., Aras H. (2007) yaptıkları çalışmada farklı derece-gün bölgelerindeki; İzmir, Bursa, Eskişehir ve Erzurum illeri için optimum yalıtım kalınlığı, geri dönüş periyodu, yıllık tasarruf belirlemişlerdir. Çatı ve dış duvarlar için yalıtım malzemesinin kalınlığının optimizasyonu için sistematik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yakıt olarak kömür, yalıtım malzemesi olarak taş yünü kullanılmıştır. Ömür maliyet analizi ve derece-gün metoduna göre hesaplamalar yapılmıştır. Dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlığı 0.033 ile 0.080 m, geri dönüş periyodu 2.82 ile 1.54 yıl, yıllık tasarruf 1.28 ile 5.67 \$/m<sup>2</sup>, tavan için optimum yalıtım kalınlığı 0.020 ile 0.065 m, geri dönüş periyodu 4.95 ile 2.58 yıl, yıllık tasarruf ise 0.92 ile 4.92 \$/m<sup>2</sup> arasında bulunmuştur.

Balo F., Uçar A., İnallı M. (2011) yaptıkları çalışmada, dört iklim bölgesinden birer şehir (İzmir, Diyarbakır, Uşak ve Bayburt) için binaların dış duvarlarında

kullanılan yalıtım malzemesinin optimum kalınlığının belirlenmesinde, üç farklı metot kullanılmışlardır. İlk metot, enerji maliyetlerine bağlı derece gün metoduna dayanan P1-P2 metodudur. İkinci metot, yakıt ve yalıtım malzemesinin maliyetine bağlı olan termoeconomik optimizasyon metodudur. Son metot olarak, Türkiye’de binaların yalıtım kalınlıklarını tespit etmek için kullanılan TS 825 standardı kullanılmıştır. Optimum yalıtım kalınlığı, 0.038 ile 0.144 m, enerji tasarrufu 2.122 ile 5.992 \$/m<sup>2</sup>, geri ödeme süresi 1.99 ile 3.143 yıl arasında hesaplanmıştır. Yakıt olarak kömür, yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistiren kullanılmıştır. Baca gazı sıcaklığı 190 °C, yanma odası sıcaklığı 550 °C alınmıştır. Çalışmada, Termodinamiğin 2. Kanununu temel alan termoeconomik optimizasyon metoduyla hesaplanan optimum yalıtım kalınlıkları diğer optimizasyon metotlarından daha yüksek çıkmıştır.

Al-Khawaja M. (2004) yaptığı çalışmada, sıcak ülkelerdeki binaların ısı akış oranını azaltmak için kullanılan bazı yalıtım malzemeleri için yalıtımın optimum kalınlığını belirlemiştir. Güneş hava sıcaklık değerini hesaplamak için güneş enerjisi radyasyon değeri hesaplamıştır. Güneş hava sıcaklık değeri de ısı akış oranını belirlemede kullanılmıştır. Katardaki konutlarda soğutma için yalıtım kalınlıkları elde edilmiştir. Yakıt olarak elektrik ve yalıtım malzemesi olarak wallmate, fiberglass ve poliüretan kullanılmıştır. Hesaplamalar 25 yıllık ömür için yapılmıştır.

Özkan D.B., Onan C., Erdem S. (2009) yaptıkları çalışmada, TS 825 standardına uygun bir yazılım geliştirilerek Türkiye’nin 4 bölgesi için farklı yalıtım malzemelerine göre optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlardır. Pencere ve dış duvar alanı değişiminin bina ısıtma enerjisi ihtiyacına ve optimum yalıtım kalınlığına etkisi incelenmiştir. Yalıtım malzemesi olarak, polistiren sert köpük, ekstrüde polistiren, poliüretan ve mineral lifli malzeme (cam yünü veya taş yünü) kullanılmıştır.

Durmayaz A., Kadioğlu M. (2003) yaptıkları çalışmada, derece saat metodu kullanılarak, İstanbul, Ankara, Bursa, Adana ve Konya illeri şehir merkezlerinde apartman binalarında mevsimlik ısıtma enerji gereksinimi ve yakıt tüketimi tahminleri detaylı hesaplamışlardır. Çalışmadaki bu tahminler, Türkiye’nin bütün şehir

merkezlerindeki binalarda ısıtma amacı için enerji gereksinimi ve yakıt tüketimi hakkında iyi bir gösterge olabileceği anlatılmıştır. Çalışmada, tek ve çift camlı binalar için % 20, 30, 40 ve 50 cam oranların bağlı olarak; 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 havalandırma ve infiltrasyon oranlarında enerji ve yakıt gereksinimi hesapları yapılmıştır. En iyi şartlar için beş ayrı şehirde mevsimsel doğal gaz tüketimi yaklaşık 3.3 ile 8.9 Gm<sup>3</sup> arasında değişirken, en iyi şartlar için toplam doğal gaz tüketimi 6.5 ile 17.1 Gm<sup>3</sup> arasında değiştiği hesaplanmıştır.

Aksoy U.T., Keleşoğlu Ö. (2007) yaptıkları çalışmada, bina kabuğu opak bölümlerindeki enerji kayıpları, bina kabuğu yüzey alanı, yönlendiriliş durumu ve yalıtım kalınlığına göre araştırmışlardır. Bu amaçla incelenecek olan bina dış kabuğunda, geçici rejimde bir boyutlu ısı iletiminin gerçekleştiği kabul edilmiş ve sıcaklık dağılımı probleminin çözümünde explicit sonlu fark yaklaşımı kullanılmıştır. Çalışmada, uzun kenarları doğu-batı kısa kenarları kuzey-güney yönünde olan binada hesaplanan saatlik ısı kayıplarına göre, maksimum ısı kaybı yüzey alanı büyüklüğünden dolayı batı ve doğu yönlerinde gerçekleşmiştir. Yalıtım kalınlığına bağlı olarak %19 ile %77 arasında değişen enerji tasarrufu sağlanmıştır. Yalıtım maliyetine göre kaybedilen enerjinin geri dönüşüm süresi ise, 5.3 ile 13.6 yıl arasındadır. Hesaplamalarda, Türkiye'nin soğuk şehirlerinden biri olan Elazığ'ın iklimsel verileri kullanılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistiren kullanılmıştır.

Hasan, A. (1999) yaptığı çalışmada, optimum yalıtım kalınlığı için sistematik bir yaklaşım geliştirmiştir. On yıllık ömür için derece gün yöntemi ve ömür maliyet analizi kullanılmıştır. Filistin'deki beş farklı dış duvar tipleri için; optimum yalıtım kalınlığı 0.020-0.073 m, geri dönüş periyodu 1-2.3 yıl, tasarruf 7.48-21.81 \$/m<sup>2</sup> arasında hesaplamıştır. Yalıtım malzemesi olarak; polistiren ve taş yünü; yakıt olarak diesel yakıt kullanılmıştır.

Eskin N., Türkmen H. (2008) yaptıkları çalışmada, Türkiye'deki dört iklim bölgesindeki ofis binalarındaki ısıtma ve soğutma yüklerini, kontrol stratejisi, farklı şartlar arasındaki etkileşimlerde; sıcak yaz soğuk kış, orta, sıcak yaz ılık kış, sıcak ve

nemli yaz ılık kış bina simülasyon programı ile değerlendirmiştir. Simülasyon sonuçları İstanbul bulunan ofis binalarında ölçümlerden elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Değişik modeller, dört iklim bölgesini temsilen seçilen dört büyük şehir (İstanbul, Ankara, İzmir ve Antalya) için yıllık soğutma, ısıtma ve toplam bina yükü üzerine enerji koruma fırsatlarını denemesi için kullanılmıştır. İklim şartları, yalıtım ve termal kütle, yön (cephe) oranı, dış yüzeyin rengi, gölgelenme, pencere alanı ve cam sistemini içeren pencere sistemi, havalandırma oranı ve yıllık bina enerji gereksinimi üzerine farklı dış hava kontrol stratejisi denenmiştir ve her bir şehir için tespit edilmiştir. Enerji simülasyon programı (EnergyPlus) ile ofis binalarındaki enerji talebinin değişimini değişik şartlarda araştırılmıştır.

Sarak H., Satman A. (2003) yaptıkları çalışmada ısıtma derece gün metodu, Türkiye de konut ısıtma için doğal gaz tüketiminin belirlenmesinde kullanmışlardır. Derece günler, nüfus ve konut dağılım kayıtları, ülke çapında doğal gaz talebinin tahmini için incelenmiştir. Eğer konutlarda %100 doğal gaz kullanılması durumunda, Türkiye'nin 2023 yılında doğal gaz tüketim potansiyeli 14.92 Gm<sup>3</sup> olacağı hesaplanmıştır. Derece gün hesabı için; 15, 17 ve 18.3 °C temel sıcaklıklar referans alınmıştır. 100 m<sup>2</sup>'lik konut düşünülerek ülkedeki 2023 yılına kadar doğal gaz tüketimi araştırılmıştır.

Papakostas K T., Papadopoulos A. M., Vlahakis I. G. (2005) yaptıkları çalışmada, enerji tüketimi tahminde derece gün metodu uygulamışlardır. Bugünkü değer ve geri dönüş periyodu ekonomik metot olarak incelenmiştir. Değişen termal koruma dereceleri ve değişen iklim şartları altında Yunanistan'daki üç şehirde tipik tek katlı konut için hesaplamalar yapılmıştır. 2003 yılında hakim olan temel ekonomik şartlar için binaların termal yalıtım seviyesi konusunda finansal optimal çözümler belirlenmiştir.

Dilmaç S., Kesen N. (2003) yaptıkları çalışmada, revize edilen Türk standardı genel olarak tanımlamışlar ve ISO 9164, EN 832 ve Alman standardı ile karşılaştırmışlardır. Standartlardaki sunulan hesaplama prosedürü; ev, okul ve ofis olarak üç farklı bina tipi için değerlendirilmiştir. Çalışmada, iklim verilerinin kabulü, iç



ısı kazancının hesaplama metodu, güneş ısı kazançlarının hesaplama metodu ve hava değişim oranlarının değerlerinin kabulü için sunulan hesaplama metotları arasındaki temel farklar sunulmuştur. Sonuçta, TS 825, aynı denklemler, aynı sınırlamalar ve aynı esneklik kullanılması nedeniyle ISO 9164 ile uyumlu olduğu görülmüştür. EN 832 ile ISO 9164 ve yeni TS 825 ile temel olarak benzer olduğu anlatılmıştır. EN 832 deki çok önemli farkın, güneş enerjisi kazancı olduğu tespit edilmiştir.

Atmaca İ., Koçak S. (2011) yaptıkları çalışmada, 1. derece gün bölgesinde bulunan Antalya ilindeki bir binanın (11 katlı konut) farklı şekillerde yalıtılması sonucu elde edilen bulgular incelemiştir. Binanın yıllık enerji ihtiyacı, sınırlandırılan enerji ihtiyacın oranlanarak 3 farklı tür yalıtım uygulanmış, yapılan bu uygulamaların sonuçları değerlendirilmiştir. Uygulanan yalıtım tipine bağlı olarak binanın yıllık yakıt tüketimi, yakıt ve yalıtım maliyetleri ile yalıtımın geri ödeme süreleri de çalışmada ele alınmıştır. Yakıt olarak fuel oil kullanılmıştır. Çalışma sonucu, yapılan yalıtım ilk yatırım masraflarının da iki ısıtma sezonu içerisinde geri ödenebileceği gösterilmiştir.

Uçar A. (2010) yaptığı çalışmada, dış duvarlarda yoğunlaşmış buhar hesaba katılan yalıtımın optimum kalınlığı ekserjoekonomik analiz kullanılarak bulmuştur. Türkiye'nin dört iklim bölgesinden dört şehir (Antalya, İstanbul, Elazığ ve Erzurum) analiz için seçilmiştir. İç sıcaklık 20 °C de optimum yalıtım kalınlığı; Antalya için 0.038, İstanbul için 0.046, Elazığ için 0.057, Erzurum için ise 0.0739 m elde edilmiştir. İç sıcaklık 20 °C için optimum yalıtım kalınlığı uygulanması ile enerji tasarrufu; Antalya için % 49.5, İstanbul için % 60.5, Elazığ için % 66.8 ve Erzurum için % 79.0 elde edilmiştir. Çalışmada, yanma ve yoğunlaşma prosesleri için seçilen farklı referans durumlarda yeni yaklaşım uygulanmıştır. Yakıt olarak kömür ve yalıtım malzemesi polistiren kullanılmıştır. Isıtma yükü için binaların enerji tüketiminin belirlemede derece gün metodu kullanılmıştır. Yakıtın enerjisi, baca gazının sıcaklığı ve yakıtın giriş sıcaklığının artışı ile azaldığı belirlenmiştir.

Dombaycı Ö. A., Gölcü M., Pancar Y. (2006) yapıları çalışmada, Denizli için, iki farklı yalıtım malzemesi (ekspande polistiren ve taş yünü) ve beş farklı enerji

kaynağı (kömür, doğal gaz, LPG, fuel-oil, elektrik) kullanılarak dış duvarların optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Derece gün metodu ve 10 yıllık ömür için ömür maliyet analizi kullanılmıştır. Tasarruf 14.09 \$/m<sup>2</sup>, geri dönüş periyodu 1.43 yıl bulunmuştur.

Durmayaz A., Kadioğlu M., Şen Z. (2000) yaptıkları çalışmada, derece saat metodu kullanarak İstanbul'daki 10 katlı apartman binasının yakıt tüketimi ve enerji gereksinimi tahmin etmişlerdir. Apartman binasında 20-60 arasında değişen sayıda insanın yaşadığı farz edilmiştir. Göztepe meteoroloji verilerinden yararlanılarak ısıtma gereksinimi 201 gün, toplam derece saat ise 55103.6 olarak hesaplanmıştır. Uygulama yapılan binanın tek ve çift cama bağlı olarak hava değişim oranı 0.5-2.0 arasında değiştiği, cam alanının ise %20-50 arasında değiştiği düşünülmüştür. Bu değişkenlere bağlı olarak doğal gaz tüketimi hesaplamaları yapılmıştır. Sonuç olarak en fazla doğal gaz tüketimi, 20 kişinin yaşadığı, %50 cam ve 2.0 hava değişim oranındaki, tek camlı uygulama için; 15 Gm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.

Bolattürk A. (2006) yaptığı çalışmada, Türkiye'nin dört iklim bölgesindeki 16 şehir (İskenderun, Adana, Antalya, Aydın, Manisa, Trabzon, İstanbul, Mardin, Uşak, Isparta, Eskişehir, Nevşehir, Erzincan, Hakkari, Ağrı ve Ardahan) için optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri dönüş periyodu hesaplanmıştır. 10 yıllık ömür maliyet analizi ve derece gün metodu kullanılmıştır. Beş farklı yakıt (kömür, doğal gaz, fuel oil, LPG ve elektrik) ve yalıtım malzemesi olarak polistiren göz önüne alınmıştır. Sonuç olarak optimum yalıtım kalınlığı 2 ile 17 cm arasında, enerji tasarrufu % 22-79 arasında, geri dönüş periyodu ise 1.3-4.5 yıl arasında hesaplanmıştır.

Kaynaklı Ö, Yamankaradeniz R. (2007) yaptıkları çalışmada, 4.bölgedeki derece gün bölgesindeki örnek bir il için dış hava verilerinden yararlanılarak ısıtma sezonu başlangıç ve bitiş tarihleri tespit edilerek, optimum yalıtım kalınlığı hesaplamışlardır. Bu hesaplamadan yararlanılarak, Türkiye genelinin optimum yalıtım kalınlığı değeri belirlenmiştir. Türkiye geneli için optimum yalıtım kalınlığı; 2.8 ile 9.6 cm arasında değiştiği görülmüştür. Çalışmada, derece gün metodu ve 10 yıllık ömür için ömür

maliyet analizi uygulanmıştır. Yakıt olarak doğal gaz yalıtım malzemesi olarak polistren kullanılmıştır.

Kaynaklı Ö., Kılıç M., Yamankaradeniz R. (2010) yaptıkları çalışmada, İstanbul ili için dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlığı hesaplamışlardır. Hesaplamalarda derece gün metodu kullanılmıştır ve 10 yıllık ömür için ömür maliyet analizi yapılmıştır. Derece gün hesabı yapılırken dış ortam sıcaklıklarına güneş ışınımı etkisi de ilave edilmiştir. Yakıt olarak ısıtma sezonu için doğal gaz, soğutma sezonu için elektrik, yalıtım malzemesi olarak polistren kullanılmıştır. Optimum yalıtım kalınlığı ısıtma sezonu için 4.0 cm, soğutma sezonu için 2.6 cm olarak tespit edilmiştir. Tasarruf ise ısıtmada % 40, soğutma için % 28 olarak hesaplanmıştır.

Kurt H. (2011) yaptığı çalışmada, Karabük ilindeki örnek bir bina için, optimum yalıtım kalınlığı üzerine hava tabakasının etkisi, bu kompozit duvardaki toplam fiyat, enerji tasarrufu, geri dönüş periyodu, yakıt tüketimi ve CO<sub>2</sub> ile SO<sub>2</sub> emisyonları araştırmıştır. 0 ile 6 cm hava tabakası alınmıştır. Farklı hava tabakası kalınlıkları için optimum hava tabakası kalınlığı 10 yıllık ömür için ömür maliyet analizine (life cycle cost-LCC) dayanır. Hesaplamalar derece gün metodu kullanılarak yapılmıştır. Optimum yalıtım kalınlığı kullanılması ile toplam fiyatta 2, 4 ve 6 cm hava boşluklu duvar için, % 10.02, 20.03 ve 30.07; yakıt tüketimi ile SO<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> emisyonları % 27.5, 44.98 ve 54.46 azalmıştır. Yakıt olarak kömür, yalıtım malzemesi olarak ekspande polistren kullanılmıştır. Hava tabakasının artışı ile tasarruf artar ve emisyonlar azalır.

Uçar A., İnallı M., Balo F. (2011) yaptıkları çalışmada, bina dış duvarlarında yalıtım malzemesi kullanmanın optimum kalınlığını belirlemek için üç farklı metot sunmuşlardır. İlk metot, enerji fiyatına dayanan on yıl için ömür maliyeti, ikinci metot yalıtım malzemesi ve yakıtın fiyatına dayanan termoeconomik optimizasyon ve son metot ise TS 825 Türk ısı yalıtım standardı ile yalıtım kalınlığının optimizasyonudur. Sonuçta optimum yalıtım kalınlıkları 3.2 ile 12 cm arasında, enerji tasarrufu 2.63 ile 4.35 \$/m<sup>2</sup> arasında, geri dönüş periyodu 1.7 ile 2.7 arasında, şehire ve optimizasyon metoduna bağlı olarak hesaplanmıştır. Çalışma; Adana, İstanbul, Elazığ ve Van illeri

için yapılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistiren kayıt olarak kömür kullanılmıştır. İlk metot için P1-P2 yöntemi değerlendirilmiştir.

Kaynaklı Ö., Mutlu M., Kılıç M. (2011) yaptıkları çalışmada, Antalya ili için, 10 yıllık ömür süresi dikkate alınarak enerji maliyetini minimize eden optimum ısı yalıtım kalınlığı hesabı yapmışlardır. Hem ısıtma hem de soğutma derece-gün sayıları ve ardından yıllık ısıtma-soğutma enerji gereksinimleri incelenmiştir. Dış duvarlara uygulanacak optimum yalıtım kalınlığı sadece ısıtma sezonu için 2.6 cm ve sadece soğutma sezonu için 1.2 cm iken yıllık toplam enerji ihtiyacı dikkate alındığında ise 3.7 cm olarak hesaplanmıştır. Optimum yalıtım kalınlığının uygulanmasıyla toplam enerji maliyetindeki tasarruf yaklaşık % 63, yalıtımın da dahil olduğu toplam maliyetteki tasarruf ise yaklaşık % 32 olmaktadır. Yalıtım geri ödeme süresi 7.5 yıl olarak hesaplanmıştır. Analizler farklı derece-gün değerlerinde de yapılarak, bulgular ülkemizdeki diğer iklim bölgeleri için genişletilmiştir. Yakıt olarak doğal gaz ve elektrik, yalıtım malzemesi olarak polistiren kullanılmıştır.

Çay, Y. ve Gürel A.E. (2013) yaptıkları çalışmada, Türkiye’de dört farklı iklim bölgesindeki dört farklı şehir; İzmir, Zonguldak, Konya ve Sivas için dış duvarların on yıllık ömürde; ömür maliyet analizine dayanan optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri dönüş periyodu araştırmışlardır. Ek olarak CO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> emisyonları üzerine yalıtım kalınlığının etkisi analiz etmişlerdir. Ektrüde polistiren yalıtım malzemesi kullanıldığı zaman; yalıtım kalınlığı 0.045 ile 0.195 m, enerji tasarrufu 13.26 ile 248.9 \$/m<sup>2</sup>, geri dönüş periyodu 1.19 ile 1.97 yıl hesaplanmıştır. Optimum yalıtım kalınlığı kullanıldığı zaman, farklı şehir, yakıt tipi ve yalıtım malzemesine bağlı olarak %62 ile %92 azalmıştır. Optimum yalıtım kalınlığı hesabı yapılırken derece gün yöntemi kullanılmıştır. Yakıt olarak kömür, doğal gaz, fuel-oil, LPG ve elektrik, yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistiren, taş yünü, ekspande polistiren ve poliüretan köpük kullanılmıştır.

Aslan A. ve Yüksel B. (2010) yaptıkları çalışmada Gönen jeotermal bölge ısıtma sistemi ile ısıtılan ve farklı dış duvar yapısına sahip dört ayrı bina seçilerek, dış

duvarlarının ısı transfer katsayıları ve optimum yalıtım kalınlıkları araştırmışlardır. Isı transfer katsayıları ölçüm yapılarak ve hesaplanarak elde edilmiştir. Ölçülen değerler ile hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır. Optimum yalıtım kalınlıkları, 10 yıllık ömür için ömür maliyet analizi yöntemine göre, jeotermal enerji ile kömür yakıtı ve yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistiren ile ekspande polistiren için hesaplanmış, enerji tasarrufları ile geri ödeme süreleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, optimum yalıtım kalınlıkları 0.026 ile 0.122 m arasında değişmiş ve maksimum yıllık tasarruf 21.37 \$/m<sup>2</sup> ve en kısa geri ödeme süresi 1.67 yıl olarak elde edilmiştir. Hesaplamalarda derece gün yöntemi kullanılmıştır.

Özkan D. B., Onan C. (2011) yaptıkları çalışmada, binanın ısıtma enerji gereksinimi üzerine dış duvar ve pencere alanı değişikliğinin etkisi ve optimum yalıtım kalınlığı P1-P2 metodu kullanılarak incelemişlerdir. Çeşitli yalıtım malzemesi, cam alanı ve yakıt tipi için Türkiye'nin dört derece gün bölgesi için yapılmıştır. Ek olarak farklı yalıtım kalınlığı ve yakıt tüketiminin üzerine yakıtın etkisi CO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> gibi kirletici emisyonlar için değerlendirilmiştir. Yakıt olarak doğal gaz ile fuel-oil ve yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistiren ve taş yünü kullanılmıştır. Cam alanı olarak % 10, 20, 30, 40 ve 50 kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır. 10 yıllık ömür için ömür maliyet analizi yapılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak taş yünü ve yakıt olarak doğal gaz kullanıldığında çeşitli cam alanı için optimum yalıtım kalınlığı 3.034 ile 8.319 cm, enerji tasarrufu 7.425 \$/m<sup>2</sup> ile 53.513 \$/m<sup>2</sup> ve geri dönüş periyodu 1.11 ile 2.55 yıl arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistiren yakıt olarak doğal gaz kullanıldığında ise optimum yalıtım kalınlığı 3.638 ile 8.660 cm, enerji tasarrufu 11.791 ile 64.656 \$/m<sup>2</sup> ve geri dönüş periyodu 0.866 ile 2.209 yıl arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak daha geniş pencere alanı olan binalardan daha küçük pencere alanı olan binalar geri dönüş periyodu daha kısa enerji tasarrufu daha geniş ve yalıtım daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Arslan O., Köse R. (2006) yaptıkları çalışmada, optimum yalıtım kalınlığı; Kütahya ilindeki binaların duvarları için yoğuşan buhar düşünülerek hesaplamışlardır. Ekserji metodu farklı referans durumları ile binalar için uygulanmıştır. Ekserji üzerine

yoğuşan buharın etkisi hesaplamalara dahil edilmiştir. 18, 20 ve 22 °C sıcaklık için optimum yalıtım kalınlığı 0.060, 0.065 ve 0.075 m, enerji tasarrufu ise %74.9, 76.3 ve 78.8 oranında belirlenmiştir. Çalışmada; ekserjetik fiyat konsepti, yalıtım kalınlığına ve yakıt fiyatına dayanan yalıtımın optimum kalınlığı için kullanılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistiren yakıt olarak Tunçbilek linyitleri kullanılmıştır.

Aslan A., Yüksel B., Akyol T. (2011) yaptıkları çalışmada, Gönen jeotermal bölgesel ısıtma sistemindeki konutların enerji performansları analiz etmişlerdir. Konutlarda yaygın kullanılan dört farklı yalıtım malzemesi için optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri dönüş periyodu hesaplanmıştır. Ömür maliyet analizi ve derece gün metodu yapılmıştır. Yakıt olarak doğal gaz, kömür ve jeotermal enerji kullanılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak dış duvarlarda ekstrüde polistiren ve ekspande polistiren; tavanda cam yünü ve taş yünü, döşemede ekspande polistiren uygulanmıştır. Enerji tipi ve yalıtım malzemesine göre dış duvar, tavan ve döşeme için optimum yalıtım kalınlığı sırasıyla; 2.2 - 12.2, 5.5 - 13.3 ve 3.6 - 7.6 cm arasında değiştiği; en yüksek tasarruf ve en kısa geri ödeme süresi ise 1926454, 1455785 ve 520248 US\$ ve 1.83, 1.23 ve 1.44 yıl hesaplanmıştır.

Dongmei P., Mingyin C., Shiming D., Zhongping L. (2012) yaptıkları çalışmada, Çin'de farklı iklimlerde binalarda kullanılan yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi üzerine dış duvar yalıtım kalınlığı incelemişlerdir. Çin'deki üç iklimdeki Guangzhou, Shangay ve Pekin şehirleri için dış duvar farklı yalıtım kalınlığında dört farklı yön için yıllık ısıtma ve soğutma enerji kullanımı hesaplanmıştır. Yıllık ısıtma ve soğutma enerji kullanımının enerji kazanç oranı ve nispi varyasyon oranı ile enerji tasarruf potansiyeli üzerine dış duvar yalıtım kalınlığı belirlenmiştir. Ofis binası için dört farklı dış bölge için farklı yönlere dayanan model tanımlanmıştır.

Mahlia T.M.I., Iqbal A. (2010) yaptıkları çalışmada, Maldivlerde binaların duvarlarında optimum yalıtım kalınlığının farklı yalıtım kalınlığı ile yapılan potansiyel fiyat tasarrufu ve emisyon azaltılması araştırmışlardır. Aynı zamanda duvar içinde hava tabakası olduğunda bunun etkisi incelenmiştir. Farklı yalıtım kalınlığı ve 2, 4 ve 6 cm

kalınlığında hava tabakası ve farklı yalıtım malzemelerinin optimum kalınlığı ile enerji tüketimi ve emisyonlar, yalıtımsız ve hava tabakasız duvara göre % 65-77 azalmıştır. Ömür maliyet analizi ile hesaplamalar yapılmıştır. Yakıt olarak diesel yakıt, yalıtım malzemesi olarak fiberglass üretilen, üretilen, ekstrüde polistiren, perlit, fiber glass kullanılmıştır.

Aslan A. (2010) yaptığı Doktora tez çalışmasında, Gönen Jeotermal bölgesel ısıtma sisteminin verimliliğini incelenmiştir. Örnek binalar için optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Dört farklı yalıtım malzemesi (ekstrüde polistiren, ekspande polistiren, cam yünü ve taş yünü) yakıt olarak jeotermal, kömür ve doğal gaz kullanılmıştır. Ömür maliyet analizi ve derece-gün metodu ile hesaplamalar yapılmıştır

Uygunoğlu T., Keçebaş A. (2011) yaptıkları çalışmada, optimum kalınlık, tasarruf ve geri dönüş periyodu tahmin etmek için, duvar malzemesi ve enerji tüketimini fiyatını içeren toplam fiyatı minimum yapan ömür maliyete (LLC) dayanan ekonomik analiz yapmışlardır. Afyonkarahisar'daki binaların dış duvarlarına analiz uygulanmıştır. Hesaplamalarda derece gün metodu kullanılmıştır. 50 yıllık ömür için ömür maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Binaların yıllık enerji gereksinimi birim alanda çeşitli duvar tipleri için araştırılmıştır. Duvarlar, tek sıra oyuklu tuğla, iki sıra oyuklu tuğla, üç sıra oyuklu tuğla, dört sıralı oyuklu tuğla, oyuklu tuğla (çok sıralı) ve gaz betondan oluşmaktadır. LLC birim fonksiyonu binanın yaşam alanının 1 m<sup>2</sup> kullanımınıdır. Yakıt olarak kömür, doğal gaz, fuel oil, ve elektrik kullanılmıştır. Sonuç olarak en yüksek enerji tasarrufu dört sıralı tuğla kullanılmasıyla elde edilmiştir. En uygun yakıt elektrik ve fuel oil'dir. Enerji tasarrufu 235.07-1269.54 \$/m<sup>2</sup> arasında hesaplanmıştır. En yüksek geri dönüş periyodu ise doğal gaz kullanılmasıyla 1.18 yıl olarak bulunmuştur.

Gültekin M. L. ve Kadioğlu M. (1996) yaptıkları çalışmada, Marmara Bölgesindeki ısıtma ve soğutma ihtiyacının yerel dağılımını ayrıntılı olarak belirlemişlerdir. Isıtma ve soğutma derece-gün indekslerini ile ısıtmaya ve soğutmaya ihtiyaç duyulan ortalama süreleri hesaplanmıştır. 15 °C ve 18 °C taban sıcaklıklarına

göre ısıtma derece-gün değerleri, 24 °C taban sıcaklığına göre soğutma derece-gün değerlerini incelenmiştir.

Çomaklı K. ve Yüksel B., (2003) yaptıkları çalışmada, Türkiye'nin en soğuk üç ili Erzurum, Kars ve Erzincan için optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplamışlardır. Hesaplamalarda derece-gün yöntemi ve ömür maliyet analizi kullanılmıştır. Yakıt olarak kömür ve yalıtım malzemesi olarak stropor kullanılmıştır. Erzurum için optimum yalıtım kalınlığı 0.105 m, tasarruf 12.137 \$/m<sup>2</sup> ve geri dönüş periyodu 1.458 yıl, Kars için optimum yalıtım kalınlığı 0.107 m, tasarruf 12.702 \$/m<sup>2</sup> ve geri dönüş periyodu 1.446 yıl, Erzincan için optimum yalıtım kalınlığı 0.085 m, tasarruf 7.992 \$/m<sup>2</sup> ve geri dönüş periyodu 1.576 yıl olarak hesaplanmıştır.

Kon O. ve Yüksel B.; (2011) yaptıkları çalışmada, TS 825 deki iç ortam sıcaklıklarına bağlı olarak derece-gün yöntemi ve ömür maliyet analizine bağlı olarak Balıkesir ilindeki konut dışı üç farklı hacimden (iş ve hizmet amaçlı bürolar, eğitim salonları ve tekstil imalathanesi) oluşan kompleks bir binanın dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlığı ve elde edilecek tasarrufu tespit etmişlerdir. Yalıtım malzemesi olarak ekspande polistiren ve taş yünü, yakıt olarak kömür ve doğal gaz kullanarak hesaplamaları yapılmıştır. Optimum yalıtım kalınlığını tüm bina hacimleri için 0.032 - 0.073 m arasında bulmuşlardır.

Ekici B.B., Gülten A. A. ve Aksoy U. T. (2012) yaptıkları çalışmada, Türkiye'de dört iklim bölgesindeki dört farklı (Antalya, İstanbul, Elazığ ve Kayseri) şehir için optimum yalıtım kalınlığını, enerji tasarrufu ve geri dönüş periyodu hesaplamışlardır. Yalıtım malzemesi olarak fiberglas, ekstrüde polistiren, ekspande polistiren ve köpük poliüretan ve yakıt olarakta beş farklı yakıt (Kömür, LPG, Elektrik, Fuel-oil ve Doğal Gaz) üç farklı duvar tipi için (taş, tuğla ve beton) incelemeler yapılmıştır. Optimum yalıtım kalınlığı 0.2 ile 18.6 cm, enerji tasarrufu 0.038 ile 250.415 \$/m<sup>2</sup>, geri dönüş periyodu 0.714 ile 9.104 yıl arasında hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, derece-gün metodu ve ömür maliyet analizi kullanılmıştır.



Mahlia T. M. I., Taufiq B. N., Ismail B. N., Masjuki H. H. (2007) yaptıkları çalışmada, bina duvarları için seçilen yalıtım malzemelerinin kalınlığı ve ısı iletkenlik arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Isıl iletkenlik ve yalıtım malzemesinin optimum kalınlığı arasında lineer olmayan ilişki gösteren bir polinom fonksiyonu bulmuşlardır. Çalışma sıcak ve nemli bir ülke olan ve genelde atmosfer sıcaklığında büyük değişimler olmayan Malezya için yapılmıştır. Air-condition'lu ticari binaların dış duvarları için soğutma optimum yalıtım kalınlığı bulunmuştur. Çalışmada, optimum yalıtım kalınlığı hesabı için ömür maliyet analizi ve P1-P2 metodu kullanılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak fiberglass-üretan, fiberglass (katı), üretan (katı), perlit, ekstrüde polistiren ve üretan (çatı terası) ve yakıt olarak elektrik kullanılmıştır

Ayçam İ. (2006) yaptığı doktora tez çalışmasında, Türkiye'de derece gün bölgelerine göre, alçak katlı konut binalarında, ısıtma gerektiren dönemde uygun cam tiplerinin seçilmesi ve pencere derecelendirme (rating) sisteminin geliştirilmesine baz oluşturulması hedeflemiştir. Bu amaçla pencerelerin enerji performanslarının etüdüne yönelik hesaplama yöntemleri, ilgili standartlar, derecelendirme sistemleri incelemiştir. Analizler sonucunda performans göstergeleri saptanmış, buna bağlı olarak incelenecek cam tipleri belirlenmiştir. Modelin çerçevesi çizilmiş, sınırlar, kabuller detaylandırılmıştır. Çalışmada seçilen referans binada, cam tiplerinin ısıtma gerektiren dönem için enerji tüketimini etkileyen faktörler saptanmıştır. Türkiye koşullarında, bina sektöründe enerji kullanımı açısından önemli bir paya sahip olan konut yapılarında dört ayrı derece gün bölgesini karakterize eden dört il için (Antalya, İstanbul, Ankara, Erzurum), ısıtma gerektiren dönemde enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik olarak, uygun, cam tiplerinin belirlenmesini hedeflenmiştir.

Şen A. O. (2006) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, yalıtım teknikleri olan ısı, su, ses ve yangın yalıtımı sırasıyla ele almıştır. Ülkemizdeki ve dünyadaki yalıtım çalışmaları karşılaştırılmış, ülkemizdeki yalıtım çalışmalarının çok daha az olduğu görülmüştür. Son olarak, ülkemizde yalıtım çalışmalarının artması ile enerji tasarrufunun sağlanacağı ve daha iyi yaşam koşullarına ulaşılacağı belirtilmiştir.

Şişman N. (2005) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, üç farklı yalıtım malzemesi ile Türkiye'nin tüm illeri için optimum yalıtım kalınlığı, tasarrufun mali karşılığı, yalıtım yatırım tutarı ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Çalışmada en iyi yalıtım kalınlığı, bölgedeki ortalama hava sıcaklığı, nem oranı, yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı ve fiyatı dikkate alınarak belirlenmiştir. En iyi yalıtım kalınlığı belirlenirken ekonomik değerlendirme için, ekonomik analiz yöntemlerinden biri olan bugünkü değer yöntemi kullanılmıştır. Uygulamada; taş yünü, ekspande polistiren (EPS) ve ekstrüde polistiren (XPS) yalıtım malzemesi kullanılmıştır. En iyi yalıtım kalınlığı hesaplamalarında en yüksek yalıtım kalınlığı, yalıtım malzemesi olarak ekspande polistiren (EPS), en düşük yalıtım kalınlığı ise taş yünü kullanılması durumunda elde edilmiştir. Hesaplamalar derece-gün metodu göre yapılmıştır.

Oymak M. (2007) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, yer alan uygulamada Ankara'da bulunan bir bina için ekonomik yalıtım kalınlığının ekserjiekonomik yöntem yardımı ile belirlenmesine çalışmıştır. Çalışmada yalıtım malzemesi olarak sıkıştırılmış polistiren levha kullanılmıştır. Binanın ısıtma enerjisi ihtiyacı kış aylarında artış gösterirken aynı şartlarda yalıtım kalınlığını arttırdığımızda ısıtma enerjisi ihtiyacında azalma gözlenmektedir. Yalıtım kalınlığını arttırdığımızda, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacında da önemli bir azalma gerçekleşmekte fakat bir noktadan sonra söz konusu azalma kayda değer olmamaktadır. Çalışmada yalıtım kalınlığını arttırmak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını düşürmekte bununla beraber toplam yatırım maliyetini arttırmaktadır. Yalıtımsız durum ve farklı yalıtım kalınlıkları için yatırım maliyetlerinin değişimi ve ekserji kayıplarının da dahil edildiği toplam maliyetlerin değişimi incelenen bina için optimum bir yalıtım kalınlığından söz edilememektedir.

Tuncer M. (2007) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, faiz ve enflasyon oranları, toplam ısı geçiş katsayısı, yıllık ısıtma ve soğutma süreleri, ortam sıcaklıkları, kullanılan enerjinin ısıl değeri, fiyatı, kazan, radyatör, klima, yalıtım malzemesi fiyatları ve cinsi de dikkate alınarak ısıtma ve soğutma için gerekli olan yalıtımlı yıllık toplam maliyet minimum yapılarak optimum yalıtım kalınlığı elde etmiştir. Farklı bölgelerde bulunan dört farklı ilde (Antalya, İstanbul, Konya, Sivas) dört farklı enerji türü (Kömür,

Doğal Gaz, Fuel-oil, Elektrik) için iki çeşit yalıtım malzemesi (taş yünü ve EPS) kullanılarak iki farklı duvar modeli (dıştan ve ortadan yalıtımlı) üzerinde her bir parametre için ayrı ayrı optimum yalıtım kalınlığı, yalıtımlı ve yalıtımsız yıllık toplam maliyet, enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri hesaplanmış ve grafikler çizilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında; en az yalıtım kalınlığının, yalıtım malzemesi olarak taş yünü ve yakıt türü olarak kömür kullanıldığında Antalya'da, en fazla yalıtım kalınlığı ve enerji tasarrufunun, yalıtım malzemesi olarak (EPS) ve enerji türü olarak elektrik kullanıldığında Sivas' da, en az yatırım maliyetinin, yalıtım malzemesi olarak (EPS) ve enerji türü olarak kömür kullanıldığında Antalya'da ve en kısa geri ödeme süresinin, yalıtım malzemesi olarak (EPS) ve enerji türü olarak elektrik kullanıldığında ortadan yalıtımlı duvar modeli için Sivas' da olduğu tespit edilmiştir.

Ülker S. (2009) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, yalıtım malzemesi tüketim değerleri baz alınarak belirlenmiş en çok kullanım oranına sahip beş yalıtım malzemesi (cam yünü, taş yünü, genişletilmiş polistiren, ekstrüde polistiren ve poliüretan köpük) ile TS 825 tarafından belirtilmiş dört iklim bölgesinde hangi malzemelerle ne tür bir katmanlaşma yapılırsa en etkin çözümün elde edileceği araştırmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda en etkin çözümün derece-gün bölgelerine ve farklı malzeme katmanlaşmalarına göre değişkenlik gösterdiği ve her iklim bölgesinde aynı performansla kullanılacak genel geçer tek bir yalıtım sisteminin olmadığı görülmüştür. Gerek polimer esaslı köpük malzemelerin gerek mineral lifli malzemelerin kullanıldığı iklim bölgesi ve duvar kesitinde kullanıldığı diğer malzemelerle birlikte değerlendirilmesi gerektiği ve koşullara göre olumlu ve olumsuz özellikleri bir arada barındırmalarından yola çıkılarak alınması gereken önlemler önerilmiştir.

Tolun M. (2010) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, yalıtım problemi Türkiye'deki dört derece-gün bölgesinden seçilen birer şehir dikkate alınarak incelemiştir. Bina dış duvarlarına dıştan yalıtım yapıldığı ve üç farklı yalıtım malzemesi kullanıldığı düşünülmüştür. Toplam maliyet, yıllık tasarruf miktarları ve geri ödeme süreleri farklı yalıtım malzemeleri için hesaplanarak seçilen dört il için elde edilen grafikler ile yalıtım analizi yapılmıştır. Binanın dış duvarlarında kullanılan yalıtım

malzemesinin optimum kalınlığı hesaplanırken, yıllık enerji miktarı derece-gün yöntemi ile, yıllık enerji maliyeti ise ömür maliyet analizi ile yapılmıştır. Çalışmada, bina dış duvarlarına yapılan optimum yalıtım kalınlığının derece gün sayısı, duvar tipi, kullanılan yalıtım malzemesine göre değiştiği hesaplanmıştır. Binanın bulunduğu derece-gün bölgesi, yakıt tipi ve yalıtım malzemesine en uygun optimum yalıtım kalınlığının hesaplanmasının, enerjinin korunması ve geri ödeme sürelerinin düşürülmesi için önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Derece-gün bölgelerinden seçilen iller; 1.bölgeden Antalya, 2.bölgeden İstanbul, 3.bölgeden Ankara, 4.bölgeden ise Erzurum şeklindedir. Yalıtım malzemesi olarak, en yaygın kullanımı olan taş yünü, geliştirilmiş polistiren ve cam yünü kullanılmıştır. Sonuç olarak Ankara ilinde, geliştirilmiş polistiren ve taş yününün Antalya ve İstanbul'dan daha geniş yalıtım kalınlığı aralığında yıllık tasarruf sağladığı anlaşılmıştır. Erzurum ilinde Antalya, İstanbul ve Ankara'dan farklı olarak 0 – 0.2 m yalıtım kalınlığı aralığında her yakıt tipi içinde tasarruf sağlanmıştır.

Ulaş A. (2010) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında okul binaları için ısı kaybı, yakıt tüketimi ve tüketilen yakıtın yanması sonucu atmosfere salınan karbondioksit miktarı dört farklı ısı yalıtım bölgesi ve üç farklı yakıt türü için incelemiştir. Derece gün yöntemi ve ömür maliyet analizi ile optimum yalıtım kalınlıkları hesaplamıştır. Bulunan optimum yalıtım kalınlığı, TS 825 hesap yöntemine göre belirlenen yalıtım kalınlıkları ile karşılaştırmıştır. Üç farklı yalıtım malzemesi (ekspande polistiren, ekstrüde polistiren ve cam yünü) ve üç farklı yakıt (Linyit ve Maden Kömürü, Doğal Gaz ve Fuel-Oil) kullanmıştır. En düşük karbondioksit emisyonu 1. Bölge için doğal gaz kullanıldığında en yüksek karbondioksit emisyonu ise 4. Bölgede linyit ve maden kömürü kullanıldığında ortaya çıkacağını bulmuştur. Çalışmada analizler için, 4 katlı (bodrum, zemin, 2 normal kat) 16 derslikli bir ilköğretim okulu binası ele alınmıştır. Bu okul binası Konya'da bulunmaktadır ve hale hazırda kullanılmaktadır. Seçilen bina Türkiye genelindeki okul binalarını temsil edebilecek tipik bir yapıdır.

Doğruel N. (2010) yaptığı yüksek lisans tez çalışmada standart bir bina ve duvar tipi için bazı cephe kaplamalarının ısı yalıtımına ne tür bir etkide bulunduğu saptanmış ve aralarında bir mukayese yapmıştır. Standart bir duvar için 0.93 olan ısı geçirgenlik

katsayısı, giydirme cephe için 0.39'a, mantolama durumunda 0.72'ye, hava boşluklu çift duvar için 0.78'e, ısı cam durumu için 0.46'ya ve çift cidarlı cephe için 0.18'e düşmektedir.

Değirmenci A. İ. (2010) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında enerji tasarrufuna atıfta bulunularak, yalıtım tekniklerinin öneminin bir kez daha güncelliğini koruması için önemli çalışmalara yer vermeye çalışılmıştır. Ayrıca ısı ve ısı transferi hakkında temel bilgiler verilmiş, yalıtım tekniklerine değinilmiş ve yapılarda ısı yalıtımı uygulamasının önemi üzerinde durulmuştur. Isı yalıtım malzemeleri ile ilgili tanımlamalar yapılmış, ısı yalıtımında sıklıkla kullanılan malzemeler ve bu malzemelerde istenilen özellikler detaylı olarak anlatılmıştır. Yapılarda en büyük ısı kayıplarının gerçekleştiği duvar, döşeme, giriş, kolon bölgelerinde uygulanan ısı yalıtım teknikleri ve uygulamada kullanılan malzemeler anlatılmıştır. Ayrıca geleneksel yalıtım sistemi dediğimiz dübel, file vb. malzemeler yerine işlemi tek bir kalemde yapılan ve adına modern yalıtım sistemi dediğimiz yeni bir uygulama şeklinden bahsedilmiştir. Teknolojik gelişmelerin üretim miktarlarına, zamanda oluşturduğu tasarrufa, meydana getirdiği kalite ve beraberinde de teşvik ediciliği ön plana çıkarmıştır. Yapılan termal kamera çekimleri ile bina ya da diğer sektörlerin yalıtımlı ve yalıtımsız durumları arasındaki farklar incelenmiştir. Çıkan sonuçlar ışığında gereken önlemlerin nasıl alınması gerektiği, zamandan tasarruf ile hem mali açıdan kazanç sağlanması ve hem de sağlık açısından oluşabilecek zararların önüne geçilmesi gibi önem arz eden konular gün yüzüne çıkarılmaya çalışılmıştır. Marmara Bölgesi sınırlarında bulunan Yahya Kaptan Blokları ve Yalova Termal Bölgesi'nde yapılan Teknik incelemeler sonucu termal kamera ile elde edilen bulgular her iki bölgede de sorunlar ve bu sorunlara ilişkin münferit çözüm önerilerinin olduğu ortaya çıkmıştır.

Aydın Ö. (2011) yaptığı doktora tez çalışmasında Trabzon ili Boztepe ve Bahçecik semtlerinde alan çalışması dahilinde seçilen mevcut konutlarda ısı konfor koşullarını değerlendirmek ve mevcut durumun olumsuz etkilerini ortaya koymak amacı ile kullanıcılarla anket çalışması yapmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde SPSS programı kullanılmıştır. Alan çalışması dahilinde seçilen konutların mevcut

durumlarının saptanması ve ısı korunumu açısından analizleri yapılmıştır. Mevcut durumun saptanmasından sonra bu konular için alternatif olarak üretilen yeni konstrüksiyon tiplerinin analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak değişik ısı geçirgenlik katsayısına sahip malzemelerin, farklı duvar tiplerinde bina dış kabuğunda farklı kalınlıkta kullanımı ve binaya getirecekleri yükler ve ısı depolama özellikleri göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

Çağlar H. (2011) yaptığı yüksek lisans tez çalışmada; ele alınan örnek bir alışveriş merkezi projesi için TS 825 Isı Yalıtım Kuralları esas alınarak yalıtımsız ve farklı ısı yalıtım malzemeleri ile yalıtılmış bir yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, ısı kayıpları, ısı kazançları hesaplamış, ayrıca oluşturulan bu sistemlerin maliyet analizleri yapmıştır. Çalışma sonucunda ısı yalıtımı maliyeti inşaat maliyetinin %2'si ile %5'i arasında olmasına karşılık, gerek yıllık enerji tüketimleri açısından gerekse yapıyı ısıtmak için bir saatte gerekli olan ısı ihtiyacı açısından ortalama % 67 oranında tasarruf sağlanabildiği görülmüştür.

Daşdemir A. (2011) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, 16 farklı ilde (Diyarbakır, Gaziantep, Mardin, Siirt, Batman, Adıyaman, Kahramanmaraş, Kilis, Manisa, Şanlıurfa, Aydın, İzmir, Antakya, Antalya, Adana, Mersin), sandviç ve dıştan yalıtımlı iki farklı duvar konstrüksiyonu, yalıtım malzemesi olarak taş yünü, genişletilmiş polistiren (EPS) ve sıkıştırılmış polistiren (XPS); yakıt olarak doğal gaz, kömür ve elektrik kullanılarak, ısıtma ve soğutma uygulamalarında dış duvarlara uygulanacak optimum yalıtım kalınlığı, yıllık kazanç, geri ödeme süresi ve yalıtımın baca gazı emisyonlarına etkisi derece-saat ve ömür maliyet analizi yöntemine göre belirlemiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, ısıtma ve soğutma uygulamalarında, IDS (ısıtma derece saat) ve SDS (soğutma derece saat) değerlerine bağlı olarak, en küçük optimum yalıtım kalınlığı, maksimum yıllık kazanç, minimum geri ödeme süresi, minimum baca gazı emisyonu, sandviç duvarda, yalıtım malzemesi olarak XPS, yakıt olarak doğal gaz kullanılması durumunda gerçekleşmiştir.

Kılınç F. (2011) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, farklı ısı yalıtım malzemelerinin deneysel incelemeleri ve sayısal modelleme yapılarak hesaplamaları yapmıştır. Yaklaşık 30 m<sup>2</sup> alana sahip bir bina inşa edilmiş ve farklı günlerde, farklı iç ve dış ortam sıcaklıklarında termal görüntüleri çekilmiştir. Binanın her bir duvarında farklı bir uygulama yapılmıştır. Elde edilen görüntüler, kullanılan programlarla analiz edilmiştir. Binanın sayısal incelemesi, Fluent programıyla 3 boyutlu modeli oluşturularak yapılmıştır. Farklı iç ve dış ortam sıcaklıklarının iç ve dış yüzey sıcaklıklarına etkileri, farklı ısı yalıtım malzemelerinin farklı ortam sıcaklıklarında davranışları, aynı yalıtım malzemesinin farklı duvar pozisyonlarında kullanılması, bims tuğlanın yalıtımlı yalıtımsız olarak karşılaştırılması, ısı yalıtımının ısı köprülerine etkisi, farklı pencere tiplerinin karşılaştırılması, içten, dıştan ve sandviç duvar uygulamalarının kıyaslanması çalışmanın temel konularındandır. Çalışmalar sonucunda; Sivas ili için farklı yalıtım malzemelerinin ısı kaybına olan etkilerinin deneysel ve sayısal olarak incelenmesi amaçlanmıştır. 2010- 2011 yılı kış sezonu boyunca farklı günlerde, farklı iç ve dış ortam sıcaklıklarında binanın iç ve dış duvarlarının termal kamera görüntüleri çekilmiştir. Uygulamada Flir System tarafından üretilmiş ThermaCAM S65 termal kamera modeli kullanılmıştır. Dokuz adet sabit duvar ve bir adet tak-çıkart duvar modeli oluşturularak toplam 12 çeşit duvar modeli uygulaması üzerinde çalışılmıştır. En uygun yalıtım uygulaması dıştan yapılan yalıtım uygulamasıdır. İçten ve sandviç duvar uygulamalarında oluşan ısı köprüleri dıştan yalıtım uygulamasında engellenebilmektedir. Isı köprüsü bölgelerinde sıcaklık artışı olmadığı ve yüzeylerde düzgün bir sıcaklık dağılımı olduğu görülmüştür.

Ekin A. B. (2008) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, tipik bir 250 L'lik soğutucuda, bileşen düzeyindeki kayıpları ölçmek ve her bir elemanın potansiyel verimliliğini belirlemek için, kararlı halde alınan deneysel veriler altında termodinamiğin birinci ve ikinci yasası uygulamıştır. Buzdolabı sıcaklık, basınç, debi ve güç tüketimini ölçmek için soğutma çevriminin önemli noktalarında veri toplayıcılarla donatılmış ve standart test odasında çalıştırılmıştır. Soğutma çevrimi kararlı hale gelinceye kadar bütün veriler belirli aralıklarla ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Elde edilen verilere dayandırılarak soğutucunun, entalpi ve entropi gibi bazı önemli özellikleri

belirlenmiş ve komponentleri kararlı akış sistemleri olarak modelleyen enerji ve ekserji oranları, enerji ve ekserji kayıplarının miktarlarını ve yerlerini belirlemek için hesaplanmıştır. Analiz göstermiştir ki birinci yasa verimliliği normal sınırlar içinde olmasına rağmen (Gerçekte, kompresörün teknik özelliklerinde verilen 1.3 değerine oldukça yakındır.) öteki soğutucularla karşılaştırıldığında %4.3 olan ikinci yasa verimi oldukça düşüktür. Çalışmanın sonucu yüksek verimli bir soğutucunun en önemli bileşeninin kompresör olarak göz önüne alınması gerektiğidir.

### **1.1.7.2 Binalarda İklim Değerlerine Bağlı Enerji Tüketimi**

Orosa J. A., Oliveira A. C. (2009) yaptıkları çalışmada, İspanyadaki ofis binalarındaki pasif iç iklim kontrol teknikleri kapsamında uygulamalar incelenmişlerdir. Bazı iç termal konfor şartları için enerji tasarrufu üzerine kullanılan iç geçirgen kaplamaların (kağıt, ahşap, boya, plastik ve cam) etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucu geçirgen kaplamalar ile enerji tasarruf potansiyelinin 3 kWh/m<sup>2</sup> olabileceği hesaplanmıştır. 15 katlı tek döşemeli örnek bina seçilmiştir.

Mata E., Lopez F., Cuchi A. (2009) yaptıkları çalışmada, %40 kadar İspanya da Üniversite binalarının alan ısıtılması için gaz tüketiminin azaltılması amacıyla işletme ölçümlerinin uygulamaları sunmuşlardır. 2006 Kasımdan 2007 Mayıs'a kadar yıl da 113.2 kWh/m<sup>2</sup> den 68.7 kWh/m<sup>2</sup> kadar azaltılmıştır. Bina işletenler bina sahipleri ve enerji kullanıcılarını içeren insanların arasındaki ilişkileri belirlenmiştir. Çalışmada, İspanyanın Barcelona kentindeki Catalonia Teknik Üniversitesi (UPC-Technical University of Catalonia) binaları incelemek için seçilmiştir. UPC, 10 kampüste toplam yedi belediyeye yayılmıştır. Veriler, binaların döşeme alanının % 64.2 ve yüzey alanının %75.4 ü de enerji tüketimi mevcuttur. Binaları elektrik yıllık tüketimi 15.1 ile 140.9 kWh/m<sup>2</sup> arasında, yıllık gaz tüketimi 9 ile 113.5 kWh/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Tüm binalar için enerji tasarrufu tahminleri yapılmıştır. Çalışmada, doğal gaz ve elektrik tüketimine bağlı CO<sub>2</sub> salınım miktarları hesaplanmıştır. UPC deki Üniversite ısıtma sisteminin idaresi için uygulama denemelerini sunulmuştur. Tüketim, talep ve



kullanımın kombine analizi yapılmıştır. 2004, 2005 ve 2006 yılı gaz ve elektrik tüketim verileri ve kullanım alanı bilgileri kullanılmıştır.

Papakostas K., Mavromatis T., Kyriakis N. (2010) yaptıkları çalışmada, Yunanistan'ın Atina ve Selanik kentleri için 1983 den 2002 e kadar, ısıtma için 15 °C ve soğutma için 24 °C temel sıcaklık için, yıllık ısıtma ve soğutma derece gün değerleri saatlik kuru termometre sıcaklık kayıtları kullanılarak hesaplanmışlardır. Çeşitli temel sıcaklık için iki şehrin ısıtma ve soğutma derece-gün 10 yıllık ortalama değerleri (1983-1992 ve 1993-2002) karşılaştırılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki, 1993-2002 yılları arası 10 yıl için Atina'nın ısıtma derece-gün ortalama değerleri temel sıcaklığa bağlı olarak, 1983-1993 yılları arasındaki on yıllık dönem için karşılaştırıldığında %8 den %22'e kadar azalmıştır. Benzer şekilde Selanik de azalma %4.5'den %9.5 kadar bulunmuştur. Soğutma-derece gün 10 yıllık değerleri farkı Atina için %25'den %69 kadar, Selanik için %10'dan % 21 e kadar artış görülmüştür. Tipik konut binalarının ısıtma ve soğutma için enerji gereksinimleri üzerine bu değişimlerin etkisi değerlendirmek için 20 yıllık veriler ve temel derece-gün metodu kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada, kış periyodunun (Ekim-Nisan) toplam derece-günler, 10 dan 20 °C e kadar temel sıcaklıklar için hesaplanmıştır. Yaz periyodunun (Haziran-Eylül) toplam derece-günleri 20 den 28 °C kadar temel sıcaklıklar için hesaplanmıştır. Örnek alınan model bina üç katlı apartman binasıdır. Enerji hesapları iki şehir için kış ve yaz periyodu aylarının tamamı için yapılmıştır.

Radhi H. (2009) yaptığı çalışmada, Bahreyn'deki binalar için, bina simülasyonlarında kullanılan hava verilerinin performansı üzerine etkisini değerlendirmiş ve iklim değişkenleri ile ilgili konular tartışılmıştır. Değerlendirmeler, iki metot kullanılarak yapılmıştır.

Aktacir M. A., Büyükalaca O., Yılmaz T. (2009) yaptıkları çalışmada, binaların soğutma yükü üzerine termal yalıtımın etkisi ve Adana'daki bulunan örnek bina için tamamen hava merkezli klima sistemi ile çalışan klimalı soğutma sistemi değerlendirmişlerdir. Çalışma, Türkiye'de kullanılan termal yalıtım düzenlemesinde

tanımlanan enerji verim indeksi göre üç farklı tip (A, B ve C tip binalar) yalıtım sonuçlarına dayanır. Klima sisteminin maliyeti soğutma bin sayıları kullanılarak hesaplanmıştır. Ömür maliyet analizi bugünkü değer fiyatı metodu kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki, hem giriş hem de klima sisteminin işletme fiyatı üç yalıtım kalınlığı için önemli ölçüde azalmıştır. Buna karşın, ekonomik ölçümler bakıldığında optimum sonuçlar, C-tipi bina için elde edilmiştir. Türkiye'nin güneyinde binalar için termal yalıtımın kalınlığı C-tipi bina için yönetmeliğe göre belirlemek gerekir. Çalışmada, özellikle güney Türkiye'de sıcak ve nemli bölgelerde soğutma sisteminin yıllık enerji tüketimini üzerine bina termal yalıtım etkisini göstermektedir. Adana'daki 27 ofisi bulunan 3 katlı ofis merkezi bulunan bir bina göz önüne alınmıştır. Hem CAV hem de VAV hava dağıtım sistemleri araştırılmıştır. Ofisler sabah 9.<sup>00</sup> ile 20.<sup>00</sup> saatleri arası çalışmaktadır. Chiller ünitesinin enerji tüketiminin hesaplanması için bin metodu kullanılmıştır.

Yu F.W., Chan K.T. (2005) yaptıkları çalışmada, çeşitli dizayn opsiyonları ve operasyon stratejileri ile ( $m^2$  alan başına kWh olarak yıllık elektrik tüketimini olarak tanımlanan) Chiller enerji performansını belirleyen kullanım yoğunluğunun bir alternatifi olarak enerji işareti damgası (imzası) araştırılmıştır. Çalışmada, dört dizayn opsiyonu on altı kombinasyonu, farazi hotelin chiller hizmeti için simülasyon ile çalışılmıştır. Her bir kombinasyon için chillerin enerji imzası belirlenmiştir. Transient simülasyon (TRNSYS) programı kullanılarak, tipik hotel binasının soğutma yükünün karakterizasyonu yarı tropik bölge için belirlenmiştir.

Gugliermetti F., Passerini G., Bisegna F. (2004) yaptıkları çalışmada, Akdeniz ikliminde ofis bina enerji performansı değerlendirilmesinde meteorolojik verilerin stokastik bileşenlerin etkisi araştırmışlardır. İklim verilerinin farklı tipleri, Entegre Energy Use Simulation (IENUS) paket programı kullanılarak işlenmiştir. Farklı tip, sistem ve alan yönetimi araştırılmıştır. Tipik meteorolojik yıl, mevsimsel tipik gün, aylık meteorolojik gün, tipik meteoroloji yıl, test referans yıl gibi kavramları ile paket program kullanılmıştır. Çalışmada, İtalya'nın Roma şehrinin 20 yıllık, günlük direk ve yayılı güneş radyasyonu, saatlik dış rüzgar hızı ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. Örnek

alınan ofis, sabah saat 8.<sup>00</sup> ile 20.<sup>00</sup> arasında çalışmaktadır. HVAC sistemi ise her gün sabah saat 6.<sup>00</sup> ile 21.<sup>00</sup> saatlerinde çalışmaktadır. İç dizayn sıcaklığı olarak yaz periyodu için 26 °C, kış periyodu için 20 °C ve orta mevsim periyodu için 23 °C düşünülmüştür. Elektrik kullanan chiller'li soğutma sistemi COP değeri 3.2, gaz yakan ısıtma sistemi verimi 0.80 kabul edilmiştir. Bina enerji analizinde iç ortam verileri ile dış ortam verilerinin etkisi araştırılmıştır.

Sun H. S., Lee S. E. (2006) yaptıkları çalışmada ticari ofis binalarında iki veri merkezinin yakından incelenmesi ile enerji kullanımı ile veri merkezlerinin enerji performansları konusu incelemişlerdir. Tropik iklim şartlarında veri merkezinin ampirik enerji kullanımını incelenmiştir. Gerçek enerji kullanım karakteristikleri, dizayn kriteri ve enerji ile fiyat tasarruf potansiyeli analiz edilmiştir ve iki veri merkezi karşılaştırılmıştır. Veri merkezlerinin enerji performans değerlendirmesinin metodolojisi tartışılmıştır. Veri merkezleri yaklaşık 3000 kWh/m<sup>2</sup> yıl ile 2000 kWh/m<sup>2</sup> yıl enerji tüketimli ticari ofis binalarında yüksek enerji tüketim alanına sahiptir. Enerji tüketim sistemleri ve temel alt yapı etkili dizayn boyunca ve daha iyi uygulamalar ile karşılaştırarak enerji tüketiminin yaklaşık % 56 (1.2 GWh/yıl) korunabilir. Fiyat tasarrufu yılda yaklaşık 80,000 \$ dan daha fazladır. Seçilen veri merkezleri Singapur'daki iki ticari ofis binalarıdır. 97 ve 1048 m<sup>2</sup> döşeme alanına sahiptirler. 12 katlı ve 4 katlıdır. Çevre sıcaklıkları 24.4 ve 20.9 °C, nem % 60.2 ve % 62.6 alınmıştır.

Yu F.W., Chan K.T. (2009) yaptıkları çalışma, optimize edilen çevre performansı tamamen değişebilir hızlı tesis için yüke dayalı hız kontrolü içermektedir. Bölgesel ofis binasının soğutma yük profili için tamamen değişken hızlı ve tipik sabit hızlı chiller sistemleri için (yıllık elektrik ve su tüketimine bağlı) çevresel değerlendirme geliştirilmiştir. Chiller sistemi modeli termodinamiksel davranışı belirlenmiştir. İki sistem arasındaki operasyonel fiyat farkları ekonomi analiz ile karşılaştırılmış ve hesaplanmıştır. Uygulanan yüke dayalı hız kontrolü değişken hızlı chiller ünitesinin sabit hızlı üniteye göre yıllık toplam elektrik kullanımı % 19.7 su kullanımı %15.9 azalabilir. Çalışmada, sabit hızlı geleneksel ve değişken hızlı chiller için soğutma kapasitesi 6390 kW dir. R-134a soğutkan kullanılmıştır. COP değerleri 6.1 dir. 7/12.5 °C

su gidiş-dönüş sıcaklıklarıdır. Bina yarı tropikal iklime sahip Hong Kong bulunmaktadır. Yıllık soğutma enerjisi 7423883 kWh dir. Bina 42840 m<sup>2</sup> döşeme alanına sahiptir.

Masoso O.T., Grobler L.J. (2008) yaptıkları çalışmada, Bostvana'nın sıcak ve kuru ikliminde soğutma noktası sıcaklığı ile değişen duvar yalıtımı, EnergyPlus dinamik termal simülasyon yazılımı kullanarak bina simülasyonu ile çalışmasının bulguları sunulmuştur. Örnek binada, çalışanların yoğunluğu 0.0538 kişi/m<sup>2</sup>, döşeme alanı 4743 m<sup>2</sup>, çalışma saatleri 06.<sup>00</sup> ile 18.<sup>00</sup> arasındadır ve bina üç katlıdır. 6 Mayıs ile 11 Mayıs arası örnek binanın enerji tüketimi ölçülmüştür. Isıtma ve soğutma temel sıcaklıklar 20 ve 21 °C olarak belirlenmiştir. 6 farklı sıcaklıkta; 22, 24, 25, 25.5, 26 ve 26.5 °C için simülasyon programı ile farklı kalınlıktaki (0, 40, 80, 120 ve 160 mm) ekstrüde polistiren (XPS) yalıtım malzemesine göre binanın soğutma ve ısıtma enerji tüketimleri tespit edilmiştir.

Jaber S. ve Ajib S. (2011) yaptıkları çalışmada, Akdeniz bölgesinde yer alan tipik konut binalarının enerjik, ekonomik ve çevresel bakış açısıyla binanın en iyi yön, pencere boyutu ve ısı yalıtım kalınlığı değerlendirmişlerdir. Sonuçlar göstermiştir ki, optimum yalıtım kalınlığı, gölgelenme faktörü, optimum pencere boyutu, en iyi yön seçimiyle yıllık enerji tüketimi % 27.59 tasarruf yapılabilecektir. Ömür maliyeti % 11.94 azalacaktır. Enerji tüketimi m<sup>2</sup> başına 64 kWh olacaktır. Çalışmada yıllık ısıtma ve soğutma yükü seçilen binanın analizi için TRNSYS yazılımı kullanılmıştır. Yapının çevresel, topografik ve iklim şartları verildiğinde binanın daha verimli ısı yalıtım verimi elde edilmiştir.

Yu F.W., Chan K.T. (2006) yaptıkları çalışmada, enerji performansını iyileştirmek için dizayn edilmesi gerekli chiller ünitelerinde hava soğutmalı chillerin hangi sayıda ve hacimde olacağı incelemiştirlerdir. Chiller modelini deneysel bir şekilde doğrulamada kullanılan dört opsiyon ofis binalarının soğutma yükü bakımından chiller üniteleri için çalışılmıştır. Chiller yıllık elektrik tüketim tahmininde eşit olmayan hacimde chillerler kullanılması ile %9.4 kadar düşebilir. Çalışmada düşük enerjili chiller

üniteleri için farklı hacimlerde chillerler seçilmesi için kılavuz sunulmuştur. Çalışmada, yarı tropikal bölgedeki farazi ofis binasının saatlik soğutma yükü çok bölgeli bina modeli simülasyon modeli TRNSYS yazılımı hesaplamalarda kullanılmıştır. Hesaplamalar; binanın ekipman güç yoğunluğu, oturanlar, havalandırma, yön, malzeme, air condition ekipmanları, konstrüksiyonu işlem programı ile hava verilerine dayalı olarak yapılmıştır.

Eicker U. ve Pietruschka D. (2009) yaptıkları çalışmada güneş ısı absorpsiyonlu chillerin sistem dizaynına katkıda bulunmuşlardır. Full simülasyon modeli absorpsiyonlu soğutma sistemi için geliştirilmiştir, kararlı durum ve dinamik kollektör modeli ile saatlik çözen bina yükü tabakalı depo tankı ile kombine olarak yapılmıştır. Model, çeşitli güneş soğutma ünitelerinden deneysel veri ile onaylanmıştır. Sonuç olarak kW soğutma yükü başına 1.7 ile 3.6 m<sup>2</sup> arasında vakum tüplü kollektör soğutma yükünün %80'nini kaplar. Güney Avrupa bölgesinde daha yüksek soğutma enerji talebi önemli bir şekilde daha düşük fiyatın analizini gösterir. Uzun işlem saatleri, soğutma periyodu kısa ve daha düşük iç kazançlar ile binalar için yaklaşık 200 ile 280 €MWh<sup>-1</sup> arasında soğutma maliyeti olacağı hesaplanmıştır. Sistem simülasyonu için TRNSYS dinamik simülasyon yazılımı kullanılmıştır. Çalışmada, güneş ısı absorpsiyonlu chiller sistemlerinin ekonomisi ve performansı analizi yapılmıştır. Absorpsiyonlu chillerler, her zaman adımı için kararlı hal enerji ve kütle denge denklemi çözümü ile kısmi yük altında modellenmiştir. İspanya için kollektör alanı 1.6 ile 3.5 m<sup>2</sup> arasında, Almanya da 4.6 ile 6.2 m<sup>2</sup> arasında gerekli olduğu hesaplanmıştır. Dinamik sistem simülasyonları doğru güneş ısı sistem hacmi belirlemek için gereklidir.

Cheung C.K., Fuller R.J., Luther M.B. (2005) yaptıkları çalışmada, Hong Kong'da iyileştirilmiş bina kaplama dizaynı boyunca yüksek katlı apartmanlar için soğutma gereksinimi azalmak için birleştirilmiş pasif dizayn yaklaşımı sunulmuştur. Apartmanlar için pik soğutma yükünde % 36.8 ve yıllık gerekli soğutma enerjisinde % 31.4 tasarruf sağlanabilir. Çalışmada, TRNSYS bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Yüksek katlı apartman binaları için enerji tüketimi azaltmak için altı strateji

incelenmiştir. Geliştirilen stratejilere göre dış duvar için ısı performans pencerelerden daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Cordoba J., Macias M., Espinosa J. M. (1998) yaptıkları çalışmada, Madrid’de bulunan çift cam ile perdelenmiş ofis bina duvarındaki kaplama camların kullanımını boyunca elektrik enerjisi tasarruf potansiyeli incelemiştir. İspanyol bina düzenlemesine uyan cam tipi seçilerek hesaplamalar yapılmıştır. DOE2.1E enerji simülasyon programı çalışmada kullanılmıştır. Elektrik tüketiminde yaklaşık %12 tasarruf, ısı yalıtım ile güneş kontrollü camın kullanılmasıyla gözlenmiştir. Cam alanında % 20 ile % 60 artışıyla enerji tüketiminde yaklaşık %10 artış olmaktadır.

Yik F.W.H., Burnett J., Prescottta I. (2001) yaptıkları çalışmada, Hong Kong da enerji faydası uygulaması incelemiştir. Çalışmasının analiz metodunda, teknik tamamen uygulanabilirlik ve ekonomik bir şekilde değişim gösterilmiştir. Sonuç olarak hava soğutmalı air-condition sistemi kullanılmasıyla ekonomik tasarruf, bölgesel soğutma sistemine göre % 20-33, su kayıplı soğutma kulelerine göre % 2-3, kondenser soğutmalı sisteme göre % 6 civarında olduğu tespit edilmiştir. Yıllık elektrik tüketimindeki tasarruf 40 kWh/m<sup>2</sup> dir. Dört farklı model için karşılaştırılan mali tasarruf değeri 1.5 milyon dolar olduğu hesaplanmıştır.

Filippin C., Larsen S. F., Gay E. L. (2008) yaptıkları çalışmada, Arjantin’in merkezinde ılıman-soğuk iklimli bölgede bulunan hem geleneksel hem de yenilenmiş konutların dizayn, teknoloji, ısı davranış ve enerji tüketimi analiz etmişlerdir. Kış boyunca geleneksel binaların enerji tüketimi ve ısı davranışı izlenmiştir. Konutların ısı davranışının deneysel verilerinin simülasyonlarını içerir. Isı davranışlar kritik mevsimler (kış ve yaz) ve ikamet edilen ile edilmeyen konutlar için bilgisayar simülasyonları çalışılmıştır. Yaz ve kış için enerji tasarrufu % 66 ile % 52 değişim gözlenmiştir. Çalışmada, ısıtma ve soğutma yükü azalmak amaçlanmıştır. Ekonomik maliyet analiz edilmiştir.

Yu F.W., Chan K.T. (2006) yaptıkları çalışmada, değişken hızlı kondanser fanı ön soğutmalı buharlaştırıcı, sıcaklık kontrollü kondanserin geliştirilmiş kondanser özellikleri ile chillerlerin yaşam çevrimi elektrik maliyeti incelemişlerdir. Çeşitli operasyon şartlarında chillerlerin yıllık elektrik tüketiminin etkisi bireysel ya da karışım özellikleri anlamada kullanılmıştır.

Çakmanus İ. (2007) yaptığı çalışmada, kamu sektöründeki binalarda enerji verimliliğini incelemiştir. Ön araştırmada, toplam enerji tüketiminde % 47 oranında tasarruf elde edilebileceği anlaşılmıştır. Çalışma, ofis binaları üzerine yapılmıştır ve enerji etkin konseptini vurgular. Türkiye’de henüz bu konu yeterince önemi anlaşılmadığı tespit edilmiştir. Örnek bina Ankara ilindedir ve 17 katlıdır. 1988 yılında hizmete açılmıştır. Çalışmada, yalnızca tesisat ve HVAC sistemleri ile ilgili yenileme araştırılmıştır.

Atmaca İ. (2006) yaptığı Doktora tez çalışmasında; sıcaklık, nem, hava hızı gibi ısıl konfor parametrelerinin, boynun hareket açıklıkları üzerine etkisi deneysel olarak incelemiştir. Bunun için laboratuvar ortamında hazırlanan kontrollü bir odada, ele alınan ısıl konfor parametrelerinden biri değişken diğer ikisi sabit olarak alınmış ve bu şekilde değişken parametrenin etkisi incelenmiştir. Yaz koşullarında insanların iklimlendirilen ortamlara terli olarak girdikleri de göz önünde bulundurularak bahsedilen her bir parametrenin etkisi deneğin hem terli, hem de kuru hali için ele alınmıştır. Deri sıcaklığı, deri ıslaklığı, deriden olan duyulur ve gizli ısı kaybı gibi kişinin ısıl ortama verdiği tepkiler ise çalışma kapsamında geliştirilen simülasyon programı ile tespit edilmiştir. Böylece deneysel veriler ile simülasyon sonuçları eş zamanlı olarak yorumlanmış, iklimlendirilmiş ortamlarda yaşayan insanlarda boyun hareket kısıtlılığı oluşturmeyen en uygun şartlar saptanarak, akademik ve endüstriyel kullanıcılara önerilmiştir. Çalışmada kapsamında oluşturulan simülasyon sonuçları ve deneysel veriler eş zamanlı olarak değerlendirilmiştir. Belirli ortam koşullarında vücudun ısıl tepkileri simülasyondan alınacak, o ortam koşullarında boyun hareket açıklıklarındaki değişimler ise deneysel olarak elde edilecek ve beraber yorumlanacaktır.

Öz M. E. U. (2006) yaptığı doktora çalışmasında, Bursa bölgesinin iklim şartlarında ihtiyaç duyulan tipik evsel enerji taleplerine yakıt hücreli evsel bir bileşik ısı gücü (kojenerasyon) sistemi'nin cevabı araştırmıştır. Bilgisayar simülasyonunda kullanılacak verileri elde etmek için; Bursa'daki evlerin yapısal özellikleri ve ailelerin sosyoekonomik durumlarına göre enerji kullanım alışkanlıkları anket yapılarak, ayrıca tüm yıl için saatlik evsel enerji gereksinimleri, gaz, elektrik ve su faturaları incelenerek bulunmuştur. Simülasyondan alınan sonuçlar enerji kullanımı, verim, yatırım ve işletme maliyetleri açısından klasik sistemlerle karşılaştırılmıştır. Yakıt hücreli modellerin, enerji kullanımı açısından klasik sistemlerden daha ekonomik ve verimli olduğu tespit edilmiştir. Tüm klasik enerji sistemlerine göre, bugünkü ilk yatırım maliyetleriyle ekonomik olmamasına karşın, işletme maliyetleri açısından daha ekonomik olduğu, yatırım ve işletme maliyetlerinin toplamına göre ise, tamamen elektrikle çalışan klasik sistemlerle rekabet edebildiği, gazlı ısıtma–elektrikli soğutma sistemlerine göre ise rekabet edebileceği şartlar belirlenmiştir. Çalışmada meteorolojik temsili yıl oluşturma ve sıcaklık-yük, yük - zaman ilişkisini bir matematiksel ifadeyle belirterek (eğri uydurma işlemi) sonuçta saatlik sıcaklıklardan yükleri tahmin edebilmek mümkün olmuştur.

Topal O. (2009) yaptığı yüksek lisans çalışmada ilk olarak enerjide genel durum ele alınmış, binalarda enerji verimliliği konusuna değinilmiş ve genel hatlarıyla Enerji Verimliliği Kanunu işlenmiştir. Çalışmanın uygulama kısmında ise İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Merter Ek Hizmet Binası'nın enerji etüt çalışmaları ve sonuçları aktarılmıştır. Etüt sonuçlarına göre enerji tüketen sistemler belirtilmiş, sonrasında sistemlerin enerji verimliliklerinin artırılması için gerekli yenovasyonları ve enerji verimliliği artırıcı projeleri (VAP) verilerek elde edilebilecek tasarruf miktarları verilmiştir. Çalışmada, enerji verimliliğinin bir bütün olduğu ve pek çok sektörü kapsadığı düşüncesinden hareketle, enerjinin verimli kullanılabilmesi belli başlı alanlardan biri olan bina sektörü incelenmiştir. Yapılan ölçümler ve hesaplamalar doğrultusunda yaklaşık olarak 1787352 kWh/yıl (155 TEP) enerji tasarrufu sağlanmıştır.



Özupak Ö. Ş. (2008) yaptığı yüksek lisans çalışmasında, dünyada ticari binalarda uygulanan enerji performans standartlarının ve kriterlerinin incelenmesi, Türkiye’de Mayıs 2007’de yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu çerçevesinde oluşturulacak ilgili yönetmelikler için öneriler geliştirilerek eksikliklerin giderilmesi amaçlamıştır. Çalışmada, dünyada ve özellikle Avrupa Birliği’nde, ticari binaların enerji performansı ile ilgili direktif, kanun, yönetmelik ve standartlar tespit edilmiş ve Enerji Verimliliği Kanunu’nda oluşturulması zorunlu kılınan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği için standartlara bağlı öneriler sunulmuştur. Ayrıca, ticari binaların genel özellikleri, kullanım şekillerine göre sınıflandırılması ve enerji tüketimini etkileyen başlıca faktörler tez kapsamında değerlendirilmeye çalışılmıştır. Binalarda enerji performansı ve verimliliğinin artırılması ile ilgili çalışmalar ve ticari binalara yönelik oluşturulan kriterler ülkelere göre irdelenmiştir. Sonuç olarak, Türkiye’de kanun kapsamında oluşturulan Binalarda Enerji Performansı Yönetmelik Taslağı, Avrupa örnekleri baz alınarak incelenmiş, eksiklikler belirlenmiş ve Türkiye şartlarına uygun öneriler geliştirilmeye çalışılmıştır.

Yaşar N. (2011) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, enerji verimliliği konusunda hem yasal düzenlemeler hem de teknik anlamda ısı yalıtımı üzerinde durmuştur. Isparta ilinde gerçekleştirilen anket çalışması ile ısı yalıtımı uygulamasının aile bütçelerinde ortaya çıkardığı değişiklikler ortaya konulmuştur. Çalışmanın amacı, Isparta kent merkezinde, enerji verimliliği açısından konutların ele alınması ve enerji kayıplarını önlemede etkili olan ısı yalıtımı ile enerji verimliliğindeki değişimleri ortaya çıkarmaktır. Çalışmanın en önemli özelliği ve önemi, kentsel enerji bağlamında konutların enerji verimliliği hakkında kamu yönetiminin yaptırımlarını ve bakış açısını esas almasıdır.

Eryiğit H. G. (2003) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, Süleyman Demirel Üniversitesi Morfoloji binasında ısıtma ve havalandırma sistemlerinin geliştirilmesi ve ilave otomatik kontrol cihazları kullanılarak konvansiyonel sistemlere göre sağlanan enerji tasarrufunun hesaplanması amaçlanmıştır. Morfoloji binasında ısıtma ve havalandırma tesisatında otomatik kontrol sistemleri uygulanacaktır. Isıtma tesisatında

eşanjör dairesinde bulunan dönüş kolektörü üzerinde bir üç yollu vana bağlantısı yapılarak sistemin gidiş ve dönüş suyu üzerinden sıcaklık daldırma tipi duyar elemanı vasıtasıyla sıcaklık kontrol panelinden alınan veriler yardımıyla enerji tasarrufunun ekonomikliğinin etkisi belirlenmiştir. Çalışmada, otomatik kontrol cihazlarıyla desteklenen sistemlerde %25-30 arasında bir tasarruf sağlandığı ve ilk yatırım maliyetlerinin bir yıl içinde amorti ettiği sonucuna varılmıştır. Süleyman Demirel Üniversitesi Morfoloji Binası Doğu Kampüsü içinde yaklaşık 14.511 m<sup>2</sup> inşa alanını kapsamaktadır. Morfoloji binası; öğretim üyeleri bürolarını, çeşitli laboratuvar hacimlerini, dinlenme salonlarını, ameliyathane hacimlerini, soğuk odaları, bekleme, tesisat, depo ve yardımcı servis hacimlerini içermektedir.

### **1.1.7.3 Binalarda Enerji Tüketiminde Regrasyon Analizi**

Al-Ghandoor A., Jaber J.O., Al-Hinti I., Manasour I.M. (2009) yaptıkları çalışmada, Ürdün'ün konut sektöründeki elektrik ve yakıt tüketimindeki değişim için, çoklu lineer regrasyon analizine dayanan iki ampirik model geliştirmişlerdir. Ek olarak güneş su ısıtma sistemi ve yüksek verimli aydınlatma bazı verim ölçümlerinin etkisi değerlendirilmiş ve analiz edilmiştir. Çok değişkenli regrasyon modelinde konut elektrik ve yakıt tüketimi simülasyonları kullanılmıştır.

Catalina T., Virgone J., Blanco E. (2008) yaptıkları çalışmada, etkili enerjik çözümlerin bulunmasında ilk strateji olarak destekleyici araçlar olarak dizayn mühendisleri ve mimarlar tarafından kullanılması amacı ile, sıcak iklimlerde tek aileli konut sektörü için aylık olarak ısıtma talebi tahmininin regresyon modeli geliştirmesi çalışmasını sunmuşlardır. Basitleştirilmiş modelin kullanılmasıyla bina yapısı ve ekonomik ya da çevresel kriteri optimize etmek için hızlı parametrik çalışma olasılıkları incelenmiştir. Bütün enerji tahmin modelleri Fransa'daki 16 büyük şehir için dinamik simülasyon ile elde edilen veri tabanına dayanır. Regresyon modeli için girişler, bina U değeri, bina şekil faktörü, pencere döşeme alanı oranı, bina sabitleri, iklim (güneş hava sıcaklığı ve ısıtma set noktası). 270 farklı senaryo analiz edilmiştir. Modeller çoklu

regresyon analizi ile elde edilmiştir. Dinamik simülasyon için TRNSYS yazılımı kullanılmıştır.

#### **1.1.7.4 Enerji Tüketen Tesisat Elemanlarından Pompalar**

Konuralp O., Albayrak K. (2009) yaptıkları çalışmada ülkemizde üzerinde yeterince durulmayan ÖBM (Ömür Boyu Maliyet kavramı) yaklaşımının bileşenleri üzerinde durmuşlar ve yeni yatırımlar ile işletmede olan pompalı sistemlerin enerji verimlilikleri ve yapılabilecek iyileştirmeler örneklerle incelemiştir.

Sungur C., Bal G. (2003) yaptıkları çalışmada, geleneksel yöntemle deney yapan test ünitesiyle, geliştirilen bilgisayar destekli pompa test ünitesinden elde edilen ölçme sonuçlarının karşılaştırılması yapmışlar ve bilgisayar destekli deney ünitesinin üstünlüğü ortaya konmuşlardır. Çalışmada, temel prensiplerin sağlanmasını amaçlayan, geleneksel ölçme yöntemleri ve analog ölçü aletlerinin yerine günümüz şartlarına uygun bilgisayar destekli ve ölçüm hataları çok düşük olan elektronik ölçü aletleri ile donatılmış bir test ünitesi geliştirilmiştir; ayrıca bu ünite ile yapılan deneylerde insan unsuru en aza indirilerek kişiden kaynaklanan sistematik hataların ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Geleneksel yöntemle yapılan santrifüj pompa deneylerinde kullanılan test ünitelerinde meydana gelen gerek ölçü aletlerinden kaynaklanan ve gerekse insan unsurundan meydana gelen hatalar ve sakıncalar tek tek incelenmiştir. İncelemeler sonucunda, bu sistemdeki sakıncalar ortadan kaldırılarak hata oranını en aza indiren bir bilgisayarlı test ünitesi geliştirilmiştir.

Yumurtacı Z., Sarıgül A. (2011) yaptıkları çalışmada, elektrik enerjisinin yoğun olarak kullanıldığı pompa sistemlerinde enerji tasarrufunun nasıl yapılacağı konusu uygulama örnekleri ile aydınlatılmaya çalışmışlardır.

Korkmaz E., Gölcü M., Kurbanoglu C. (2009) yaptıkları çalışmada; dalgıç pompa karakteristiklerinin belirlenmesi için basma yüksekliği, debi, efektif güç ve motor dönme hızı ölçüm ve kontrolünde kullanılan yeni teknolojiler incelemiştir. Bu amaçla

yüksek hassasiyetli ölçme ve kontrol cihazlarının kullanıldığı dalgıç pompa test ünitesi kurulmuştur. Kullanılan bir program sayesinde pompa karakteristikleri bilgisayar destekli olarak elde edilmiştir. Ayrıca, şebeke gerilimi ve motor devrindeki değişimlerin pompa karakteristikleri üzerindeki olumsuz etkilerinin nasıl giderilebileceği de ortaya konulmuştur.

Kaya D., Yağmur E. A., Yiğit K. S., Kiliç F. C., Eren A. S., Çelik C. (2008) yaptıkları çalışmada, büyük endüstri tesisindeki pompalarında enerji verimliliği incelemişlerdir. Bunun için akış oranı, basınç ve sıcaklık her bir pompa için maksimum yükte ve farklı operasyon şartlarında ölçülmüştür. Elektrik gücü için elektrik motorunun gücü tespit edilmiştir. Potansiyel enerji tasarrufu her bir pompa ve elektrik motoru için hesaplanan sonuçlar dikkate alınarak araştırılmıştır. Bu iyileştirmeler için gerekli yatırım maliyeti belirlenmiştir ve geri dönüş periyodu hesaplanmıştır. Sonuç olarak, mevcut düşük pompaları değiştirmek, pompaların bakımı, yüksek güçlü motor ile elektrik motorlarını değiştirmek, kavitasyon problemini gidermek, yüksek verimli uygun güçte elektrik motoru kullanmak olarak düşünülmüştür.

Ahonen T., Tamminen J., Ahola J., Viholainen J., Aranto N., Kestila J. (2010) yaptıkları çalışmada, pompa çalışmasında iki modele dayalı metot sunmuşlardır. Tahmin metotlarının doğruluğu analiz edilmiştir. Metotların uygulanabilirliği iki pilot montajdaki testler ve laboratuvar ölçümleri ile doğrulanmıştır. Test sonuçları, pompa çalışması ve analizlerinin uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Bu metotlar ile eğer pompa verimsiz kullanılıyor ise kullanıcılara bilgi verebilir.

Fahlen P., Voll H., Naumov J. (2006) yaptıkları çalışmada, HVAC sistemlerinin fan ve pompa teknolojilerinin kullanımları boyunca enerji tasarrufu olasılıkları araştırmalarının hesapları ve basit ölçümleri vasıtasıyla incelemeler yapmışlardır. Enerji tasarruf fırsatları, evsel ısı pompaları üzerine pompa verimleri ve kontrolü basit laboratuvar ölçümleri sonuçları ile incelenmiştir.

## 1.2 Tezin Kapsamı, Önemi ve Amacı

Çalışmada, farklı amaçlarla kullanılan rektörlük binasının enerji tüketim miktarlarının incelemelerini içermektedir. Örnek alınan Rektörlük binası, ana bina ve matbaa binasından meydana gelmektedir. Ana bina giydirme cephe sistemine göre dış cephesinin büyük bir kısmı alüminyum levha ile kaplanmıştır. Tüm binanın (ana bina ve matbaa binasından oluşan Rektörlük binası) dış duvarları gazbetondan inşaa edilmiştir.

Tez çalışmasında, örnek binanın ısı merkezine ölçüm sistemleri kurularak gerçek enerji tüketimini belirlemek için, 1 yıl süreyle veriler alınmıştır. Isıtma ve soğutma dönemlerinde, ısıtma ve soğutma tesisatlarına yerleştirilen sıcaklık sensörleri ve basınç ölçerler ile tesisatta dolaşan suyun sıcaklık ve basınç değerleri ölçülmüştür. Ek olarak tesisatlar da dolaşan suyun miktarı debimetre ile tespit edilmiştir. Isıtma döneminde yakıt olarak kullanılan doğal gazın tüketim miktarı doğal gaz sayacında ile günlük olarak okunmuştur. Soğutma tesisatında ise soğutma gruplarının (chillerlerin) elektrik tüketimleri kombi sayaçlar ile günlük olarak tespit edilmiştir. Isıtma ve soğutma sisteminde bulunan diğer elemanların (pompa gibi) enerji tüketimleri de trifaze sayaçlar ile ölçülmüştür.

Isıtma ve soğutma sisteminin enerji tüketimleri ve enerji tüketim hesabında kullanılacak parametreler mesai saatleri içerisinde (sabah 8.<sup>30</sup> ile akşam 17.<sup>00</sup> arası) kurulan ölçüm düzeneği ile ölçülmüştür. Buna bağlı olarak her iki sistem için sırası ile verim ve COP değerleri hesaplanmıştır. Dış duvarların ısı transfer katsayıları ısı akış plakası ile ölçülmüş ve hesaplama ile bulunan değerler ile karşılaştırılmıştır.

Binaların enerji tüketimlerinde buldukları bölgenin iklim (dış ortam sıcaklığı, rüzgar hızı, güneşlenme süresi ile radyasyonu) özellikleri büyük oranda ihmal edilmektedir. Çalışmada, ilk olarak, ısıtma ve soğutma döneminde enerji tüketimlerinin dış ortam meteorolojik parametrelerine göre nasıl değiştiği ve örnek alınan bina için hangi iklim parametrelerinin daha etkili olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Örnek alınan bina için iklim verilerine bağlı olarak polinom fonksiyonlu denklemler elde

edilerek regresyon analizi yapılmış ve enerji tüketimlerini gösteren uygun grafikler çizilmiştir.

Çalışmada ayrıca, örnek binanın dış duvarlarında, çatı ve döşeme ısıtma (kış), soğutma (yaz) ve ısıtma+soğutma (yaz+kış) yükleri için optimum yalıtım kalınlıkları uygulaması durumunda meydana gelecek enerji tasarrufu ve buna bağlı emisyon miktarlarındaki değişmeler araştırılmıştır. Optimum yalıtım kalınlıkları, teorik olarak ve kurulan ölçüm sistemi ile ölçümler yapılarak elde edilen verilere bağlı gerçek ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Yapılan araştırmaların hemen hemen tamamında optimum yalıtım kalınlıkları ya ısıtma veya soğutma yüklerine göre yapılmaktadır. Bu çalışmada, soğutma ve ısıtma yükleri birlikte dikkat alınarak optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesine çalışılmıştır. Bir binanın yıllık enerji tüketimine göre optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesinin daha uygun olacağı dikkate alınmıştır. Yalıtım malzemesi olarak 5 çeşit 9 farklı yalıtım malzemesi (aynı yalıtım malzemesinin farklı özellikteki türleri ile birlikte 9 yalıtım malzemesi) kullanılmıştır. Dış duvarın ısıtma, soğutma ve ısıtma+soğutma döneminde optimum yalıtım kalınlığı için regresyon analizleri yapılmıştır. Her dönem için; optimum yalıtım kalınlığına bağlı yalıtım malzemesi fiyatı, optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu, CO<sub>2</sub> emisyon azalımı arasındaki ilişkiyi gösteren denklemler elde edilmiştir. Ayrıca her dönemin birbiri ile ilgili olarak optimum yalıtım kalınlığına bağlı ilişkiyi gösteren denklemler türetilebileceği anlatılmıştır.

Dış duvarların, çatı (tavan) ve döşeme (taban) optimum yalıtım kalınlığı, derece-gün metodu ve ömür maliyet analizi ile belirlenmiştir. Dış ortam sıcaklıkları, TS 825 aylık ortalama ve Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama değerlerine bağlı olarak derece-gün hesaplamaları yapılmıştır.

Isıtma sisteminde yakıt olarak kullanılan doğal gazın yakıtsal özellikleri Balıkesir Gaz Şirketi verilerinden alınmıştır. Yanmanın uygunluğunun kontrolü açısından örnek

seçilen binanın mevcut yalıtım durumuna görebilmek için doğal kullanıldığı gazın çelik gövdeli kazanların bacalarında baca gazı ölçümleri yapılmıştır.

Son olarak, pompaların basınç ve elektrik tüketimleri ölçülerek gerçek verimleri tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak pompaların enerji tüketimleri gösterilmiş ve enerji tüketimini azaltmak için çözüm önerileri sunulmuştur. Uzun vadede (10 ve 20 yıllık sürelerde) enerji tüketim maliyet değerleri verilmiştir.

Sonuç olarak; örnek alınan bina için enerji tüketiminin azaltılmasında öneriler sunulmuştur. Isıtma ve soğutma sistemlerinde, verim arttırmak için öneriler verilmiştir. Yapı elemanı yapısı için tavsiyeler getirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1 Bina Özellikleri

Örnek bina, Balıkesir il merkezine 17 km uzaklıkta, Balıkesir-Bigadiç yolu üzerinde bulunan Balıkesir Üniversitesi Çağış Yerleşkesi içerisinde (39° 39' K - 27° 52' D). İncelenen Rektörlük Binası, iş ve hizmet binası olarak Ana Bina ve atölye olarak kullanılan Matbaa Binalarından oluşmaktadır. Şekil 2.1, Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'de ilgili binaların resimleri, Şekil 2.4'de ise örnek binanın vaziyet planı verilmiştir. Rektörlük ana binası, 13968 m<sup>2</sup> kullanım, 4952 m<sup>2</sup> dış duvar ve 2180 m<sup>2</sup> cam alanlarına sahiptir. Matbaa Binası ise 1534 m<sup>2</sup> döşeme, 645 m<sup>2</sup> dış duvar ve 247 m<sup>2</sup> cam alanlarına sahiptir. Tablo 2.1 örnek binanın bulunduğu ile ait meteorolojik veriler, Tablo 2.1 ve Tablo 2.3'de yapısal özellikleri verilmiştir.



Şekil 2.1: Balıkesir üniversitesi rektörlük ana binası resmi (arka cephe)

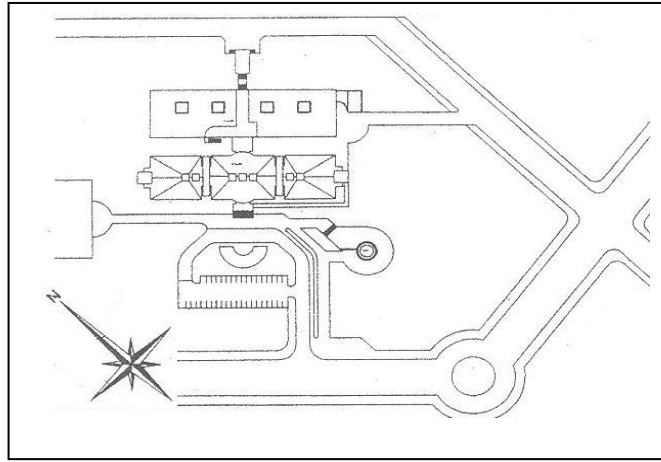


Şekil 2.2: Balıkesir üniversitesi rektörlük matbaa binası (ek bina) resmi





**Şekil 2.3:** Balıkesir üniversitesi rektörlük ana binası resmi (ön cephe)



**Şekil 2.4:** Örnek bina vaziyet planı (Yapı İşleri)

**Tablo 2.1:** Örnek binanın bulunduğu meteorolojik bölge için özellikler (Yapı İşleri, TS 2164)

Özellik	Değer
Dış Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ )	-3 Rüzgarlı
Çatı Arası Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ )	-2
Döşeme Altı Toprak Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	9
Dış Duvara Bitişik Toprak Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	3

**Tablo 2.2:** Rektörlük ve matbaa binalarının yönler göre toplam dış cam ve dış duvar alanları

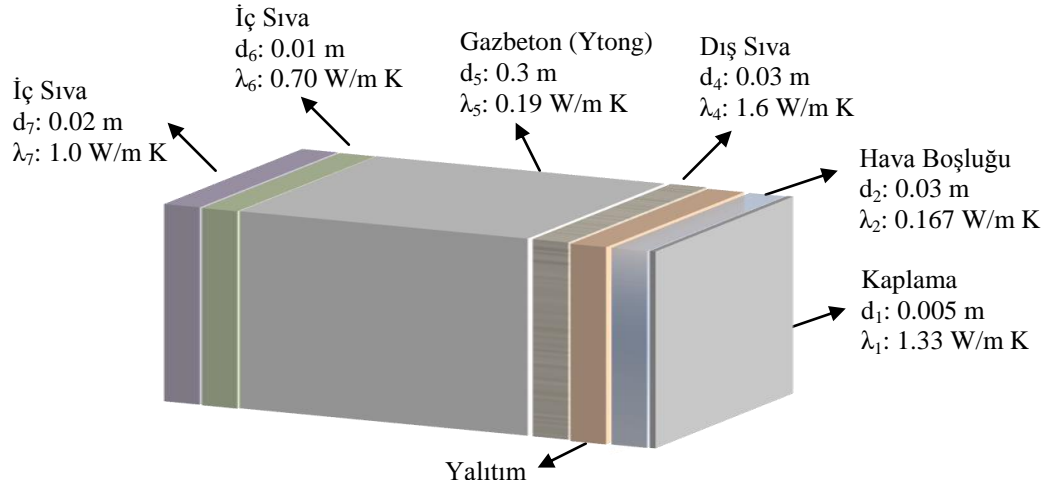
Yön	KD	D	GD	G	GB	B	KB	K	Yönsüz
Cam (m <sup>2</sup> )	978	-	166	11	945	18	156	-	266
Duvar (m <sup>2</sup> )	1946	-	980	10	1856	-	851	-	-
Yapı elamanı	Ana Bina					Matbaa Binası			
Binaların toplam döşeme alanı (m <sup>2</sup> )	13968					1534			
Binaların Pencere/Dış Duvar Oranı	0.440					0.385			

**Tablo 2.3:** Bina Yapı elamanlarının Isı Transfer Katsayısı Değerleri (W/m<sup>2</sup>K)

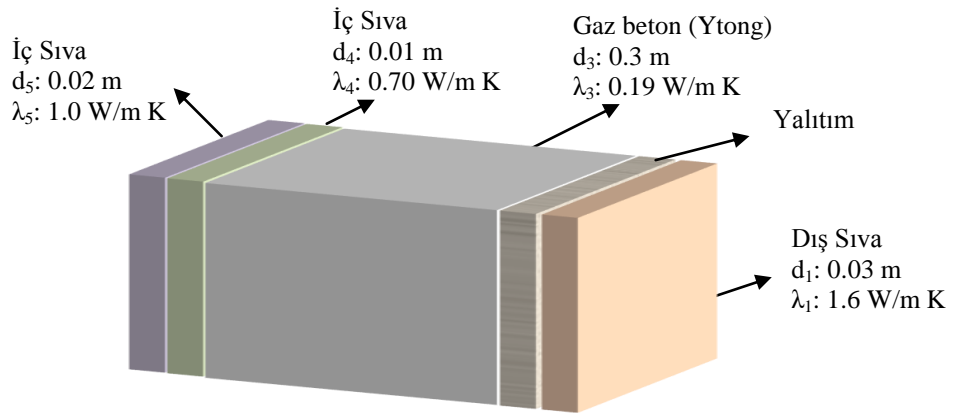
Parametre	Ana Bina	Matbaa Binası
Pencere, kapı ve cam duvar (iki cam arası 12mm, Al doğrama)	2.908	2.908
Dış Duvar	0.494	0.555
Taban (Zemine Oturan Döşeme)	0.929	0.929
Geçitler Üzeri Döşeme (İki bina arası geçiş)	0.291	---
Betonarme Ara kat Döşeme	2.733	---
Çatı (Üstü Teras Döşeme)	0.350	0.350
İç Duvar 1	1.512	1.512
İç Duvar 2	2.152	2.152
Betonperde Duvar 1 (İç Duvar)	1.221	---
Betonperde Duvar 2 (İç Duvar 1)	1.163	1.163

Örnek bina, toplam 7 kat olup (7+Bodrum) toplam 215 kişi çalışmaktadır. Kişi başına kullanım alanı 72.1 m<sup>2</sup>'dir. Bina, TS 825 göre ikinci bölgede bulunan Balıkesir ili sınırları içerisinde. TS 825 de verilen yapı elemanlarının özelliklerinden yararlanılarak örnek binanın dış duvar yapı konstrüksiyonu Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'da verilmiştir. Şekillerde; ana binanın dış duvarları, alüminyum kaplama, çimento harçlı dış sıva, ytong, alçı harcı - kireç alçı harçlı ve ikinci olarak kireç harçlı - kireç-çimento harçlı iç sıva kullanılmıştır. Ana binanın kaplamasız dış duvarları ve matbaa binasının dış duvarı ise, çimento harçlı dış sıva, ytong, alçı

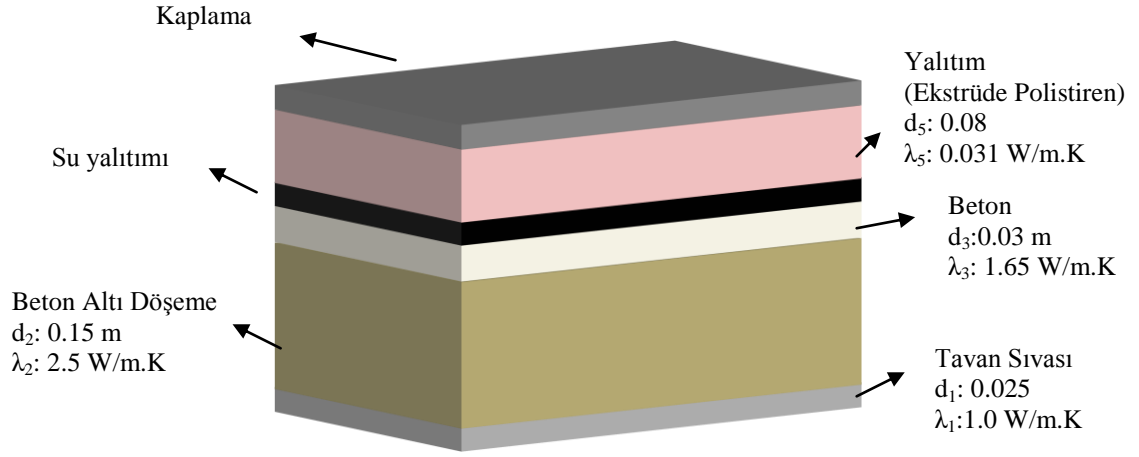
harcı- kireç alçı harçlı ve ikinci olarak kireç harçlı - kireç-çimento harçlı iç sıva kullanılmıştır. Dış duvarları için hesaplamalarda TS 825 verilerinden; iç yüzeyel ısı iletim direnç değerleri  $R_i:0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$  ve matbaa binası ile kaplama olmayan ana bina için dış yüzeyel ısı iletim direnç değerleri  $R_o:0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$ , alüminyum kaplamalı ana bina için  $R_o:0.08 \text{ m}^2\text{K/W}$  alınmıştır (TS 825). Şekil 2.7 ve Şekil 2.8 'de ana bina ve matbaa binası için çatı (tavan) ve taban döşemesi yapı özellikleri verilmiştir. Çatı döşemesinde; kaplama, yalıtım malzemesi olarak ekstrüde polistiren, su yalıtımı, beton, beton altı döşeme ve tavan sıvasından oluşmaktadır. Taban döşemesinde ise kaplama, yalıtım olarak ekstrüde polistiren, beton, grobeton, cüruf dolgu, blokajdan oluşmaktadır. TS 825 için çatı için iç ve dış yüzey ısı iletim direnci  $R_i:0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$ ,  $R_o:0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$ , taban döşemesi için ise  $R_i:0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$ ,  $R_o:0 \text{ m}^2\text{K/W}$  alınmıştır.



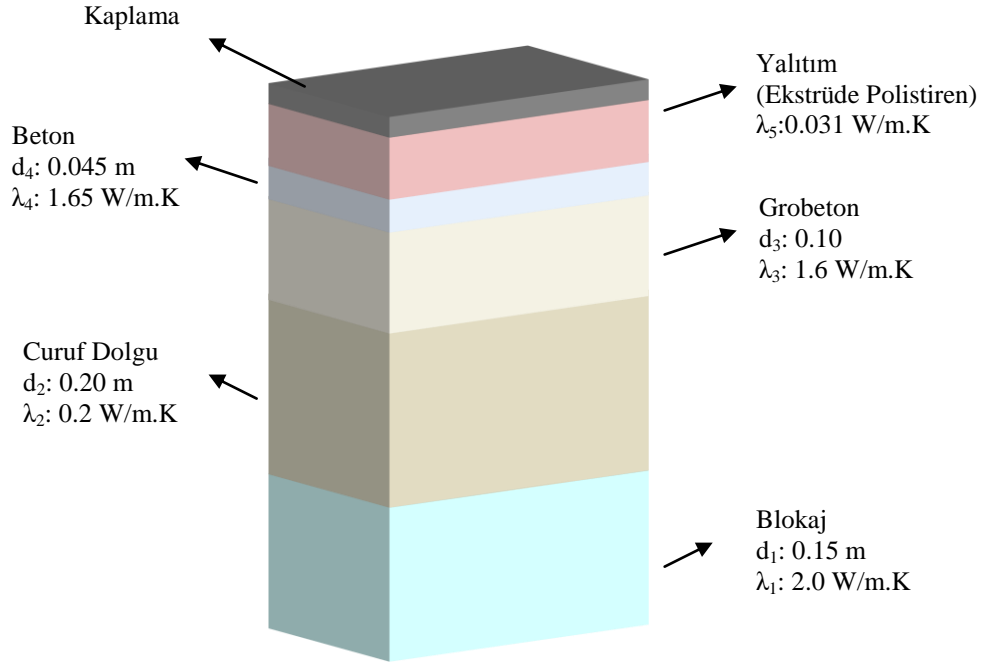
**Şekil 2.5:** Rektörlük ana binasının duvar bileşenleri (Yapı İşleri, TS 825, Doğruel 2010)



**Şekil 2.6:** Rektörlük ana binası kaplamasız kısmı ve matbaa binasının duvar bileşenleri (TS 825, Yapı işleri)



Şekil 2.7: Çatı Döşemesi Bileşenleri (TS 825, Yapı İşleri)



Şekil 2.8: Taban Döşemesi Bileşenleri (TS 825, Yapı İşleri)



**Şekil 2.9:** Örnek binanın ısıtma sistemi (kazan) görünümü

Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'da örnek binanın ısıtma sistemi için kazan ve soğutma sistemi için su soğutma grubu (Chiller) resimleri verilmiştir. Isıtma sisteminde 2 adet kazan, soğutma sisteminde 2 adet su soğutma grubu bulunmaktadır. Bu ekipmanların teknik özellikleri, Tablo 2.4 'de verilmiştir.



**Şekil 2.10:** Örnek bina soğutma sistemi (chiller grubu)

**Tablo 2.4:** Ekipman özellikleri (Etiket Değerleri)

<b>Ekipman</b>	<b>Değer</b>
<b>Soğutma Sistemi</b>	
Chiller Grubu Sayısı	2
Chiller Grubu Kapasitesi (kW) (1 adeti)	539
Chiller COP değeri	2.7
Chiller Grubu Tipi (Kondanser)	Hava soğutmalı
Soğutucu Akışkan	R-134a
Kompresör Sayısı ve Tipi	2-Vidalı
Evaporatör Su Sıcaklığı	7-12 <sup>0</sup> C
<b>Isıtma Sistemi</b>	
Kazan Sayısı	2
Kazan Kapasitesi (kW) (1 adeti)	698
Kazan Tipi	Çelik Gövdeli
Yakıt Tipi	Doğal Gaz
Kazan Verimi (%)	93
Kazan Su Kapasitesi (lt)	692
Gidiş-Dönüş Su Sıcaklıkları	70-90 <sup>0</sup> C
İşletme Basıncı	5 bar
Brülör	Min 200-Max 1125 kW

Isıtma sistemi; yıl boyunca ocak, şubat, mart, nisan, kasım ve aralık aylarında çalıştırılmaktadır. Soğuk havalarda çift kazan yakılırken, kısmen daha sıcak havalarda iki kazan dönüşümlü olarak kullanılmaktadır. Ayrıca gece bir kazan düşük sıcaklık derecesinde (genelde 40 <sup>0</sup>C) çalışır konumda bırakılmaktadır. Soğutma sistemi ise, yıl içinde haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında çalıştırılmaktadır. İki adet su soğutma grubu (chiller) dönüşümlü olarak çalıştırılmaktadır. Çok sıcak havalarda çift su soğutma grubu birlikte çalıştırılmaktadır. Akşam en geç 17.<sup>00</sup>'de sistem kapatılmaktadır.

## 2.2 Isıtma ve Soğutma Sistemi Ölçüm Aletleri ve Özellikleri ile Su Sıcaklık, Basınç ve Debi Ölçüm Noktaları

Isıtma ve soğutma tesisatı ana binanın bodrum katında bulunmaktadır. Isı merkezinde hesaplamalarda kullanılacak; su sıcaklık, basınç ve debi ölçümleri yapılmıştır. Isıtma sisteminde 04.01.2010-30.04.2010 ile 01.11.2010-31.12.2010 tarihleri arasında toplam 107 gün ölçüm yapılmıştır. Soğutma sisteminde ise ölçümlere 11.06.2010 tarihinde başlanmış 20.09.2010 tarihinde tamamlanmıştır. Isıtma ve soğutma sisteminde ölçüm yapılan yerlerde 40 mm çapından 150 mm çapına kadar değişik çaplarda borular kullanılmaktadır. Borular cam yünü ile yalıtılmış ve en dışta saç malzeme ile kaplanmıştır. Yalıtım malzemesi cam yünü kalınlığı boru çapına bağlı olarak, 5 mm ile 30 mm arasında değişmektedir. Isıtma ve soğutma sisteminde çelik borular kullanılmıştır. Hem ısıtma hem de soğutma tesisatında basınç ve sıcaklık ölçümlerinde, su sıcaklık ve basınçlarını ölçmek için Pt-100 sıcaklık sensörü (8 adet) ve basınç transmitterleri (8 adet) kullanılmıştır. Pt-100 sıcaklık sensörü ve transmitter ile datalogger bağlantıları için 100 m kablo kullanılmıştır. Son olarak datalogger ile, verilerin saklandığı ve kayıt edildiği bilgisayar bağlantıları yapılmıştır. Şekil 2.11'de ısıtma ve soğutma sistemi, basınç ve sıcaklık verilerinin kayıt edildiği datalogger ve bilgisayar resmi verilmiştir. Şekil 2.12'de ise su sıcaklığının ölçüldüğü Pt-100 sıcaklık sensörü montaj resmi verilmiştir. Şekil 2.13'de ise suyun basıncının ölçüldüğü basınç transmitteri montaj resmi görülmektedir. Basınç transmitteri ile sıcaklık sensörü küçük ve ana kollektörlere monte edilmektedir. Isıtma ve soğutma tesisatında; kazan, su soğutma grubu (chiller), pompa gibi her elemandan önce ve sonra yerleştirilmiştir. Şekil 2.14'de su soğutma gruplarının (chiller'lerin) elektrik tüketiminin ölçüldüğü sayaç montajı resmi verilmiştir. Şekil 2.15 ve Şekil 2.16'da boru içinde akış miktarını ölçmek için kullanılan ultrasonik debimetre resmi gösterilmiştir. Ultrasonik debi ölçerin; boruya monte edilen başlıkları, cihaz kataloğunda belirtilen düz boru uzunluğu ve başlıklar arası mesafesinin uygun olduğu noktalarda yapılmıştır. Cihaz debi değerini m<sup>3</sup>/h veya kg/h olarak okunmaktadır. Ultrasonik başlıklar (Transducerler) boru yüzeyine bağlanmadan önce boru yüzeyi temizlenmiş ve özel jel yüzeye sürüldükten sonra bağlanmıştır. Ölçümler yapılırken özellikle, cihaz

katalogunda belirtilen koşulların sağlanmasına özen gösterilmiş, türbülanslı akış bölgelerinden uzak durulmuştur. Debimetre ve diğer cihaz ile ekipmanların özellikleri, Tablo 2.5’ de verilmiştir.

Şekil 2.17’de ve şekil 2.19’da ısıtma ve soğutma sistemlerinin tesisat şemaları görülmektedir. Bu şemalarda debinin, basıncın ve sıcaklığın ölçüldüğü noktalar verilmiştir. Bu noktalara debimetre, basınç ölçerler ve sıcaklık ölçerler bağlanmıştır. Şekil 2.18’de ve Şekil 2.20’de ise Pt-100 sıcaklık sensörleri ile basınç transmitter’lerinin bilgisayara bağlantıları gösterilmiştir. Debi değerleri ultrasonik debimetre ile ölçüm zorluğu nedeniyle haftada en az iki veya üç defa ölçülmüştür. Hesaplamalarda debi ölçümlerinin ortalaması alınarak kullanılmıştır. Isıtma ve soğutma donanımında Fan-coil sistemi kullanılmaktadır. Bu nedenle bina içi tesisat boruları ve ısıtma ile soğutma gruplarından gelen borular aynı kollektörlere bağlanmıştır. Yaz aylarında kazanlardan gelen boru vanaları kapalı tutulmakta, kış aylarında ise soğutma gruplarından gelen boruların vanaları kapalı tutulmaktadır.

Yukarıdaki ölçümlerle beraber ayrıca kazanların doğal gaz ve su soğutma gruplarının elektrik tüketimleri ölçülmüş, enerji hesaplamaları yapılmıştır. Dış duvar, çatı (tavan) ve döşeme (taban için; ısıtma, soğutma ve ısıtma+soğutma için ölçümlere bağlı yalıtım kalınlığı, bina ısıtma ve soğutma tesisatındaki pompaların enerji ile verim hesaplamaları ve meteorolojik verilere bağlı enerji değişimlerin araştırılmıştır.

**Tablo 2.5:** Isıtma ve soğutma sistemi ölçüm aletleri ve özellikleri

<b>Cihaz ve Ekipman</b>	<b>Özellik</b>	<b>Kullanım Yeri ve Amacı</b>
KIMO Portatif Nem/Sıcaklık Ölçer ve Kaydedici (Bilgisayar yazılımlı)	Bağıl nem, mutlak nem, kuru ve yaş termometre sıcaklıkları, çiğlenme noktası ölçümü yapar. Otomatik/manuel veri kayıt eder. 8000 veriyi kaydeder. K, J, T tipi termokupullar ile kullanılır. 4 girişli modülü vardır. -50 ile 80 °C sıcaklık, %3 ile % 98 arasında nem ölçebilir.	İç ortam sıcaklık ve nem ölçümünde kullanıldı.



**Tablo 2.5:** (devamı)

DYNAMETERS Ultrasonik Debimetre	15-600 cm çap aralığında ultrasonik olarak debi ölçer. -40 ile 150 °C sıcaklıkta sıvılardan ölçüm yapar. Metal, plastik ve beton yüzeylerden ölçüm yapabilir. 2000 veri depolayabilir. Portatif özelliklidir. 4 m kablo uzunluğuna sahiptir.	Isıtma ve Soğutma sisteminde boru yüzeyinden ultrasonik olarak su debisi ölçmekte kullanıldı.
MAKEL Elektronik Elektrik Sayacı (Kombi)	Kombi trifaze elektronik özelliklidir. Günü 8 zaman dilimine böler. 5 ile 60 dakika periyotla elektrik tüketimi ölçülebilir. 72 gün kayıt yapar. -40 ile 85 °C de çalışabilir. Aktif ve reaktif enerji ölçer. kWh olarak enerji tüketimi ölçülür. Akım 20 mAdir. 40 – 75 V ve 150-300 V anma gerilimi, 40-60 Hz frekans aralığına sahiptir.	Soğutma Gruplarının günlük tüketilen elektrik enerjisini ölçmede kullanıldı.
MAKEL Elektronik Elektrik Sayacı (Trifaze)	3x220/380V anma gerilimi, 40-60 Hz frekans, 150-300 V gerilim, -40 ile 85 °C çalışma aralığına sahiptir. Akım 20 mAdir. Aktif güç ölçer. kWh olarak enerji tüketimini gösterir.	Isıtma ve soğutma sistemindeki pompaların elektrik tüketimini ölçmede kullanıldı.
AHLBORN (Genişleme Modülü) Datalogger	19 kanal (19 konnektör girişli) girişlidir. Gerekğinde 39 kanala çıkabilir. % 0.1 hassasiyetlidir. En az 100000 ölçümü saklayabilir.	Bilgisayara veri gönderilmesinde ve toplanmasında kullanılır. Sıcaklık sensörü ve basınç transmitter bağlantısında kullanıldı.
KELLER Basınç Transmitteri	10 bar basınç ve 125 °C sıcaklığa dayanıklıdır.	Boru içi basınç ölçümü kullanıldı.

**Tablo 2.5:** (devamı)

KIMO PT-100 Sıcaklık Sensörü	-50 ile 250 °C sıcaklık ölçebilir. 100 mm dalma boyuna sahiptir. 4 tellidir. 4 mm kılıf çapına sahiptir.	Boru içi su sıcaklığını ölçümünde kullanıldı.
ALMEMO Konnektörler	-200 ile 400 °C ölçüm alanına sahiptir. % 0.001 kararlılığa sahiptir.	Datalogger ile basınç transmitteri ve sıcaklık sensörü bağlantısında kullanıldı.
Isı Akış Plakası	250*250*1.5 mm boyutlarındadır. Epoksi reçineden yapılmıştır. 80 °C sıcaklığa kadar çalışabilir. 1.5 m teltemokul ile ölçüm yapılır. Tel termokupul -25 ile 400 °C arası çalışma sıcaklığı vardır. Dış çapı 1.3*2.1 mm arasındadır. Fiber glass yalıtım ile kaplanmıştır. NiCr-Ni malzemedendir yapılmıştır.	Bina duvarlarında ısı direnç ve ısı transfer katsayısını ölçmede kullanıldı.



**Şekil 2.11:** Sıcaklık ve basınç verilerinin kayıt edildiği datalogger



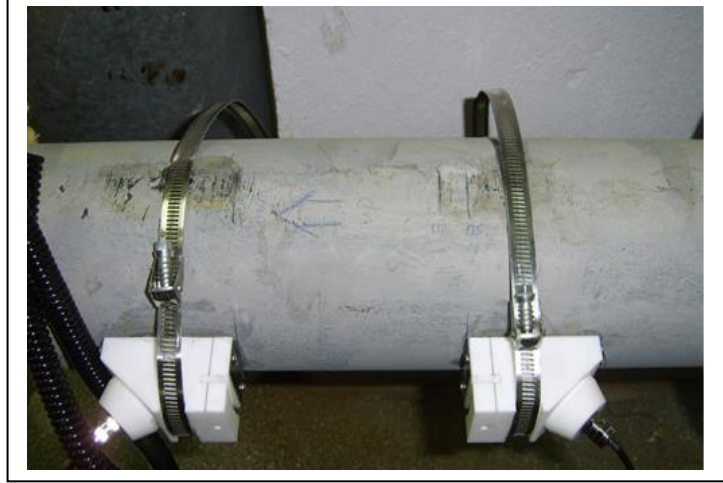
**Şekil 2.12:** Su sıcaklık ölçümü için sıcaklık sensörü Pt-100 montajı



**Şekil 2.13:** Su basınç ölçümü için transmitter montajı



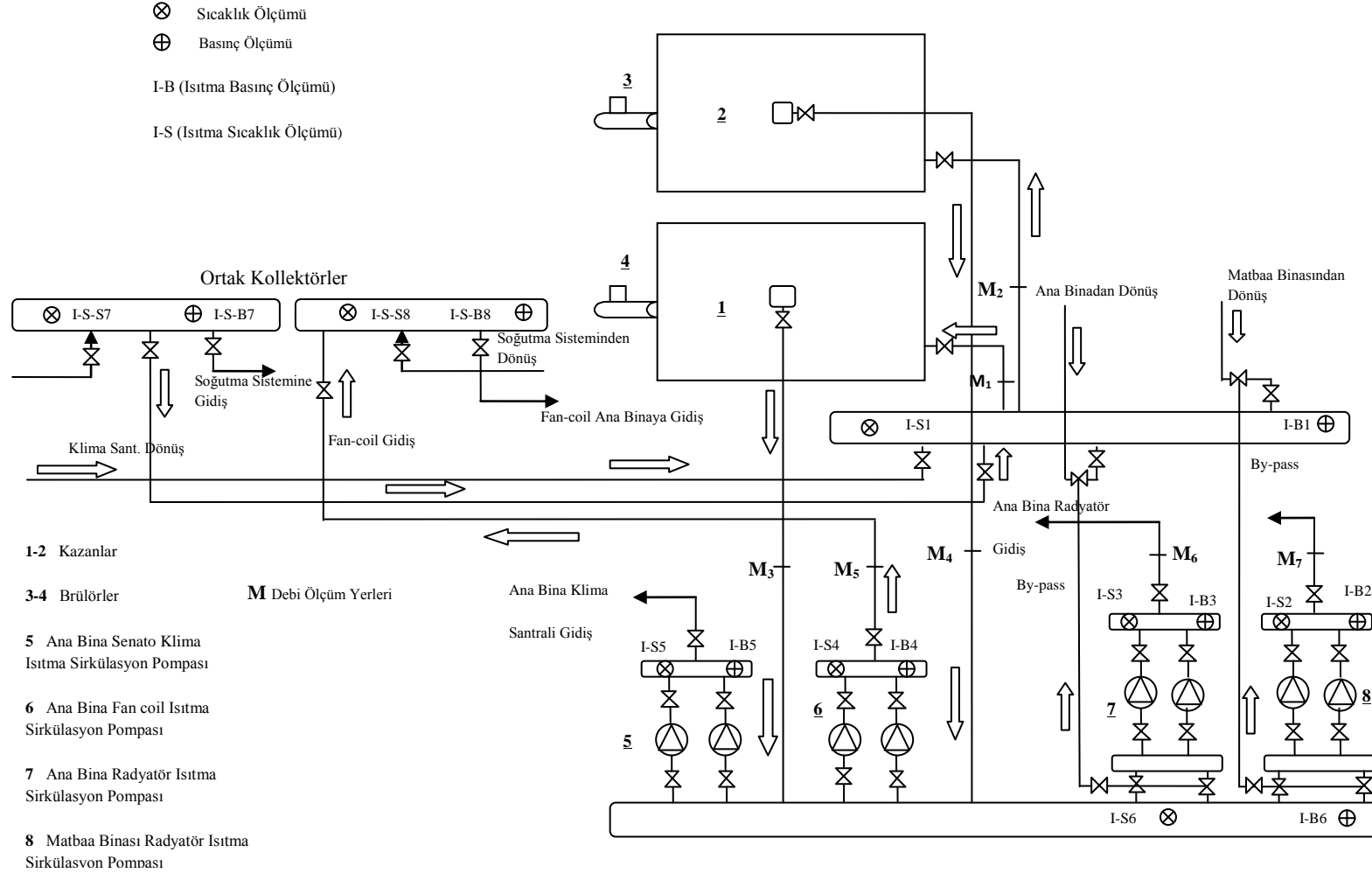
**Şekil 2.14:** Elektrik ölçümü için sayaç montajı



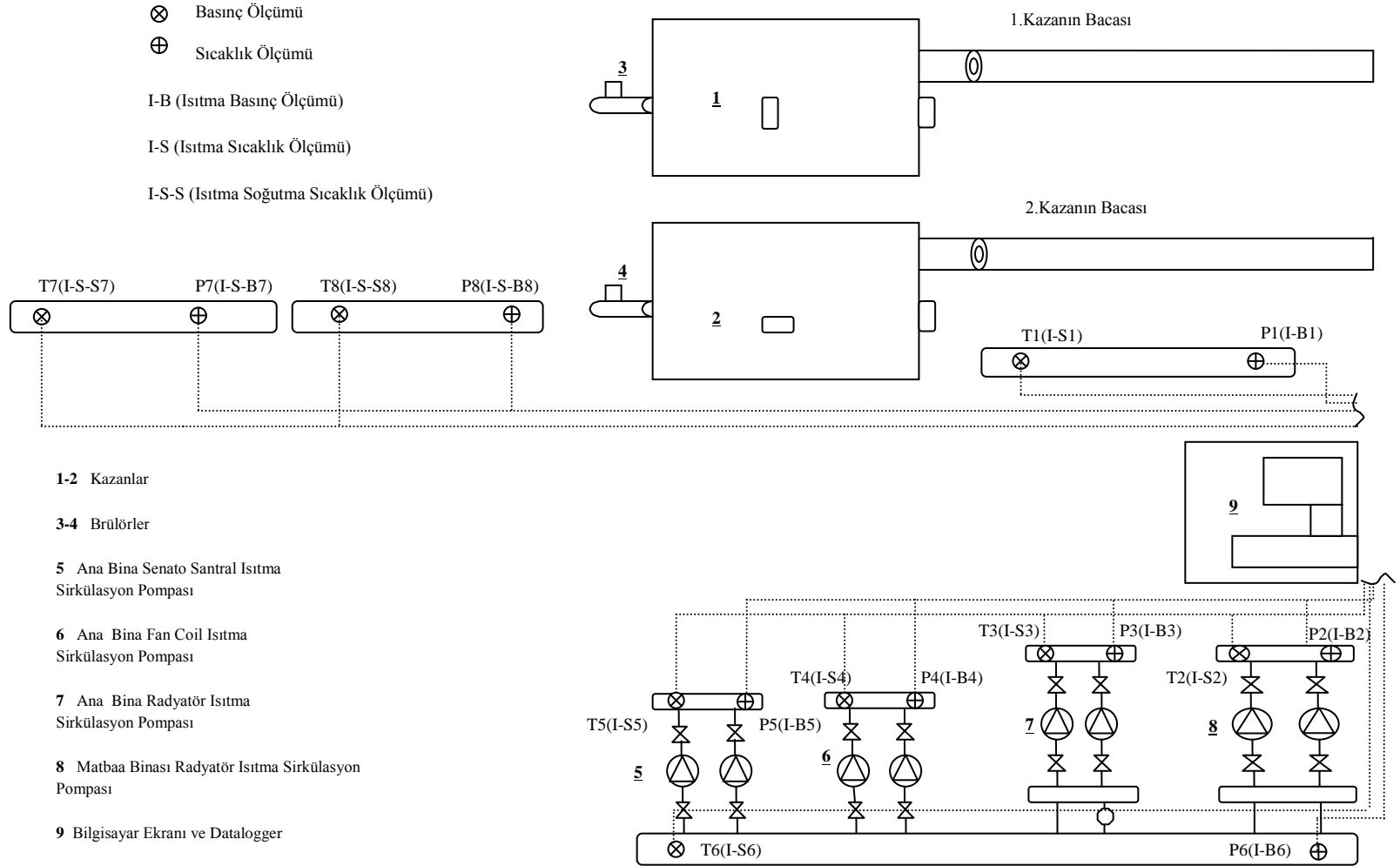
**Şekil 2.15:** Debimetre Transduserlerinin boruya bağlanması



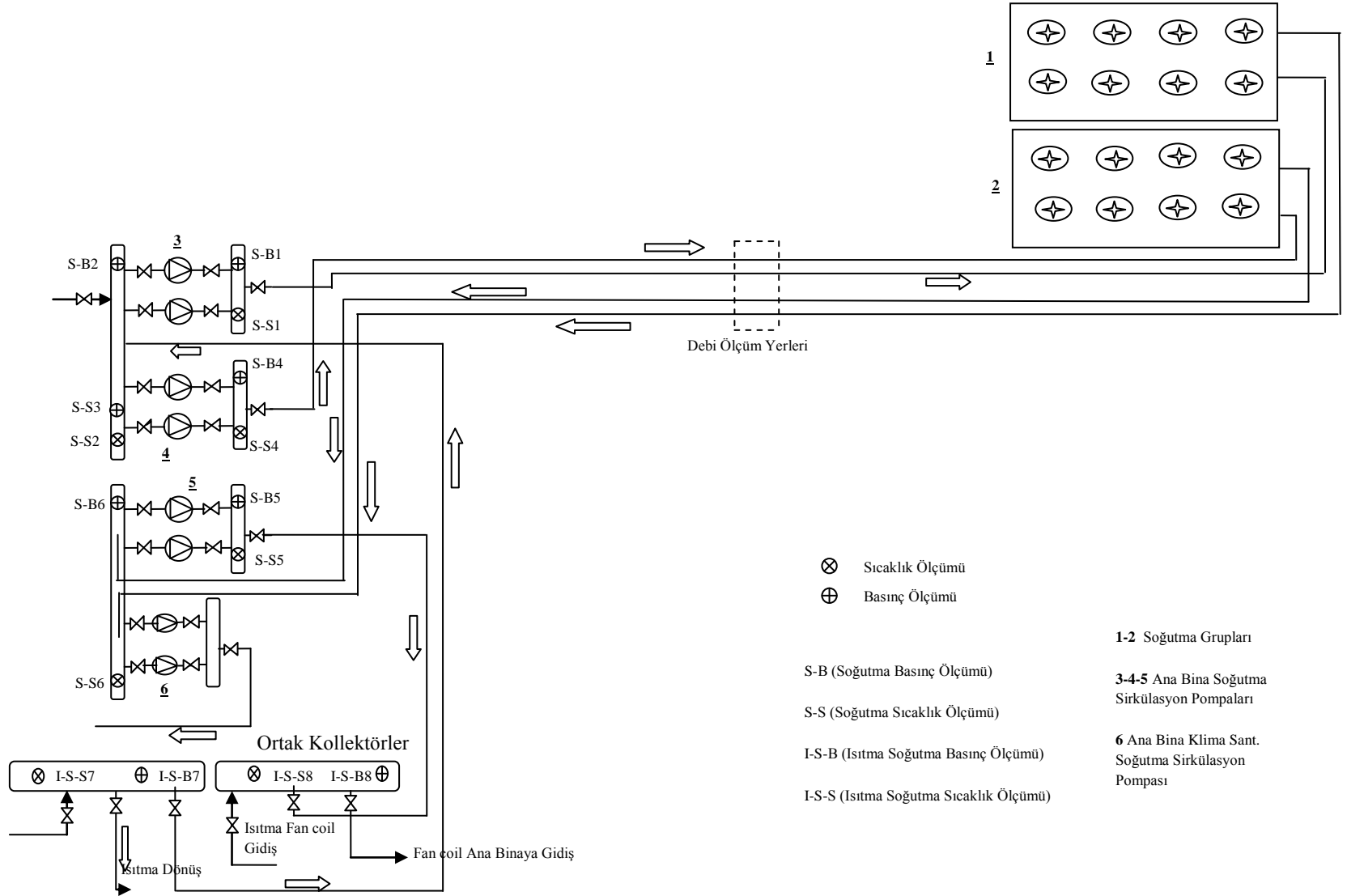
**Şekil 2.16:** Debimetre ile ölçüm



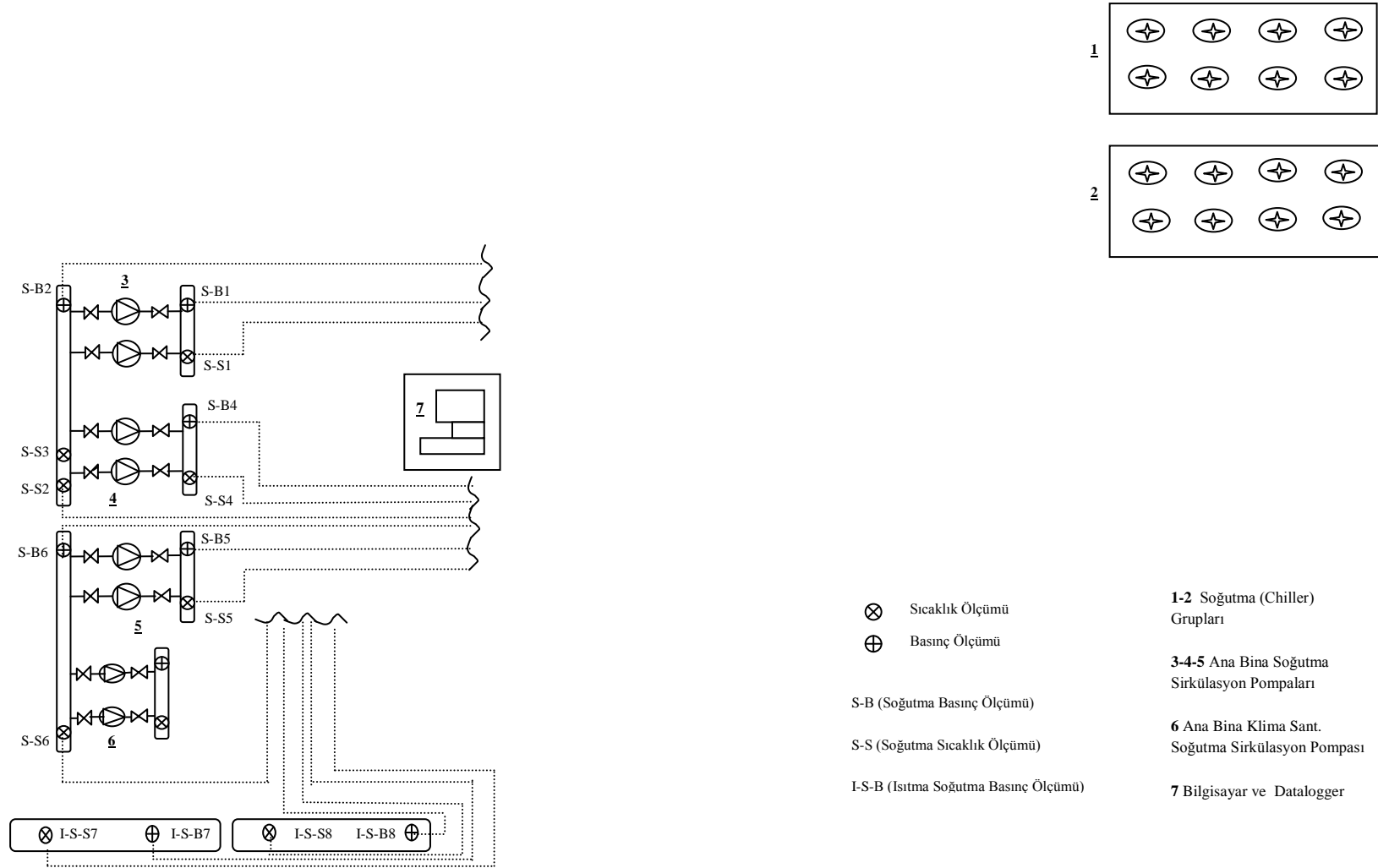
**Şekil 2.17:** Merkezi ısıtma sistemi tesisat şeması



**Şekil 2.18:** Pt-100 sıcaklık sensörü ve basınç tansmitterinin bilgisayar bağlantıları



Şekil 2.19: Soğutma sistemi tesisat resmi



**Şekil 2.20:** Pt-100 sıcaklık sensörü ve basınç transmitterinin bilgisayar bağlantıları



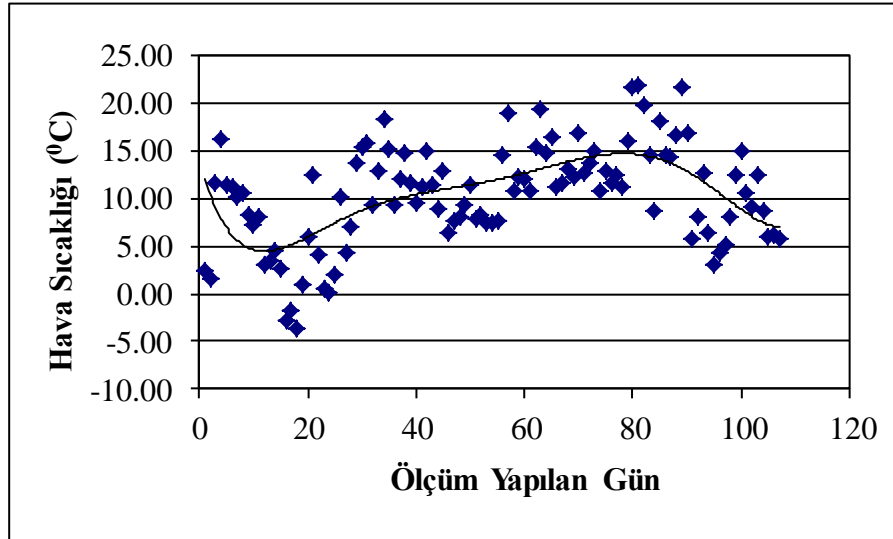
## 2.3 Meteorolojik Veriler

Tez çalışmasında, örnek bina için dış hava meteorolojik verilerine bağlı olarak; enerji, ısıtma dönemi sistem verimi ve soğutma dönemi sistem performans katsayısı değişimleri tespit edilmiştir. Bu amaçla Meteoroloji Genel Müdürlüğünden meteorolojik veriler alınmıştır.

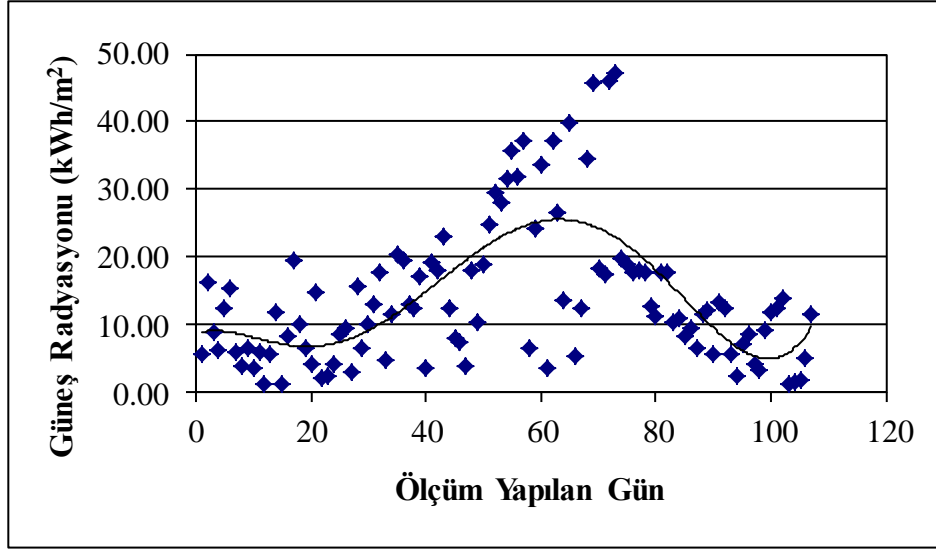
Kış aylarında ısıtma dönemi için toplam 107 gün (04.01.2010-30.04.2010, 01.11.2010-31.12.2010 tarihleri arası), yaz ayları soğutma dönemi için 63 gün (11.06.2010-20.09.2010 tarihleri arası) ölçüm yapılmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan meteorolojik verilerin günlük ortalama değerleri (ısıtma ve soğutma sistemlerinin çalışma saatleri için) hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.

### 2.3.1 Isıtma Dönemi Meteorolojik Verileri

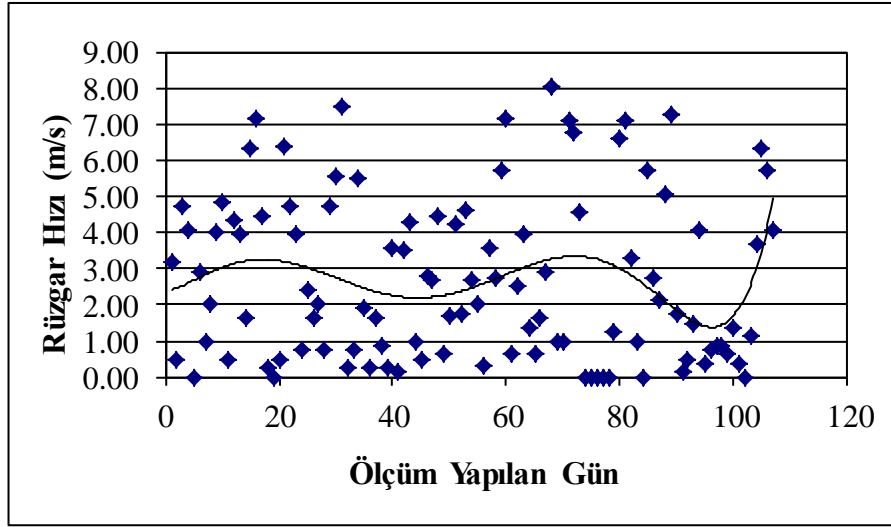
Şekil 2.21’de ısıtma dönemi boyunca ölçüm yapılan saatler (sabah 08.<sup>30</sup> akşam 17.<sup>00</sup> arası) için günlük ortalama dış hava sıcaklıkları, Şekil 2.22’de ortalama güneş radyasyonu, Şekil 2.23’de ortalama rüzgar hızı ve Şekil 2.24’de toplam güneşlenme süresi değerleri verilmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



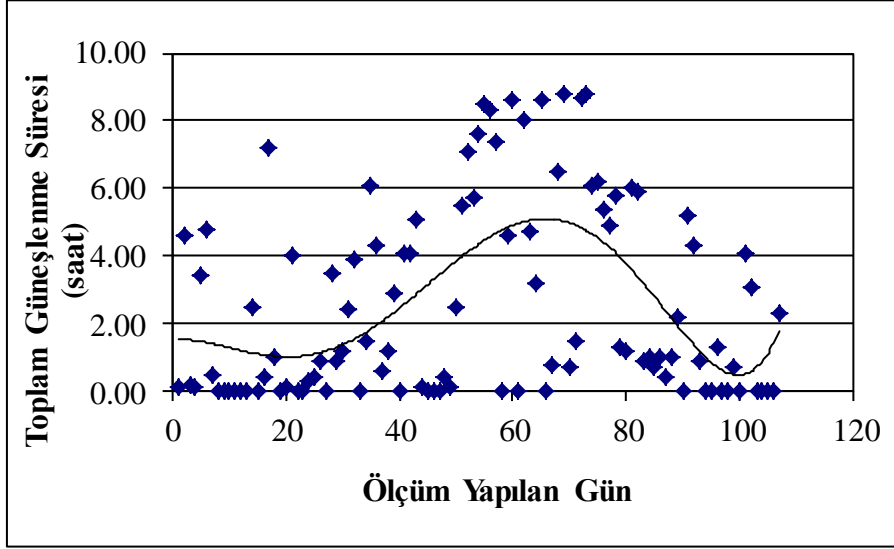
Şekil 2.21: Isıtma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin ortalama dış hava sıcaklıkları



Şekil 2.22: Isıtma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin ortalama güneş radyasyonu değerleri



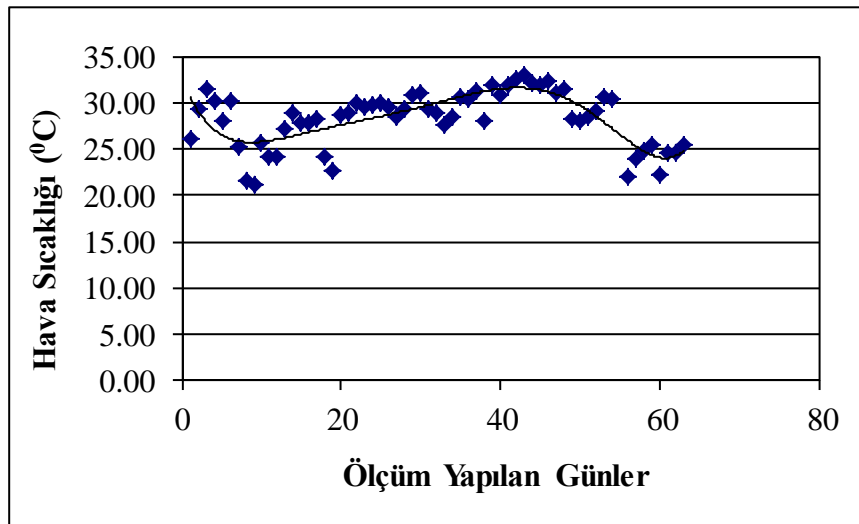
Şekil 2.23: Isıtma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin ortalama rüzgar hızı değerleri



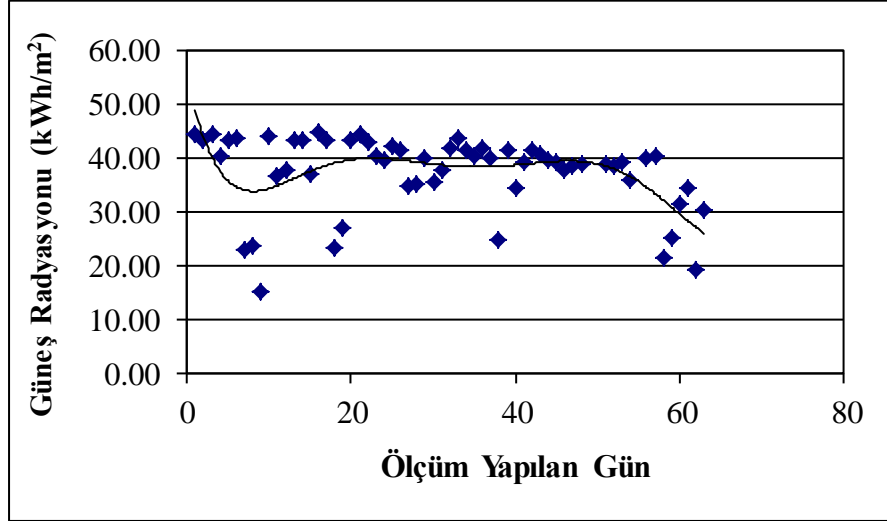
Şekil 2.24: Isıtma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin toplam güneşlenme süresi

### 2.3.2 Soğutma Dönemi Meteorolojik Verileri

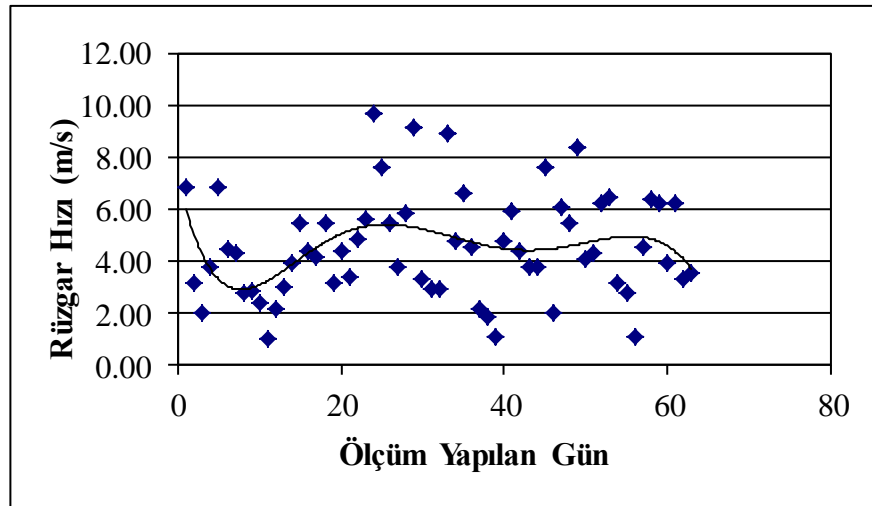
Şekil 2.25’de soğutma dönemi boyunca ölçüm yapılan saatler (sabah 08.<sup>30</sup> akşam 17.<sup>00</sup> arası) için günlük ortalama dış hava sıcaklıkları, Şekil 2.26’da ortalama güneş radyasyonu, Şekil 2.27’de ortalama rüzgâr hızı ve Şekil 2.28’de toplam güneşlenme süresi değerleri verilmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü).



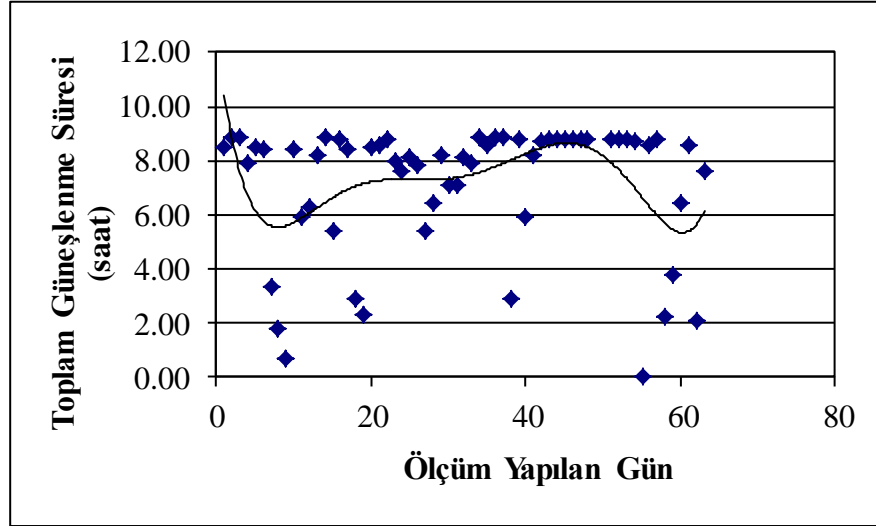
Şekil 2.25: Soğutma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin ortalama dış hava sıcaklık değerleri



Şekil 2.26: Soğutma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin ortalama güneş radyasyonu değerleri



Şekil 2.27: Soğutma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin ortalama rüzgar hızı değerleri



Şekil 2.28: Soğutma dönemi için ölçüm yapılan saatlerin toplam güneşlenme süresi değerleri

## 2.4 Dış Duvarlar, Çatı ve Döşeme için Isıtma, Soğutma ve Isıtma+Soğutma Yüklerine Göre Optimum Yalıtım Kalınlıkları

### 2.4.1 Derece-Gün Hesaplamaları

Binaların dış duvar, çatı (tavan) ve döşemeleri (tabanları) için optimum yalıtım kalınlığının hesaplamasında ilk olarak dış hava sıcaklıkları ile bulunan derece-gün değerlerinin tespit edilmesi gereklidir. Optimum yalıtım kalınlığı tespitinde kullanılan derece gün kavramı; enerji gereksinimi, tüketimi ve talep tahmininde kullanılır. Bu kavramda; iç ortam ile dış ortam sıcaklıkları arasındaki farktan yararlanır (Kaynaklı, 2008, Kaynaklı 2011, Yu at al 2009). Derece gün değerleri aşağıda verilen hesaplama yöntemi ile tespit edilmiştir.

1999-2010 yılları arası (12 yıllık) Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan günlük ortalama sıcaklık verileri için ısıtma derece-gün değeri,

$$\text{eğer } (T_0 \leq T_b) \text{ ise} \quad IDG = \sum_1^N (T_i - T_0) \quad (2.1)$$

$$\text{eğer } (T_0 > T_b) \text{ ise} \quad IDG = 0 \quad (2.2)$$

kabul edilir. Burada;  $T_b$ , binadaki ısı kaynaklarıyla (insan, aydınlatma, güneş ışıını v.s.) binadan olan ısı kayıplarının eşit (dengede) olduğu sıcaklıktır ve bu temel sıcaklık olarak tanımlanır.  $T_o$  ise günlük ortalama dış ortam sıcaklığı ve  $T_i$  ise, iç ortam sıcaklığıdır. Buna bağlı olarak ısıtma için günlük derece-gün değeri, denklem (2.1) ve (2.2)'deki gibi hesaplanır(Kaynaklı, 2008, Kaynaklı ve Yamankaradeniz 2007, Meteoroloji Genel Müdürlüğü). Çalışmada Tablo 2.7'de verilen iç ortam sıcaklıkları; Matbaa binası için  $16^{\circ}\text{C}$ , Ana bina için  $19^{\circ}\text{C}$ , bütün binaların ortalaması için  $17.5^{\circ}\text{C}$  olarak alınmıştır (TS 825).

TS 825 dış ortam aylık ortalama sıcaklık verileri için ısıtma derece-gün değeri için, literatürde daha önce yapılan çalışmalarda, genel olarak yaşam mekânı olan kapalı ortamlarla dış ortam arasında  $3^{\circ}\text{C}$  sıcaklık farkının bulunduğu ısıtma yapılması gerektiği belirtilmektedir. Bu fark güneş enerjisi ve iç kazançlardan kaynaklanmaktadır. Böylece denge sıcaklığı  $T_b$ , bina iç ortam sıcaklığı  $T_i$ 'ye bağlı olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Ulaş 2010, Gültekin ve Kadioğlu 1996,Meteoroloji Genel Müd.):

$$T_b = T_i - 3 \quad (2.3)$$

Çalışmada, TS 825'e göre ikinci bölgede bulunan Balıkesir ili için, TS 825 dış ortam aylık ortalama sıcaklık verileri için; Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarının ortalama dış ortam sıcaklıkları denge sıcaklığından büyük olduğundan bu aylarda ısıtma olmadığı ve  $DG=0$  olduğu kabul edilerek ısıtma sezonu DG değeri, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir (Ulaş 2010, Kon 2011):

$$\text{Eğer } (T_o \leq T_b) \text{ ise,} \quad \text{IDG} = 30 \sum_{1}^{12} (T_i - T_o) \quad (2.4)$$

Şekil 2.29'da 1999-2010 yılları arası (12 yıl) günlük dış hava sıcaklık ortalamaları verilmiştir. Bu dış sıcaklık verilerini kullanarak Şekil 2.30'da ise  $16,19$  ve  $17.5^{\circ}\text{C}$  iç ortam sıcaklıkları için ısıtma derece-gün değerleri ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

1999-2010 yılları arası (12 yıllık) Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan günlük ortalama sıcaklık verileri için soğutma derece-gün değeri;

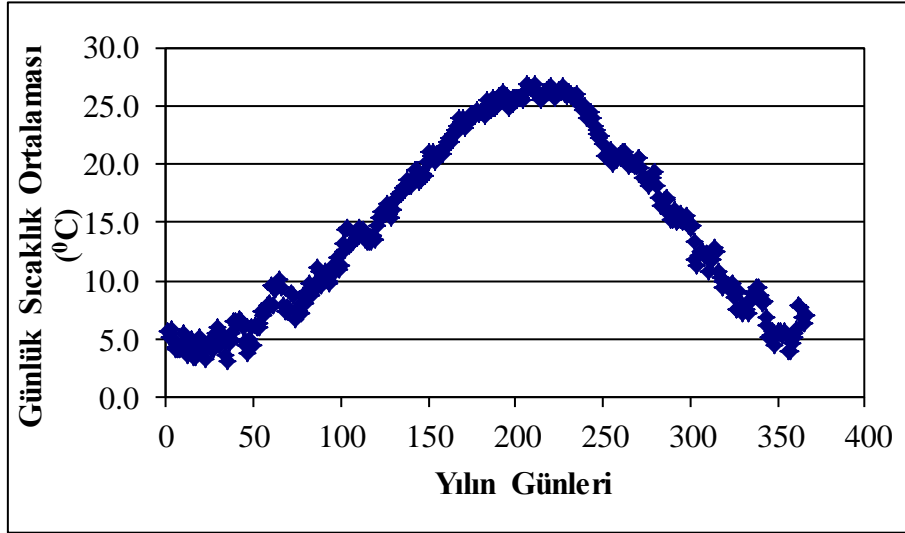
$$\text{eğer } (T_0 \leq T_b) \text{ ise} \quad SDG = \sum_1^N (T_b - T_0) \quad (2.5)$$

$$\text{eğer } (T_0 > T_b) \text{ ise} \quad SDG = 0 \quad (2.6)$$

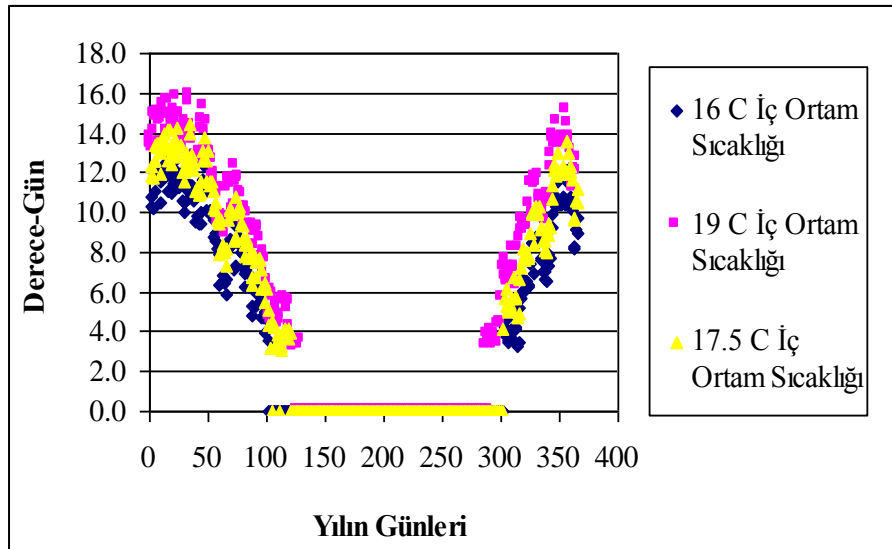
ile hesaplanır. Burada;  $T_b$  temel (denge) sıcaklık,  $T_0$  ise dış ortam sıcaklığıdır (Meteoroloji Genel Müd.). TS 825 dış ortam aylık ortalama sıcaklık verileri için soğutma derece-gün değeri için (Ulaş 2010);

$$\text{eğer } (T_0 \leq T_b) \text{ ise,} \quad SDG = 30 \sum_1^{12} (T_b - T_0) \quad (2.7)$$

Tablo 2.6’da günlük olarak 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) değerlerin hesaplanan aylık ortalama değerleri ve TS 825 aylık olarak dış ortam sıcaklık verilerine göre meteorolojik sıcaklık verileri gösterilmiştir. Tablo 2.7’de, Şekil 2.29’da günlük olarak 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) sıcaklık verileri ile denklem (2.1) ile (2.2) ve Tablo 2.6’daki TS 825 aylık dış ortam sıcaklık verileri ile denklem (2.4) kullanılarak hesaplanan örnek binanın her hacmi ve ortalama hacim için ısıtma derece-gün değerleri hesaplanmıştır. Şekil 2.29’da Balıkesir ili için günlük olarak 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) sıcaklık verileri ile denklem (2.5) ve (2.6) kullanılarak ve Tablo 2.6’daki TS 825 aylık dış ortam sıcaklık verileri ile denklem (2.7) kullanılarak hesaplanan soğutma derece-günler, Tablo 2.8’de verilmiştir. Soğutma derece günler hesaplamaları için temel sıcaklık  $20^{\circ}\text{C}$  alınmıştır. Şekil 2.31’de  $20^{\circ}\text{C}$  temel sıcaklık için soğutma derece-gün değerleri ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

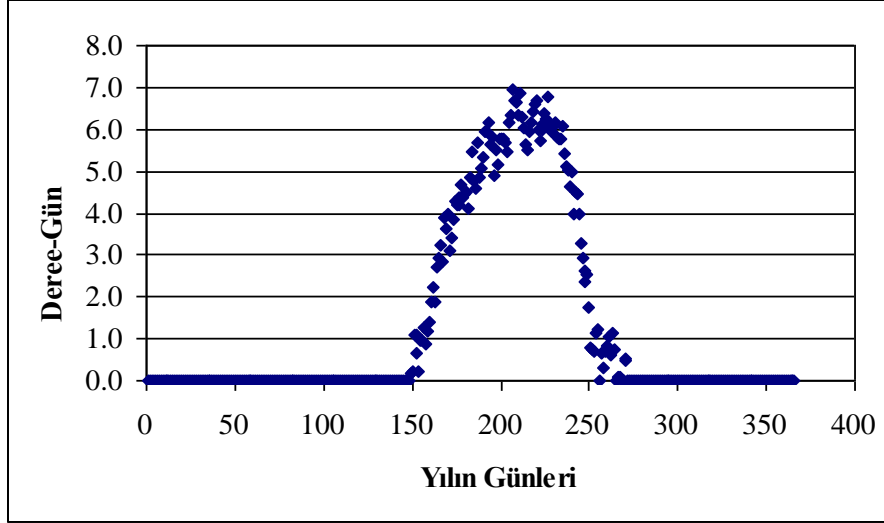


**Şekil 2.29:** Balıkesir ili için 1999-2010 yılları arası günlük dış hava sıcaklık ortalaması (Meteoroloji Genel Müd.)



**Şekil 2.30:** Balıkesir ili için 1999-2010 yılları arası günlük dış hava sıcaklığına bağlı 16,19 ve 17.5 °C iç ortam sıcaklıkları için Isıtma Derece-Gün değerleri





**Şekil 2.31:** Balıkesir ili için 1999-2010 yılları arası 20 °C iç ortam sıcaklıkları için Soğutma Derece-Gün değerleri

**Tablo 2.6:** Balıkesir için Meteorolojik dış hava sıcaklık verileri (°C)  
(TS 825, Meteoroloji Genel Müd.)

Ay	1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verileri	TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verileri
<b>Ocak</b>	4.5	2.9
<b>Şubat</b>	5.9	4.4
<b>Mart</b>	8.8	7.3
<b>Nisan</b>	12.8	12.8
<b>Mayıs</b>	17.9	18.0
<b>Haziran</b>	22.9	22.5
<b>Temmuz</b>	25.7	24.9
<b>Ağustos</b>	25.7	24.3
<b>Eylül</b>	20.8	19.9
<b>Ekim</b>	15.9	14.1
<b>Kasım</b>	9.9	8.5
<b>Aralık</b>	6.4	3.8
<b>Ortalama</b>	<b>14.8</b>	<b>13.6</b>

**Tablo 2.7:** Binanın farklı hacimleri için hesaplamalarda kullanılacak iç ortam sıcaklıkları ve ısıtma derece-gün değerleri

Sıcaklık	İmalat ve Atölye Mahalleri (Matbaa Binası)	İş ve Hizmet (Yönetim) Binası (Rektörlük Ana Binası)	Tüm Binaların Ortalaması
Temel ( $T_b$ Denge) Sıcaklık ( $^{\circ}C$ )	13	16	14.5
İç Ortam ( $T_i$ ) Sıcaklığı ( $^{\circ}C$ )	16	19	17.5
<b>Derece-Günler</b>	<b>1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verileri</b>		
Derece-Gün	1418	2093	1736
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verileri</b>		
Derece-Gün	1711	2409	2090

**Tablo 2.8:** Bina için hesaplamalarda kullanılacak soğutma derece-gün değerleri

Sıcaklık	Bütün Bina için
Temel ( $T_b$ Denge) Sıcaklık ( $^{\circ}C$ )	20
Derece-Günler	
<b>1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verileri</b>	
Derece-Gün	470
<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verileri</b>	
Derece-Gün	360

## 2.4.2 Isıtma, Soğutma ve Isıtma+Soğutma Yükünlerine Göre Dış Duvarlar, Çatı ve Döşeme için Optimum Yalıtım Kalınlıkları ve Yakıt Tüketim Değerleri

Binalarda artan yalıtım kalınlığı ile ısıtma yükü, soğutma yükü ve buna bağlı yakıt maliyeti azalır. Ancak yalıtım kalınlığının artması yalıtım maliyetinin artması demektir. Yakıt ve yalıtım maliyetinin toplamından oluşan toplam maliyet belirli bir değere kadar azalır ve daha sonra artar. Toplam maliyetin minimum olduğu değer optimum yalıtım kalınlığını vermektedir (Gölcüv.d.,2006).

Optimum yalıtım kalınlığı; bugünkü faiz ve enflasyon oranına, binanın ömrüne, ısıtma ve soğutma ekipmanlarının verimine, soğutma ve ısıtma yüklerine bağlı olduğu kadar enerji ve yalıtım malzemesi fiyatına da bağlıdır (Bolattürk, 2008). Tez çalışmasında, farklı yalıtım malzemeleri için örnek binanın dış duvarlarının, çatı (tavan) ile döşemenin (taban) teorik ve gerçekteki optimum yalıtım kalınlığı hesaplamaları yapılmıştır. Hesaplamalarda aşağıda verilen formüller kullanılmıştır.

Bir binanın dış duvarının birim alan başına ısı kaybı,

$$q = U(T_b - T_o) \quad (2.8)$$

derece-gün kavramına göre birim alan için yıllık ısı kaybı,

$$q = 86400.DGU \quad (2.9)$$

bağıntılarından hesaplanmaktadır. Duvar için toplam ısı geçiş katsayısı,

$$U = \frac{1}{(R_i + R_w + (x/k) + R_o)} \quad (2.10)$$

eşitliği ile verilirken, yalıtımsız duvar için toplam ısı direnci  $R_{t,w}$ 'ya göre duvarın toplam ısı geçiş katsayısı ise,

$$U = \frac{1}{(R_{t,w} + (x/k))} \quad (2.11)$$

dış duvarın birim yüzeyinden oluşan ısı kaybı sebebiyle ısıtma ve soğutma için yıllık enerji miktarları yakma sisteminin verimine bölünmesiyle hesaplanabilir.

Isıtma için yıllık enerji miktarları,

$$E_{A,H} = \frac{86400.IDGU}{\eta} \quad (2.12)$$

Soğutma için yıllık enerji miktarları,

$$E_{A,C} = \frac{86400.SDG.U}{COP} \quad (2.13)$$

dir. Burada  $R_i$  ile  $R_o$  iç ve dış ortam ısı dirençleridir.  $x$ , yalıtım kalınlığı;  $k$  yalıtım malzemesi ısı iletim katsayısıdır. Böylece  $(x/k)$  yalıtım tabakası ısı direncidir. Bu değerlere bağlı olarak tüketilen yıllık yakıt miktarı,

Isıtma yıllık yakıt miktarı,

$$M_{f,H} = \frac{86400.IDG}{(R_{t,w} + (x/k)).H_u.\eta} \quad (2.14)$$

Soğutma yıllık yakıt miktarı,

$$M_{f,C} = \frac{86400.SDG}{(R_{t,w} + (x/k)).COP} \quad (2.15)$$

formülü ile bulunur. Yıllık yakıt miktarı yakıt fiyatı ( $C_y$ ) ile çarpılması ile yakıt maliyeti hesaplanabilir.

Isıtma yakıt maliyeti,

$$C_{A,H} = \frac{86400.IDG.C_f}{(R_{t,w} + x/k).H_u.\eta} \quad (2.16)$$

Soğutma yakıt maliyeti,

$$C_{A,C} = \frac{86400.DG.C_e}{(R_{t,w} + x/k).COP} \quad (2.17)$$

dir. Yalıtım maliyeti ise,

$$C_{t,ylt} = C_{ylt} \cdot x \quad (2.18)$$

olurken, toplam ısıtma maliyeti,

$$C_{t,H} = C_{A,H} \cdot PWF + C_{ytl} \cdot x = \frac{86400.IDG.C_y.PWF}{(R_{t,w} + x/k).H_u.\eta} + C_{ytl} \cdot x \quad (2.19)$$

Toplam soğutma maliyeti,

$$C_{t,C} = C_{A,C} \cdot PWF + C_{ytl} \cdot x = \frac{86400.SDG.C_e.PWF}{(R_{t,w} + x/k).COP} + C_{ytl} \cdot x \quad (2.20)$$

formülleri ile bulunur (Çomaklı ve Yüksel 2003, Kaynaklı ve Yamankaradeniz 2007; Dombaycı, Gölcü ve Pancar 2006; Ekinci, Gülten ve Aksoy 2012, Kaynaklı, Mutlu ve Kılıç 2011, Bolattürk 2006). Optimum yalıtım kalınlığı hesaplanırken ömür maliyet analizi (Life Cycle Cost Analysis) yapılmaktadır. Toplam ısıtma maliyeti N yıllık ömür için bugünkü değer faktörü (PWF-Present Worth Factor) ile değerlendirilir (Dombaycı, Gölcü ve Pancar 2006). Ömür maliyet analizi ömür üzerine parça ya da sistemin fiyatı hesaplanan ekonomik değerlendirme tekniğidir (Kaynaklı, 2008). Ömür maliyet analizini, ömür süresi ile faiz ve enflasyon oranları etkilemekte olup, optimum yalıtım kalınlığı da bugünkü değer faktörünü etkiler. Faiz ve enflasyon oranları sabit değildir. Faiz ve enflasyon oranlarının değişmesi ile birlikte PWF ve dolayısıyla optimum yalıtım kalınlığı da değişmektedir (Gölcüv.d.,2006). Bugünkü değer faktörü ve aşağıdaki gibi hesaplanır (Dombaycı, Gölcü ve Pancar 2006, Okka 2000);

eğer  $i > g$  ise gerçek faiz oranı,

$$r = \frac{i - g}{1 + g} \quad (2.21)$$

eğer  $i < g$  ise

$$r = \frac{g - i}{1 + i} \quad (2.22)$$

dir. O zaman  $PWF = \frac{(1+r)^N - 1}{r.(1+r)^N}$  olur. (2.23)

Eğer  $i = g$  ise

$$PWF = \frac{N}{1+i} \quad (2.24)$$

ile bulunur. Denklem (2.19) ve denklem (2.20)'nin yalıtım kalınlığına göre türevi alınıp sifira eşitlenirse, yalıtım maliyeti ile yakıt maliyetinin en uygun olduğu noktadaki kalınlık olan, optimum yalıtım kalınlığı,

ısıtma optimum yalıtım kalınlığı,

$$x_{opt,H} = 293.94 \left( \frac{IDG.C_y.k.PWF}{H_u.C_{ylt}.\eta} \right)^{1/2} - k.R_{t,w} \quad (2.25)$$

soğutma optimum yalıtım kalınlığı,

$$x_{opt,C} = 293.94 \left( \frac{SDG.C_e.k.PWF}{C_{ylt}.COP} \right)^{1/2} - k.R_{t,w} \quad (2.26)$$

Formülleri ile elde edilir (Kaynaklı ve Yamankaradeniz 2007; Gölcü, Dombaycı ve Pancar 2006, Kaynaklı, Kılıç ve Yamankaradeniz 2010). Burada,  $H_u$  yakıtın alt ısı değeri,  $C_y$  yakıtın fiyatı,  $C_{ylt}$  yalıtım malzemesinin fiyatı;  $k$ , yalıtım malzemesi ısı iletim katsayısı,  $\eta$  ise ısıtma sisteminin verimidir.

Dış duvarlar ve çatı için ısıtma+soğutma 'da toplam yakıt maliyeti, ısıtma ve soğutma yakıt maliyetlerinin toplamıdır,

$$C_{A,H,C} = \left( \frac{86400PWF}{R_{t,w} + x/k} \right) \left( \frac{C_y.IDG}{H_u.\eta} + \frac{C_e.SDG}{COP} \right) \quad (2.27)$$

Isıtma+soğutma optimum yalıtım kalınlığı bulunurken ise, toplam maliyet, ısıtma ve soğutma maliyetlerinin toplamıdır.

$$C_{t,H,C} = \left( \frac{86400PWF}{R_{t,w} + x/k} \right) \left( \frac{C_y.IDG}{H_u.\eta} + \frac{C_e.SDG}{COP} \right) + (C_{ylt}.x) \quad (2.28)$$

toplam maliyet denkleminin  $x$ 'e göre türevi alınıp sifira eşitlerse aşağıda verilen optimum yalıtım kalınlığı denklemi elde edilir (Kaynaklı, Mutlu ve Kılıç 2011).

$$x_{opt,H,C} = 293.94 \left( \frac{IDG.C_y.k.PWF}{H_u.C_{ylt}.\eta} + \frac{SDG.C_e.k.PWF}{C_{ylt}.COP} \right)^{1/2} - k.R_{t,w} \quad (2.29)$$

Bu formüller dış ortamla temas eden dış duvar ve çatı (tavan) için kullanılır (TS 825). Dış ortamla temas etmeyen taban için ısıtma, soğutma ve ısıtma+soğutma; yakıt tüketimi, yakıt tüketimi maliyeti, toplam maliyet ve optimum yalıtım kalınlığı aşağıdaki şekilde hesaplanır (TS 825, Aslan 2010):

Tüketilen yıllık ısıtma yakıt miktarı,

$$M_{f,H} = \frac{86400.IDG.0.5}{(R_{t,w} + (x/k)).H_u.\eta} \quad (2.30)$$

ısıtma yakıt maliyeti,

$$C_{A,H} = \frac{86400.IDG.C_f.0.5}{(R_{t,w} + x/k).H_u.\eta} \quad (2.31)$$

toplam ısıtma maliyeti,

$$C_{t,H} = C_{A,H}.PWF + C_{ytl}.x = \frac{86400.IDG.C_y.PWF.0.5}{(R_{t,w} + x/k).H_u.\eta} + C_{ytl}.x \quad (2.32)$$

ısıtma için optimum yalıtım kalınlığı,

$$x_{opt,H} = 293.94.\left(\frac{IDG.C_y.k.PWF.0.5}{H_u.C_{ytl}.\eta}\right)^{1/2} - k.R_{t,w} \quad (2.33)$$

tüketilen yıllık soğutma yakıt miktarı,

$$M_{f,C} = \frac{86400.SDG.0.5}{(R_{t,w} + (x/k)).COP} \quad (2.34)$$

soğutma yakıt maliyeti,

$$C_{A,C} = \frac{86400.DG.C_e.0.5}{(R_{t,w} + x/k).COP} \quad (2.35)$$

toplam soğutma maliyeti,

$$C_{t,C} = C_{A,C} \cdot PWF + C_{ylt} \cdot x = \frac{86400 \cdot SDG \cdot C_e \cdot PWF \cdot 0.5}{(R_{t,w} + x/k) \cdot COP} + C_{ylt} \cdot x \quad (2.36)$$

soğutma için optimum yalıtım kalınlığı,

$$x_{opt,C} = 293.94 \cdot \left( \frac{SDG \cdot C_e \cdot k \cdot PWF \cdot 0.5}{C_{ylt} \cdot COP} \right)^{1/2} - k \cdot R_{t,w} \quad (2.37)$$

tüketilen yıllık ısıtma+soğutma toplam yakıt maliyeti ise,

$$C_{A,H,C} = \left( \frac{86400 \cdot PWF \cdot 0.5}{R_{t,w} + x/k} \right) \left( \frac{C_y \cdot IDG}{H_u \cdot \eta} + \frac{C_e \cdot SDG}{COP} \right) \quad (2.38)$$

toplam ısıtma+soğutma maliyeti,

$$C_{t,H,C} = \left( \frac{86400 \cdot PWF \cdot 0.5}{R_{t,w} + x/k} \right) \left( \frac{C_y \cdot IDG}{H_u \cdot \eta} + \frac{C_e \cdot SDG}{COP} \right) + (C_{ylt} \cdot x) \quad (2.39)$$

ısıtma+soğutma için optimum yalıtım kalınlığı,

$$x_{optH,C} = 293.94 \cdot \left( \frac{IDG \cdot C_y \cdot k \cdot PWF \cdot 0.5}{H_u \cdot C_{ylt} \cdot \eta} + \frac{SDG \cdot C_e \cdot k \cdot PWF \cdot 0.5}{C_{ylt} \cdot COP} \right)^{1/2} - k \cdot R_{t,w} \quad (2.40)$$

yalıtım uygulamasının geri dönüş periyodu,

$$PP = \frac{C_{t,ylt}}{A_s} \quad (2.41)$$

dir. Burada,  $A_s$  yalıtımsız dış duvar, çatı ve döşeme toplam ısıtma, soğutma ve ısıtma+soğutma maliyetleri ile yalıtımlı dış duvar, çatı ve taban toplam ısıtma, soğutma ve ısıtma+soğutma maliyetleri farkıdır (Gölcü, Dombaycı ve Abalı 2006; Tolun 2010). Geri ödeme süresi, bir yatırımın sağladığı nakit akımlarının kaç dönem sonra o yatırım için kullanılan fon çıkışına eşit olacağını gösteren süre şeklinde tanımlanır (Usta 2008).



## 2.5 Hesaplamalarda Kullanılan Yakıt Özellikleri ve Mali Değerler

Yakıt olarak doğal gaz ve elektrik kullanılmaktadır. Doğal gazın özellikleri ve fiyatı Balıkesir Gaz Dağıtım Şirketi (BALGAZ), elektrik fiyatı Uludağ Elektrik Dağıtım A. Ş. den, enflasyon ve faiz oranları ise Merkez Bankası ve Türkiye İstatistik Kurumu verilerinden alınmıştır. Yapılan hesaplamalar için kullanılan, yakıtların özellikleri ve mali değerler için veriler Tablo 2.9'da gösterilmiştir.

**Tablo 2.9:** Hesaplamalara kullanılan yakıtlar ve mali değerleri  
(Merkez Bankası, Türkiye İstatistik Kurumu, Balgaz, Uludağ Elektrik Dağıtım,  
Aslan 2010)

Parametre	Değer
<b>Yakıt</b>	
Doğal Gaz	
Fiyat, $C_y$	0.439 \$/m <sup>3</sup>
Verim, $\eta$	0.93
Alt Isıl Değer, $H_u$	34.645 10 <sup>6</sup> J/m <sup>3</sup>
<b>Elektrik</b>	
Fiyat	0.173 \$/kWh
<b>Mali Değerler</b>	
Faiz Oranı, ( $i$ )	% 9
Enflasyon Oranı, ( $g$ )	% 6.4
Ömür, $N$	10 yıl
PWF	8.78

## 2.6 Isıtma ve Soğutma Sistemi Verim Hesapları

Isıtma sisteminde kullanılan kazanlarda doğal gaz yakılmaktadır. Yakılan doğal gazın ölçüm yapılan her gün için günlük ortalama çalışma süresine bağlı miktarları tespit edilmiştir. Isıtma sisteminin günlük çalışma süreleri (107 gün ısıtma dönemi boyunca) ise Doğal gazın alt ısıl değeri ile yakıtın ortalama tüketim miktarı (tüm ısıtma döneminin ortalama değeri) çarpımı ile ısıtma sistemine verilen ısı bulunabilir. Bu denklem (2.43)'de görülmektedir. Sistemde dolaşan birim zamandaki sıcak suyun miktarı ile kazana giriş-çıkış suyun sıcaklık farkının çarpımı ile ısıtma sisteminden çekilen ısı hesaplanabilir. Bu, denklem (2.42) yardımıyla yapılmaktadır.

Isıtma sistemi verim değeri ısıtma sistemine (kazan) verilen ısının sistemden alınan ısıya oranıdır. Yani denklem (2.44)'da olduğu gibi hesaplanmaktadır.

$$Q_A = m.C_p.\Delta t \quad (2.42)$$

denkleminde;  $m$  (kg/s) debi,  $C_p$  özgül ısı (kJ/kg.K),  $\Delta t$  ısıtma sistemine giren-çıkan su sıcaklık farkı ( $^{\circ}\text{C}$ ) dir (Eryiğit 2003).

$$Q_V = Y^* .H_u \quad (2.43)$$

denkleminde;  $Y$  yakıt debisi ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),  $H_u$  yakıtın alt ısıl değeri ( $\text{kJ}/\text{m}^3$ ) dir (Eryiğit 2003).

$$\eta = \frac{Q_A}{Q_V} \quad (2.44)$$

verim denkleminde;  $Q_A$  ısıtma sisteminden alınan ısı (kW),  $Q_V$  ısıtma sistemine verilen ısı (kW) dir (Eryiğit 2003).

Soğutma sisteminde kullanılan su soğutma grupları (Chiller) elektrik tüketmektedirler. Su soğutma gruplarının günlük elektrik tüketim değerleri ve günlük çalışma süreleri yardımıyla günlük ortalama kW olarak enerji tüketim miktarı hesaplanmaktadır. Bu hesaplama denklem (2.45)'de verilmiştir. Soğutma sisteminde dolaşan birim zamandaki soğuk suyun miktarı ile soğutma grubundan çıkan ve giren suyun sıcaklık farkının çarpımı ile soğutma sisteminden çekilen enerji hesaplanabilir. Soğutma sisteminin performans değeri denklem (2.46) gibi sistemden alınan enerjinin verilen (tüketilen) enerjiye oranıdır.

$$W = \frac{E}{S} = \frac{(kWh)}{(h)} = kW \quad (2.45)$$

denklemdede; E (kWh) günlük ortalama tüketilen elektrik, S (saat) günlük ortalama soğutma gruplarının çalışma süresidir (Konuralp ve Albayrak 2009, Fahlen v.d. 2006).

$$COP = \frac{Q_A}{W} \quad (2.46)$$

denklemdede;  $Q_A$  sistemden çekilen enerji (kW), W sisteme verilen elektrik enerjisi (kW) dir (Ekin 2008).

## **2.7 Duvar Isı Transfer Katsayısı Ölçümü ve Kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerinin Özellikleri**

Tablo 2.5’de teknik özellikleri verilen ısı akış plakası ile dış duvar yapı bileşeninin birim alan başına ısı akışı ölçülmektedir. İç ve dış ortam sıcaklıkları tel tipi termokupl ile tespit edilmektedir. Ölçüm yapılırken plaka duvara yapıştırılmaktadır. Bu yapıştırmada plaka ile duvar arasında mümkün olduğu kadar hava boşluğu kalmamasına özen gösterilmektedir. Isı akış plakası ile ölçülen ısı akışı ve termokupllar ile tespit edilen iç ve dış ortam sıcaklıkları bilgisayara gönderilmektedir. Bilgisayarda bulunan özel yazılım sayesinde ısı transfer katsayısı hesaplanarak tespit edilmektedir. Isı transfer katsayısı tespit edilirken, iç ve dış taşınım katsayısı dahil edilerek ölçümler yapılmaktadır. Ölçümler kararlı hale gelinceye kadar devam edilmektedir (Aslan 2010). Şekil 2.32’de ısı akış plakası örnek bina içinde duvar yüzeyine monte edilerek ölçüm yapılırken görülmektedir.

Tez çalışmasında, dış duvar için beş farklı yalıtım malzemesinin 9 çeşidi (aynı yalıtım malzemesinin farklı türleri ile) kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Çatı (tavan) ve döşeme (taban) için ekstrüde polistiren yalıtım malzemesi (0.031 W/m K ısı iletim katsayısı ve 26.69 \$/m<sup>3</sup> maliyetli) kullanılmıştır. Bu yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik ve fiyat değerleri, Tablo 2.10’da verilmiştir. Seçilen bu 9 çeşit yalıtım malzemesi, literatürde en çok kullanılan ısı yalıtım malzemeleridir.



**Şekil 2.32:** Isı akış plakası ölçümü

**Tablo 2.10:** Yalıtım malzemeleri ve özellikleri  
(Uçar ve Balo 2010; Ekinci v.d 2012; Tolun 2010, Aslan 2010)

Yalıtım Malzemesi	Isı İletkenlik (W/mK)	Fiyat (\$/m <sup>3</sup> )
Ekstrüde Polistiren	0.028	144
XPS	0.031	26.69
Ekspande Polistiren	0.034	85
EPS	0.039	55
	0.040	20.2
Cam Yünü	0.043	37
	0.050	42
Taş Yünü	0.040	36.98
Poliüretan Köpük	0.035	110

## 2.8 Doğal Gazın Özellikleri, Baca Gazı Ölçüm Değerleri ve Yanma Emisyon Formülleri

Dış duvar, çatı (tavan) ile döşeme (taban) yalıtımına ve ısıtma sisteminde kullanılan doğal gazın kimyasal içeriğine bağlı olarak meydana gelecek olan zararlı emisyon miktarları ile ilgili formüller verilmiştir. Ayrıca doğal gazın kazanlarda yakılmasıyla baca gazlarının ölçümü ve bu gazların ölçüm sonuçları gösterilmiştir.

### 2.8.1 Doğal Gazın Özellikleri

Tablo 2.11’de Balıkesir Gaz şirketi (BALGAZ) dan alınan Balıkesir il merkezinde kullanılan doğal gazın kimyasal analizi bağlı özellikleri verilmiştir. Doğal gazın % 94 civarında metandan oluştuğu görülmektedir. % 3.2 civarında etan’dan ve % 1.7 civarından da azottan oluşmaktadır. Toplam olarak bu üç bileşik doğal gazın % 99 ‘unu oluşturmaktadır.

**Tablo 2.11:** Balıkesir ilinde kullanılan doğal gazın özellikleri (BALGAZ)

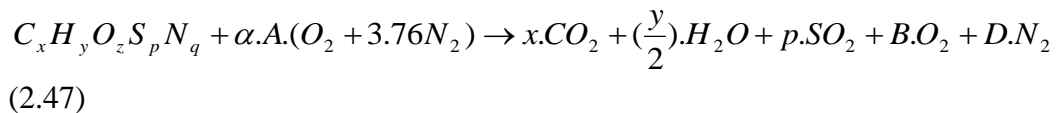
Bileşen	Hacimsel Oran (%)
Metan	93.475
Etan	3.125
Propan	0.835
Bütan	0.316
Pentan	0.062
Hekzan	0.122
Azot	1.663
Karbondioksit	0.219

### 2.8.2 Yanma Emisyonları

Tez çalışmasında, doğal gazın özelliklerine bağlı olarak örnek bina için hesaplanan dış duvar, çatı ve taban optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla, yalıtımsız dış duvar, çatı ve döşemeye göre doğal gaz yakıtın yakılmasıyla çevreye olan zararlı emisyonun miktarı bulunması için hesaplama metodu bu bölümde anlatılacaktır.

Çalışmada, hava fazlalık katsayısı tam yanma kabul edilerek 1.1 olarak alınmıştır. Bu değer aşağıdaki bağıntıda kullanılmıştır.

Yakıtın yanma denkleminin genel kimyasal formülü (Çomaklı ve Yüksel 2004);



dir. A,B ve D için oksijen denkleştirilirse,

$$A = \left(x + \frac{y}{4} + p - \frac{z}{2}\right) \quad (2.48)$$

$$B = (\alpha - 1)\left(x + \frac{y}{4} + p - \frac{z}{2}\right) \quad (2.49)$$

$$D = 3.76 \cdot \alpha \cdot \left(x + \frac{y}{4} + p - \frac{z}{2}\right) + \frac{q}{2} \quad (2.50)$$

olur. Burada CO ve NO<sub>x</sub> emisyonları imal edilmiştir. 1 kg yakıtın (doğal gaz için 1 m<sup>3</sup> yakıtın) yanmasıyla üretilen yanma emisyon oranları aşağıda verilmiştir;

$$M_{CO_2} = \frac{x \cdot CO_2}{\dot{M}} \equiv \text{kg CO}_2/\text{kg Yakıt} \quad (\text{kg CO}_2/\text{m}^3 \text{ Yakıt}) \quad (2.51)$$

$$M_{SO_2} = \frac{p \cdot SO_2}{\dot{M}} \equiv \text{kg SO}_2/\text{kg Yakıt} \quad (\text{kg SO}_2/\text{m}^3 \text{ Yakıt}) \quad (2.52)$$

yukarıdaki denklemlerin sağ tarafına IDG (ısıtma derece gün) ile ilgili yakılan toplam yakıtın miktarı  $M_f$  yazılarak türetilirse, CO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> toplam emisyonları aşağıdaki gibi bulunur.

$$M_{CO_2} = \frac{44x}{\dot{M}} M_f \quad (2.53)$$

$$M_{CO_2} = \frac{3801600 \cdot IDD \cdot x}{\dot{M} \cdot \eta \cdot H_u} \left(\frac{k}{kR_t + l}\right) \text{kg / yıl} \quad (2.54)$$

$$M_{SO_2} = \frac{32 \cdot p}{\dot{M}} M_f \quad (2.55)$$

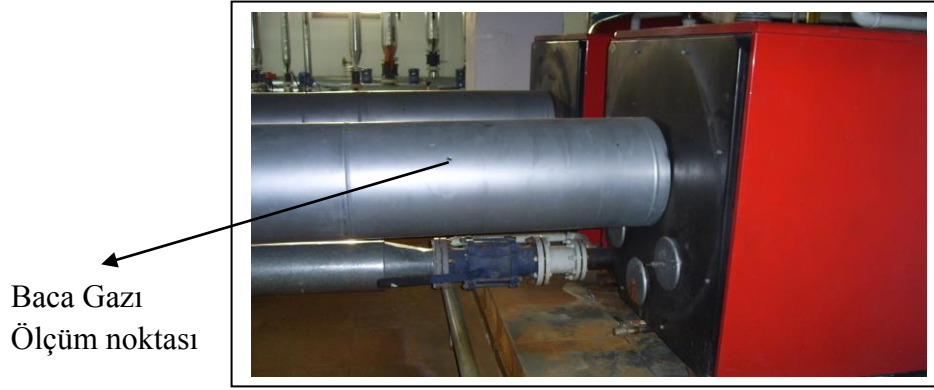
$$M_{SO_2} = \frac{2764800 \cdot IDD \cdot p}{\dot{M} \cdot \eta \cdot H_u} \left(\frac{k}{kR_t + l}\right) \text{kg / yıl} \quad (2.56)$$

M yakıtın mol ağırlığıdır ve aşağıdaki gibi bulunur (Çomaklı ve Yüksel 2004).

$$\dot{M} = 12x + y + 16z + 32p + 14q \quad \text{kg / kmol} \quad (2.57)$$

### 2.8.3 Baca Gazı Ölçüm Noktaları ve Ölçüm Değerleri

Şekil 2.33’de binanın ısıtma sisteminde kullanılan kazanlar için baca gazı ölçüm noktaları verilmiştir. Ölçümler, 3 tekrarlı yapılmış ve ortalama değerler alınmıştır. Ayrıca ölçümler bacanın farklı derinliklerinde 3 yerden alınmıştır. Hesaplamalarda kullanılan ve farklı zamanlarda yapılan, 5 farklı ölçüm değerlerinin ortalamaları Tablo 2.12’de verilmiştir.



Şekil 2.33: Örnek binanın ısıtma sisteminin (kazan) baca gazı ölçüm noktaları

**Tablo 2.12:** Baca gazı ölçüm değerleri

(\* Ortamdaki ölçülen Oksijen Miktarına Göre Düzeltilmiş Verim)

Parametreler	Ortalama
O <sub>2</sub> rel (%)	3
Ortam Sıcaklığı(°C)	18.87
Baca Gazı Sıcaklığı(°C)	171.94
O <sub>2</sub> (%)	11.54
CO <sub>2</sub> (%)	5.26
COu	1536.27
COrel(mg/m <sup>3</sup> )	1439.85
NOrel(mg/m <sup>3</sup> )	65.90
SO <sub>2</sub> rel(mg/m <sup>3</sup> )	8.07
NO <sub>x</sub> rel(mg/m <sup>3</sup> )	105.74
Fazla Hav.	2.69
Baca Kaybı (%)	13.56
Verim (%)	87.15
Verim* (%)	86.75

## **2.9 Isıtma ve Soğutma Sistemi Sirkülasyon Pompaları Özellikleri, Verim ve Kullanılan Enerji Tüketiminin Maliyet Hesapları**

### **2.9.1 Isıtma ve Soğutma Sistemi Sirkülasyon Pompaları Özellikleri**

Tez çalışmasında, ısıtma ve soğutma sisteminde kullanılan pompaların verim değerleri ve uzun vadede enerji tüketimlerinin maliyet analizlerini yapmak için gerekli hesaplama formülleri ve yöntemleri bu bölümde verilmiştir.

Isıtma ve soğutma sisteminde birer adetti yedek, olmak üzere 8 şer adet ikiz pompalar kullanılmaktadır. Ana Bina klima santrali için kullanılan 2 şer adet ısıtma ve soğutma pompaları hesaplamalara dahil edilmemiştir. Bu pompalar ayda bir gün çalıştırılmaktadır. Yoğun bir çalışma periyotları bulunmamaktadır. 1-2 no'lu pompalar ek bina (matbaa binası) radyatörlerle ısıtılan pompalar, 3-4 no'lu pompalar ana bina radyatörlerle ısıtılan pompalar, 5-6 no'lu pompaları ana bina fan-coil ile ısıtılan hacimlere ait sirkülasyon pompalarıdır. 9-10 ve 11-12 no'lu pompalar soğutma grubuna giden pompalar, 13-14 no'lu pompalar ana bina fan-coille soğutulan hacimlerin sirkülasyon pompalarıdır. Tablo 2.13 ve Tablo 2.14'deki özellikler pompaların etiket ve katalog değerlerinden alınmış özellikleridir. Şekil 2.34 ve Şekil 2.35'de ısıtma ve soğutma sirkülasyon pompalarının resimleri verilmiştir. Şekil 2.13'de görülen, pompaların giriş ve çıkışındaki basınç ölçümünde kullanılan basınç transmitter'leridir. Şekil 2.36 ve Şekil 2.37'de ısıtma ve soğutma sistemi tesisatını şemaları verilmiştir. Bu tesisat şemasında ısıtma sistemin için, 7-8 numaralı ve soğutma sistemin için, 15-16 numaralı pompalar çizilmemiştir. Bu pompalar ana binanın en üst katında bulunan klima santrali pompalarıdır. Çok kısa süreler için çalıştırılmaktadır.



**Tablo 2.13:** Isıtma sistemi sirkülasyon (santrifüj) pompaların özellikleri (Etiket Değerleri)

<b>Pompa No</b>	<b>1-2 ve 3-4</b>	<b>5-6</b>
<b>Pompa</b>		
Güç (kW)	0.4	1.5
Devir Sayısı (dev/dak)	1400	1450
Basma Yüksekliği (mss)	5.5	9
Debi (m <sup>3</sup> /h)	4	28
Verim (%)	52	52
Fan Çapı (mm)	140	210
<b>Motor</b>		
Güç (kW)	0.55	1.5
Cos $\phi$	0.74	0.77
Akım (A)	2.73/1.58	6.06/3.50
Voltaj (V)	220/380	220/380
Devir Sayısı (dev/dak)	1400	1410
Frekans (Hz)	50	50

**Tablo 2.14:** Soğutma sistemi sirkülasyon (santrifüj) pompaların özellikleri (Etiket Değerleri)

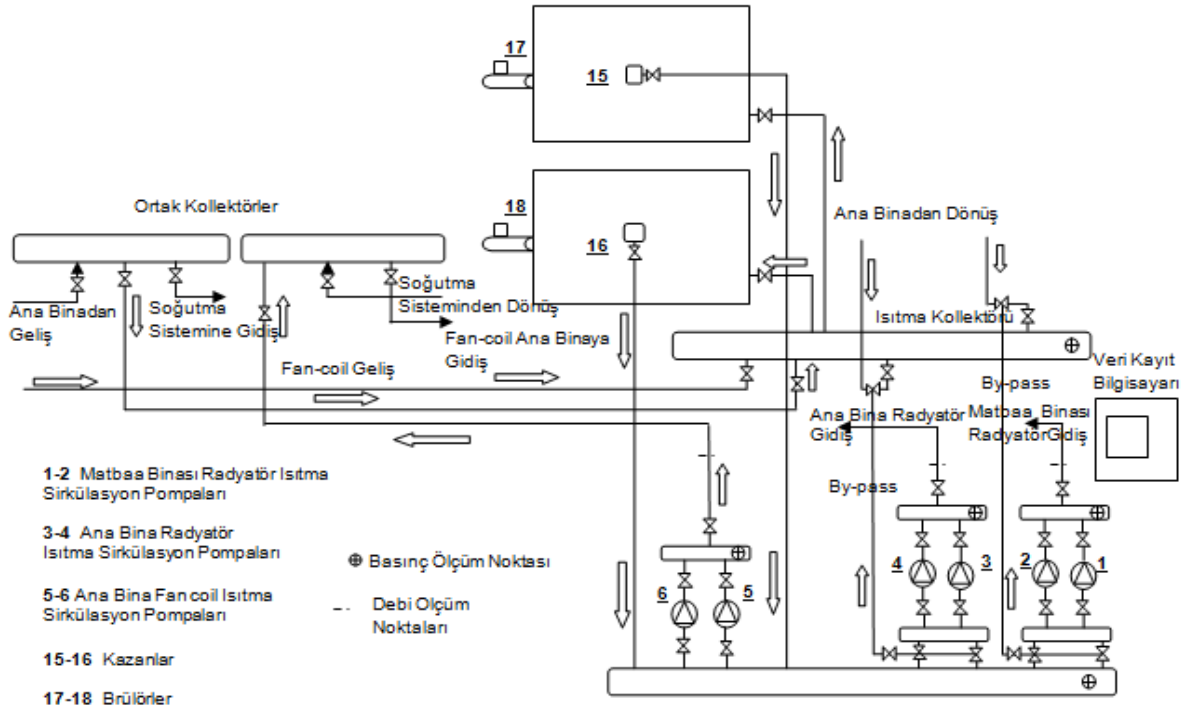
<b>Pompa No</b>	<b>9-10 ve 11-12</b>	<b>13-14</b>
<b>Pompa</b>		
Güç (kW)	7.5	15
Devir Sayısı (dev/dak)	1450	1400
Basma Yüksekliği (mss)	16	16
Debi (m <sup>3</sup> /h)	96	180
Verim (%)	52	52
Fan Çapı (mm)	235	280
<b>Motor</b>		
Güç (kW)	7.5	15
Cos $\phi$	0.81	0.85
Akım (A)	15.5/8.95	30.5/17.6
Voltaj (V)	380/660	380/660
Devir Sayısı (dev/dak)	1440	1450
Frekans (Hz)	50	50



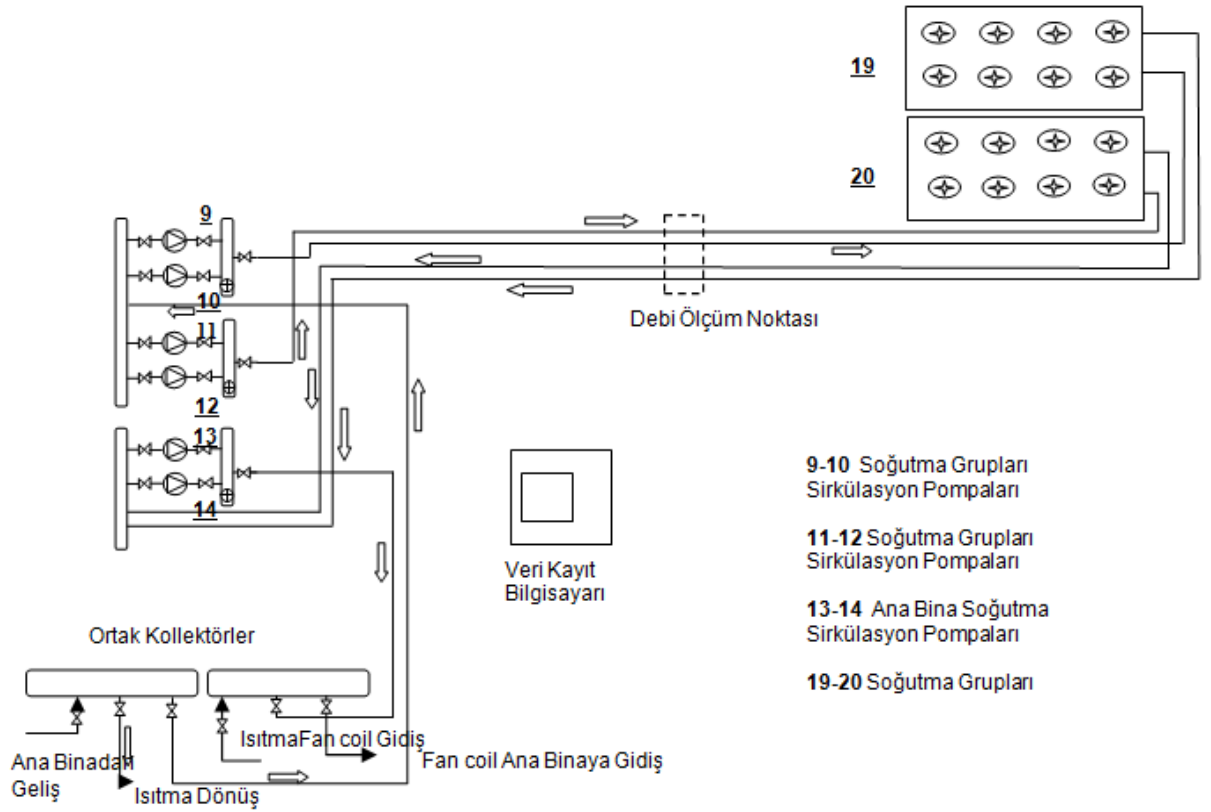
Şekil 2.34: Isıtma sistemi sirkülasyon (santrifüj) pompalarının görünümü



Şekil 2.35: Soğutma sistemi sirkülasyon (santrifüj) pompalarının görünümü



Şekil 2.36: Isıtma sistemi tesisat şeması



Şekil 2.37: Soğutma sistemi tesisat şeması

### 2.9.2 Isıtma ve Soğutma Sistemi Sirkülasyon Pompaları Verim Hesapları

$$E(kWh) = G(kW).t(h) \quad (2.58)$$

$$\eta_P = \frac{\dot{V} \cdot \Delta P}{G} \quad (2.59)$$

Elektrik tüketimi (E) denklem (2.58) kullanılarak hesaplanmıştır. Bu denklemde, G güç (kW), t zaman (saat) dır. Teorik ve ölçüm değerleri ile elde edilen veriler kullanılarak ısıtma ve soğutma sirkülasyon pompalarının verimleri denklem (2.59) yardımı ile hesaplanmıştır. Burada; V debi (m<sup>3</sup>/h), ΔP giriş çıkış basınç farkı (bar), G güç (kW) olarak alınmıştır (Fahlen v.d. 2006, Dağsöz 1988).

### 2.9.3 Isıtma ve Soğutma Sistemi Sirkülasyon Pompaları Enerji Tüketiminin Maliyet Hesapları

Bugünkü değer faktörüne dayanan, uzun dönem ömür maliyet analizi için,

$$C_L = PWF \cdot C_Y \quad (2.60)$$

formülü kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır (Okka 2000). Burada,  $C_L$  uzun dönem (ömür) için toplam enerji maliyeti,  $C_Y$  bugünkü enerji maliyeti ve PWF (Present Worth Factor) ise bugünkü değer faktörüdür (Bölüm 2 denklem 2.21 ile 2.24).

### **3. SİSTEMİNİN DEĞERLEDİRİLMESİ İÇİN ÖLÇÜLEN VE HESAPLANAN PARAMETRELER**

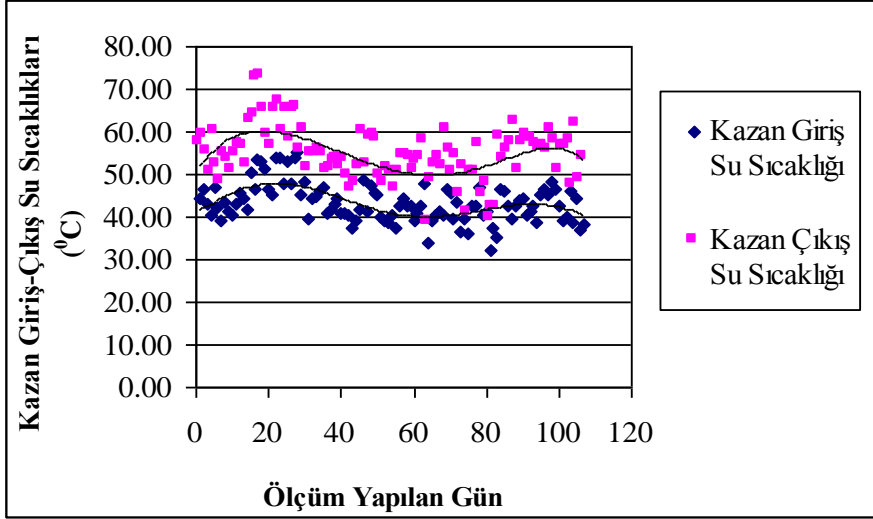
#### **3.1 Meteorolojik Veriler ile Isıtma ve Soğuma Sistemleri Ölçüm Değerleri**

Bu bölümde, ısıtma ve soğutma dönemlerinde gerekli enerji miktarları ve verim değerlerinin; dış ortam sıcaklığı, güneş radyasyonu, rüzgâr hızı, güneşlenme süresi gibi meteorolojik verilere bağlı olarak değişim değerleri verilecektir.

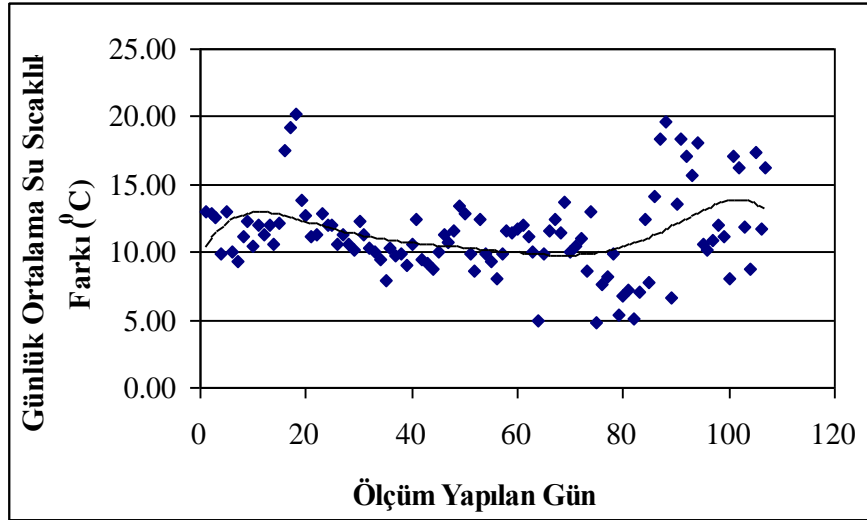
##### **3.1.1 Isıtma Sistemi Ölçüm Değerleri**

Isıtma dönemi merkezi ısıtma sisteminde, 04.01.2010-30.04.2010 ile 01.11.2010-31.12.2010 tarihleri arasında toplam 107 gün ölçüm yapılmıştır. Merkezi ısıtma sistemi tesisatına montajı yapılan Pt-100 sıcaklık sensörleri (8 adet) ve basınç transmitterleri (8 adet) ile ısıtma sistemi mesai başlamadan saat 07.<sup>00</sup> çalıştırılmaktadır ve ölçümler sisteminin kararlı duruma geldiği sabah 8.<sup>30</sup>'den itibaren yapılmıştır. Akşam 17.<sup>00</sup>'ye kadar 15 dakika aralıklarla su sıcaklık ve basınç değerleri ölçülmüştür. Doğal gaz sayacı ile kazanda tüketilen doğal gaz miktarları sabah saat 8.<sup>30</sup> da ve akşam 17.<sup>00</sup> de okunan değerler arasındaki farktan gidilerek bulunmuştur. Şekil 3.1 ısıtma sistemi için ölçüm yapılan yılın günlük ortalama kazan giriş-çıkış su sıcaklık değerleri verilmiştir. Şekil 3.2'de ise kazana giren ve çıkan suyun günlük ortalama sıcaklık farkı gösterilmiştir. Şekil 3.3'de günlük ortalama doğal gaz tüketimi, Şekil 3.4'de ise kazanın günlük ortalama çalışma süresi verilmiştir.

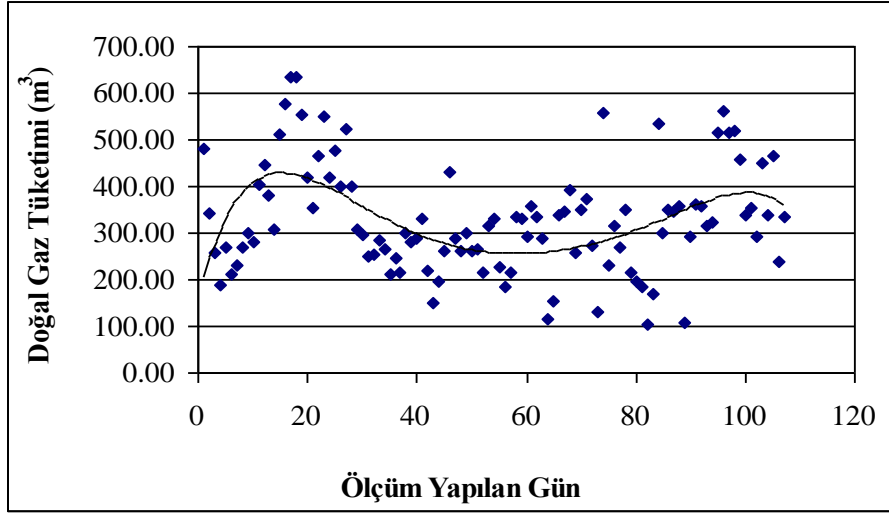
Şekillerin tamamında 1 (bir), 04.01.2010 tarihini; 73, 30.04.2010 tarihini ve 74, 01.11.2010 tarihini göstermektedir. 107 sayısı ise 31.12.2010 tarihini göstermektedir. Ölçümler aynı yıl içerisinde yapılmış olduğunda ısıtma yapılmayan günler grafikte süreklilik olması açısından çıkarılmıştır. Grafikler, 30.04.2010 tarihinden sonra 01.11.2010 tarihi ile devam etmektedir.



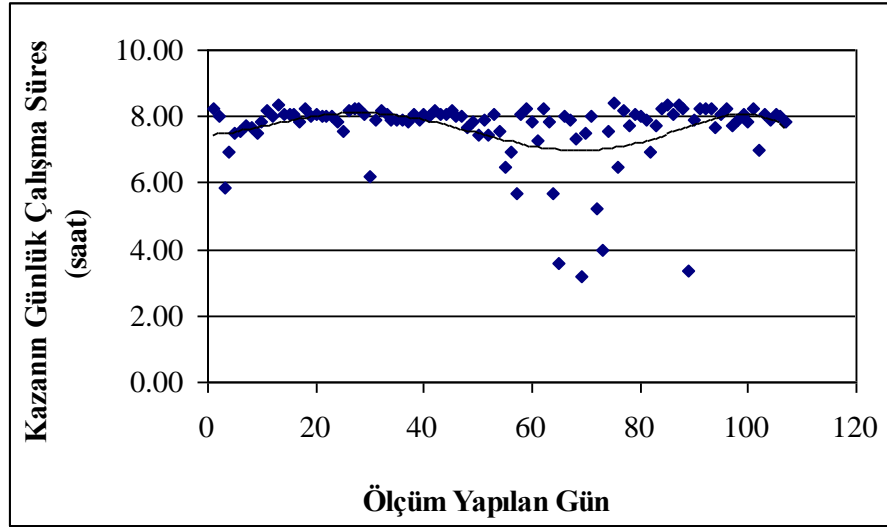
Şekil 3.1: Günlük kazan gidiş-dönüş su sıcaklıkları



Şekil 3.2: Günlük ortalama kazana gidiş-dönüş su sıcaklık farkı



Şekil 3.3: Kazanın günlük ortalama doğal gaz tüketimi



Şekil 3.4: Kazanın günlük ortalama çalışma süresi

### 3.1.2 Isıtma Dönemi, Enerji Tüketim ve Verim Değerlerinin Meteorolojik Verilere Bağlı Olarak Değişimi

Isıtma döneminde ölçüm yapılan 107 gün için; ilk olarak en yüksek, en düşük ve ortalama meteorolojik veriler tespit edilmiştir. Tablo 3.1’de ısıtma döneminde ölçüm yapılan günler için en düşük en yüksek ve ortalama dış ortam sıcaklığı, güneş radyasyonu, rüzgar hızı ve toplam güneşlenme süresi değerleri verilmiştir. Tablo 3.2’de ise ısıtma döneminde ölçüm yapılan günler için; debi, kazan gidiş-

dönüş su sıcaklık farkının en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri, özgül ısı, ısıtma enerjisinin (ısıtma yükü) en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri, doğal gaz tüketiminin en yüksek, en düşük ve ortalama tüketimi, ısıtma sisteminin kullanım süresinin en uzun, en kısa ve ortalama değerleri, ortalama alt ısı değerleri, doğal gazın yakılmasıyla verilen ısının en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri ile verim değerinin en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri verilmiştir.

**Tablo 3.1:** Isıtma döneminde ölçüm yapılan günler için (saat 8.30 ile 17.00 arası) ortalama meteorolojik değerler (Meteoroloji Genel Müd.)

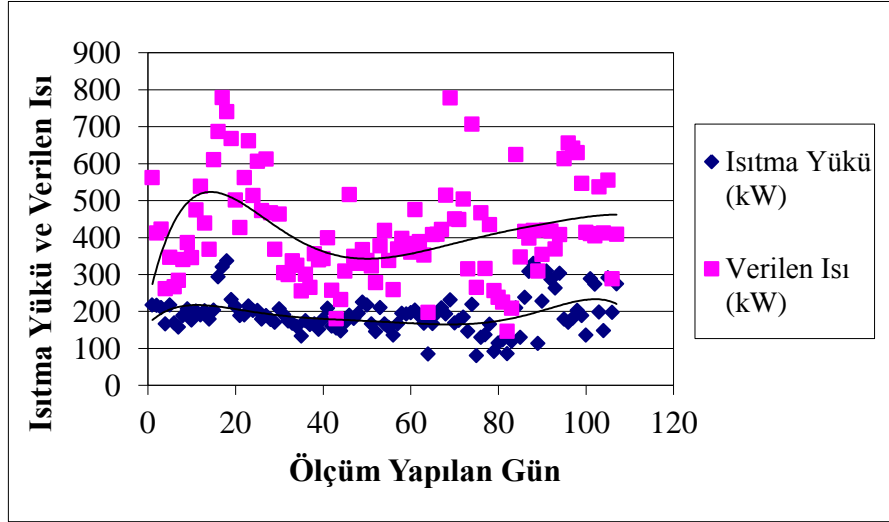
<b>Meteorolojik Veriler</b>	<b>Değer</b>
Ortalama Dış Hava Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	10.34
En Düşük Dış Hava Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	-3.73
En Yüksek Dış Hava Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	21.98
Ortalama Güneş Radyasyonu ( $\text{kWh/m}^2$ )	13.93
En Düşük Güneş Radyasyonu ( $\text{kWh/m}^2$ )	1.15
En Yüksek Güneş Radyasyonu ( $\text{kWh/m}^2$ )	47.19
Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	2.69
En Düşük Rüzgâr Hızı (m/s)	0.00
En Yüksek Rüzgâr Hızı (m/s)	8.08
Ortalama Toplam Güneşlenme Süresi (Saat)	2.53
En Düşük Toplam Güneşlenme Süresi (Saat)	0.00
En Yüksek Toplam Güneşlenme Süresi (Saat)	8.80



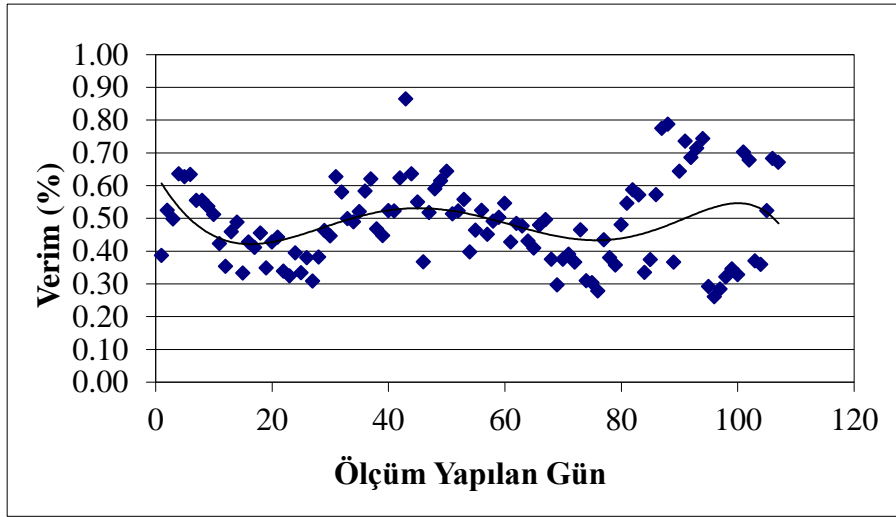
**Tablo 3.2:** Isıtma sisteminin değerlendirilmesinde ölçülen (saat 8.30 ile 17.00 arası), tablolardan alınarak kullanılan ve hesaplanan değerler

Debi ( $m^3/h$ )	14.7
Ortalama Kazan Su Sıcaklık Farkı ( $^{\circ}C$ ) (günlük)	11.38
En Yüksek Sıcaklık Farkı ( $^{\circ}C$ ) (günlük)	20.20
En Düşük Sıcaklık Farkı ( $^{\circ}C$ ) (günlük)	4.75
Özgül Isı ( $kJ/kg.K$ )	4.183
Ortalama Isıtma Yüğü ( $kW/gün$ )	191.50
En Yüksek Isıtma Yüğü ( $kW/gün$ )	337.22
En Düşük Isıtma Yüğü ( $kW/gün$ )	80.41
Ortalama Doğal Gaz Tüketimi ( $m^3/gün$ )	329.41
En Yüksek Doğal Gaz Tüketimi ( $m^3/gün$ )	635.00
En Düşük Doğal Gaz Tüketimi ( $m^3/gün$ )	105.00
Kullanım Süresi (Saat/gün)	7.63
En Uzun Kullanım Süresi (Saat/gün)	8.42
En Kısa Kullanım Süresi (Saat/gün)	3.17
Alt Isıl Değer ( $kJ/m^3$ )	34645
Ortalama Verilen Isı ( $kW/gün$ )	415.12
En Yüksek Verilen Isı ( $kW/gün$ )	778.90
En Düşük Verilen Isı ( $kW/gün$ )	146.09
Verim (%) (günlük)	0.49
En Yüksek Verim (%) (günlük)	0.86
En Düşük Verim (%) (günlük)	0.26

Şekil 3.5’de ısıtma dönemi için ölçüm yapılan günlerin, günlük olarak kazan debisi ve gidiş-dönüş su sıcaklıkları farkından hesaplanan, günlük olarak ısıtma yüğü (ısıtma sisteminde elde edilen ısı enerjisi) ve doğal gaz yakılmasıyla ısıtma sistemine verilen ısı enerjisi (yakıt miktarı ve alt ısı değerinden bulunan) miktarları verilmiştir. Bu ısıtma yüğü ve verilen ısı enerjisi değerlerine bağlı olarak Şekil 3.6’da ısıtma sisteminde elde edilen günlük verim değerleri verilmiştir.



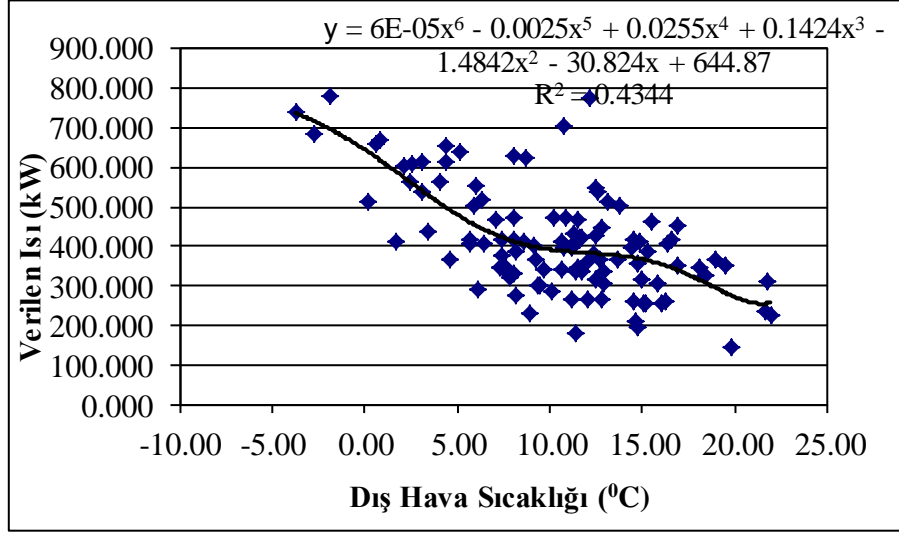
Şekil 3.5: Isıtma dönemi günlük ortalama ısıtma yükü ve verilen ısı



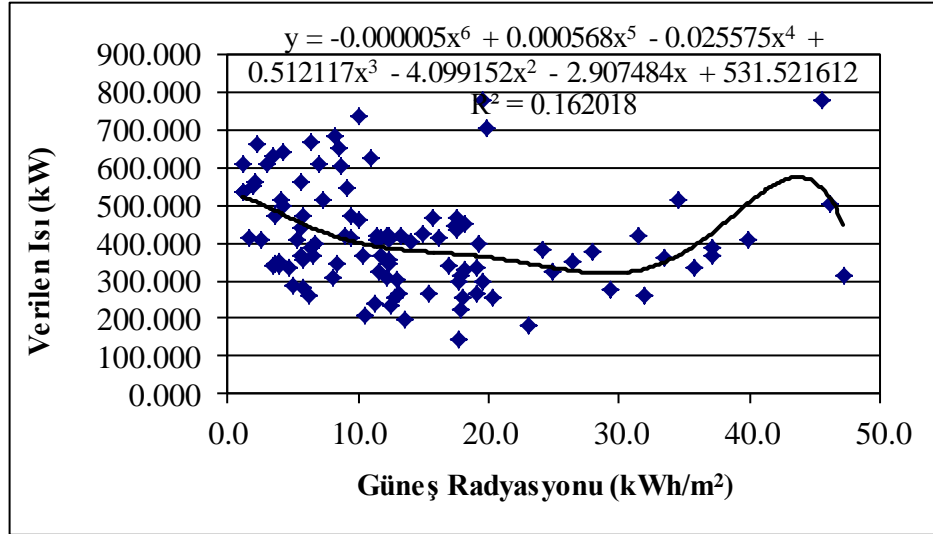
Şekil 3.6: Isıtma dönemi günlük ortalama verim

Şekil 3.7’de dış hava sıcaklığına bağlı, doğal gaz yakılmasıyla ısıtma sistemine verilen ısı enerjisinin değişimi verilmiştir. Şekilde verilen ısı enerjisinin dış hava sıcaklığına bağlı olarak nasıl değiştiğini gösteren eğri çizilmiştir. Şekilde eğrinin denklemi ve ısı enerjisi ile dış ortam sıcaklıklarının kesişim noktalarını hangi oranında temsil ettiğini gösteren regresyon ( $R^2$ ) katsayısı da bulunmaktadır. Benzer şekilde, Şekil 3.8’de güneş radyasyonuna, Şekil 3.9’da rüzgar hızına, Şekil 3.10’da günlük toplam güneşlenme süresine bağlı olarak ısıtma sistemine verilen ısı enerjisi değişimi verilmiştir. Bu meteorolojik veriler ile ısıtma sistemine verilen ısı enerjisi değerlerinin nasıl değiştiği eğriler ile gösterilmiştir. Eğrinin denklemi ve eğrinin

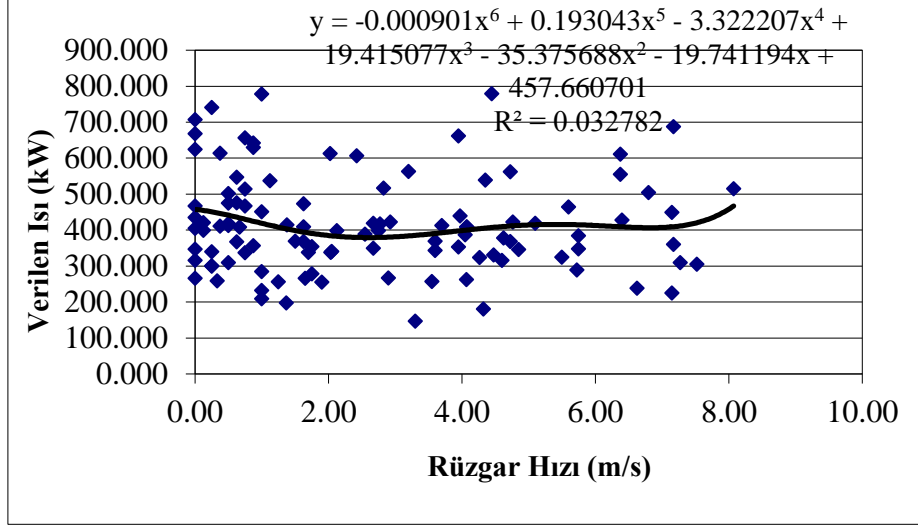
kesişim noktalarını hangi oranda temsil ettiğini gösteren regresyon( $R^2$ ) katsayısı da grafikte verilmiştir.



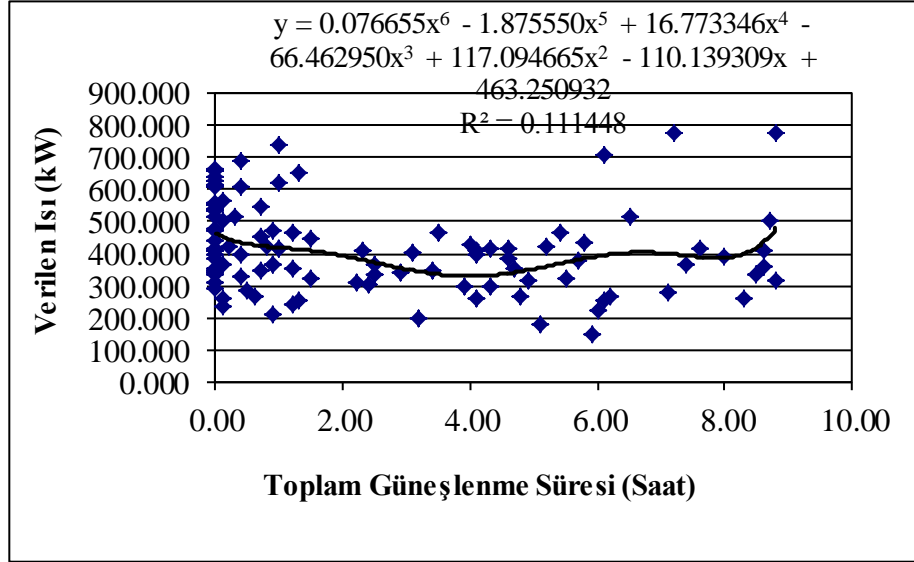
Şekil 3.7: Isıtma dönemi dış hava sıcaklığına bağlı verilen ısı değişimi



Şekil 3.8: Isıtma dönemi güneş radyasyonuna bağlı verilen ısı değişimi



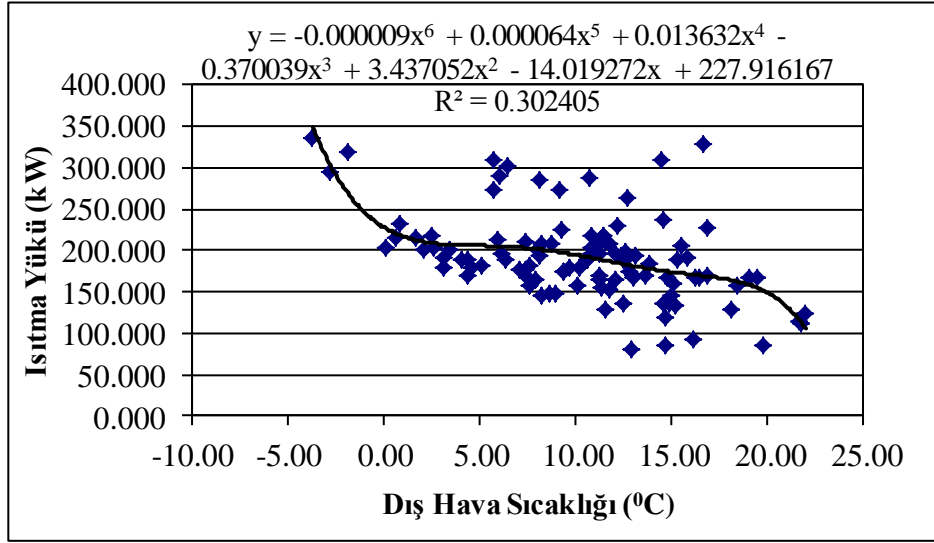
Şekil 3.9: Isıtma dönemi rüzgar hızına bağlı verilen ısı değişimi



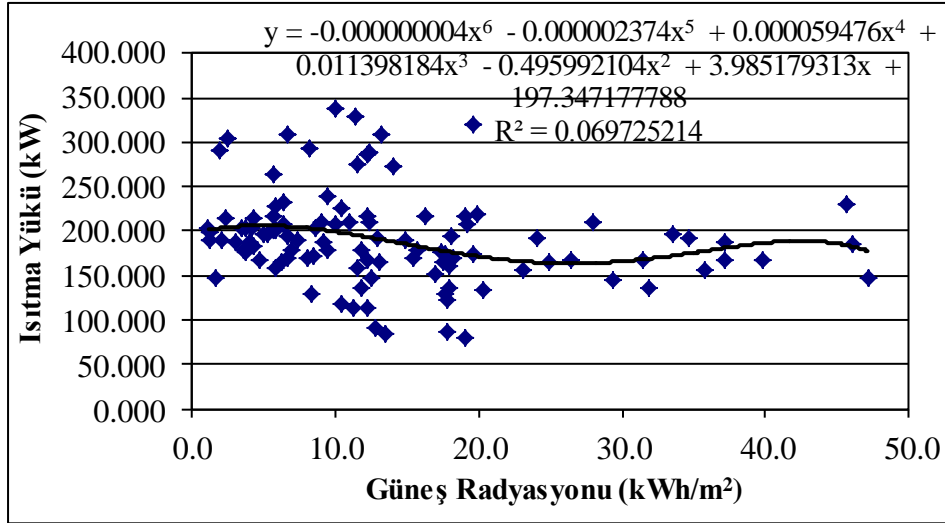
Şekil 3.10: Isıtma dönemi toplam güneşlenme süresine bağlı verilen ısı değişimi

Şekil 3.11’de dış hava sıcaklığına bağlı olarak ısıtma sisteminde elde edilen ısıtma enerjisinin (ısıtma yükünün) dış hava sıcaklığı ile değişimi verilmiştir. Isıtma yükü ile dış hava sıcaklığının kesiştiği noktaları gösteren eğri çizilmiştir. Şekilde eğrinin denklemi ve bu eğrinin kesiştiği noktaları hangi oranda temsil ettiğini gösteren regresyon katsayısı gösterilmiştir. Benzer şekilde, Şekil 3.12’de güneş radyasyonuna Şekil 3.13’de rüzgâr hızına, Şekil 3.14’de günlük toplam güneşlenme süresine bağlı olarak ısıtma yükü değişimi verilmiştir. Bu meteorolojik veriler ile ısıtma sistemine verilen ısı enerjisi değerlerinin nasıl değiştiği eğriler ile

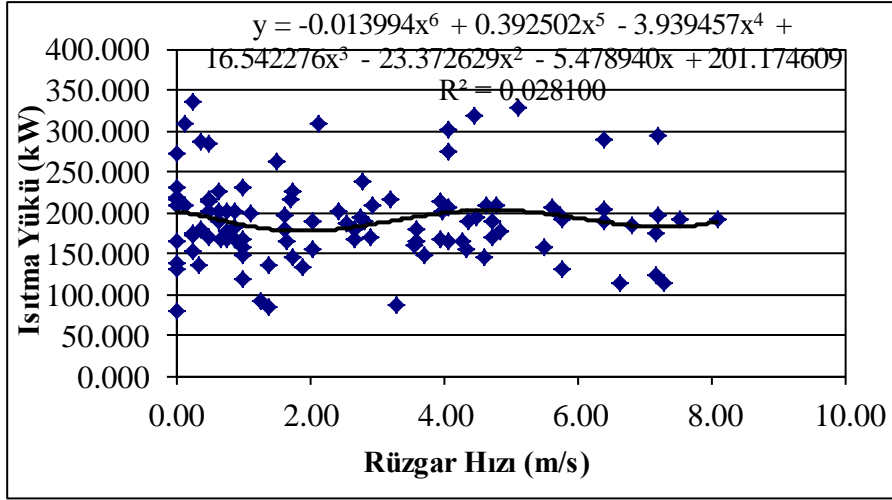
gösterilmiştir. Eğrinin denklemi ve eğrinin kesişim noktalarını hangi oranda temsil ettiğini gösteren regresyon ( $R^2$ ) katsayısı da grafiklerde verilmiştir.



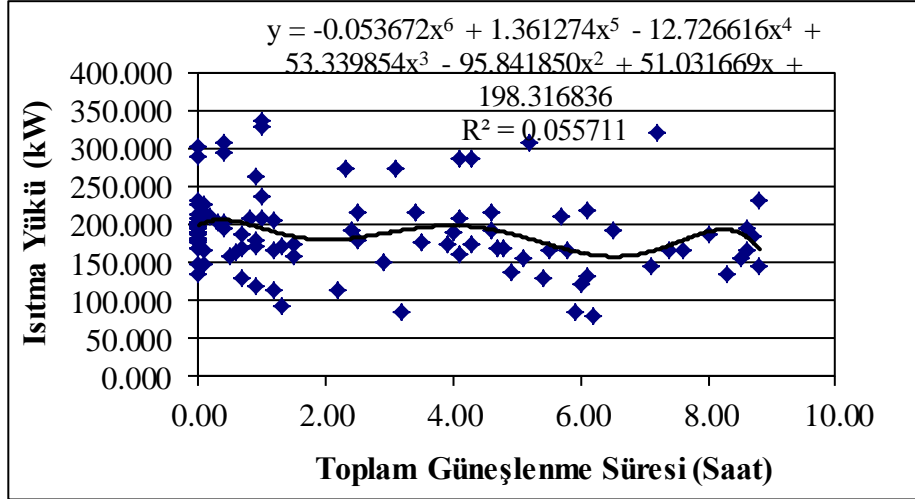
Şekil 3.11: Isıtma dönemi dış hava sıcaklığına bağlı ısıtma yükü değişimi



Şekil 3.12: Isıtma dönemi güneş radyasyonuna bağlı ısıtma yükü değişimi



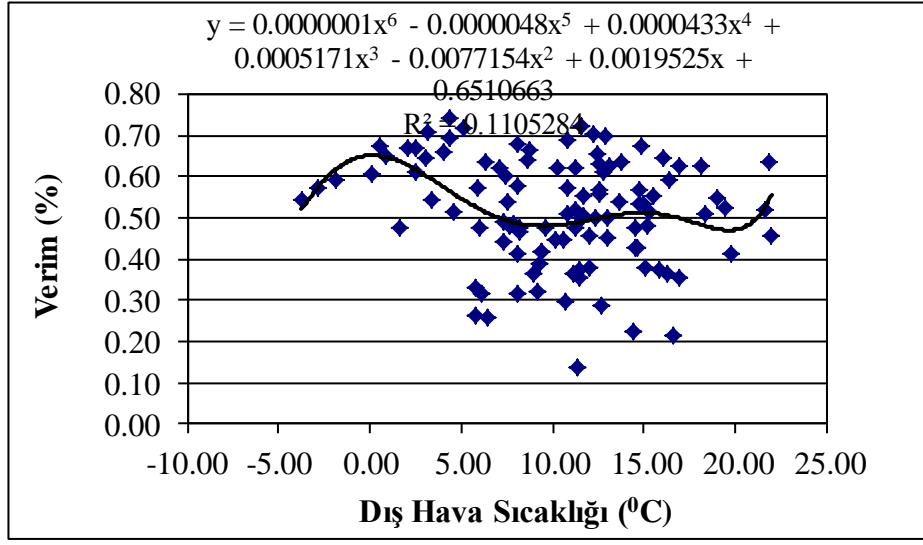
Şekil 3.13: Isıtma dönemi rüzgâr hızına bağlı ısıtma yükü değişimi



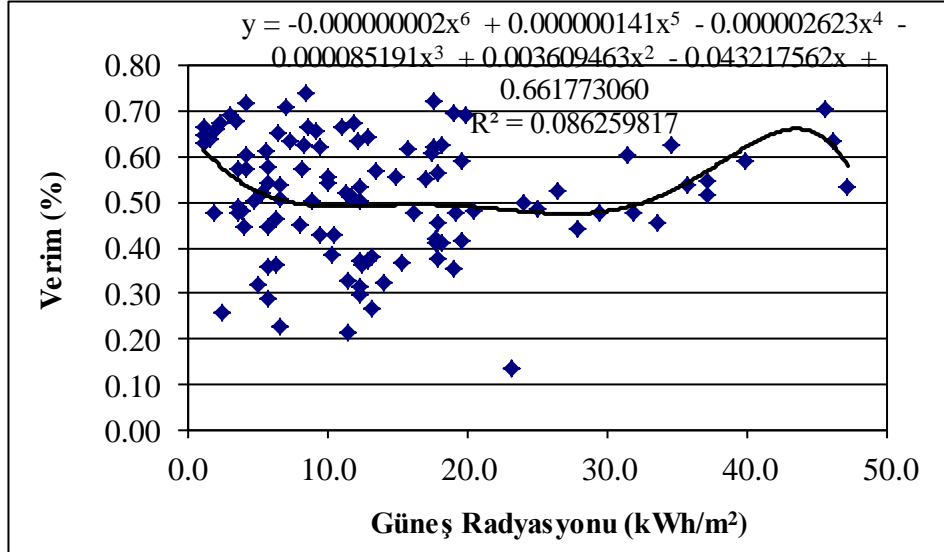
Şekil 3.14: Isıtma dönemi toplam güneşlenme süresine bağlı ısıtma yükü değişimi

Şekil 3.15’de dış hava sıcaklığına bağlı ısıtma sistemi verim değişimi verilmiştir. Şekilde verilen verim değerinin dış hava sıcaklığına bağlı olarak nasıl değiştiğini gösteren eğri çizilmiştir. Şekilde eğrinin denklemi ve verim ile dış ortam sıcaklıkların kesişim noktalarını hangi oranında temsil ettiğini gösteren regresyon ( $R^2$ ) katsayısı da bulunmaktadır. Benzer şekilde, Şekil 3.16’da güneş radyasyonuna, Şekil 3.17’de rüzgâr hızına, Şekil 3.18’de günlük toplam güneşlenme süresine bağlı olarak ısıtma sistemi verim değişimi gösterilmiştir. Bu meteorolojik veriler ile ısıtma sistemi verim değerlerinin nasıl değiştiği eğriler ile gösterilmiştir. Eğrinin denklemi

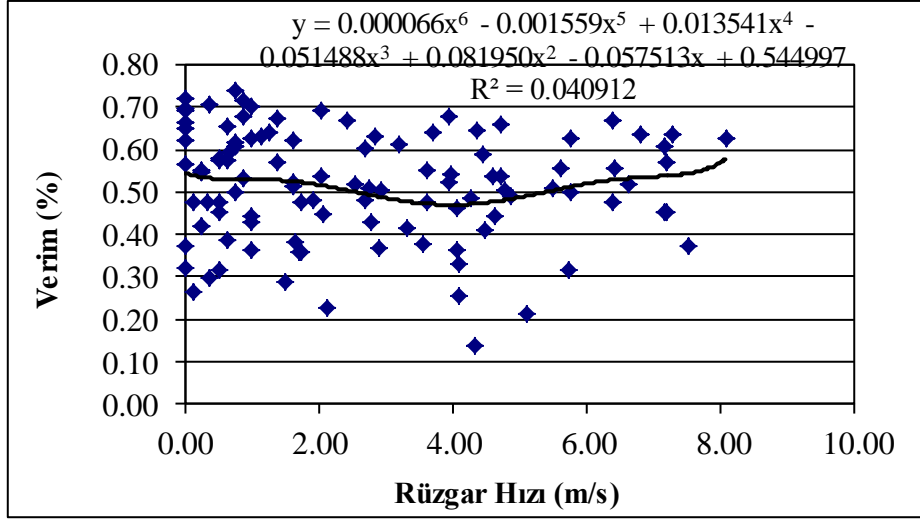
ve eğrinin kesişim noktalarını hangi oranda temsil ettiğini gösteren regresyon ( $R^2$ ) katsayısı da grafiklerde verilmiştir.



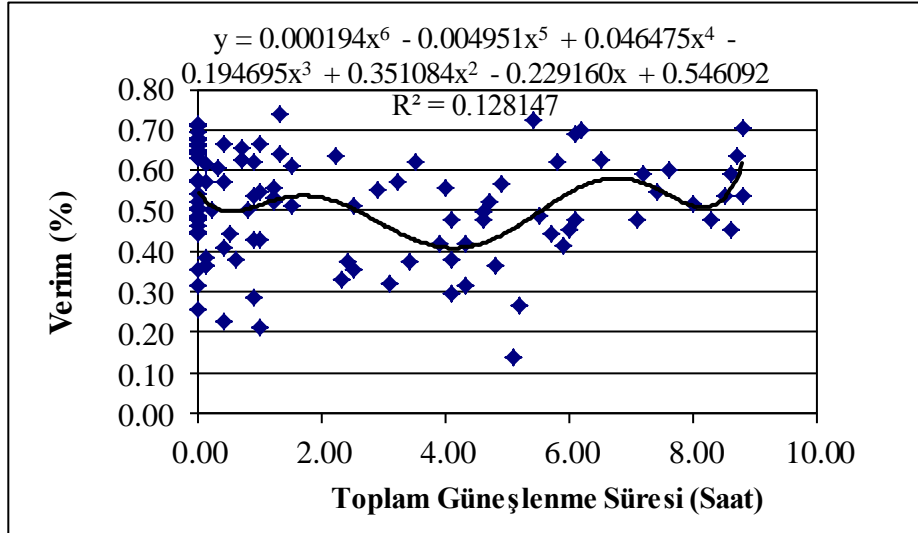
Şekil 3.15: Isıtma dönemi dış hava sıcaklığına bağlı verim değişimi



Şekil 3.16: Isıtma dönemi güneş radyasyonuna bağlı verim değişimi



Şekil 3.17: Isıtma dönemi rüzgâr hızına bağlı verim değişimi



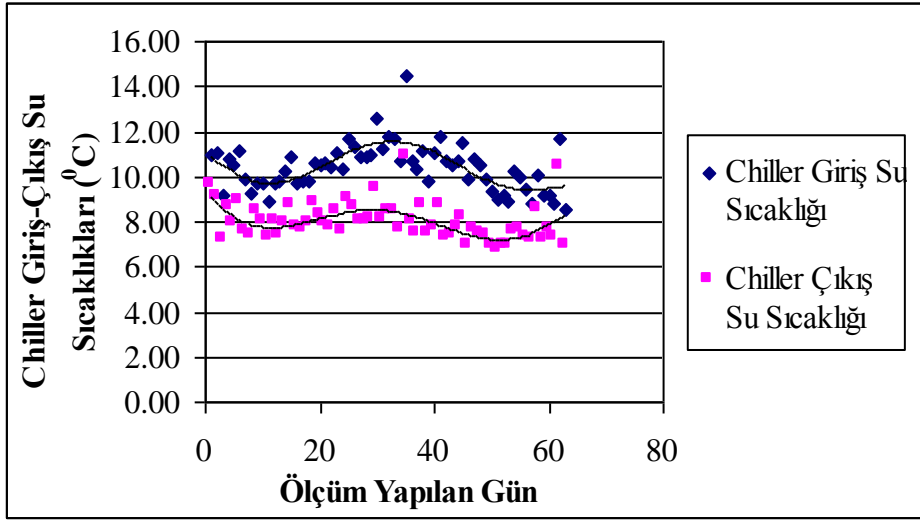
Şekil 3.18: Isıtma dönemi toplam güneşlenme süresine bağlı verim değişimi

### 3.1.3 Soğutma Sistemi Ölçüm Değerleri

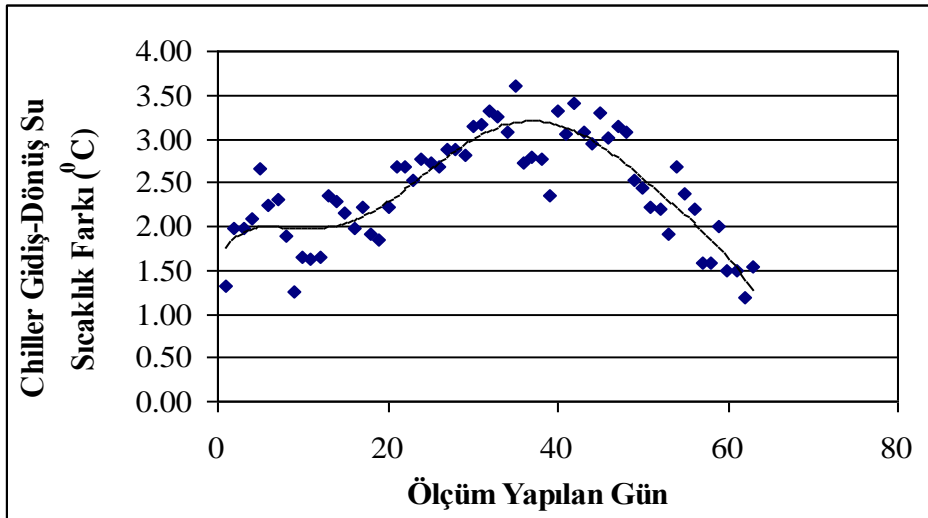
Soğutma döneminde, soğutma sistemi devrede kaldığı 11.06.2010 tarihinde ölçümlere başlanmış 20.09.2010 tarihinde devreden çıkarılmasına kadar devam etmiştir. Toplam 63 gün için ölçüm yapılmıştır. Isıtma ve soğutma sistemi toplam 107+63=170 gün çalıştırılmıştır. Soğutma sistemi tesisatına yerleştirilen Pt-100 (8 adet) ve basınç transmitter'leri (8 adet) ile sabah 8.<sup>30</sup> ile akşama 17.<sup>00</sup> saatleri arası 15 dakika aralıklarla soğuk suyun sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Elektrik tesisatına



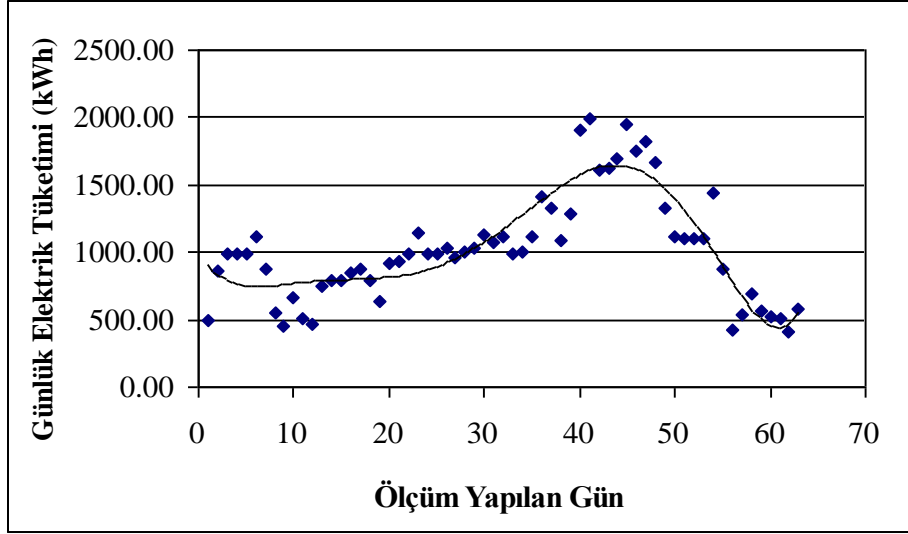
bağlanan elektrik sayacı ile sabah 8.<sup>30</sup> ile akşam 17.<sup>00</sup> saatleri arası elektrik tüketim değerleri okunmuştur. Bu okunan değerler arasındaki farktan günlük elektrik tüketim değerleri bulunmuştur. Şekil 3.19’da soğutma sistemi için su soğutma grubu giriş-çıkış su sıcaklık değerleri verilmiştir. Şekil 3.20’de ise su soğutma grubu giren ve çıkan suyun sıcaklık farkı gösterilmiştir. Şekil 3.21’de su soğutma grubu günlük ortalama elektrik tüketimi, şekil 3.22’de ise su soğutma gruplarının günlük ortalama çalışma süresi verilmiştir.



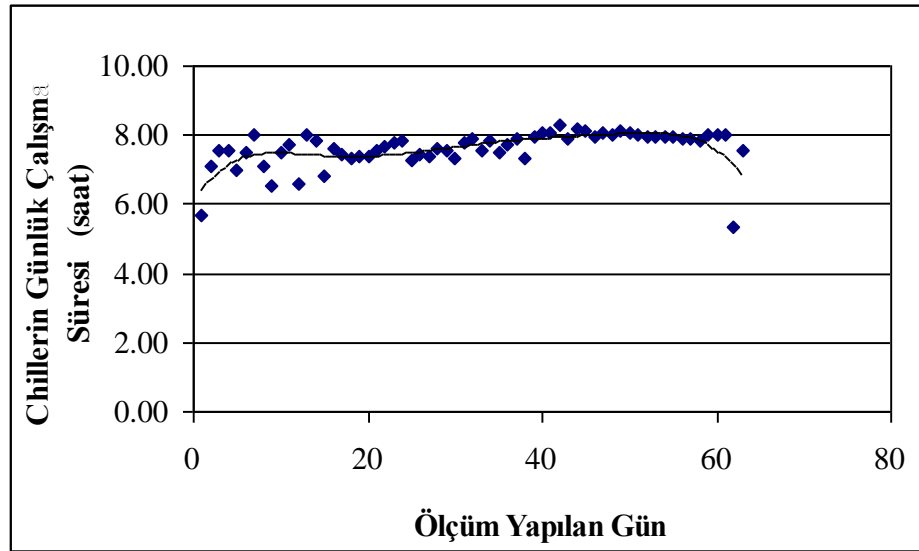
Şekil 3.19: Chiller gidiş-dönüş su sıcaklıkları



Şekil 3.20: Chiller günlük ortalama gidiş-dönüş su sıcaklık farkı



Şekil 3.21: Chillerin günlük ortalama elektrik tüketimi



Şekil 3.22: Chiller günlük ortalama çalışma saatleri

### 3.1.4 Soğutma Dönemi Meteorolojik Verileri ve Soğutma Sistemi Ölçüm Değerleri

Soğutma döneminde (ölçüm yapılan 63 gün için) ilk olarak en yüksek, en düşük ve ortalama meteorolojik veriler tespit edilmiştir. Tablo 3.3 de soğutma dönemi ölçüm yapılan günler için en yüksek, en düşük ve ortalama dış ortam sıcaklığı, güneş radyasyonu, rüzgar hızı ve toplam güneşlenme süresi değerleri verilmiştir. Tablo 3.4’de ise soğutma döneminde ölçüm yapılan günler için debi, chiller gidiş-dönüş su sıcaklığının farkının; en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri, özgül ısı, soğutma enerjisinin (soğutma yükü) en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri, elektrik tüketiminin en yüksek, en düşük ve ortalama tüketimi, soğutma sisteminin kullanım süresinin en uzun, en kısa ve ortalama değerleri, elektrik tüketilmesi ile verilen enerjinin (Güç) en yüksek, en düşük ve ortalama değeri ile son olarak COP değerinin en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri verilmiştir.

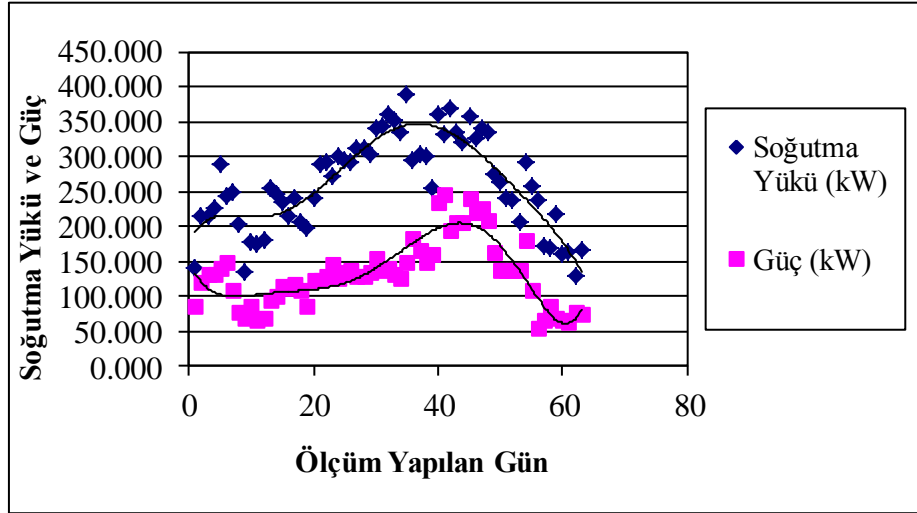
**Tablo 3.3:** Soğutma döneminde ölçüm yapılan günler için (saat 8.30 ile 17.00 arası) ortalama meteorolojik değerler (Meteoroloji Genel Müd.)

Meteorolojik Veriler	Değer
Ortalama Dış Hava Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	28.34
En Düşük Dış Hava Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	21.25
En Yüksek Dış Hava Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	33.13
Ortalama Güneş Radyasyonu ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ )	37.40
En Düşük Güneş Radyasyonu ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ )	15.11
En Yüksek Güneş Radyasyonu ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ )	44.72
Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	4.56
En Düşük Rüzgâr Hızı (m/s)	1.03
En Yüksek Rüzgâr Hızı (m/s)	9.70
Ortalama Toplam Güneşlenme Süresi (Saat)	7.14
En Düşük Toplam Güneşlenme Süresi (Saat)	0.00
En Yüksek Toplam Güneşlenme Süresi (Saat)	8.90

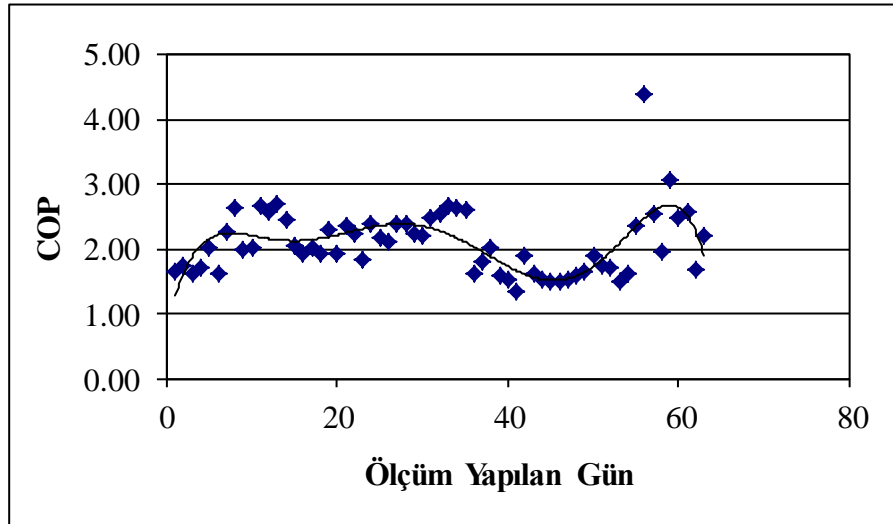
**Tablo 3.4:** Soğutma sisteminin değerlendirilmesinde ölçülen (saat 8.30 ile 17.00 arası), tablolardan alınarak kullanılan ve hesaplanan değerler

Debi ( $m^3/h$ )	93
Chiller Ortalama Su Sıcaklık Farkı ( $^{\circ}C$ ) (günlük)	2.42
Chiller En Yüksek Su Sıcaklık Farkı ( $^{\circ}C$ ) (günlük)	3.60
Chiller En Düşük Su Sıcaklık Farkı ( $^{\circ}C$ ) (günlük)	1.19
Özgül Isı (kJ/kg.K)	4.199
Ortalama Soğutma Yüğü (kW/gün)	262.01
Chiller En Yüksek Soğutma Yüğü (kW/gün)	389.77
Chiller En Düşük Soğutma Yüğü (kW/gün)	128.72
Ortalama Elektrik Tüketimi (kWh/gün)	1020.77
En Yüksek Elektrik Tüketimi (kWh/gün)	1992.00
En Düşük Elektrik Tüketimi (kWh/gün)	410.52
Ortalama Kullanım Süresi (Saat/gün)	7.62
En Uzun Kullanım Süresi (Saat/gün)	8.28
En Kısa Kullanım Süresi (Saat/gün)	5.33
Ortalama Güç (kW/gün)	132.58
En Yüksek Güç (kW/gün)	246.43
En Düşük Güç (kW/gün)	54.22
Chiller Ortalama COP (günlük)	2.09
Chiller En Yüksek COP (günlük)	4.41
Chiller En Düşük COP (günlük)	1.34

Şekil 3.23’de soğutma dönemi için yılın ölçüm yapılan günlerinde, günlük olarak soğutma yüğü (soğutma sisteminde elde edilen ısı enerjisi) ve elektrik tüketilmesiyle soğutma sistemine verilen enerji (Güç) miktarları verilmiştir. Bu soğutma yüğü ve güç değerlerine bağlı olarak Şekil 3.24’de soğutma sisteminde elde edilen günlük COP değerleri verilmiştir.



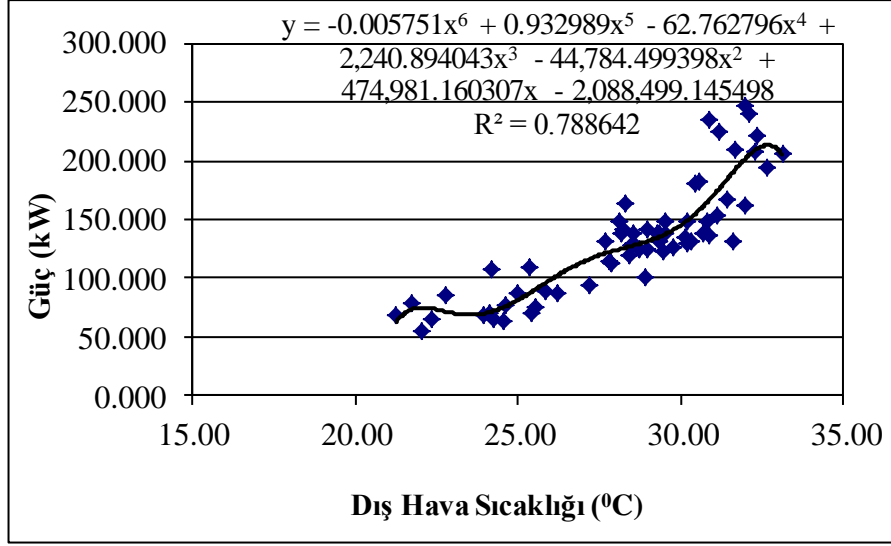
Şekil 3.23: Soğutma dönemi günlük ortalama soğutma yükü ve güç



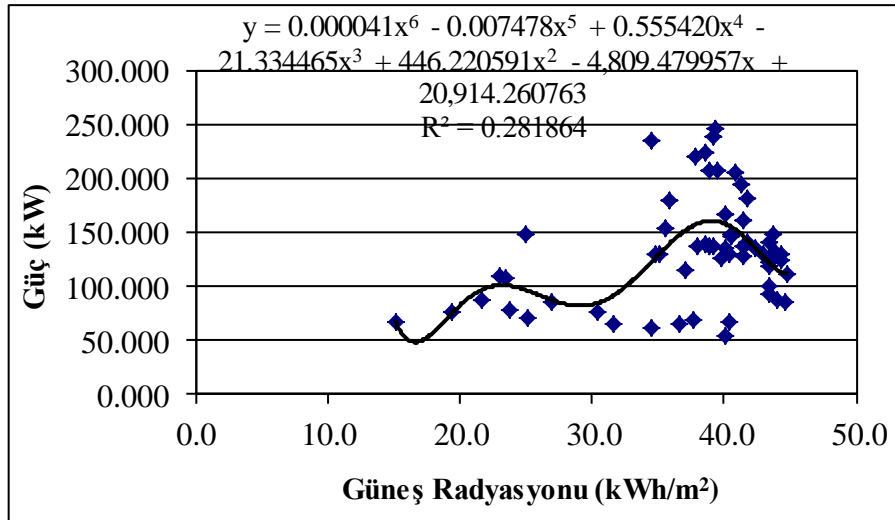
Şekil 3.24: Soğutma dönemi günlük ortalama COP

Şekil 3.25’de dış hava sıcaklığına bağlı, elektrik tüketilmesi ile soğutma sistemine verilen enerjinin (güç) değişimi verilmiştir. Şekilde verilen enerjinin (güç) dış hava sıcaklığına bağlı olarak nasıl değiştiğini gösteren eğri çizilmiştir. Eğrinin denklemi ve güç ile dış ortam sıcaklıkların kesişim noktalarını hangi oranında temsil ettiğini gösteren regresyon katsayısı bulunmaktadır. Benzer şekilde, Şekil 3.26’da güneş radyasyonuna, Şekil 3.27’de rüzgâr hızına, Şekil 3.28’de günlük toplam güneşlenme süresine bağlı olarak soğutma sistemine verilen enerjisi değişimi verilmiştir. Bu meteorolojik veriler ile soğutma sistemine verilen güç değerlerinin nasıl değiştiği eğriler ile gösterilmiştir. Eğrinin denklemi ve eğrinin kesişim

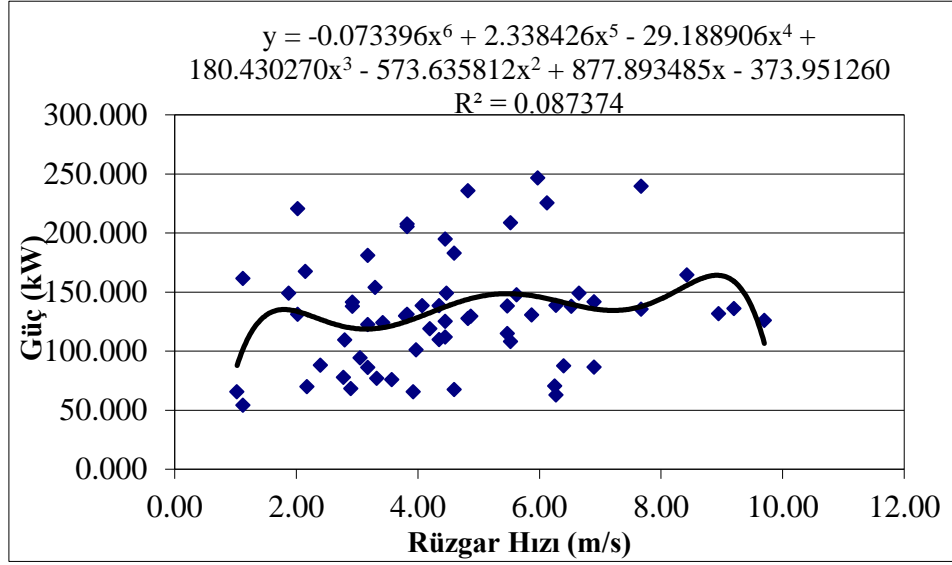
noktalarını hangi oranda temsil ettiğini gösteren regresyon ( $R^2$ ) katsayısı da grafiklerde verilmiştir.



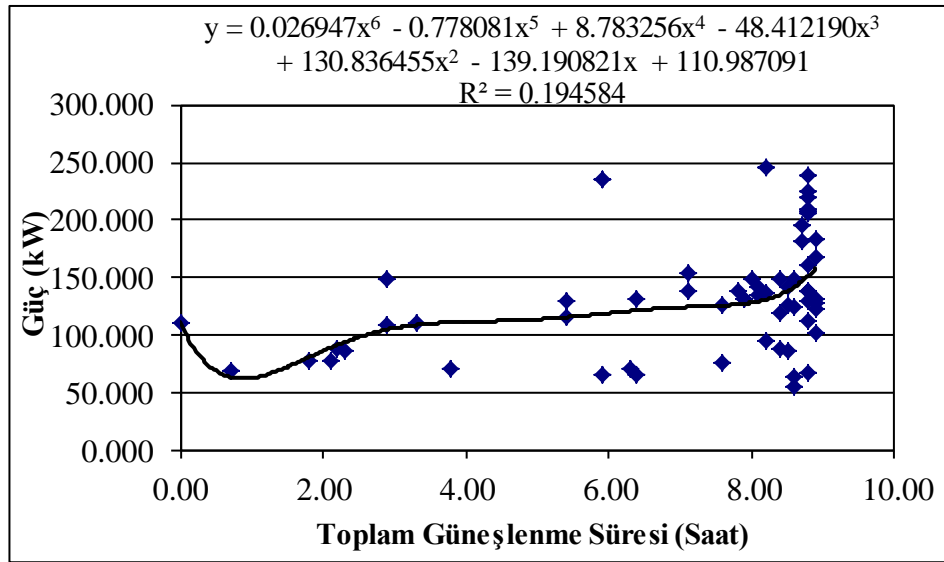
Şekil 3.25: Soğutma dönemi dış hava sıcaklığına bağlı güç değişimi



Şekil 3.26: Soğutma dönemi güneş radyasyonuna bağlı güç değişimi



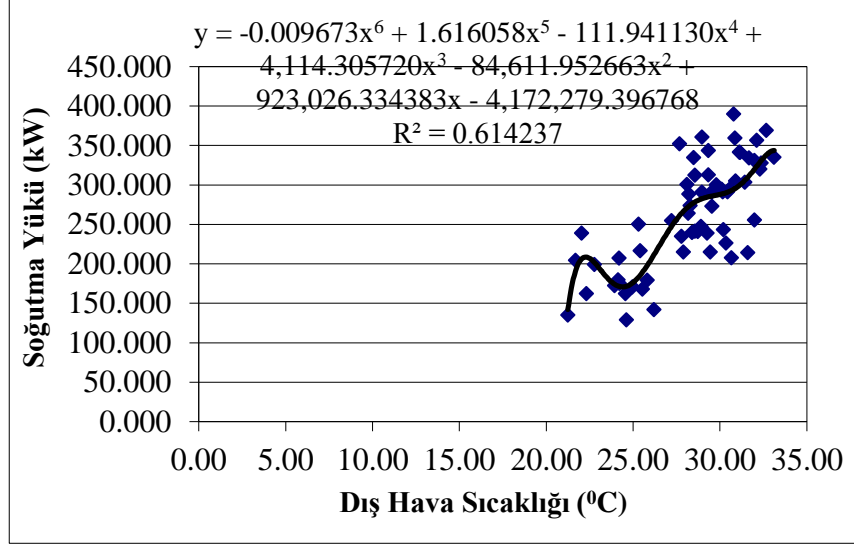
Şekil 3.27: Soğutma dönemi rüzgâr hızına bağlı güç değişimi



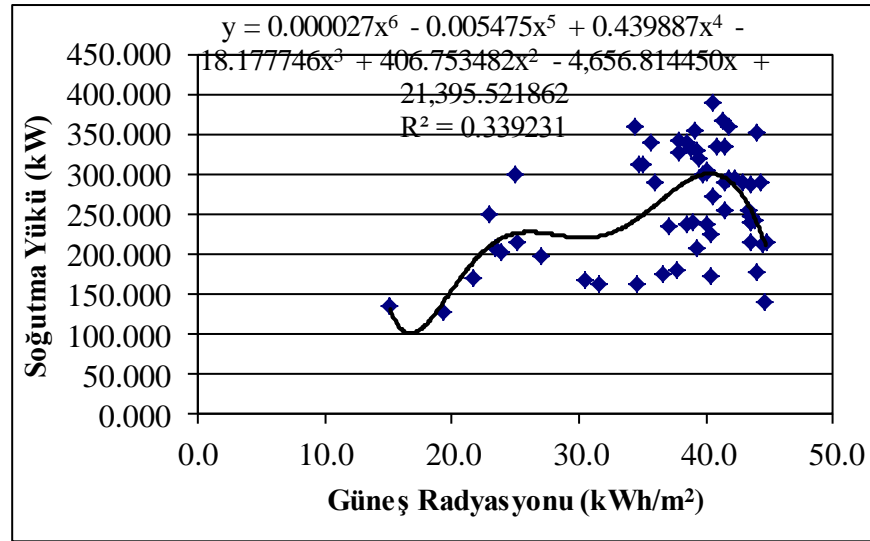
Şekil 3.28: Soğutma dönemi toplam güneşlenme süresine bağlı güç değişimi

Şekil 3.29’da dış hava sıcaklığına bağlı olarak soğutma sisteminde elde edilen soğutma enerjisinin (soğutma yükünün) dış hava sıcaklığı ile değişimi verilmiştir. Soğutma yükü ile dış hava sıcaklığının kesiştiği noktaları gösteren eğri çizilmiştir. Şekilde bu eğrinin denklemi ve eğrinin kesiştiği noktaları hangi oranda temsil ettiğini gösteren regresyon katsayısı gösterilmiştir. Benzer şekilde, Şekil 3.30’da güneş radyasyonuna, Şekil 3.31’de rüzgâr hızına, Şekil 3.32’de günlük toplam güneşlenme süresine bağlı olarak soğutma yükü değişimi verilmiştir. Bu meteorolojik veriler ile

soğutma yükü değerlerinin nasıl değiştiği eğriler ile gösterilmiştir. Eğrinin denklemi ve eğrinin kesişim noktalarını hangi oranda temsil ettiğini gösteren regresyon ( $R^2$ ) katsayısı da grafiklerde verilmiştir.

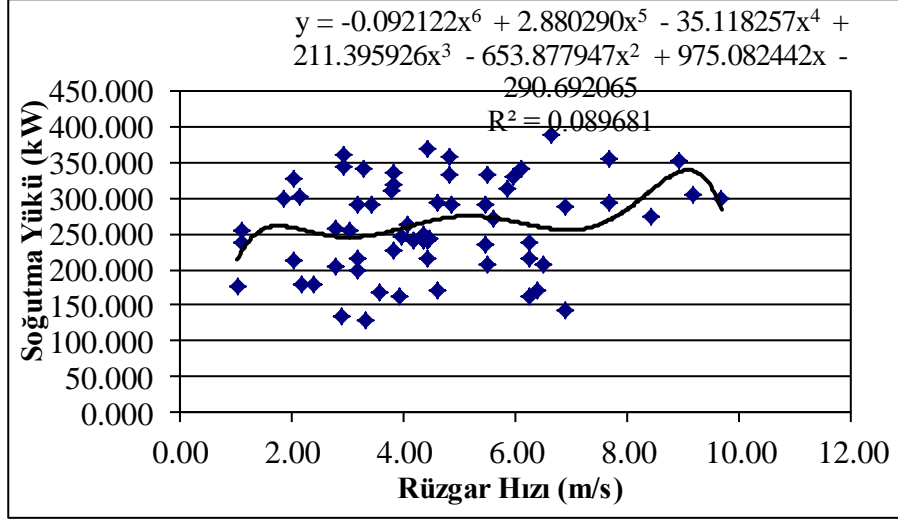


Şekil 3.29: Soğutma dönemi dış hava sıcaklığına bağlı soğutma yükü değişimi

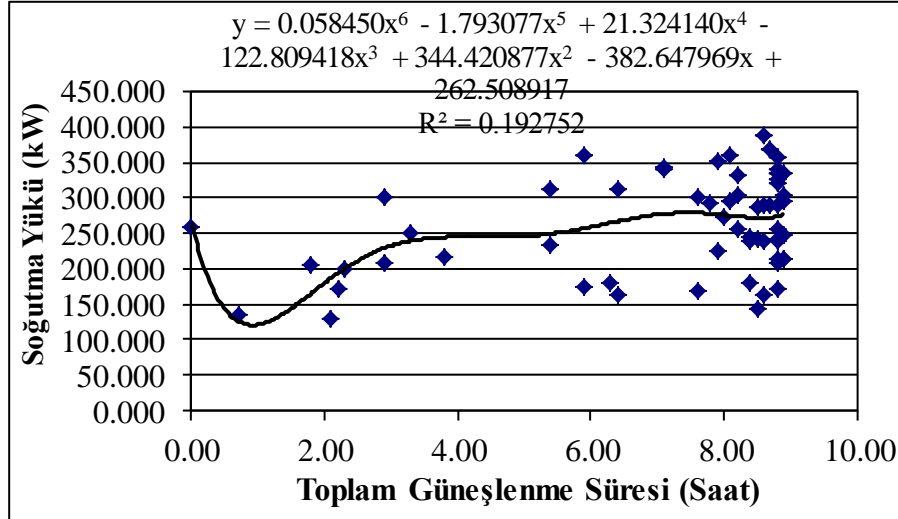


Şekil 3.30: Soğutma dönemi güneş radyasyonuna bağlı soğutma yükü değişimi



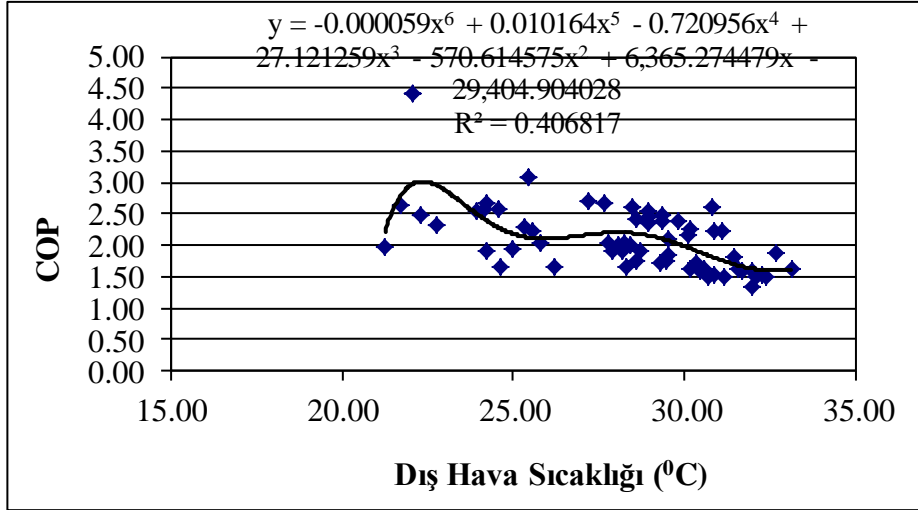


**Şekil 3.31:** Soğutma dönemi rüzgâr hızına bağlı soğutma yükü değişimi

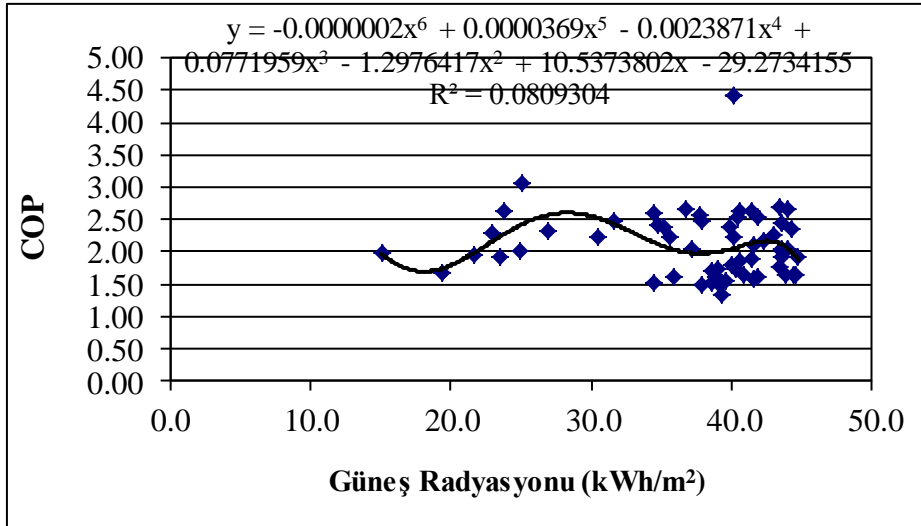


**Şekil 3.32:** Soğutma dönemi günlük toplam güneşlenme süresine bağlı soğutma yükü değişimi

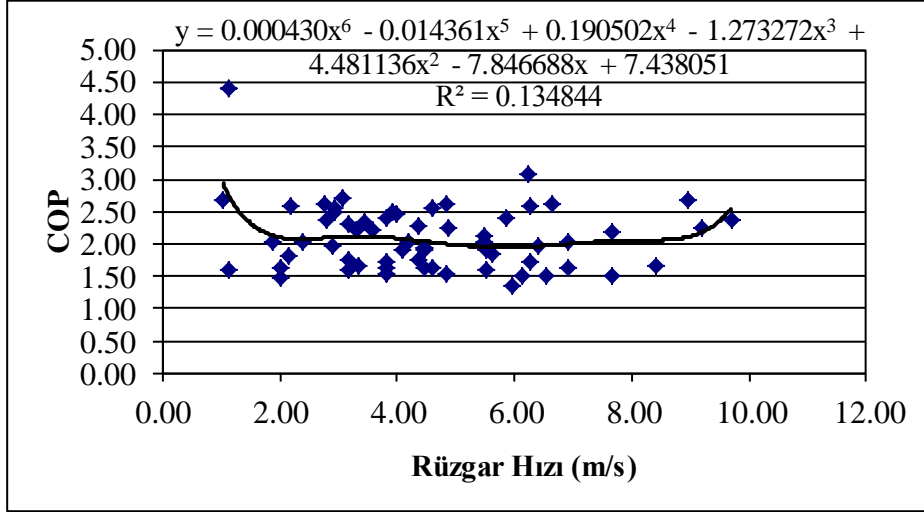
Şekil 3.33’de dış hava sıcaklığına bağlı COP değeri değişimi verilmiştir. COP ile dış hava sıcaklığının nasıl değiştiğini gösteren eğri ve bu eğrinin denklemi ile kesişim noktalarını hangi oranda temsil ettiğini gösteren regresyon katsayısı verilmiştir. Benzer şekilde, Şekil 3.34’de güneş radyasyonuna, Şekil 3.35’de rüzgâr hızına, Şekil 3.36’da günlük toplam güneşlenme süresine bağlı olarak COP değişimi verilmiştir. Bu meteorolojik veriler ile COP değerlerinin nasıl değiştiği eğriler ile gösterilmiştir. Eğrinin denklemi ve eğrinin kesişim noktalarını hangi oranda temsil ettiğini gösteren regresyon ( $R^2$ ) katsayısı da grafiklerde verilmiştir.



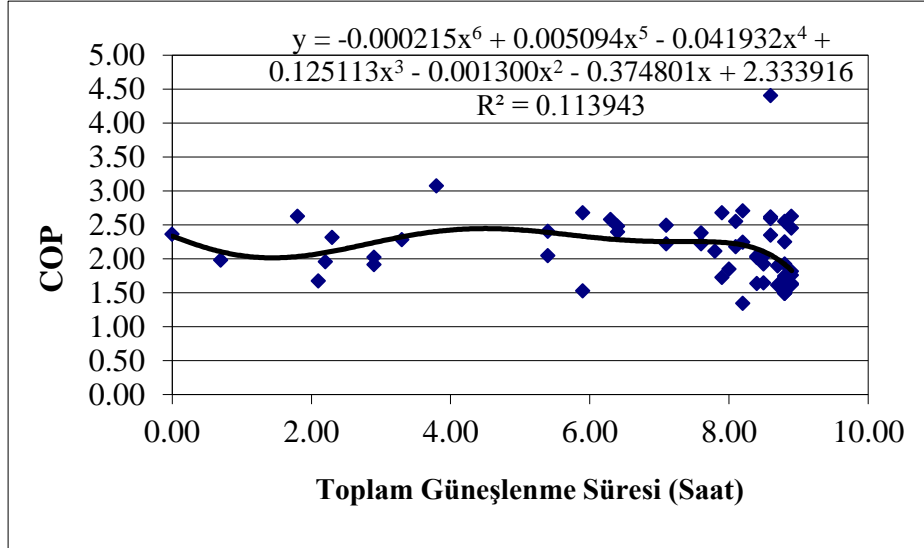
Şekil 3.33: Soğutma dönemi dış hava sıcaklığına bağlı COP değişimi



Şekil 3.34: Soğutma dönemi güneş radyasyonuna bağlı COP değişimi



Şekil 3.35: Soğutma dönemi rüzgâr hızına bağlı COP değişimi



Şekil 3.36: Soğutma dönemi toplam güneşlenme süresine bağlı COP değişimi

Isıtma ve soğutma dönemi dış ortam meteorolojik parametrelere bağlı; verilen enerji, güç, ısıtma ve soğutma yükü ile verim ve COP değerlerinin değişimini gösteren ayrıntılı eğrilerin denklemleri ve regresyon katsayısı ( $R^2$ ) değeri Tablo 3.5 ve 3.6'da verilmiştir. Tablo 3.5'de ısıtma dönemi dış ortam sıcaklığına, güneş radyasyonuna, rüzgar hızına ve günlük toplam güneşlenme süresine bağlı olarak verilen ısı, ısıtma yükü ve verim değerlerine bağlı ayrıntılı eğri denklemleri tanımlanmış ve regresyon katsayısı ( $R^2$ ) verilmiştir. Tablo 3.6 ise soğutma dönemi dış ortam sıcaklığına, güneş radyasyonuna, rüzgar hızına ve günlük toplam

güneşlenme süresine bağı olarak güç, soğutma yükü ve COP değerine bağı ayrıntılı eğri denklemleri tanımlanmış ve regresyon katsayısı ( $R^2$ ) verilmiştir.

**Tablo 3.5:** Isıtma Dönemi Meteorolojik Verilerine Bağlı Verilen Isı, Isıtma Yüğü ve Verim için Regresyon Katsayısı ve Eğri Denklemleri

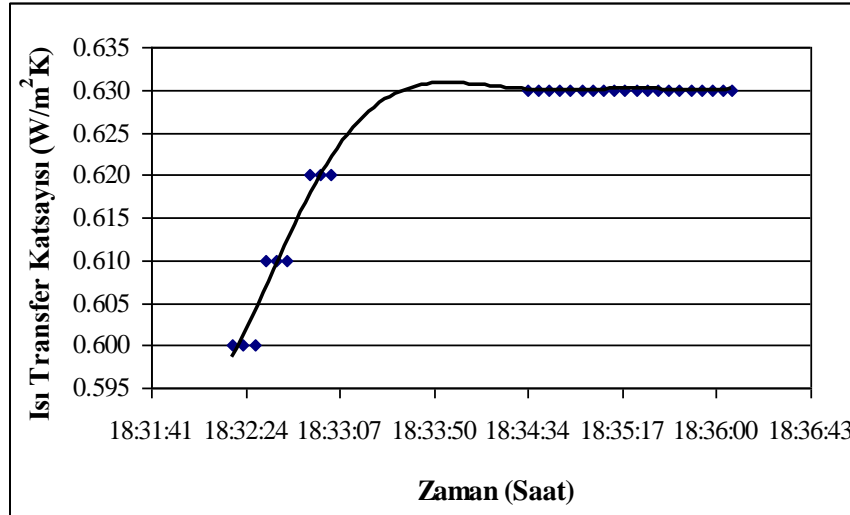
Parametre	Denklem	R <sup>2</sup>
	<b>Verilen Isı için</b>	
<b>Dış Hava Sıcaklığı</b>	$VI=0.000056(DHS)^6-0.002487(DHS)^5+0.025487(DHS)^4+0.142380(DHS)^3-1.484245(DHS)^2-30.823644(DHS)+644.872678$	0.434
<b>Güneş Radyasyonu</b>	$VI=-0.000005(GR)^6+0.000568(GR)^5-0.025575(GR)^4+0.512117(GR)^3-4.099152(GR)^2-2.907484(GR)+531.521612$	0.162
<b>Rüzgâr Hızı</b>	$VI=-0.000901(RH)^6+0.193043(RH)^5-3.322207(RH)^4+19.415077(RH)^3-35.375688(RH)^2-19.741194(RH)+457.660701$	0.033
<b>Günlük Toplam Güneşlenme Süresi</b>	$VI=0.076655(TGS)^6-1.875550(TGS)^5+16.773346(TGS)^4-66.462950(TGS)^3+117.094665(TGS)^2-110.139309(TGS)+463.250932$	0.112
	<b>Isıtma Yüğü için</b>	
<b>Dış Hava Sıcaklığı</b>	$IY=-0.000009(DHS)^6-0.000064(DHS)^5+0.013632(DHS)^4-0.370039(DHS)^3+3.437052(DHS)^2-14.019272(DHS)+227.916167$	0.302
<b>Güneş Radyasyonu</b>	$IY=-0.000000004(GR)^6-0.000002374(GR)^5+0.00005976(GR)^4+0.01139818(GR)^3-0.495992104(GR)^2+3.985179313(GR)+197.347177788$	0.070
<b>Rüzgâr Hızı</b>	$IY=-0.013994(RH)^6+0.392502(RH)^5-3.939457(RH)^4+16.542276(RH)^3-23.372629(RH)^2-5.478940(RH)+201.174609$	0.028
<b>Günlük Toplam Güneşlenme Süresi</b>	$IY=-0.053672(TGS)^6+1.361274(TGS)^5-12.726616(TGS)^4+53.339854(TGS)^3-95.841850(TGS)^2+51.031669(TGS)+198.316836$	0.056
	<b>Verim için</b>	
<b>Dış Hava Sıcaklığı</b>	$V=0.0000001(DHS)^6-0.0000048(DHS)^5+0.0000433(DHS)^4+0.0005171(DHS)^3-0.0077154(DHS)^2+0.0019525(DHS)+0.6510663$	0.111
<b>Güneş Radyasyonu</b>	$V=-0.000000002(GR)^6+0.000000141(GR)^5-0.000002623(GR)^4-0.000085191(GR)^3+0.003609463(GR)^2-0.043217562(GR)+0.661773060$	0.086
<b>Rüzgâr Hızı</b>	$V=0.000066(RH)^6-0.001559(RH)^5+0.013541(RH)^4-0.051488(RH)^3+0.081950(RH)^2-0.057513(RH)+0.544997$	0.041
<b>Günlük Toplam Güneşlenme Süresi</b>	$V=0.000194(TGS)^6-0.004951(TGS)^5+0.046475(TGS)^4+0.194695(TGS)^3+0.351084(TGS)^2-0.299160(TGS)+0.546092$	0.128

**Tablo 3.6:** Soğutma Dönemi Meteorolojik Verilerine Bağlı Güç, Isıtma Yükü ve COP için Regresyon Katsayısı ve Eğri Denklemleri

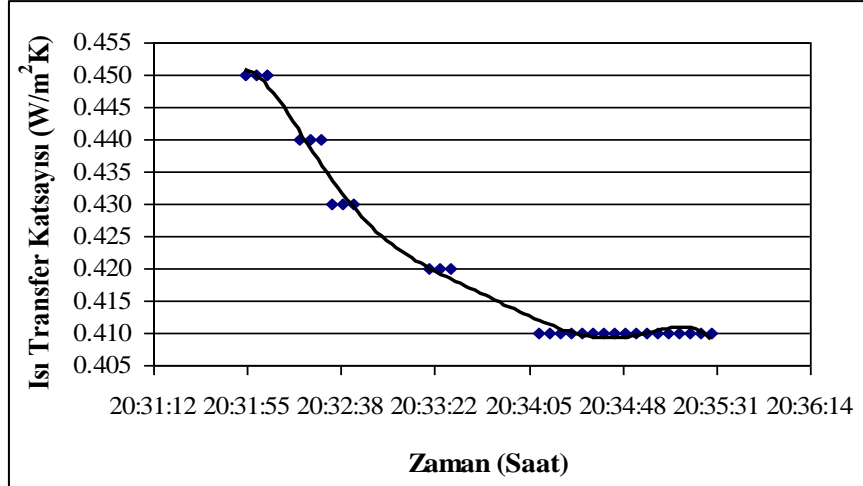
Parametre	Denklem	R <sup>2</sup>
	<b>Güç için</b>	
Dış Hava Sıcaklığı	$G = -0.005751(DHS)^6 + 0.932989(DHS)^5 - 62.762796(DHS)^4 + 2240.894043(DHS)^3 - 44784.499398(DHS)^2 + 474981.160307(DHS) - 2088499.145498$	0.789
Güneş Radyasyonu	$G = 0.000041(GR)^6 - 0.007478(GR)^5 + 0.555420(GR)^4 - 21.334465(GR)^3 + 446.220591(GR)^2 - 4809.479957(GR) + 20914.260763$	0.282
Rüzgâr Hızı	$G = -0.073396(RH)^6 + 2.338426(RH)^5 - 29.188906(RH)^4 + 180.430270(RH)^3 - 573.635812(RH)^2 + 877.893485(RH) - 373.951260$	0.087
Günlük Toplam Güneşlenme Süresi	$G = 0.026947(TGS)^6 - 0.778081(TGS)^5 + 8.783256(TGS)^4 - 48.412190(TGS)^3 + 130.836455(TGS)^2 - 139.190821(TGS) + 110.987091$	0.195
	<b>Soğutma Yükü için</b>	
Dış Hava Sıcaklığı	$SY = 0.009673(DHS)^6 + 1.616058(DHS)^5 - 111.941130(DHS)^4 + 4114.305720(DHS)^3 - 84611.952663(DHS)^2 + 923026.334383(DHS) - 4172279.396768$	0.614
Güneş Radyasyonu	$SY = -0.000027(GR)^6 - 0.005475(GR)^5 + 0.439887(GR)^4 - 18.177746(GR)^3 + 406.753482(GR)^2 - 4656.814450(GR) + 21395.521862$	0.339
Rüzgâr Hızı	$SY = -0.092122(RH)^6 + 2.880290(RH)^5 - 35.118257(RH)^4 + 211.395926(RH)^3 - 653.877947(RH)^2 + 975.082442(RH) - 290.692065$	0.090
Günlük Toplam Güneşlenme Süresi	$SY = 0.058450(TGS)^6 - 1.793077(TGS)^5 + 21.324140(TGS)^4 - 122.809418(TGS)^3 + 344.420877(TGS)^2 - 382.647969(TGS) + 262.508917$	0.193
	<b>COP için</b>	
Dış Hava Sıcaklığı	$COP = 0.000059(DHS)^6 + 0.010164(DHS)^5 - 0.720952(DHS)^4 + 27.121259(DHS)^3 - 570.614575(DHS)^2 + 6365.274479(DHS) - 29404.904028$	0.407
Güneş Radyasyonu	$COP = -0.0000002(GR)^6 + 0.0000369(GR)^5 - 0.0023871(GR)^4 + 0.0771959(GR)^3 - 1.2976417(GR)^2 + 10.5373802(GR) - 29.2734155$	0.081
Rüzgâr Hızı	$COP = 0.000430(RH)^6 - 0.014361(RH)^5 + 0.190502(RH)^4 - 1.273272(RH)^3 + 4.481136(RH)^2 - 7.846688(RH) + 7.438051$	0.135
Günlük Toplam Güneşlenme Süresi	$COP = -0.000215(TGS)^6 + 0.005094(TGS)^5 - 0.041932(TGS)^4 + 0.125113(TGS)^3 - 0.001300(TGS)^2 - 0.374801(TGS) + 2.333916$	0.114

### 3.2 Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Isıtma Sistemi Verimine Bağlı Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığı, Yakıt Tüketimi, Yakıt Tüketimi Tasarrufu, Geri Ödeme Süresi, CO<sub>2</sub> Emisyonu ve CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalımı

Bu bölümde hesaplanan ve ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ve ölçülen verim değerlerine bağlı olarak örnek binanın ısıtma dönemi için incelenen dış duvarların optimum yalıtım kalınlığı, binanın yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, uygulanan yalıtımın geri ödeme süreleri, CO<sub>2</sub> emisyonu ve CO<sub>2</sub> emisyon azalımı incelenmiştir. Tablo 3.7’de denklem (2.10) ile hesaplanan ve ısı akış plakası ile ölçülen dış duvar için ısı transfer katsayısı değerleri verilmiştir. Bu değerler, Şekil 3.37 ve Şekil 3.38’de Matbaa Binası (Ek bina) ve Rektörlük Ana Binası için ısı akış plakası ile ölçülen dış duvar ısı transfer katsayısı grafikleri ile gösterilmiştir. Isı transfer katsayısı ölçülürken, ısı akış plakası ölçüm değerinin zamana göre sabit kaldığı değer kabul edilmiştir. Bulunan ısı transfer katsayılarına, iç ve dış taşınım katsayıları dahil edilerek ölçümler yapılmıştır.



Şekil 3.37: Matbaa binası (ek bina) ısı akış plakası ile ölçülen dış duvar ısı transfer katsayısı değeri



**Şekil 2.38:** Rektörlük ana binası için ısı akış plakası ile ölçülen dış duvar ısı transfer katsayısı

**Tablo 3.7:** Dış Duvar için hesaplanan ve ölçülen ısı transfer katsayısı değerleri

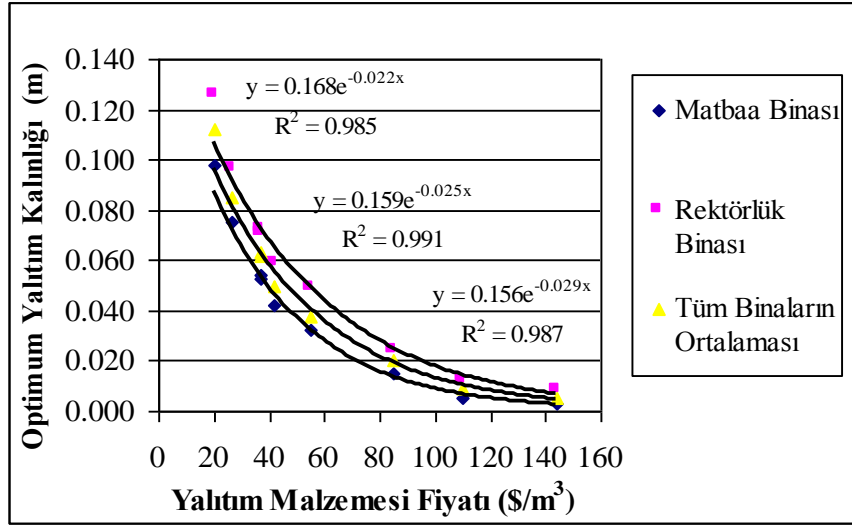
	Hesaplanan	Ölçülen
<b>Ana Bina (Rektörlük Ana Binası)</b>		
Isıl Direnç (m <sup>2</sup> K/W)	2.026	2.439
Isı Transfer Katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)	0.494	0.410
<b>Ek Bina (Matbaa Binası)</b>		
Isıl Direnç (m <sup>2</sup> K/W)	1.802	1.587
Isı Transfer Katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)	0.555	0.630

### 3.2.1 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi

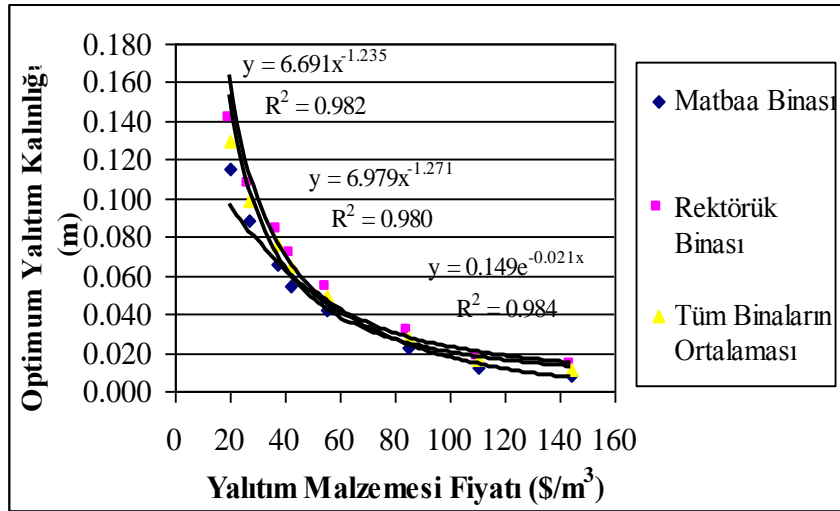
Teorik olarak hesaplanan (denklem 2.10) ısı transfer katsayısı ve teorik ısıtma verim (etiket verimi) değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.39'da 1999-2010 yılları arasında günlük ortalama (12 yıllık) ve Şekil 3.40'da ise TS 825 dış ortam aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan Derece-Gün değerleri için, yalıtım malzemesi fiyatına bağlı denklem (2.25) ile bulunan optimum yalıtım kalınlığının grafiği verilmiştir. Şekil 3.41'de 1999-2010 yılları arasında (12 yıllık) günlük ortalama ve Şekil 3.42'de ise TS 825 dış ortam aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak



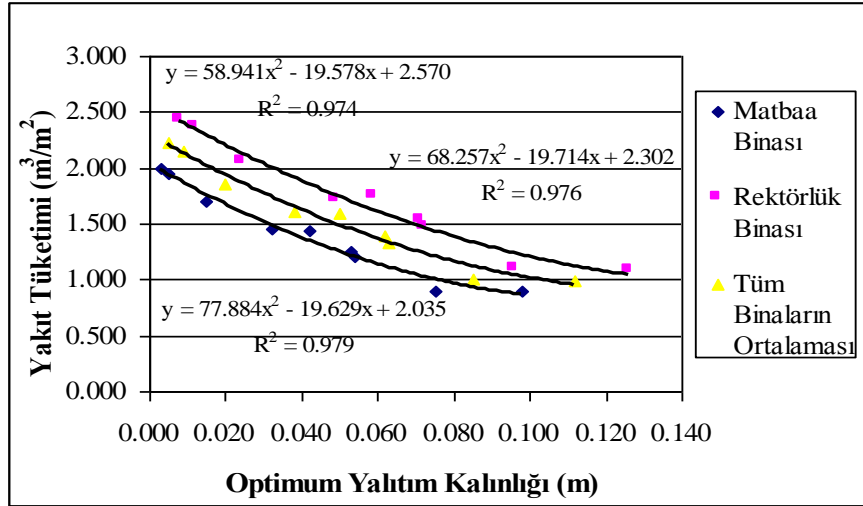
hesaplanan Derece-Gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı denklem (2.14) kullanılarak bulunan yakıt tüketiminin grafiği verilmiştir.



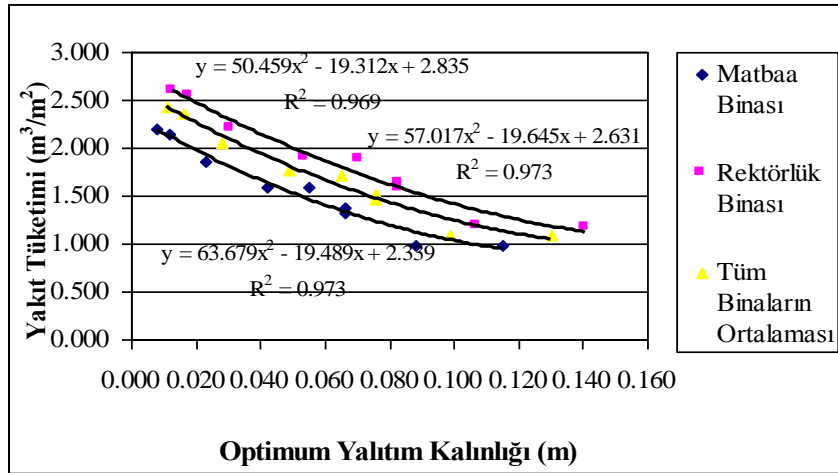
**Şekil 3.39:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



**Şekil 3.40:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



**Şekil 3.41:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi

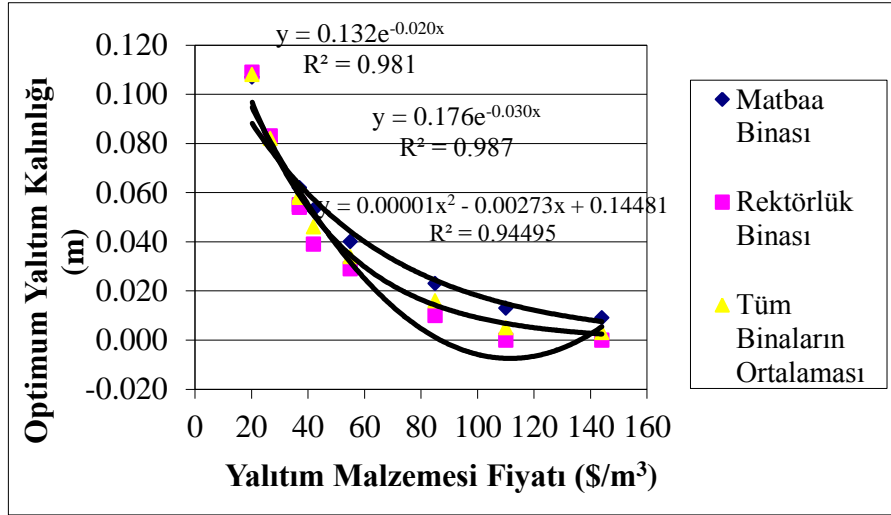


**Şekil 3.42:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi

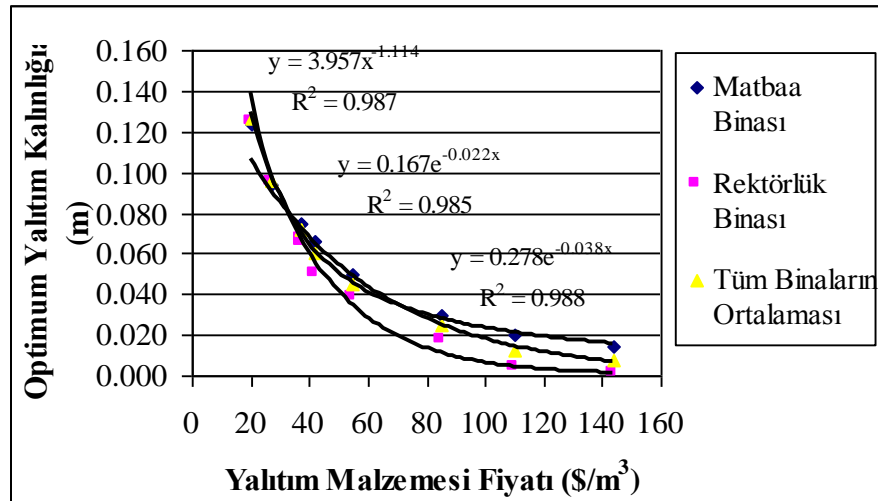
### 3.2.2 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi

Ölçülen ısı transfer katsayısı ve teorik verim (etiket verimi) değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.43'de 1999-2010 yılları arası günlük ortalama (12 yıllık), Şekil 3.44'de ise TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri için

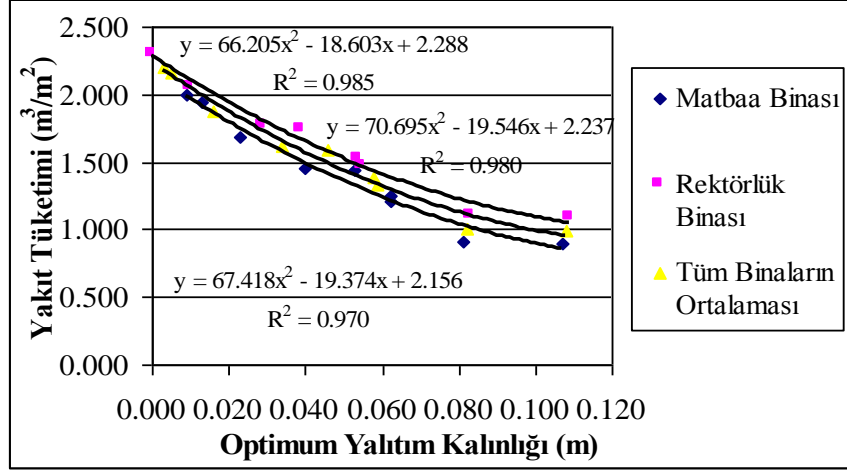
yalıtım malzemesi fiyatına bağı optimum yalıtım kalınlığı grafiğı verilmiştir. Şekil 3.45'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama ve Şekil 3.46'de ise TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağı yakıt tüketimi grafiğı verilmiştir.



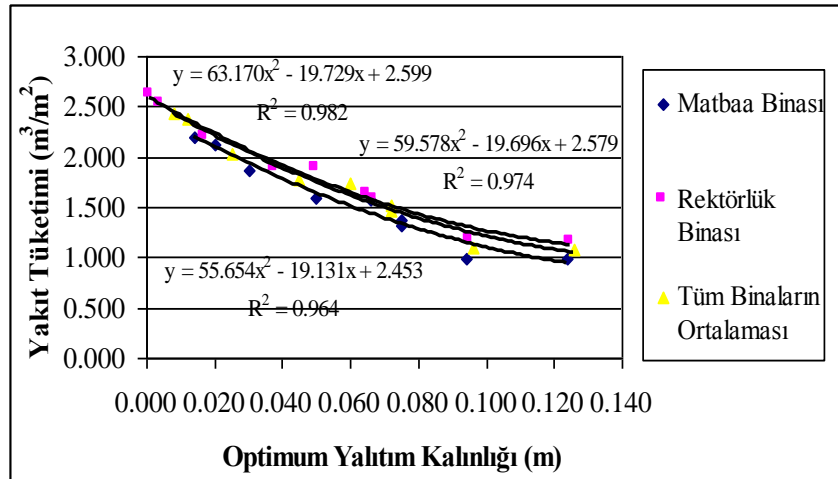
**Şekil 3.43:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağı optimum yalıtım kalınlığı



**Şekil 3.44:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağı optimum yalıtım kalınlığı



**Şekil 3.45:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi

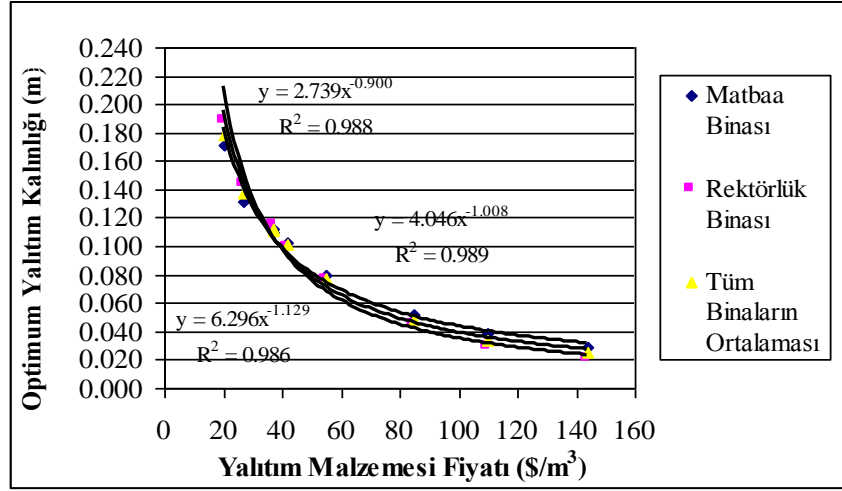


**Şekil 3.46:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi

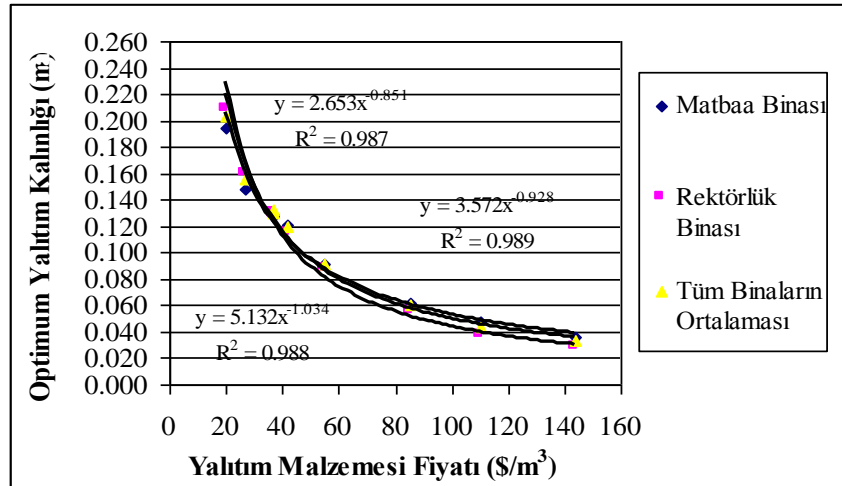
### 3.2.3 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen Verim için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi

Ölçülen ısı transfer katsayısına ve ölçülen verim değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.47'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama, Şekil 3.48'de ise TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı grafiği verilmiştir. Şekil 3.49'da 1999-2010

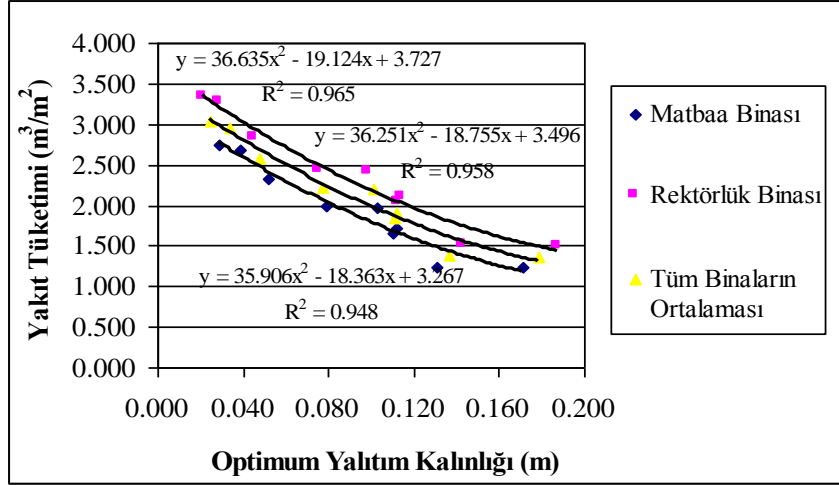
yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama ve Şekil 3.50'de ise TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi grafiği verilmiştir.



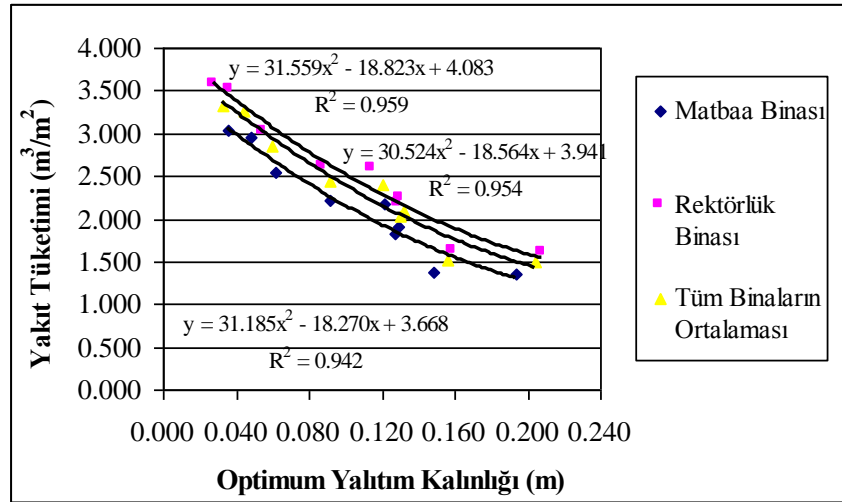
**Şekil 3.47:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



**Şekil 3.48:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



**Şekil 3.49:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi

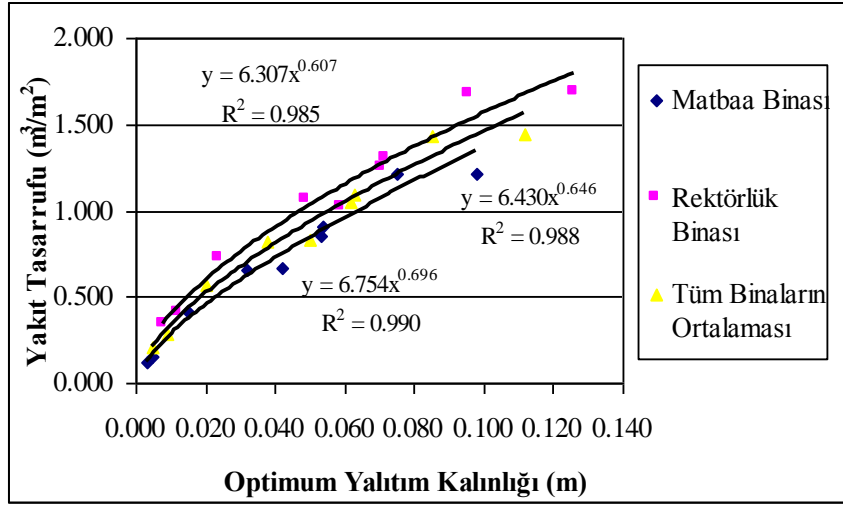


**Şekil 3.50:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi

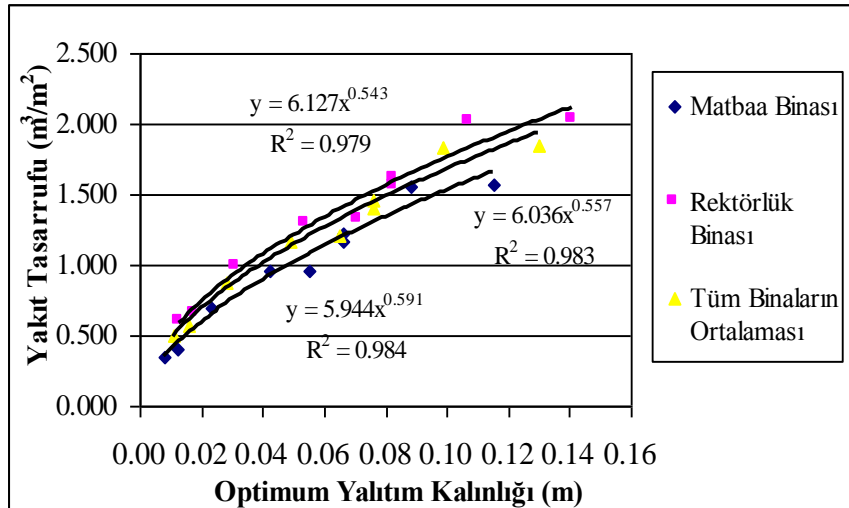
### 3.2.4 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığında Yıllık Yakıt Tasarrufu

Yakıt tasarrufu denklem (2.14) kullanılarak yalıtımsız dış duvar ve optimum yalıtımlı dış duvar için yakıt tüketimim farkı alınarak yakıt tüketimi tasarrufu bulunmuştur. Denklem (2.10) yardımıyla hesaplanan ısı transfer katsayısı ve teorik verim (etiket verimi) değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.51'de 1999-2010 yılları arası

(12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan Derece-Gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yıllık alan başına yakıt tasarrufu verilmiştir. Şekil 3.52’de TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı birim alan başına yıllık yakıt tasarrufu verilmiştir.



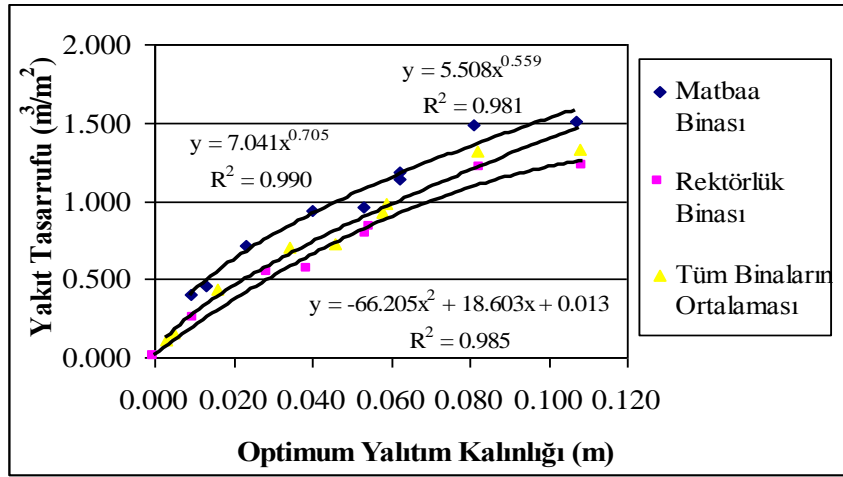
**Şekil 3.51:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu



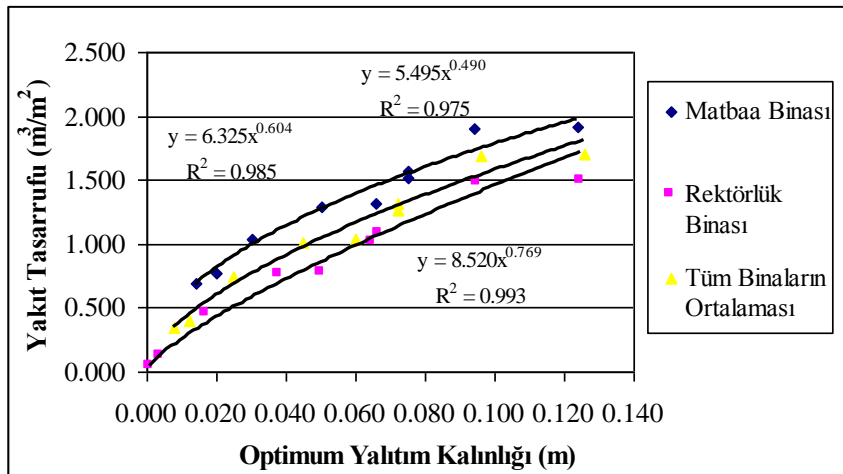
**Şekil 3.52:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu

### 3.2.5 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim için Isıtma Yıllık Yakıt Tasarrufu

Ölçülen ısı transfer katsayısı ve teorik verim (etiket verimi) değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.53'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yıllık birim alan başına yakıt tasarrufu verilmiştir. Şekil 3.54'de TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı birim alan başına yıllık yakıt tasarrufu verilmiştir.



Şekil 3.53: Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu

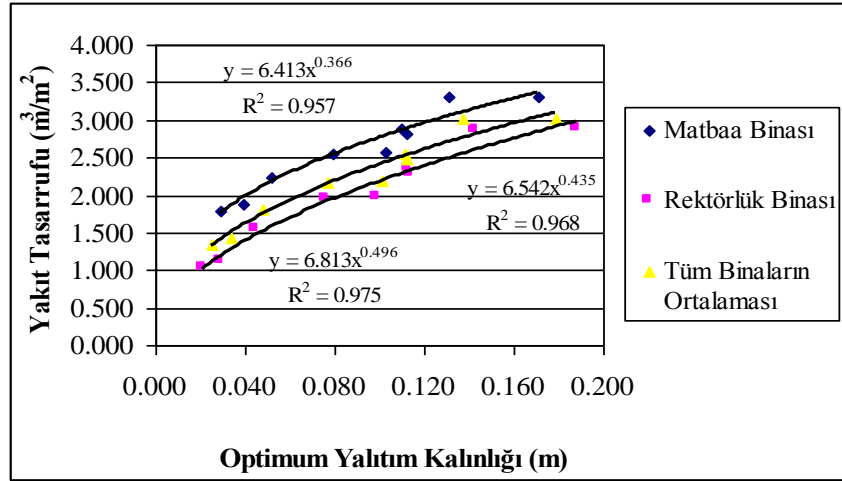


Şekil 3.54: Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu

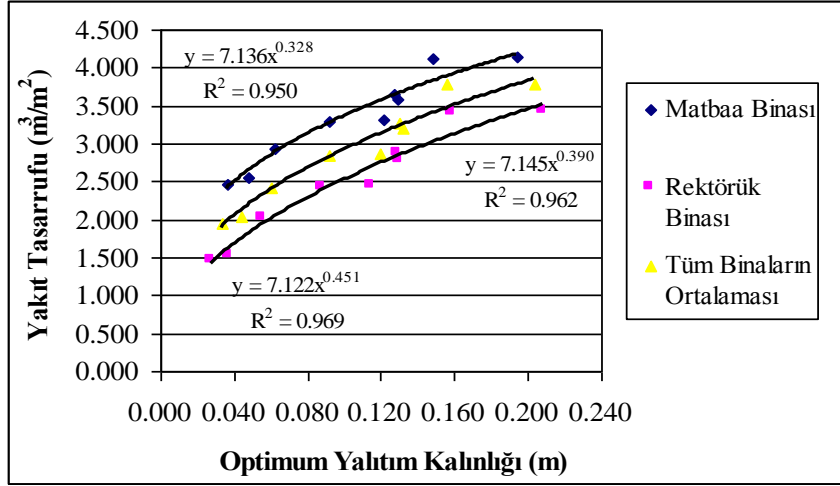


### 3.2.6 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen Verim için Isıtma Yıllık Yakıt Tasarrufu

Isı akış plakası ile ölçülen transfer katsayısına ve ölçülen verim değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.55’de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yıllık birim alan başına yakıt tasarrufu verilmiştir. Şekil 3.56’da TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı birim alan başına yıllık yakıt tasarrufu verilmiştir.



**Şekil 3.55:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu



**Şekil 3.56:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu

### 3.2.7 Hesaplanan ve Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik ve Ölçülen Verim Değerleri için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığının En Kısa Geri Dönüş Süreleri

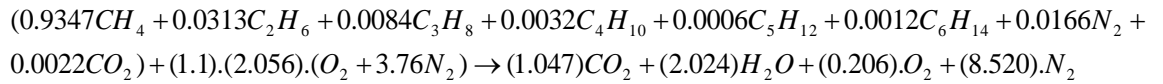
Geri ödeme süresi; yalıtım maliyetinin, yalıtımsız duvar ısıtma maliyetiyle yalıtımlı duvar maliyeti arasındaki farka bölünmesiyle elde edilen denklem (2.41) ile tespit edilmiştir. Tespit edilen en kısa geri ödeme süreleri Tablo 3.8'de verilmiştir. Tablo 3.8'de ise hesaplanan ve ölçülen dış duvar ısı transfer katsayısı ile teorik ve ölçülen verim değerlerine bağlı olarak, tüm bina hacimleri için ısıtma optimum yalıtım uygulamasının en kısa geri ödeme süreleri gösterilmiştir.

**Tablo 3.8:** Isıtma optimum yalıtım kalınlığına bağlı ek kısa geri ödeme süreleri

<b>En Kısa Geri Ödeme Süresi (yıl)</b>			
<b>Bina Hacmi</b>	<b>Hesaplanan Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim</b>	<b>Ölçülen Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim</b>	<b>Ölçülen Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen Verim</b>
<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>			
<b>Matbaa Binası</b>	0.731	0.595	0.370
<b>Ana Bina</b>	0.644	0.889	0.521
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	0.684	0.746	0.449
<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>			
<b>Matbaa Binası</b>	0.626	0.515	0.326
<b>Ana Bina</b>	0.575	0.787	0.467
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	0.587	0.636	0.393

### 3.2.8 Yanma Emisyonları

Tablo 2.11’de Balıkesir Gaz Şirketinden alınan Balıkesir il merkezinde kullanılan doğal gazın kimyasal bileşenleri verilmiştir. Bu kimyasal bileşenlere bağlı olarak denklem (2.47) yardımıyla elde edilen ve denklem (3.1)’de gösterilen teorik tam yanma denklemi bulunmuştur.

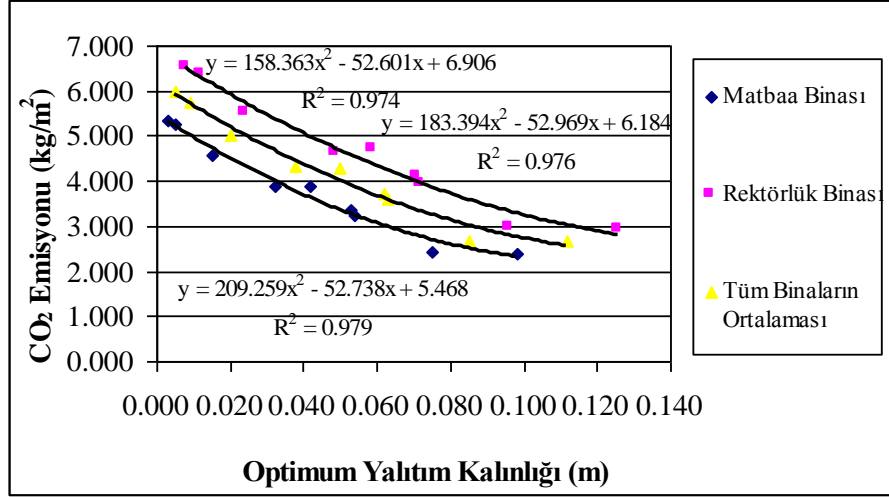


(3.1)

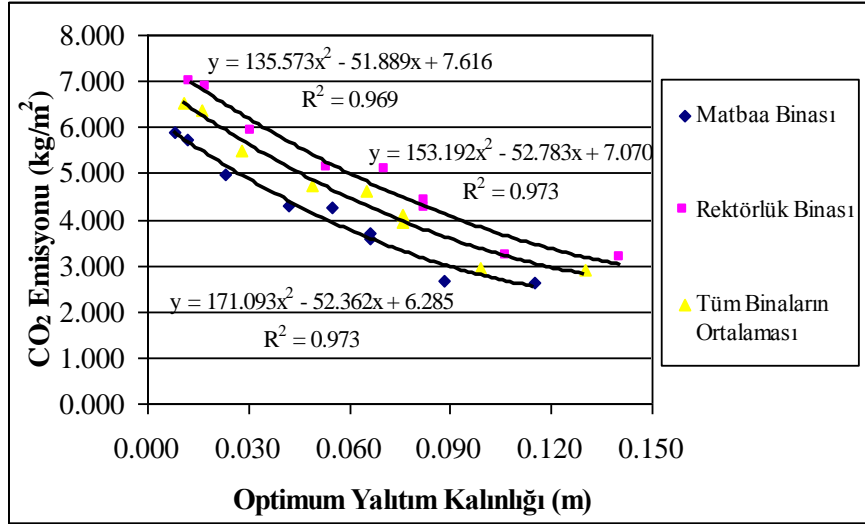
### **3.2.9 Hesaplanan ve Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik ve Ölçülen Verim Değerleri için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO<sub>2</sub> Emisyonu ile CO<sub>2</sub> Emisyon Azalımı**

#### **3.2.9.1 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO<sub>2</sub> Emisyonu ve CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalımı**

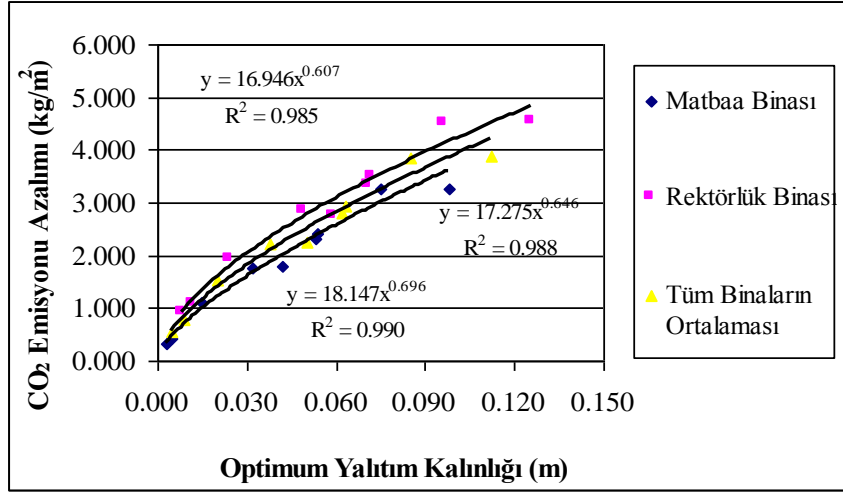
Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ve teorik verim (etiket verimi) değerlerine bağlı olarak; denklem (2.25) ile hesaplanan optimum yalıtım kalınlığı değeri, denklem (2.14)'de yerine yazılarak hesaplanan yakıt tüketim miktarına bağlı olarak, 1 m<sup>3</sup> yakıtın yanması ile üretilen CO<sub>2</sub> emisyonu; denklem (2.53) ile hesaplanmaktadır. Şekil 3.57'de; 1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı verilmiştir. Şekil 3.58'de ise TS 825 aylık ortalama dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı verilmiştir. Aynı denklemler yardımıyla, yalıtımsız duvar için hesaplanan yakıt tüketimi ve buna bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarları için optimum yalıtım kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma değerleri, Şekil 3.59'da 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma gösterilmiştir. Şekil 3.60'da ise TS 825 aylık ortalama dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma miktarı gösterilmiştir.



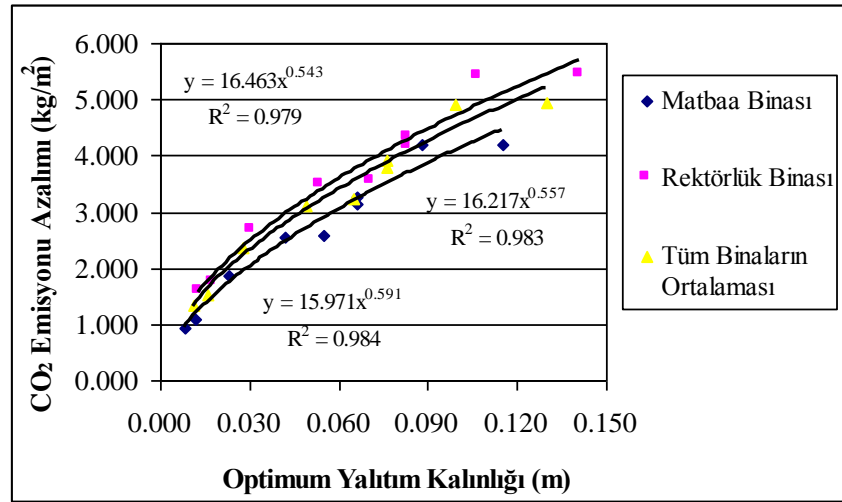
**Şekil 3.57:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu



**Şekil 3.58:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu



**Şekil 3.59:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma

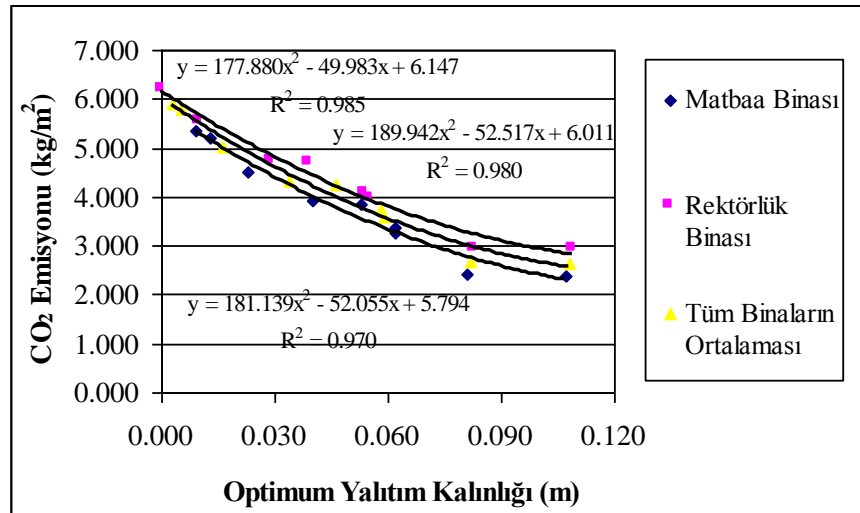


**Şekil 3.60:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma

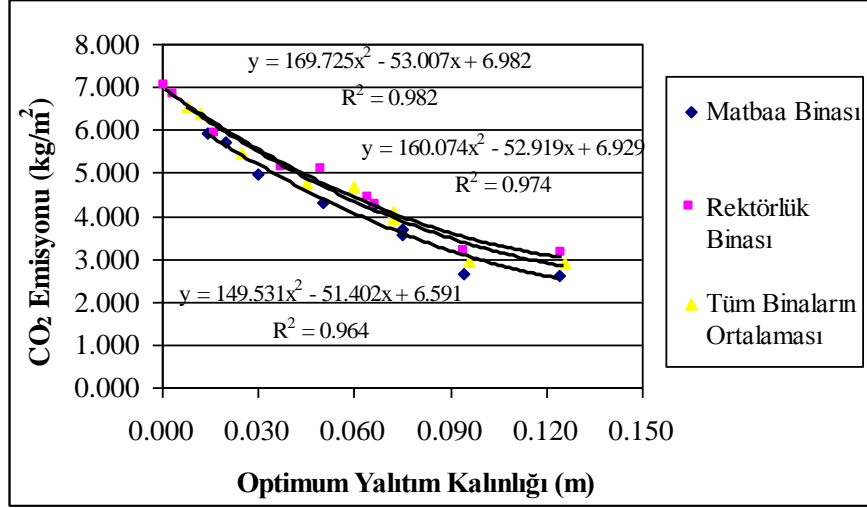
### 3.2.9.2 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO<sub>2</sub> Emisyonu ve CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalımı

Isı akış Plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı ve teorik verim (etiket verimi) değerlerine bağlı olarak; Şekil 3.61’de; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji

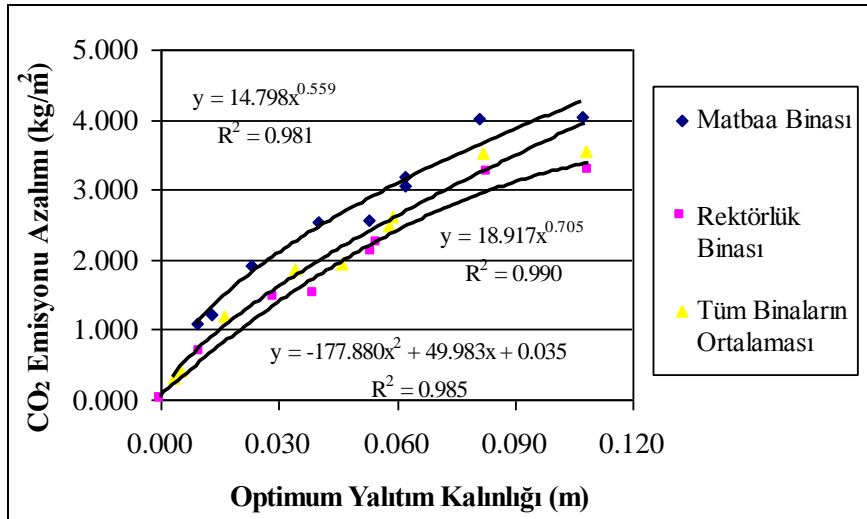
günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı verilmiştir. Şekil 3.62’de ise TS 825 aylık ortalama dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan Derece-Gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı verilmiştir. Aynı denklemler yardımıyla, yalıtımsız duvar için hesaplanan yakıt tüketimi ve buna bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarları için optimum yalıtım kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma değerleri, Şekil 3.63’de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan Derece-Gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma gösterilmiştir. Şekil 3.64’de ise TS 825 aylık ortalama dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma miktarı gösterilmiştir.



**Şekil 3.61:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu

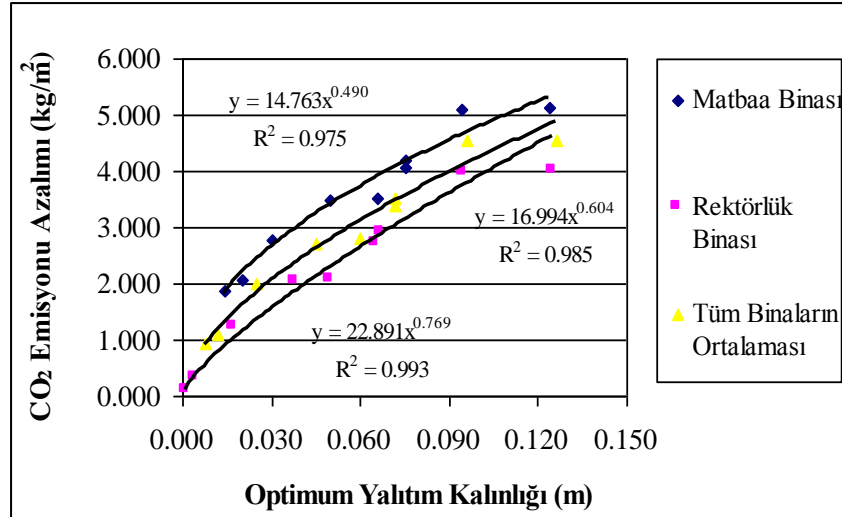


**Şekil 3.62:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu



**Şekil 3.63:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma



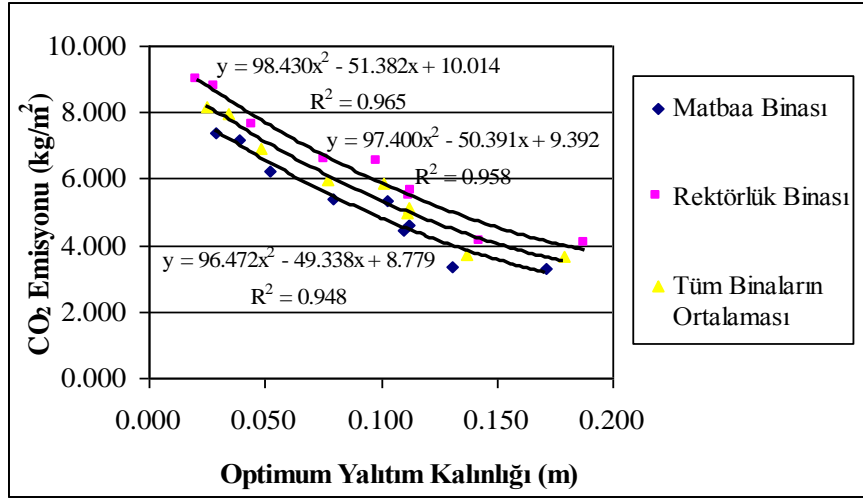


**Şekil 3.64:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma

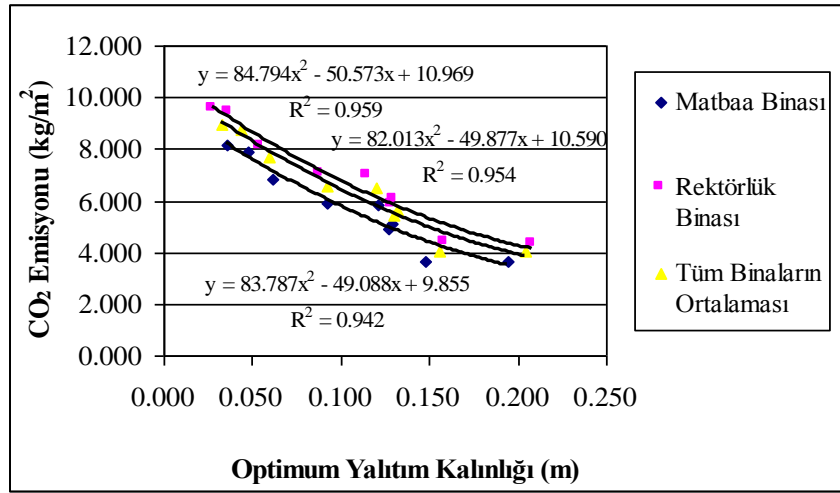
### 3.2.9.3 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen Verim için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO<sub>2</sub> Emisyonu ve CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalımı

Isı akış Plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı ve ölçülen verim değerlerine bağlı olarak; Şekil 3.65’de; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı verilmiştir. Şekil 3.66’de ise TS 825 aylık ortalama dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı verilmiştir. Aynı denklemler yardımıyla, yalıtımsız duvar için hesaplanan yakıt tüketimi ve buna bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarları için optimum yalıtım kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma değerleri, Şekil 3.67’de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma gösterilmiştir. Şekil 3.68’de ise TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak

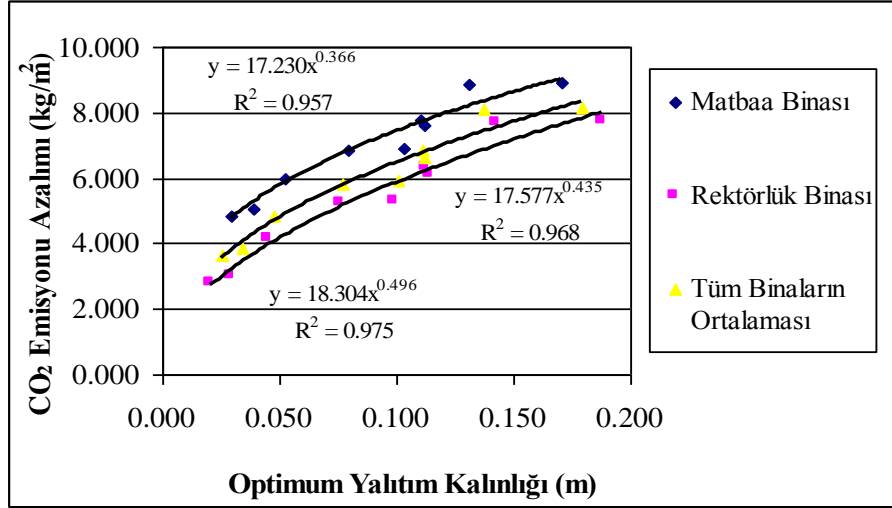
hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma miktarı gösterilmiştir.



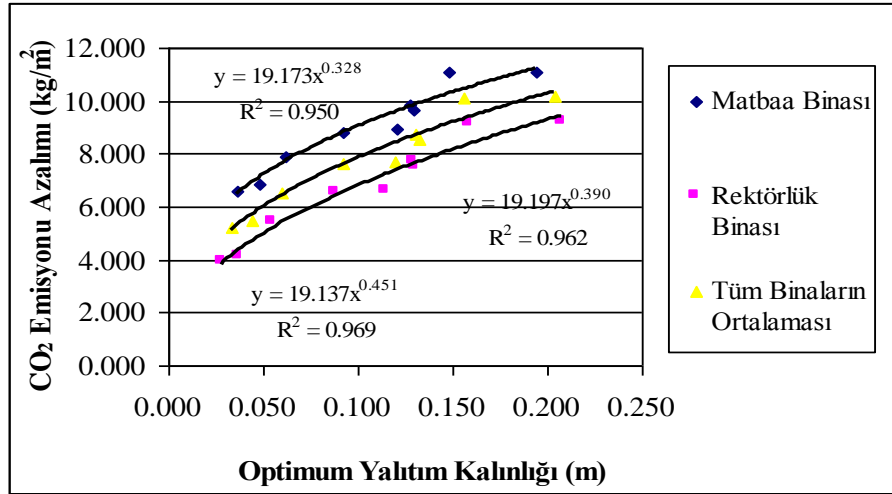
**Şekil 3.65:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu



**Şekil 3.66:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu



**Şekil 3.67:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma



**Şekil 3.68:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen ısıtma verim değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma

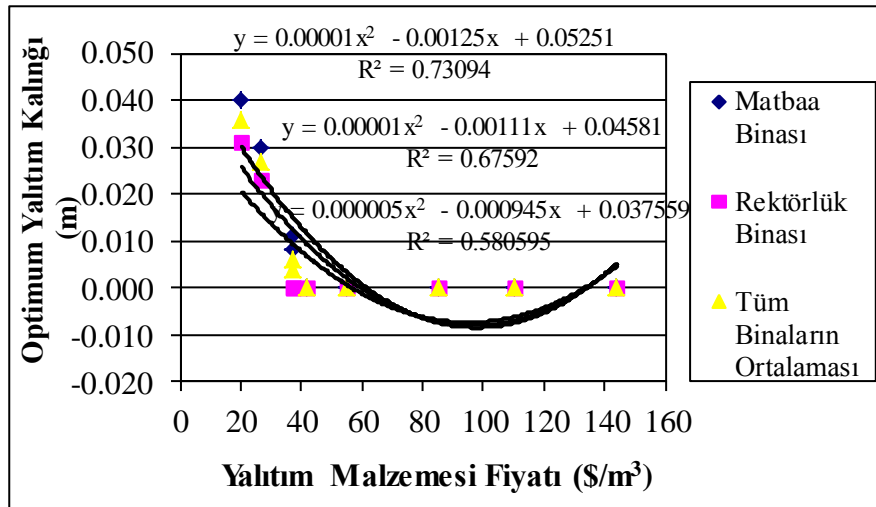
### 3.3 Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Soğutma Sistemi COP ye Bağlı Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı, Yakıt Tüketimi ve Geri Ödeme Süresi

Bu bölümde, hesaplanan ve ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ve ölçülen COP değerlerine bağlı olarak örnek binanın soğutma dönemi için

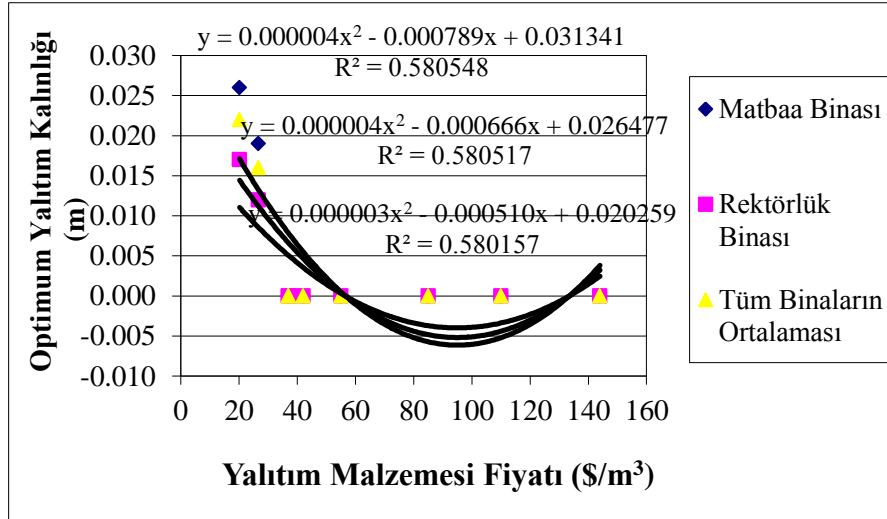
incelenen dış duvarların optimum yalıtım kalınlığı, binanın yakıt tüketimi ve uygulanan yalıtımın geri ödeme süreleri incelenmiştir.

### 3.3.1 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik COP için Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi

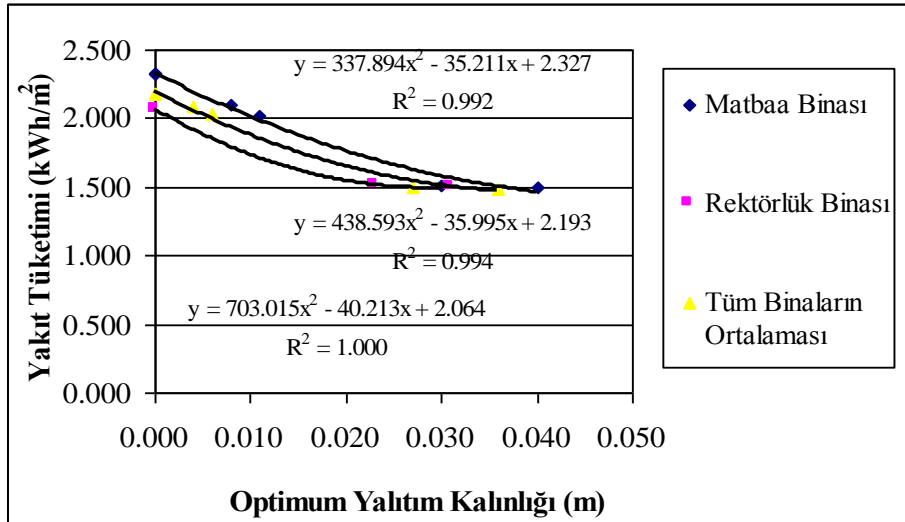
Teorik olarak hesaplanan (denklem 2.10) ısı transfer katsayısı ve teorik COP (etiket COP değeri) değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.69'da 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama ve Şekil 3.70'de ise TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan Derece-Gün değerleri için, yalıtım malzemesi fiyatına bağlı denklem (2.26) ile bulunan optimum yalıtım kalınlığının grafiği verilmiştir. Şekil 3.71'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama ve Şekil 3.72'de ise TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı denklem (2.15) kullanılarak bulunan yakıt tüketiminin grafiği verilmiştir.



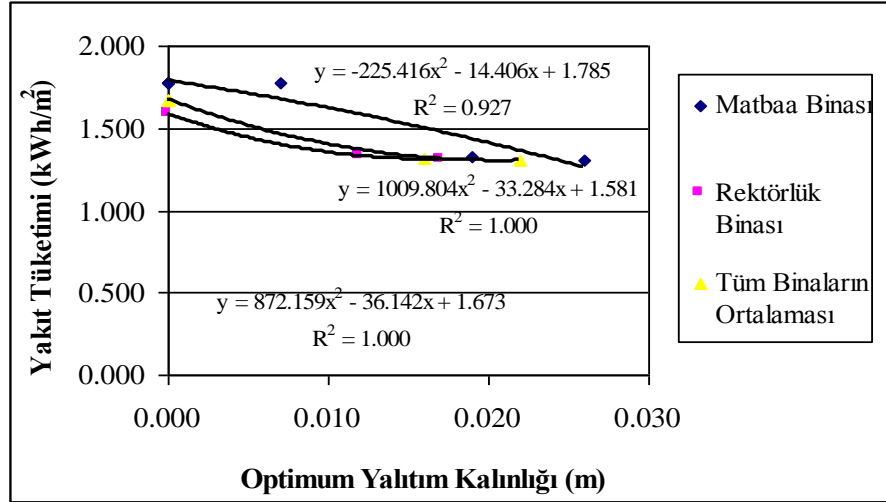
**Şekil 3.69:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



**Şekil 3.70:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



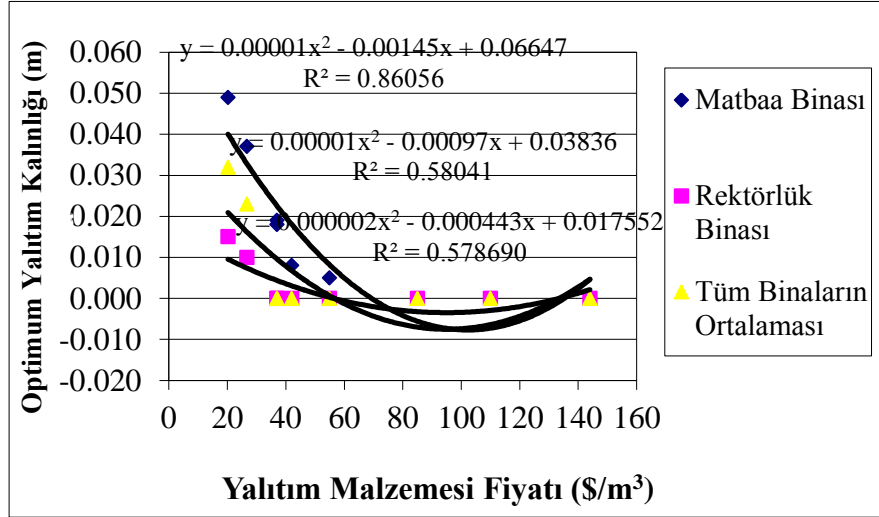
**Şekil 3.71:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi



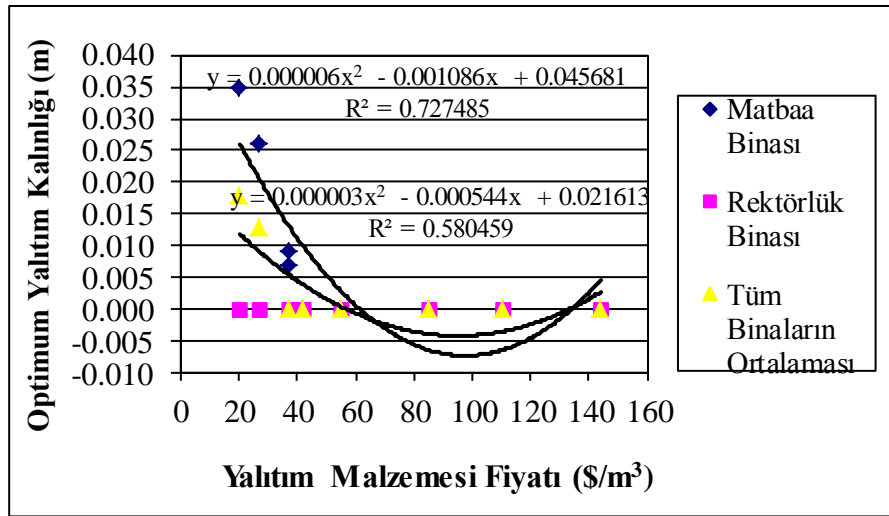
**Şekil 3.72:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığı bağlı yakıt tüketimi

### 3.3.2 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik COP için Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi

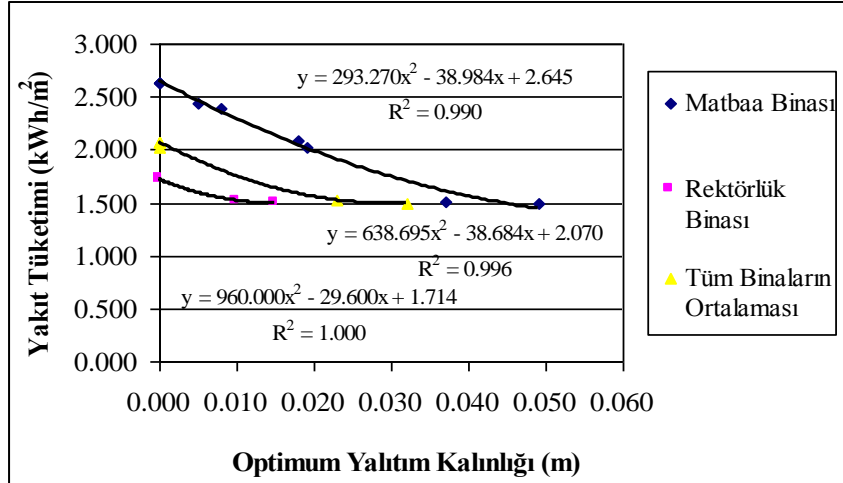
Isı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı ve teorik COP (etiket COP değeri) değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.73'de 1999-2010 yılları arası günlük ortalama (12 yıllık) ve Şekil 3.74'de ise TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için, yalıtım malzemesi fiyatına bağlı denklem (2.26) ile bulunan optimum yalıtım kalınlığının grafiği verilmiştir. Şekil 3.75'de 1999-2010 yılları arası günlük ortalama (12 yıllık) ve Şekil 3.76'da ise TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan Derece-Gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketiminin grafiği verilmiştir.



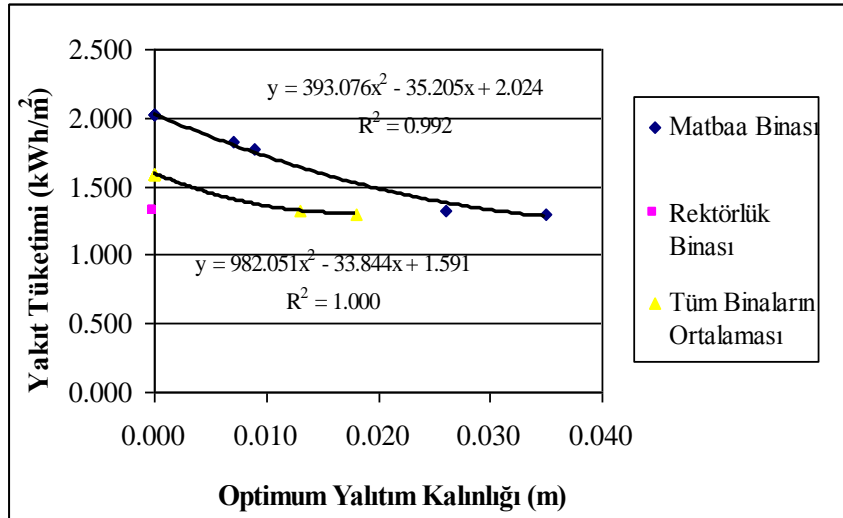
**Şekil 3.73:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



**Şekil 3.74:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



**Şekil 3.75:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi



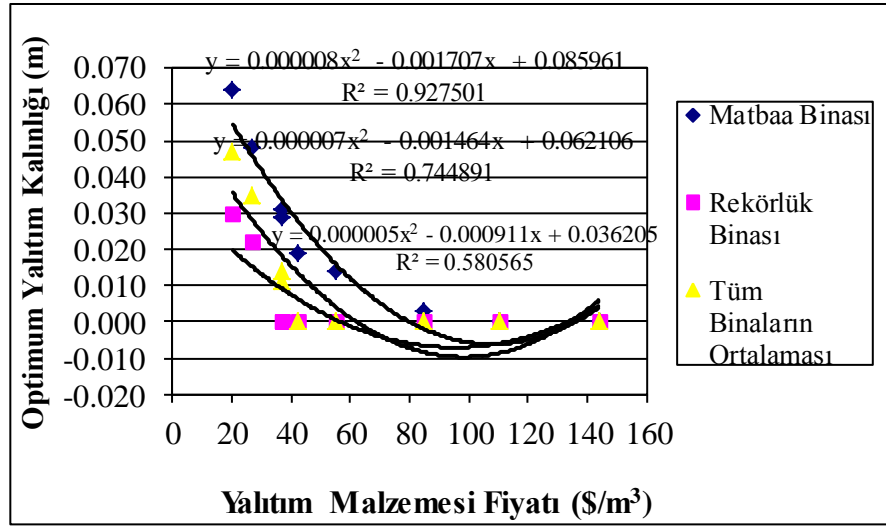
**Şekil 3.76:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi

### 3.3.3 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen COP için Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi

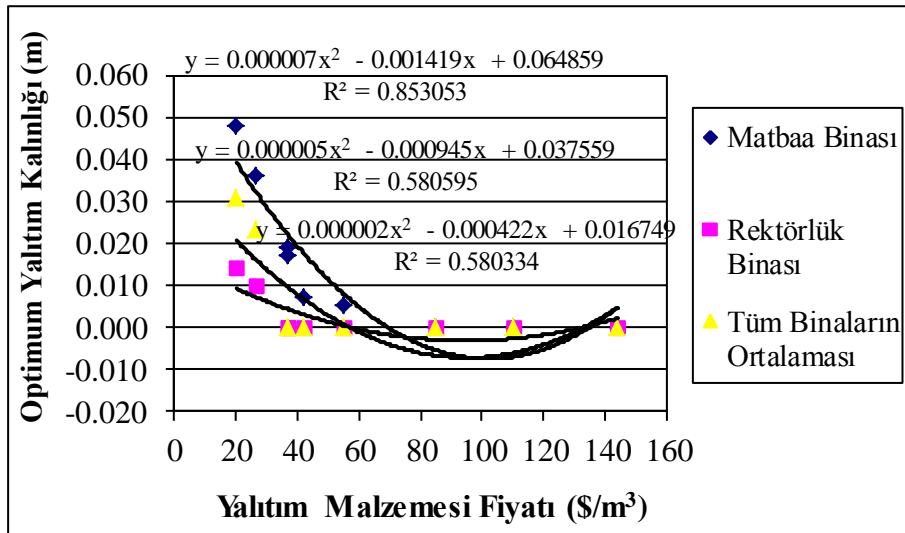
Isı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı ve ölçülen COP değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.77’de 1999-2010 yılları arası günlük ortalama (12 yıllık) ve Şekil 3.78’de ise TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri kullanılarak



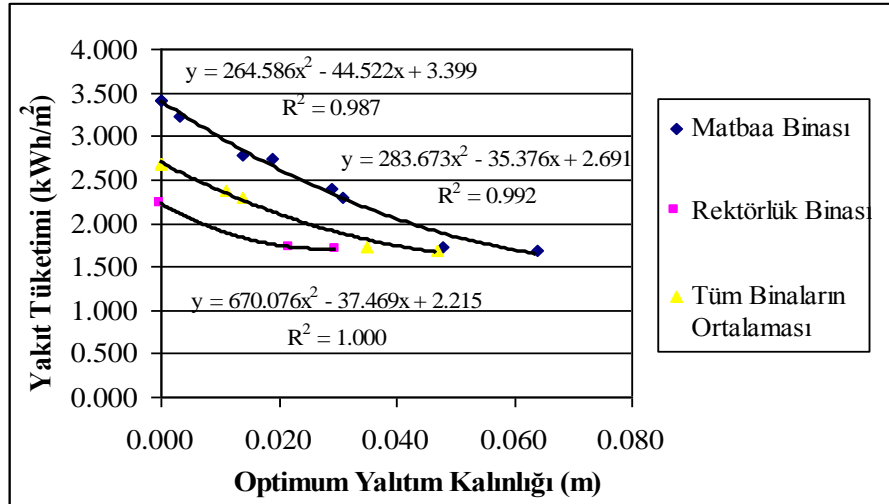
hesaplanan derece-gün değerleri için, yalıtım malzemesi fiyatına bağlı denklem (2.26) ile bulunan optimum yalıtım kalınlığının grafiği verilmiştir. Şekil 3.79'da 1999-2010 yılları arası günlük ortalama (12 yıllık) ve Şekil 3.80'de ise TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketiminin grafiği verilmiştir.



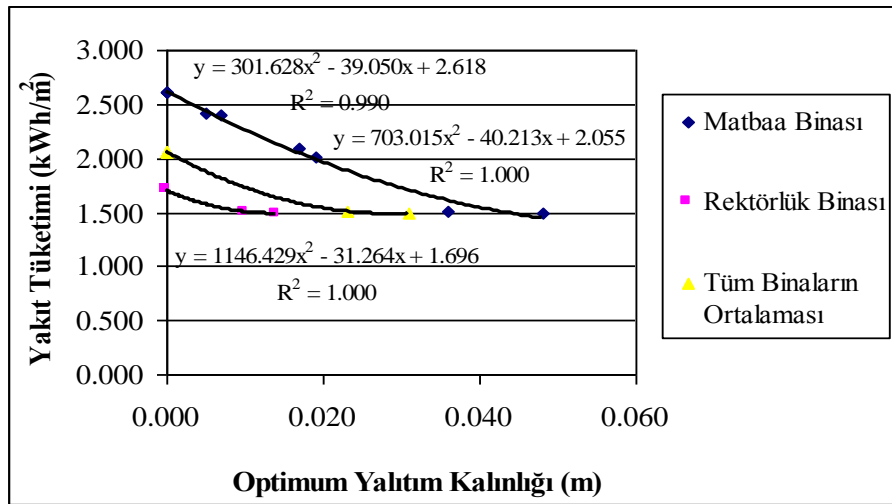
Şekil 3.77: Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



Şekil 3.78: Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



**Şekil 3.79:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi

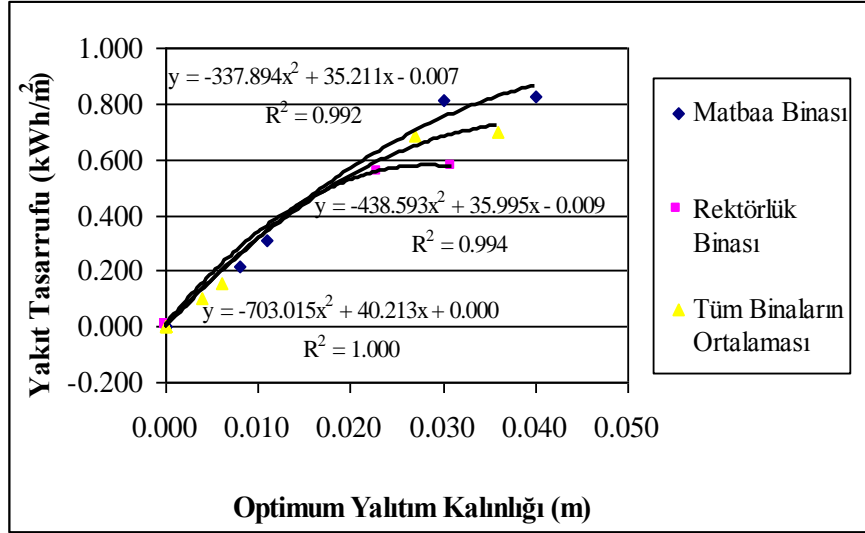


**Şekil 3.80:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi

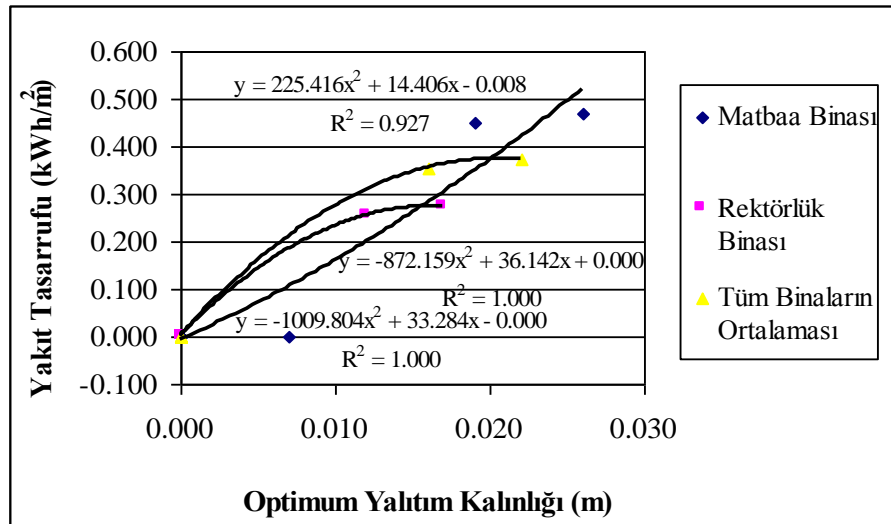
### 3.3.4 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik COP için Yıllık Yakıt Tasarrufu

Yakıt tasarrufu hesabı, denklem (2.15) kullanılarak, yalıtımsız duvar ve optimum yalıtımlı duvar için yakıt tüketimi farkı alınarak yapılmaktadır. Hesaplanan ısı transfer katsayısı ve teorik COP (etiket COP değeri) değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.81'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama dış hava sıcaklık

verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yıllık alan başına yakıt tasarrufu verilmiştir. Şekil 3.82’de TS 825 aylık ortalama dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı alan başına yıllık yakıt tasarrufu verilmiştir.



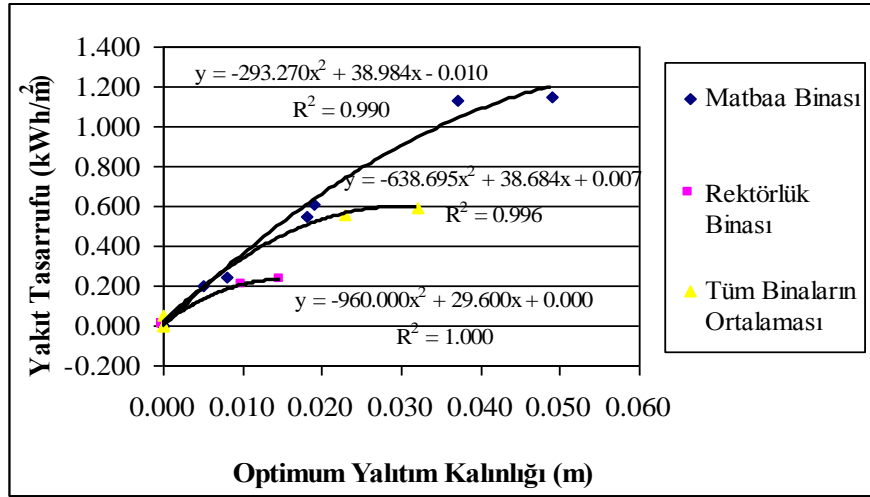
**Şekil 3.81:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu



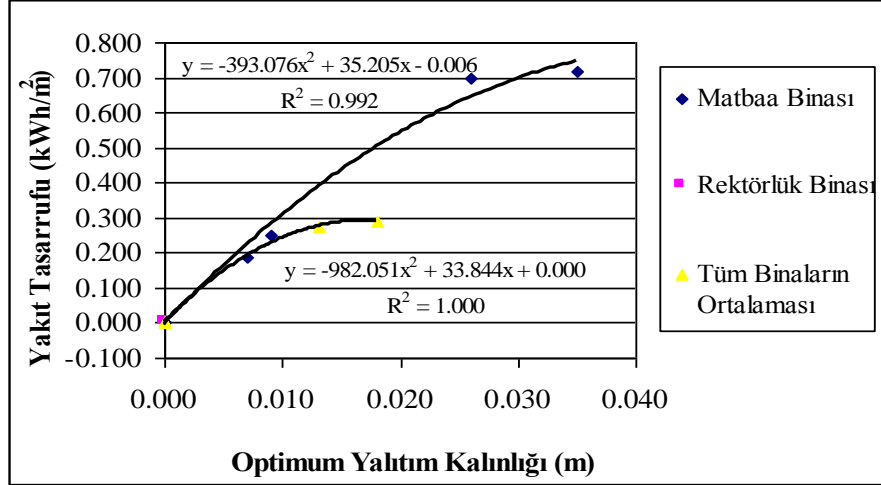
**Şekil 3.82:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu

### 3.3.5 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Teorik COP için Yıllık Yakıt Tasarrufu

Ölçülen ısı transfer katsayısı ve teorik COP (etiket COP değeri) değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.83'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yıllık birim alan başına yakıt tasarrufu verilmiştir. Şekil 3.84'de TS 825 aylık ortalama dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı birim alan başına yıllık yakıt tasarrufu verilmiştir.



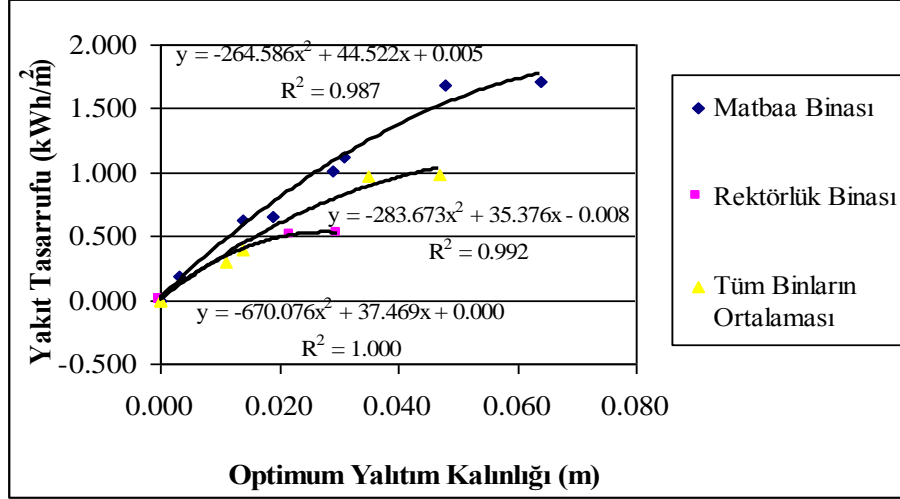
**Şekil 3.83:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu



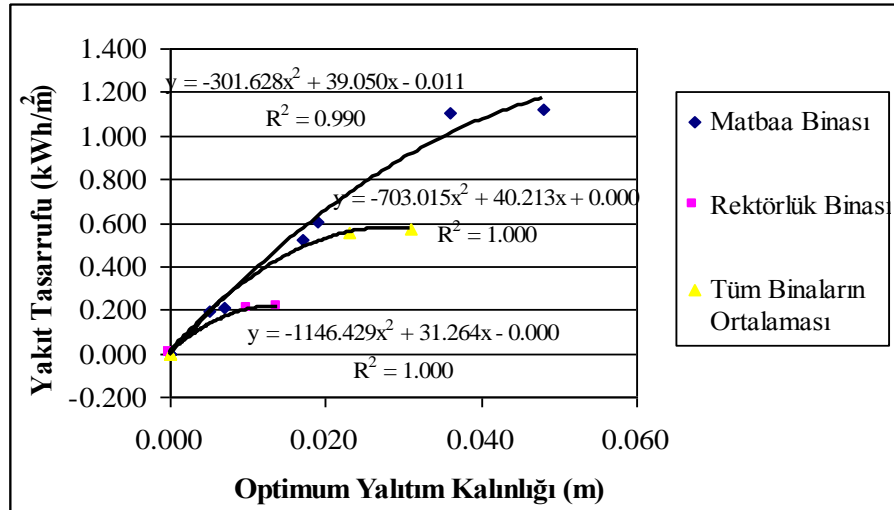
**Şekil 3.84:** Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu

### 3.3.6 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen COP için Yıllık Yakıt Tasarrufu

Ölçülen ısı transfer katsayısı ve ölçülen COP değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.85'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yıllık birim alan başına yakıt tasarrufu verilmiştir. Şekil 3.86'da TS 825 aylık ortalama dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı birim alan başına yıllık yakıt tasarrufu verilmiştir.



Şekil 3.85: Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu



Şekil 3.86: Ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu

### 3.3.7 Hesaplanan ve Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik ve Ölçülen COP değerleri için Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığının En Kısa Geri Ödeme Süreleri

Gerri ödeme süresi; yalıtım maliyetinin, yalıtımsız duvar soğutma maliyetiyle yalıtımlı duvar soğutma maliyeti arasındaki farka bölünmesiyle elde edilen ve denklem (2.41)'de verilen denklem ile tespit edilmiştir. Tespit edilen en kısa geri

ödeme süreleri Tablo 3.9’da verilmiştir. Tablo 3.9’da ise hesaplanan ve ölçülen dış duvar ısı transfer katsayısı ile teorik ve ölçülen COP değerlerine bağlı olarak, tüm bina hacimleri için soğutma optimum yalıtım uygulamasının en kısa geri ödeme süreleri verilmiştir.

**Tablo 3.9:** Soğutma optimum yalıtım kalınlığına bağlı en kısa geri ödeme süreleri

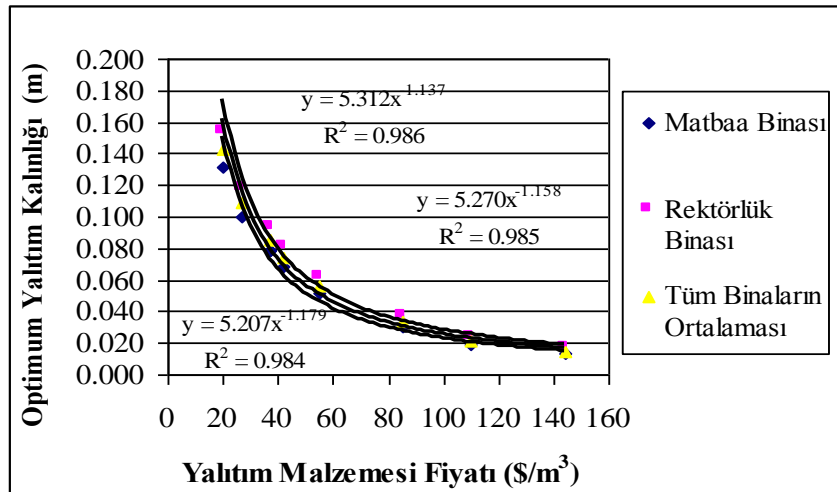
<b>En Kısa Geri Ödeme Süresi (yıl)</b>			
<b>Bina Hacmi</b>	<b>Hesaplanan Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim</b>	<b>Ölçülen Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim</b>	<b>Ölçülen Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen Verim</b>
<b>12 Yıllık (1999-2010) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>			
<b>Matbaa Binası</b>	1.797	1.314	0.992
<b>Ana Bina</b>	2.571	7.070	3.277
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	2.182	2.571	1.718
<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>			
<b>Matbaa Binası</b>	2.771	1.851	1.317
<b>Ana Bina</b>	4.684	----	6.963
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	3.670	4.616	2.602

### **3.4 Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Isıtma, Soğutma Sistemi Verimine ve COP Değerlerine Bağlı Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı, Yakıt Tüketimi, Yakıt Tüketimi Tasarrufu, Geri Ödeme Süresi, CO<sub>2</sub> Emisyonu ve CO<sub>2</sub> Emisyon Azalımı**

Bu bölümde hesaplanan ve ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik ve ölçülen verim ile COP değerlerine bağlı olarak örnek binanın ısıtma+soğutma için incelenen dış duvarların optimum yalıtım kalınlığı, binanın yakıt tüketimi, uygulanan yalıtımın geri ödeme süreleri, CO<sub>2</sub> emisyonu ve CO<sub>2</sub> emisyon azalımı incelenmiştir.

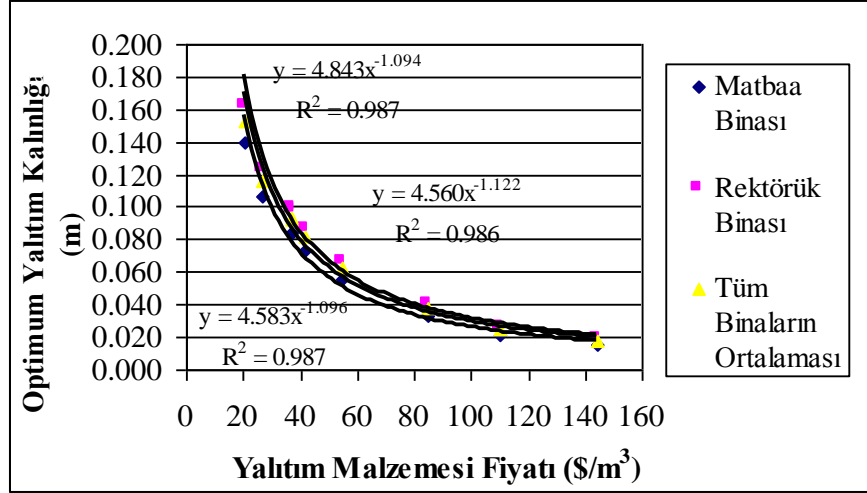
### 3.4.1 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik Verim ve Teorik COP için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi

Teorik olarak hesaplanan (denklem 2.10) ısı transfer katsayısı ile teorik verim ve teorik COP (etiket verimi ve COP değeri) değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.87’de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama ve Şekil 3.88’de ise TS 825 dış ortam aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için, yalıtım malzemesi fiyatına bağlı denklem (2.29) ile bulunan optimum yalıtım kalınlığının grafiği verilmiştir. Şekil 3.89’da 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama ve Şekil 3.90’da ise TS 825 dış ortam aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı denklem (2.14) kullanılarak bulunan yakıt tüketiminin grafiği verilmiştir.

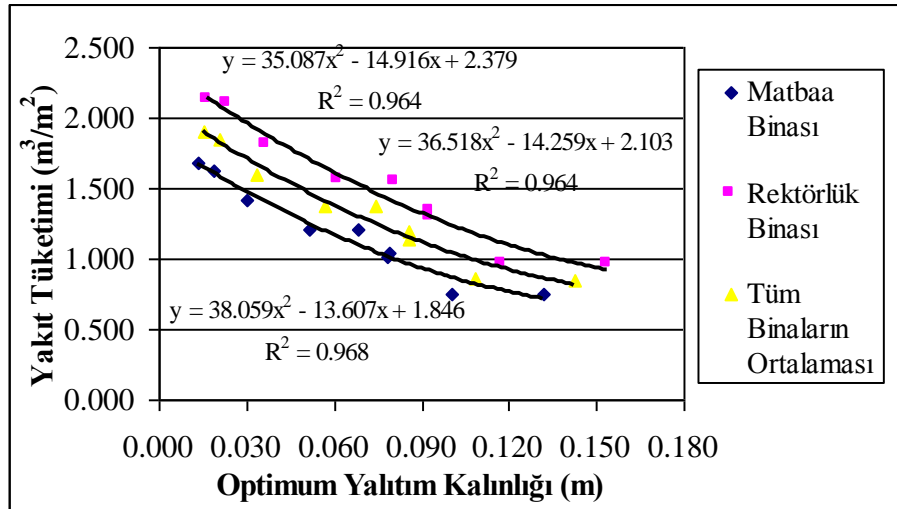


**Şekil 3.87:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı

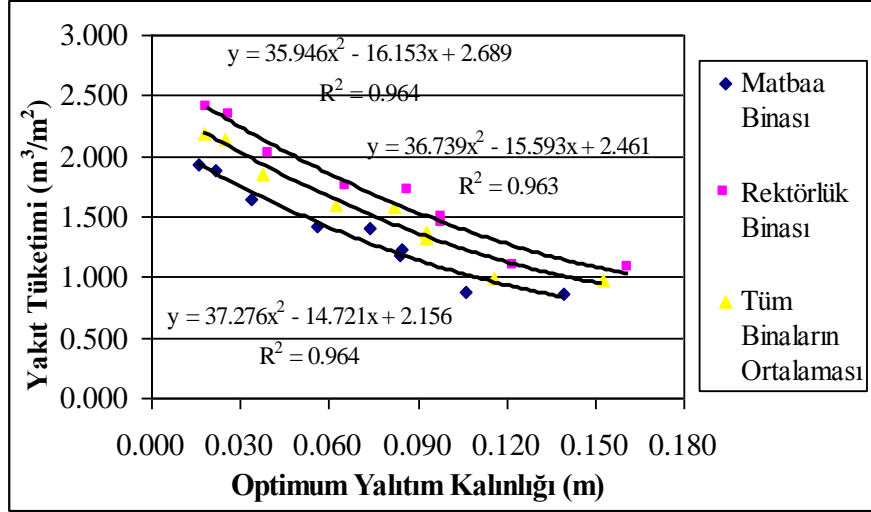




**Şekil 3.88:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



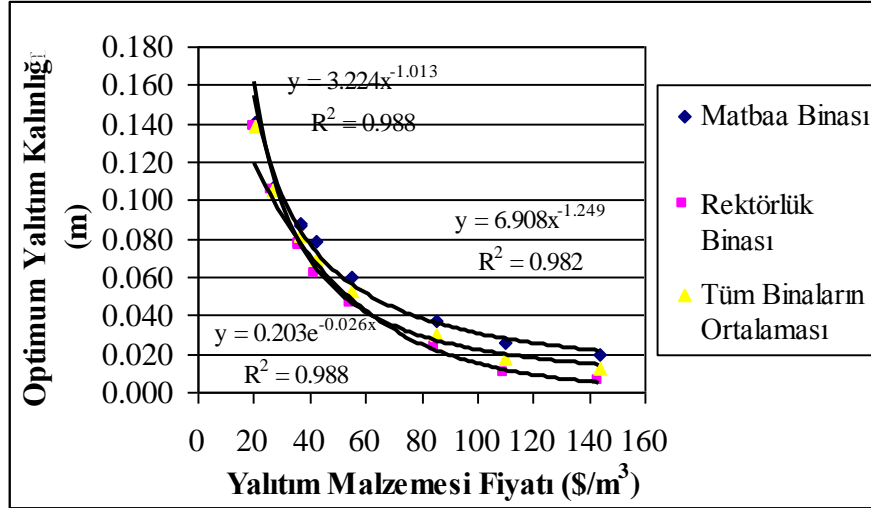
**Şekil 3.89:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi



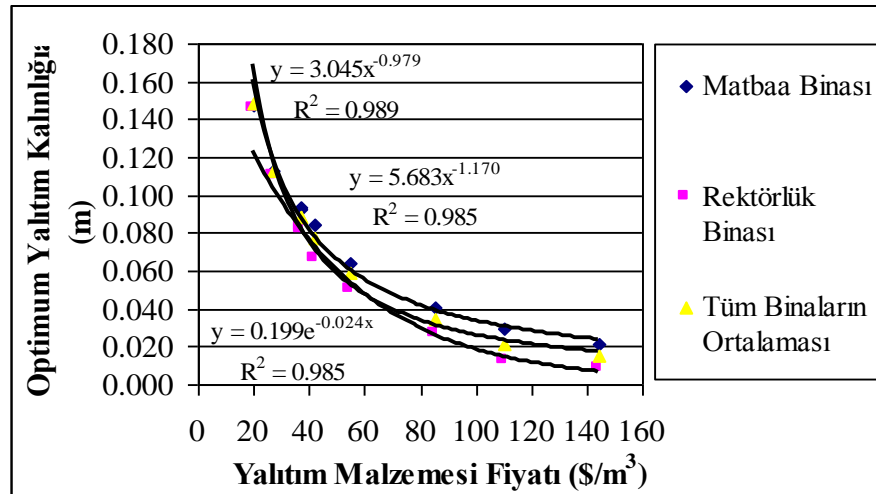
**Şekil 3.90:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığı bağlı yakıt tüketimi

### 3.4.2 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik Verim ve Teorik COP için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi

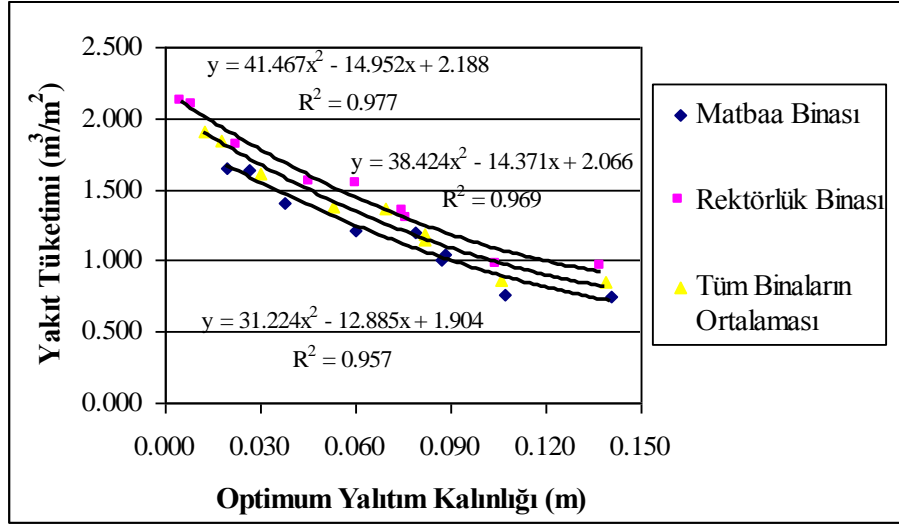
Isı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik verim ve teorik COP (etiket verimi ve COP değeri) değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.91'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama, Şekil 3.92'de ise TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı grafiği verilmiştir. Şekil 3.93'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama ve Şekil 3.94'de ise TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi grafiği verilmiştir.



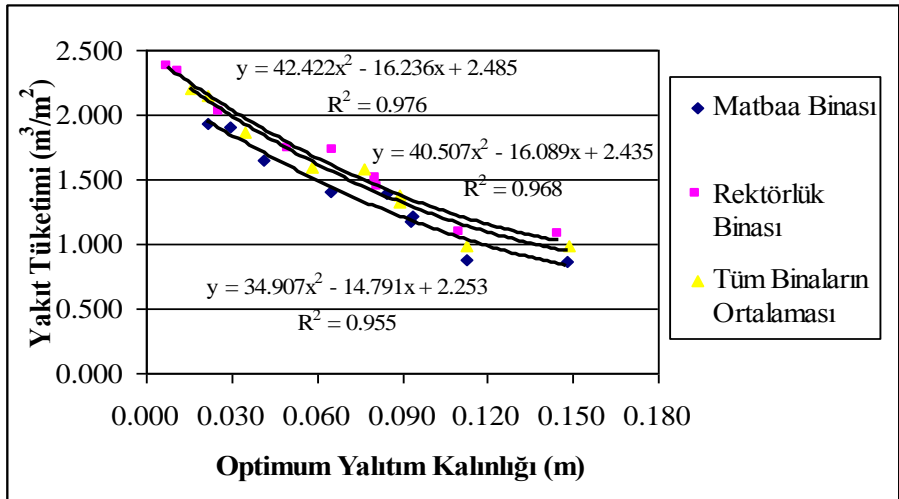
**Şekil 3.91:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 Yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



**Şekil 3.92:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



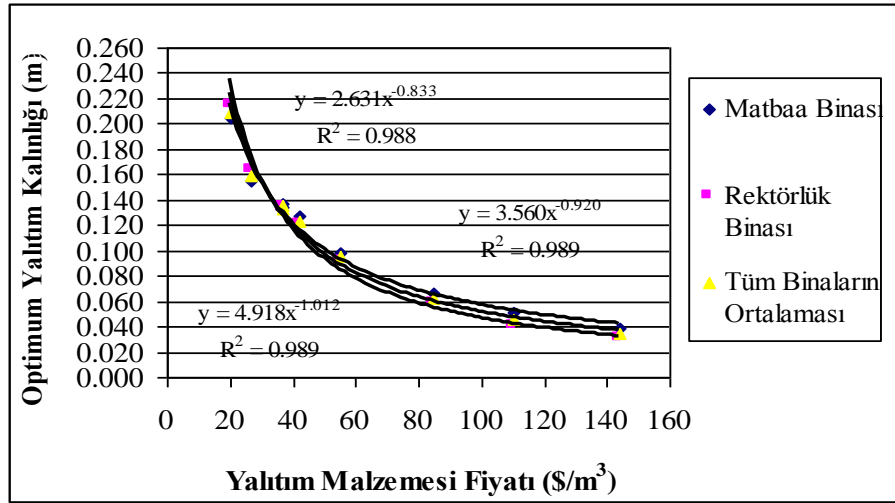
**Şekil 3.93:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi



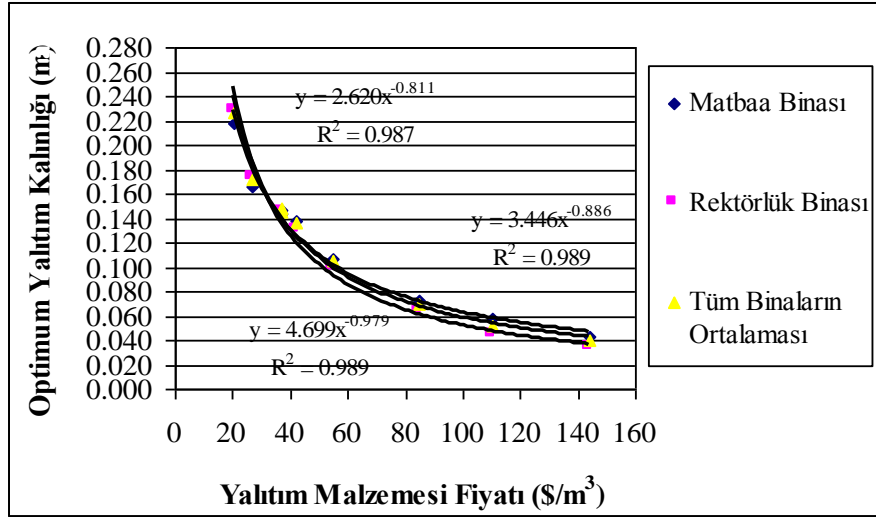
**Şekil 3.94:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi

### 3.4.3 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Ölçülen Verim ve Ölçülen COP için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Yakıt Tüketimi

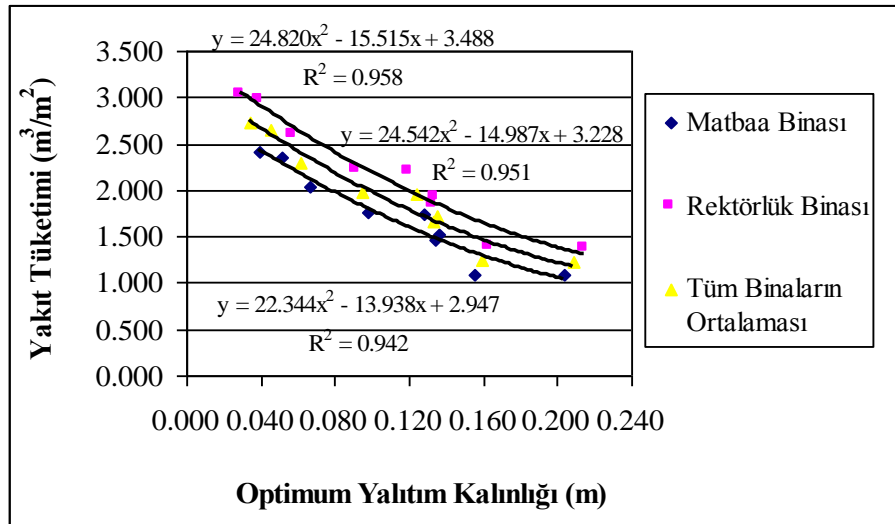
Isı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına ile ölçülen verim ve ölçülen COP değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.95’de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama, Şekil 3.96’da ise TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı grafiği verilmiştir. Şekil 3.97’de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) günlük ortalama ve Şekil 3.98’de ise TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi grafiği verilmiştir.



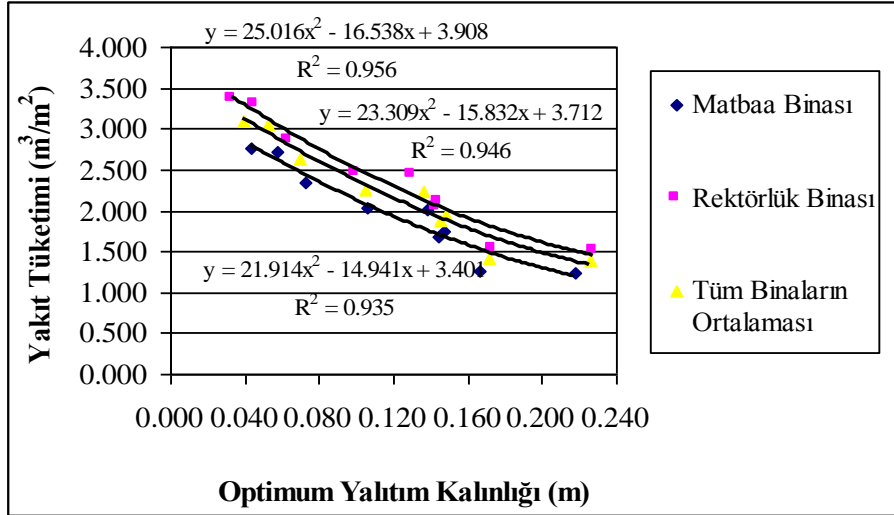
Şekil 3.95: Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



Şekil 3.96: Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı



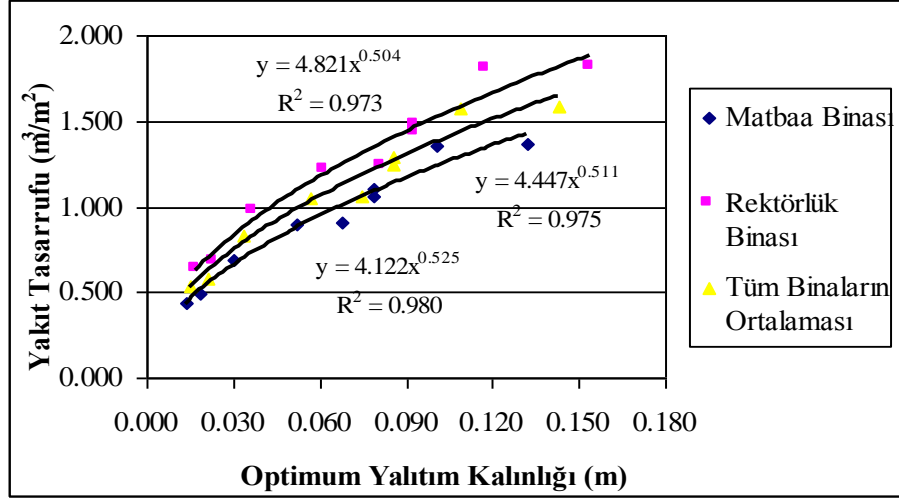
Şekil 3.97: Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi



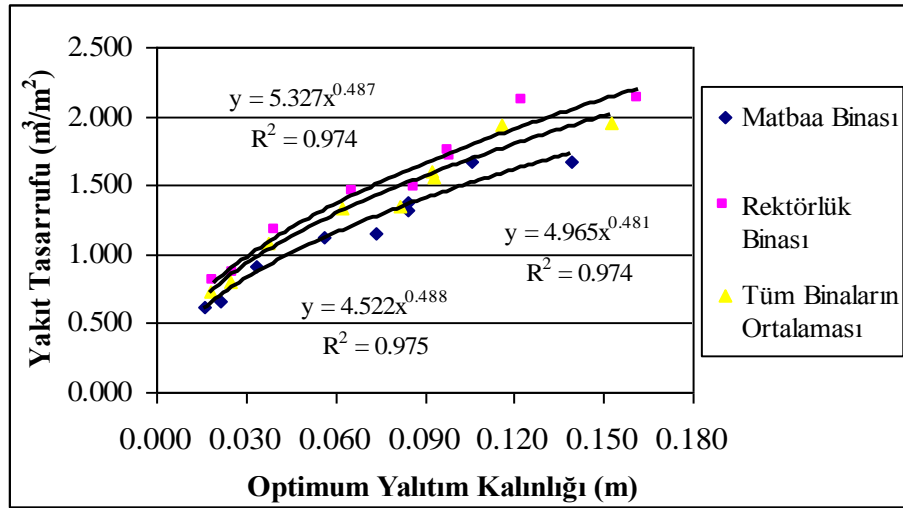
**Şekil 3.98:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tüketimi

### 3.4.4 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik Verim ve Teorik COP için Isıtma+Soğutma Yıllık Yakıt Tasarrufu

Denklem (2.10) yardımıyla hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik verim ve teorik COP (etiket verimi ve COP değeri) değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.99'da 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yıllık birim alan başına yakıt tasarrufu verilmiştir. Şekil 3.100'de TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı birim alan başına yıllık yakıt tasarrufu verilmiştir. Yakıt tasarrufu hesaplanırken, denklem (2.14) kullanılarak, yalıtımsız duvar ve optimum yalıtımlı duvar için yakıt tüketimi farkı alınmıştır.



**Şekil 3.99:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığı bağlı yakıt tasarrufu



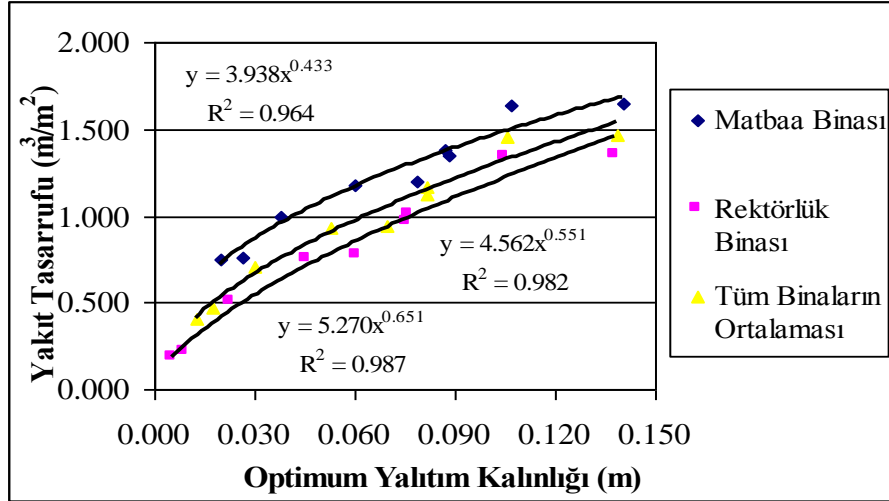
**Şekil 3.100:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu

### 3.4.5 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik Verim ve Teorik COP için Isıtma+Soğutma Yıllık Yakıt Tasarrufu

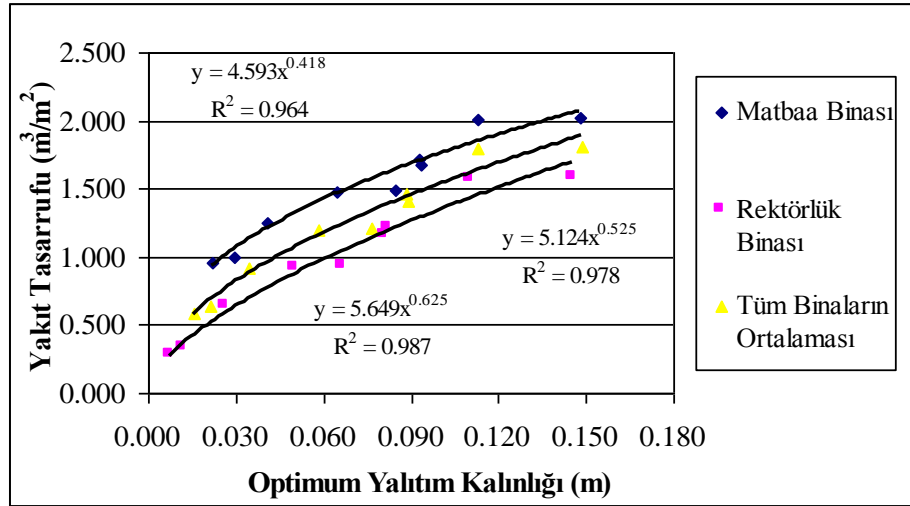
Ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik verim ve teorik COP (etiket verimi ve COP değeri) değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.101'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan



derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yıllık birim alan başına yakıt tasarrufu verilmiştir. Şekil 3.102’de TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı birim alan başına yıllık yakıt tasarrufu verilmiştir.



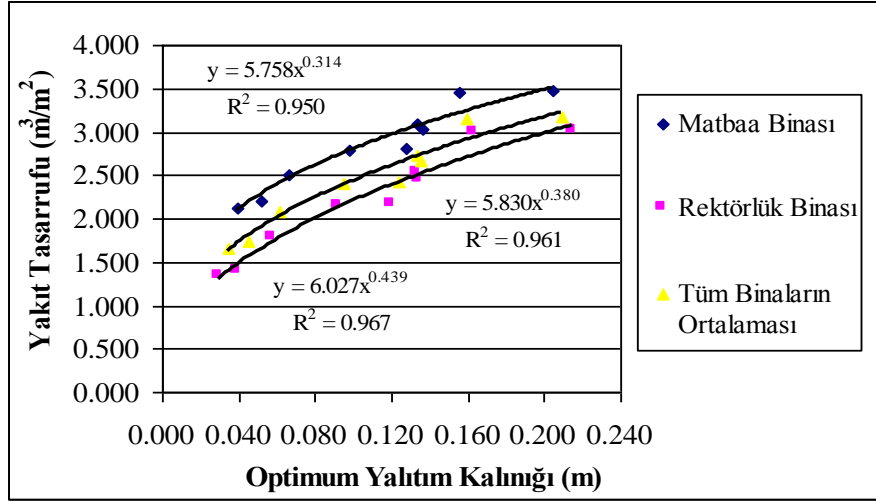
**Şekil 3.101:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu



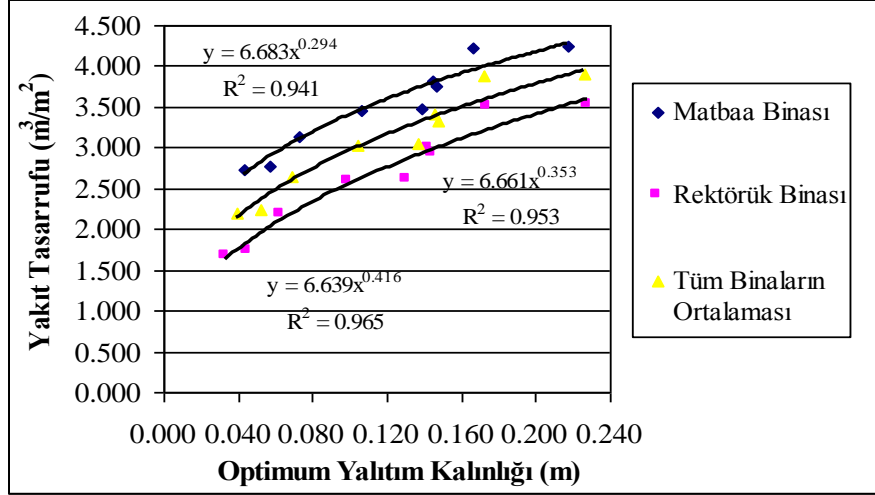
**Şekil 3.102:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu

### 3.4.6 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Ölçülen Verim ve Ölçülen COP için Isıtma+Soğutma Yıllık Yakıt Tasarrufu

Isı akış plakası ile ölçülen transfer katsayısına ile ölçülen verim ve ölçülen COP değerlerine bağlı olarak, Şekil 3.103'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yıllık birim alan başına yakıt tasarrufu verilmiştir. Şekil 3.104'de TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı birim alan başına yıllık yakıt tasarrufu verilmiştir.



**Şekil 3.103:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu



**Şekil 3.104:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı yakıt tasarrufu

### 3.4.7 Hesaplanan ve Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik ve Ölçülen Verim ile COP Değerleri için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığının En Kısa Geri Ödeme Süreleri

Gerri ödeme süresi; yalıtım maliyetinin, yalıtımsız duvar ısıtma+soğutma maliyetiyle yalıtımlı duvar ısıtma+soğutma maliyeti arasındaki farka bölünmesiyle elde edilen ve denklem (2.41)'de verilen denklem ile tespit edilmiştir. Tespit edilen en kısa geri ödeme süreleri Tablo 3.10'da verilmiştir. Tablo 3.10'da ise hesaplanan ve ölçülen dış duvar ısı transfer katsayısı ile teorik ve ölçülen verim değerlerine bağlı olarak, tüm bina hacimleri için ısıtma optimum yalıtım uygulamasının en kısa geri ödeme süreleri verilmiştir.

**Tablo 3.10:** Isıtma+Soğutma optimum yalıtım kalınlığına bağlı en kısa geri ödeme süreleri

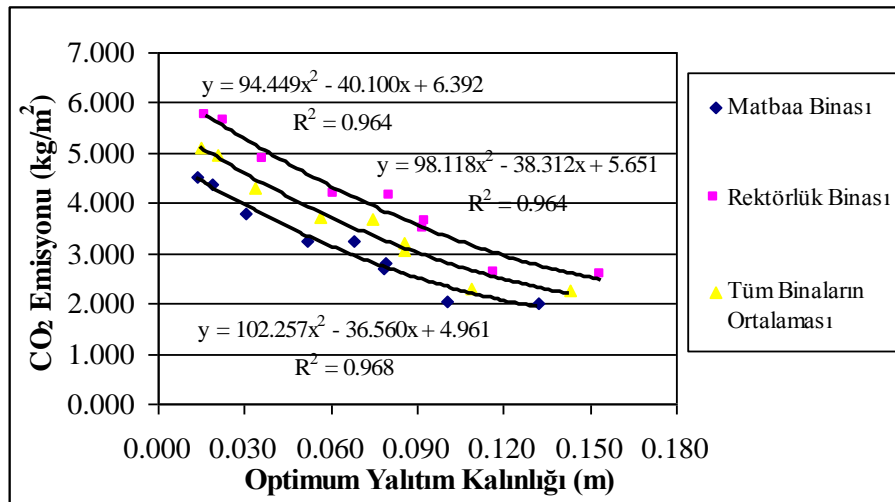
<b>En Kısa Geri Ödeme Süresi (yıl)</b>			
<b>Bina Hacmi</b>	<b>Hesaplanan Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim</b>	<b>Ölçülen Isı Transfer Katsayısı ve Teorik Verim</b>	<b>Ölçülen Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen Verim</b>
<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>			
<b>Matbaa Binası</b>	1.026	0.804	0.445
<b>Ana Bina</b>	0.804	1.154	0.599
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	0.895	0.986	0.528
<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>			
<b>Matbaa Binası</b>	0.770	0.620	0.367
<b>Ana Bina</b>	0.663	0.925	0.514
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	0.696	0.758	0.437

### **3.4.8 Hesaplanan ve Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik ve Ölçülen Verim Değerleri için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO<sub>2</sub> Emisyonu ve CO<sub>2</sub> Emisyon Azalımı**

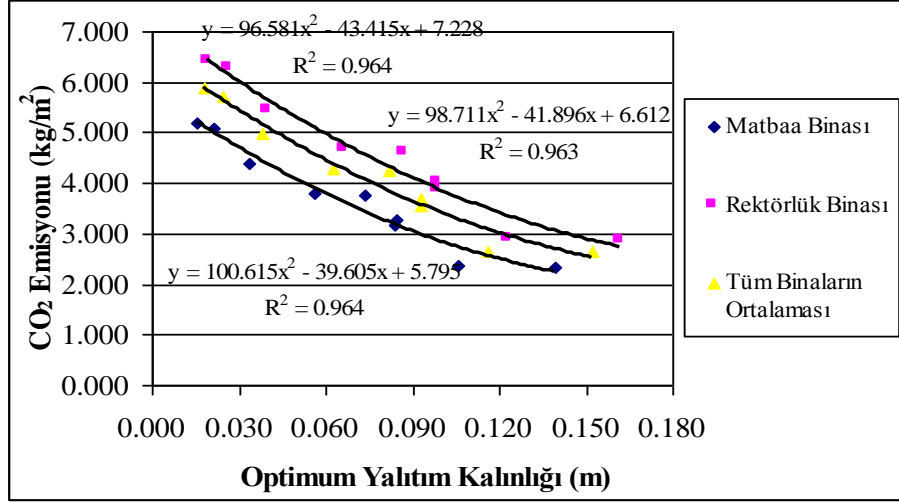
#### **3.4.8.1 Hesaplanan Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik Verim ve Teorik COP için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO<sub>2</sub> Emisyonu ve CO<sub>2</sub> Emisyon Azalımı**

Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik verim ve teorik COP (etiket verimi ve COP değeri) değerlerine bağlı olarak; denklem (2.29) ile hesaplanan optimum yalıtım kalınlığı değeri, denklem (2.14)'de yerine yazılarak hesaplanan ısıtma yakıt tüketim miktarına bağlı olarak, 1 m<sup>3</sup> yakıtın yanması ile üretilen CO<sub>2</sub> emisyonu; denklem (2.53) ile hesaplanmaktadır. Şekil 3.105'de; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak

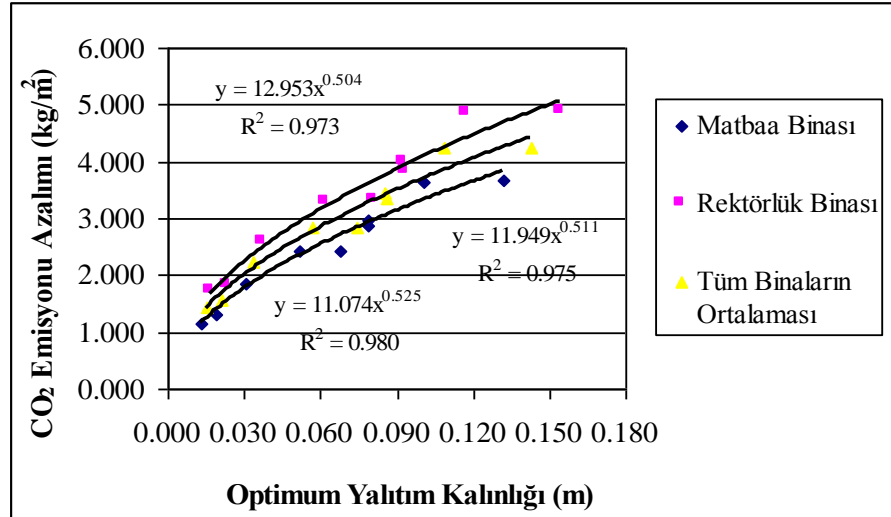
hesaplanan Derece-Gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı verilmiştir. Şekil 3.106'da ise TS 825 aylık ortalama dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı verilmiştir. Aynı denklemler yardımıyla, yalıtımsız duvar için hesaplanan yakıt tüketimi ve buna bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarları için optimum yalıtım kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma değerleri, Şekil 3.107'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma gösterilmiştir. Şekil 3.108'de ise TS 825 aylık ortalama dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma miktarı gösterilmiştir.



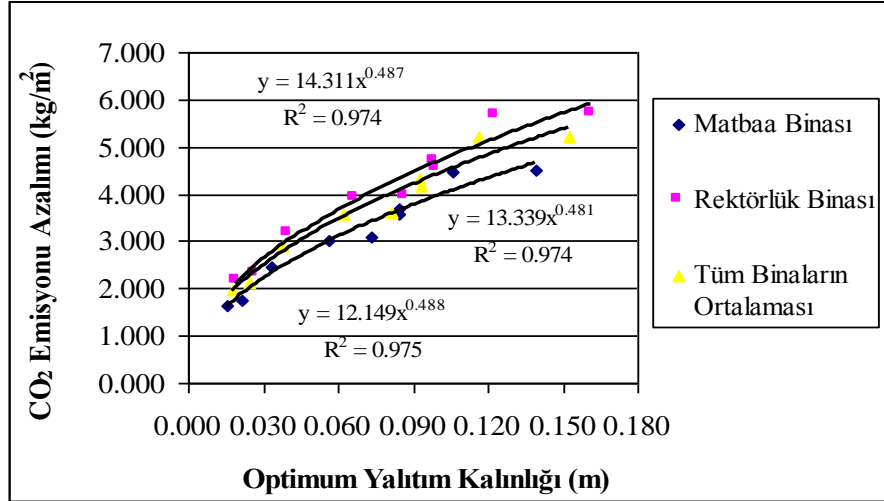
**Şekil 3.105:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu



**Şekil 3.106:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu



**Şekil 3.107:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma

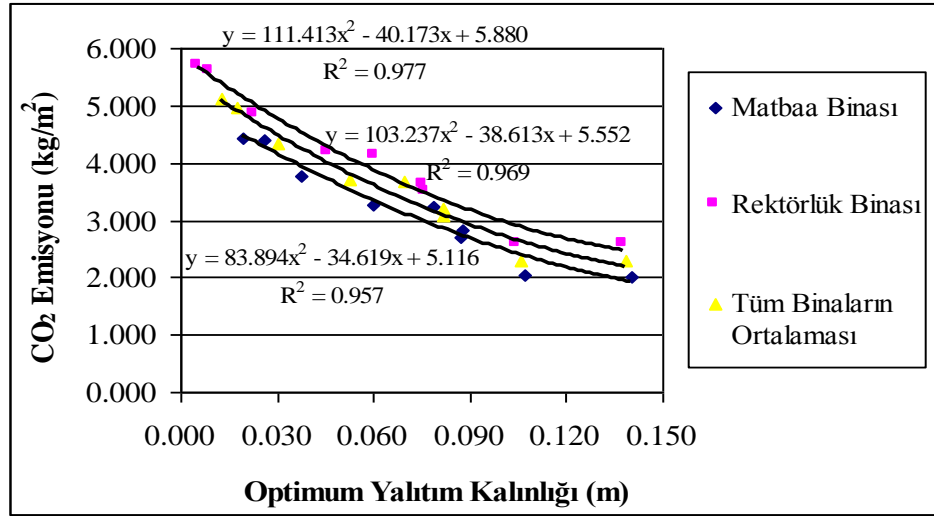


**Şekil 3.108:** Teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma

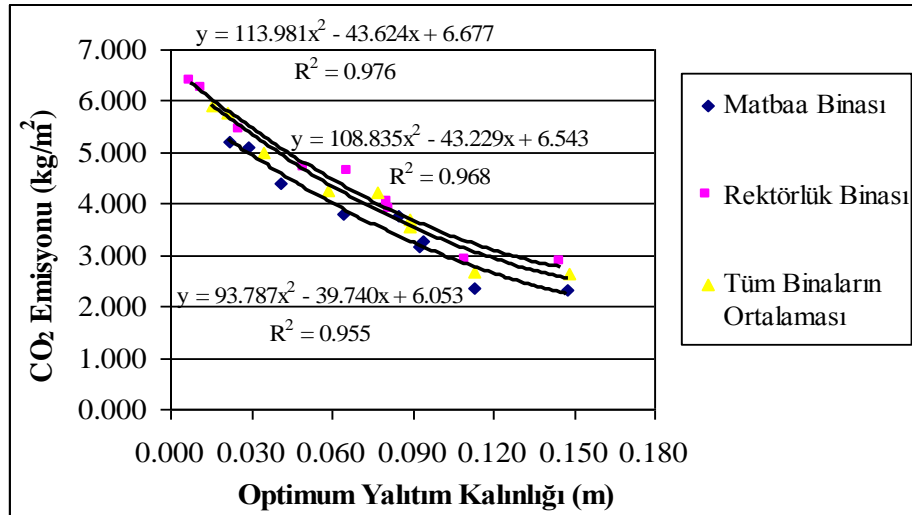
#### 3.4.8.2 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Teorik Verim ve Teorik COP için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO<sub>2</sub> Emisyonu ve CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalımı

Isı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı ile teorik verim ve teorik COP değerlerine bağlı olarak; Şekil 3.109'da; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı verilmiştir. Şekil 3.110'da ise TS 825 aylık ortalama dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı verilmiştir. Aynı denklemler yardımıyla, yalıtımsız duvar için hesaplanan yakıt tüketimi ve buna bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarları için optimum yalıtım kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma değerleri, Şekil 3.111'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla azalma gösterilmiştir. Şekil 3.112'de ise TS 825 aylık ortalama dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak

hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma miktarı gösterilmiştir.

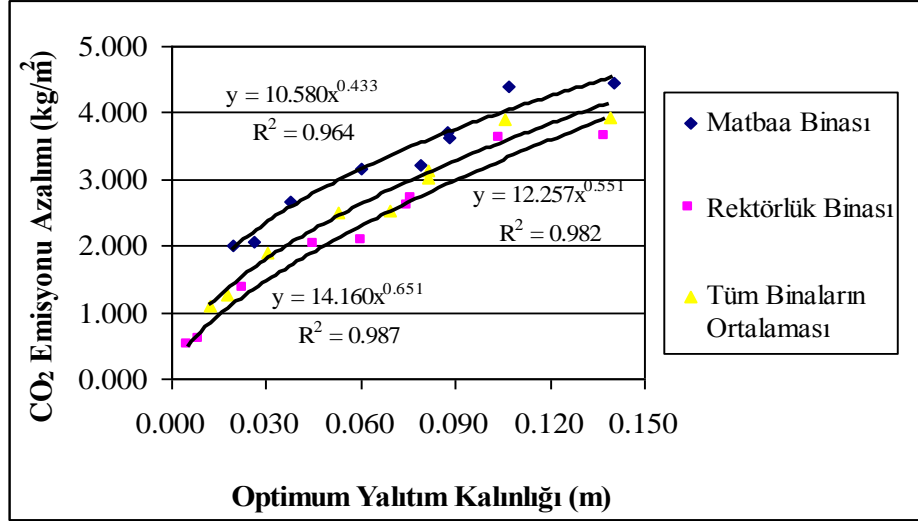


**Şekil 3.109:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu

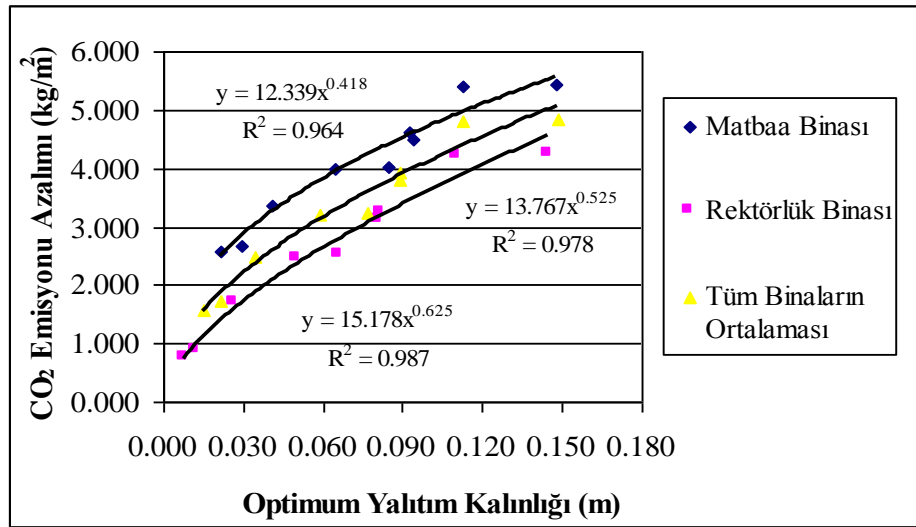


**Şekil 3.110:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu





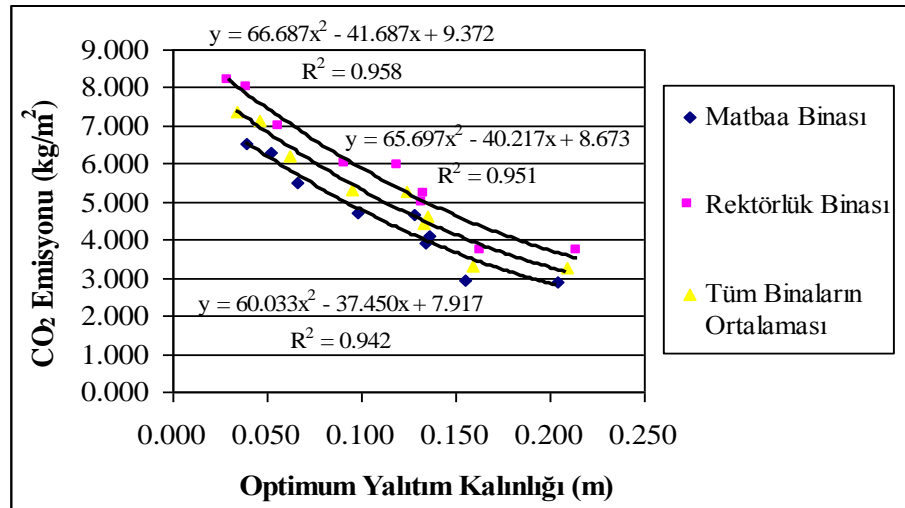
**Şekil 3.111:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma



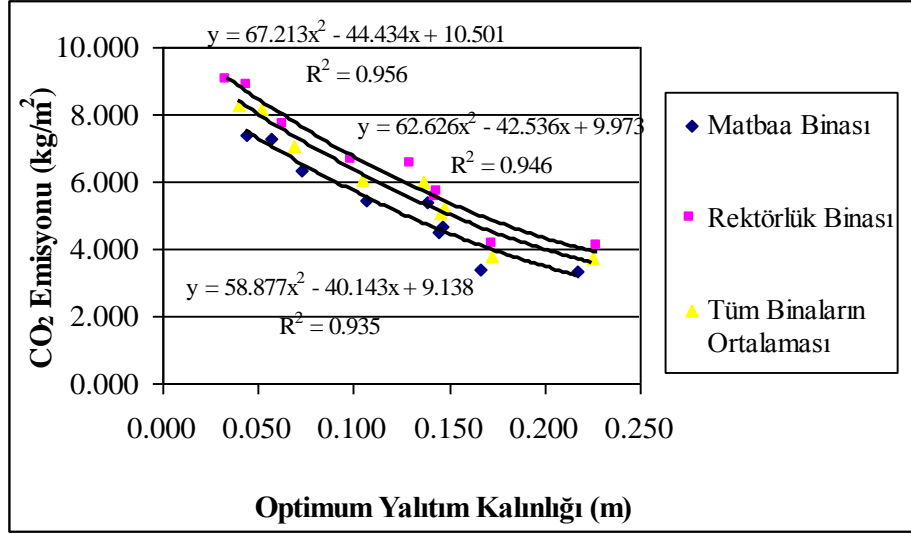
**Şekil 3.112:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, teorik ısıtma verimi ile teorik soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma

### 3.4.8.3 Ölçülen Dış Duvar Isı Transfer Katsayısı ile Ölçülen Verim ve Ölçülen COP için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı CO<sub>2</sub> Emisyonu ve CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalımı

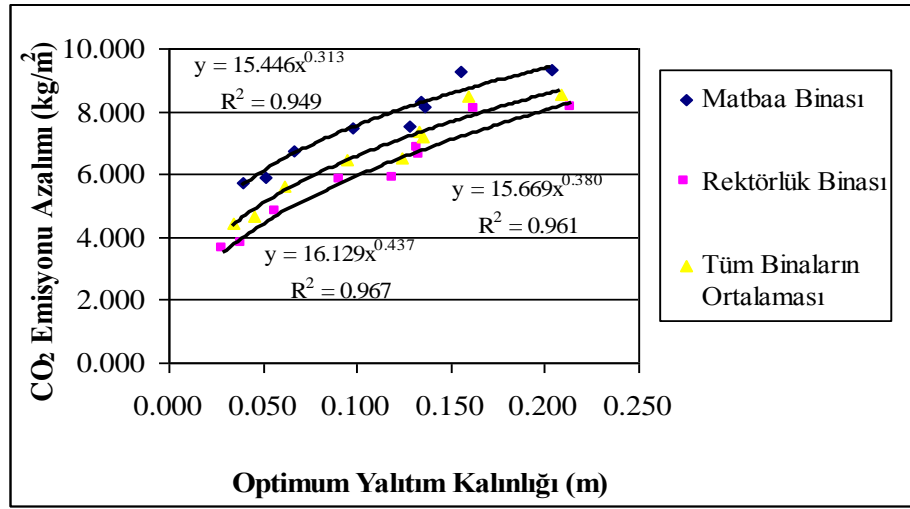
Isı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı ile ölçülen verim ve ölçülen COP değerlerine bağlı olarak; Şekil 3.113'de; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı verilmiştir. Şekil 3.114'de ise TS 825 aylık ortalama dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı verilmiştir. Aynı denklemler yardımıyla, yalıtımsız duvar için hesaplanan yakıt tüketimi ve buna bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu miktarları için optimum yalıtım kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma değerleri, Şekil 3.115'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma gösterilmiştir. Şekil 3.116'da ise TS 825 dış ortam (dış hava) aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma miktarı gösterilmiştir.



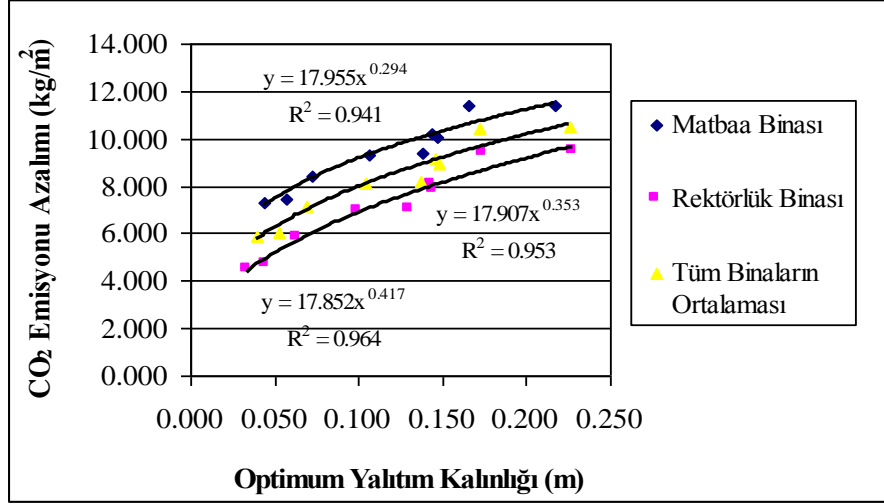
**Şekil 3.113:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu



**Şekil 3.114:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığına bağlı CO<sub>2</sub> emisyonu



**Şekil 3.115:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji dış hava sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma



**Şekil 3.116:** Ölçülen ısı transfer katsayısı, ölçülen ısıtma verimi ile ölçülen soğutma COP değerleri ve TS 825 dış ortam (dış hava) sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan derece-gün değerleri için optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalma

Isıtma, soğutma, ısıtma+soğutma için optimum yalıtım kalınlığına bağlı regresyon analizi sonuçlarını gösteren ayrıntılı eğrilerin denklemleri ve regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri Tablo 3.11 ve 3.16 arasında verilmiştir. Tablo 3.11'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji verileri ile elde edilen derece-gün değerleri için ısıtma optimum yalıtım kalınlığına bağlı grafiklerde bulunan denklemler tanımlanmış, ayrıntılı eğri denklemleri ve regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri verilmiştir. Tablo 3.12'de ise TS 825 dış ortam verileri ile elde edilen derece-gün değerleri için ısıtma optimum yalıtım kalınlığına bağlı grafiklerde bulunan denklemler tanımlanmış, ayrıntılı eğri denklemleri ve regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri verilmiştir. Tablo 3.13'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji verileri ile elde edilen derece-gün değerleri için soğutma optimum yalıtım kalınlığına bağlı grafiklerde bulunan denklemler tanımlanmış, ayrıntılı eğri denklemleri ve regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri verilmiştir. Tablo 3.14'de ise TS 825 dış ortam verileri ile elde edilen derece-gün değerleri için soğutma optimum yalıtım kalınlığına bağlı grafiklerde bulunan denklemler tanımlanmış, ayrıntılı eğri denklemleri ve regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri verilmiştir. Tablo 3.15'de 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji verileri ile elde edilen derece-gün değerleri için ısıtma+soğutma optimum yalıtım kalınlığına bağlı grafiklerde bulunan denklemler tanımlanmış, ayrıntılı eğri denklemleri ve regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>)

değerleri verilmiştir. Tablo 3.16'da ise TS 825 dış ortam verileri ile elde edilen derece-gün değerleri için ısıtma+soğutma optimum yalıtım kalınlığına bağlı grafiklerde bulunan denklemler tanımlanmış, ayrıntılı eğri denklemleri ve regresyon katsayısı ( $R^2$ ) değerleri verilmiştir.

**Tablo 3.11:** 12 Yıllık Meteoroloji Dış Ortam Verileri için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı Regresyon Analizi

Bina	Hesaplanan Isı Transfer Katsayısı Teorik Verim (Etiket verimi)		Ölçülen Isı Transfer Katsayısı Teorik Verim (Etiket verimi)		Ölçülen Isı Transfer Katsayısı Ölçülen Verim	
	Denklem	R <sup>2</sup>	Denklem	R <sup>2</sup>	Denklem	R <sup>2</sup>
<b>Optimum Yalıtım Kalınlığı (IOYK)-Yalıtım Malzemesi Fiyatı (YMF)</b>						
Matbaa Binası	$IOYK=0.156e^{-0.029(YMF)}$	0.987	$IOYK=0.132e^{-0.020(YMF)}$	0.981	$IOYK=2.739(YMF)^{-0.900}$	0.988
Ana Bina	$IOYK=0.168e^{-0.022(YMF)}$	0.985	$IOYK=0.00001(IOYK)^2-0.003(IOYK)+0.145$	0.945	$IOYK=6.296(YMF)^{-1.129}$	0.986
Tüm Binaların Ort.	$IOYK=0.159e^{-0.025(YMF)}$	0.991	$IOYK=0.176e^{-0.030(YMF)}$	0.987	$IOYK=4.046(YMF)^{-1.008}$	0.989
<b>Yakıt Tüketimi (IYKT)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (IOYK)</b>						
Matbaa Binası	$IYKT=77.884(IOYK)^2-19.629(IOYK)+2.035$	0.979	$IYKT=67.418(IOYK)^2-19.374(IOYK)+2.156$	0.970	$IYKT=35.906(IOYK)^2-18.363(IOYK)+3.267$	0.948
Ana Bina	$IYKT=58.941(IOYK)^2-19.578(IOYK)+2.570$	0.974	$IYKT=66.205(IOYK)^2-18.603(IOYK)+2.288$	0.985	$IYKT=36.635(IOYK)^2-19.124(IOYK)+3.727$	0.965
Tüm Binaların Ort.	$IYKT=68.257(IOYK)^2-19.714(IOYK)+2.302$	0.976	$IYKT=70.695(IOYK)^2-19.546(IOYK)+2.237$	0.980	$IYKT=36.251(IOYK)^2-18.755(IOYK)+3.496$	0.958
<b>Yakıt Tasarrufu (IYT) -Optimum Yalıtım Kalınlığı (IOYK)</b>						
Matbaa Binası	$IYT=6.754(IOYK)^{0.696}$	0.990	$IYT=5.508(IOYK)^{0.559}$	0.981	$IYT=6.413(IOYK)^{0.366}$	0.957
Ana Bina	$IYT=6.307(IOYK)^{0.607}$	0.985	$IYT=-66.205(IOYK)^2+18.603(IOYK)+0.013$	0.985	$IYT=6.813(IOYK)^{0.496}$	0.975
Tüm Binaların Ort.	$IYT=6.430(IOYK)^{0.644}$	0.988	$IYT=7.041(IOYK)^{0.705}$	0.990	$IYT=6.542(IOYK)^{0.435}$	0.968
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu (IE)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (IOYK)</b>						
Matbaa Binası	$IE=209.259(IOYK)^2-52.738(IOYK)+5.468$	0.979	$IE=181.139(IOYK)^2-52.055(IOYK)+5.794$	0.970	$IE=96.472(IOYK)^2-49.338(IOYK)+8.779$	0.948
Ana Bina	$IE=158.363(IOYK)^2-52.601(IOYK)+6.906$	0.974	$IE=177.880(IOYK)^2-49.983(IOYK)+6.147$	0.985	$IE=98.430(IOYK)^2-51.382(IOYK)+10.014$	0.965
Tüm Binaların Ort.	$IE=183.394(IOYK)^2-52.969(IOYK)+6.184$	0.976	$IE=189.942(IOYK)^2-52.517(IOYK)+6.011$	0.980	$IE=97.400(IOYK)^2-50.391(IOYK)+9.392$	0.958
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalımı (IEA) -Optimum Yalıtım Kalınlığı (IOYK)</b>						
Matbaa Binası	$IEA=18.147(IOYK)^{0.696}$	0.990	$IEA=14.798(IOYK)^{0.559}$	0.981	$IEA=17.230(IOYK)^{0.366}$	0.957
Ana Bina	$IEA=16.946(IOYK)^{0.607}$	0.985	$IEA=-177.880(IOYK)^2+49.983(IOYK)+0.035$	0.985	$IEA=18.304(IOYK)^{0.496}$	0.975
Tüm Binaların Ort.	$IEA=17.275(IOYK)^{0.646}$	0.988	$IEA=18.917(IOYK)^{0.705}$	0.990	$IEA=17.577(IOYK)^{0.435}$	0.968

**Tablo 3.12:** TS 825 Dış Ortam Verileri için Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı Regresyon Analizi

Bina	Hesaplanan Isı Transfer Katsayısı Teorik Verim (Etiket verimi)		Ölçülen Isı Transfer Katsayısı Teorik Verim (Etiket verimi)		Ölçülen Isı Transfer Katsayısı Ölçülen Verim	
	Denklem	R <sup>2</sup>	Denklem	R <sup>2</sup>	Denklem	R <sup>2</sup>
<b>Optimum Yalıtım Kalınlığı (IOYK)-Yalıtım Malzemesi Fiyatı (YMF)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	$IOYK=0.149e^{-0.021(YMF)}$	0.984	$IOYK=3.957(YMF)^{-1.114}$	0.987	$IOYK=2.653(YMF)^{-0.851}$	0.987
<b>Ana Bina</b>	$IOYK=6.691.(YMF)^{-1.235}$	0.982	$IOYK=0.278e^{-0.038(YMF)}$	0.988	$IOYK=5.132(YMF)^{-1.034}$	0.988
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	$IOYK=6.979 (YMF)^{-1.271}$	0.980	$IOYK=0.167e^{-0.022(YMF)}$	0.985	$IOYK=3.572 (YMF)^{-0.928}$	0.989
<b>Yakıt Tüketimi (IYKT)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (IOYK)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	$IYKT=63.679(IOYK)^2-$ $19.489(IOYK)+2.339$	0.973	$IYKT=55.654(IOYK)^2-$ $19.131(IOYK)+2.453$	0.964	$IYKT=31.185(IOYK)^2-$ $18.270(IOYK)+23.668$	0.942
<b>Ana Bina</b>	$IYKT=50.459(IOYK)^2-$ $19.312(IOYK)+2.835$	0.969	$IYKT=63.170(IOYK)^2-$ $19.729(IOYK)+2.599$	0.982	$IYKT=31.559(IOYK)^2-$ $18.823(IOYK)+4.083$	0.959
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	$IYKT=57.017(IOYK)^2-$ $19.645(IOYK)+2.631$	0.973	$IYKT=59.578(IOYK)^2-$ $19.696(IOYK)+2.579$	0.974	$IYKT=30.524(IOYK)^2-$ $18.564(IOYK)+3.941$	0.954
<b>Yakıt Tasarrufu (IYT) -Optimum Yalıtım Kalınlığı (IOYK)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	$IYT=5.944 (IOYK)^{-0.591}$	0.984	$IYT=5.495 (IOYK)^{-0.490}$	0.975	$IYT=7.136 (IOYK)^{-0.328}$	0.950
<b>Ana Bina</b>	$IYT=6.127 (IOYK)^{-0.543}$	0.979	$IYT=8.520 (IOYK)^{-0.769}$	0.993	$IYT=7.122 (IOYK)^{-0.451}$	0.969
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	$IYT=6.036 (IOYK)^{-0.557}$	0.983	$IYT=6.325 (IOYK)^{-0.604}$	0.985	$IYT=7.145 (IOYK)^{-0.390}$	0.962
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu (IE)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (IOYK)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	$IE=171.093(IOYK)^2-$ $52.362(IOYK)+6.285$	0.973	$IE=149.531(IOYK)^2-$ $51.402(IOYK)+6.591$	0.964	$IE=83.787(IOYK)^2-$ $49.088(IOYK)+9.855$	0.942
<b>Ana Bina</b>	$IE=135.573(IOYK)^2-$ $51.889(IOYK)+7.616$	0.969	$IE=169.725(IOYK)^2-$ $53.007(IOYK)+6.982$	0.982	$IE=84.794(IOYK)^2-$ $50.573(IOYK)+10.969$	0.959
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	$IE=153.192(IOYK)^2-$ $52.783(IOYK)+7.070$	0.973	$IE=160.074(IOYK)^2-$ $52.917(IOYK)+6.929$	0.974	$IE=82.013(IOYK)^2-$ $49.877(IOYK)+10.590$	0.954
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalmı (IEA) -Optimum Yalıtım Kalınlığı (IOYK)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	$IEA=15.971(IOYK)^{0.591}$	0.984	$IEA=14.763(IOYK)^{0.490}$	0.975	$IEA=19.173(IOYK)^{0.328}$	0.950
<b>Ana Bina</b>	$IEA=16.463(IOYK)^{0.543}$	0.979	$IEA=22.891(IOYK)^{0.769}$	0.993	$IEA=19.137(IOYK)^{0.451}$	0.969
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	$IEA=16.217(IOYK)^{0.557}$	0.983	$IEA=16.994(IOYK)^{0.604}$	0.985	$IEA=19.197(IOYK)^{0.390}$	0.962

**Tablo 3.13:** 12 Yıllık Meteoroloji Dış Ortam Verileri için Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı Regresyon Analizi

Bina	Hesaplanan Isı Transfer Katsayısı Teorik COP (Etiket COP Değeri)		Ölçülen Isı Transfer Katsayısı Teorik COP (Etiket COP Değeri)		Ölçülen Isı Transfer Katsayısı Ölçülen COP	
	Denklem	R <sup>2</sup>	Denklem	R <sup>2</sup>	Denklem	R <sup>2</sup>
	<b>Optimum Yalıtım Kalınlığı (SOYK)-Yalıtım Malzemesi Fiyatı (YMF)</b>					
Matbaa Binası	$SOYK=0.00001(YMF)^2-0.001(YMF)+0.053$	0.731	$SOYK=0.00001(YMF)^2-0.001(YMF)+0.066$	0.861	$SOYK=0.00001(YMF)^2-0.002(YMF)+0.086$	0.928
Ana Bina	$SOYK=0.000005(YMF)^2-0.0009(YMF)+0.038$	0.581	$SOYK=0.000002(YMF)^2-0.0004(YMF)+0.018$	0.579	$SOYK=0.000005(YMF)^2-0.001(YMF)+0.036$	0.581
Tüm Binaların Ort.	$SOYK=0.00001(YMF)^2-0.001(YMF)+0.046$	0.676	$SOYK=0.00001(YMF)^2-0.001(YMF)+0.038$	0.580	$SOYK=0.00001(YMF)^2-0.001(YMF)+0.062$	0.745
	<b>Yakıt Tüketimi (SYKT)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (SOYK)</b>					
Matbaa Binası	$SYKT=337.894(SOYK)^2-35.211(SOYK)+2.327$	0.992	$SYKT=293.270(SOYK)^2-38.984(SOYK)+2.645$	0.990	$SYKT=264.586(SOYK)^2-44.522(SOYK)+3.399$	0.987
Ana Bina	$SYKT=703.015(SOYK)^2-40.213(SOYK)+2.064$	1.000	$SYKT=960(SOYK)^2-29.600(SOYK)+1.714$	1.000	$SYKT=670.076(SOYK)^2-37.469(SOYK)+2.215$	1.000
Tüm Binaların Ort.	$SYKT=438.593(SOYK)^2-35.995(SOYK)+2.193$	0.994	$SYKT=638.695(SOYK)^2-38.684(SOYK)+2.070$	0.996	$SYKT=283.673(SOYK)^2-35.376(SOYK)+2.691$	0.992
	<b>Yakıt Tasarrufu (SYT)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (SOYK)</b>					
Matbaa Binası	$SYT=-337.894(SOYK)^2+35.211(SOYK)-0.007$	0.992	$SYT=-293.270(SOYK)^2-38.984(SOYK)-0.010$	0.990	$SYT=-264.586(SOYK)^2+44.522(SOYK)+0.005$	0.987
Ana Bina	$SYT=-703.015(SOYK)^2+40.213(SOYK)$	1.000	$SYT=-960(SOYK)^2+29.600(SOYK)$	1.000	$SYT=-670.076(SOYK)^2-37.469(SOYK)$	1.000
Tüm Binaların Ort.	$SYT=-438.593(SOYK)^2+35.995(SOYK)-0.009$	0.994	$SYT=-638.695(SOYK)^2-38.684(SOYK)+0.07$	0.996	$SYT=-283.673(SOYK)^2-35.376(SOYK)+0.008$	0.992



**Tablo 3.14:** TS 825 Dış Ortam Verileri için Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı Regresyon Analizi

Bina	Hesaplanan Isı Transfer Katsayısı Teorik COP (Etiket COP Değeri)		Ölçülen Isı Transfer Katsayısı Teorik COP (Etiket COP Değeri)		Ölçülen Isı Transfer Katsayısı Ölçülen COP	
	Denklemler	R <sup>2</sup>	Denklemler	R <sup>2</sup>	Denklemler	R <sup>2</sup>
	<b>Optimum Yalıtım Kalınlığı (SOYK)-Yalıtım Malzemesi Fiyatı (YMF)</b>					
Matbaa Binası	$SOYK=0.000004(YMF)^2-0.001(YMF)+0.031$	0.581	$SOYK=0.00001(YMF)^2-0.001(YMF)+0.046$	0.727	$SOYK=0.00001(YMF)^2-0.001(YMF)+0.065$	0.853
Ana Bina	$SOYK=0.000003(YMF)^2-0.001(YMF)+0.020$	0.580	-----	-----	$SOYK=0.000002(YMF)^2-0.004(YMF)+0.017$	0.580
Tüm Binaların Ort.	$SOYK=0.000004(YMF)^2-0.001(YMF)+0.026$	0.581	$SOYK=0.000003(YMF)^2-0.001(YMF)+0.022$	0.580	$SOYK=0.000005(YMF)^2-0.001(YMF)+0.038$	0.581
	<b>Yakıt Tüketimi (SYT)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (SOYK)</b>					
Matbaa Binası	$SYT=-225.416(SOYK)^2-14.406(SOYK)+1.785$	0.927	$SYT=393.076(SOYK)^2-35.205(SOYK)+2.024$	0.992	$SYT=301.628(SOYK)^2-390.050(SOYK)+2.618$	0.990
Ana Bina	$SYT=872.159(SOYK)^2-36.142(SOYK)+1.673$	1.000	-----	-----	$SYT=1146.429(SOYK)^2-31.264(SOYK)+1.696$	1.000
Tüm Binaların Ort.	$SYT=1009.804(SOYK)^2-33.284(SOYK)+1.581$	1.000	$SYT=982.051(SOYK)^2-33.844(SOYK)+1.591$	1.000	$SYT=703.015(SOYK)^2-40.213(SOYK)+2.055$	1.000
	<b>Yakıt Tasarrufu (SYT) -Optimum Yalıtım Kalınlığı (SOYK)</b>					
Matbaa Binası	$SYT=225.416(SOYK)^2+14.406(SOYK)-0.008$	0.927	$SYT=-393.076(SOYK)^2+35.205(SOYK)-0.006$	0.992	$SYT=-301.628(SOYK)^2+39.050(SOYK)-0.011$	0.990
Ana Bina	$SYT=-1009.804(SOYK)^2+33.284(SOYK)$	1.000	-----	-----	$SYT=-1146.429(SOYK)^2+31.264(SOYK)$	1.000
Tüm Binaların Ort.	$SYT=-872.159(SOYK)^2+36.142(SOYK)$	1.000	$SYT=-982.051(SOYK)^2+33.844(SOYK)$	1.000	$SYT=-703.015(SOYK)^2+40.213(SOYK)$	1.000

**Tablo 3.15:** 12 Yıllık Meteoroloji Dış Ortam Verileri için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı Regresyon Analizi

Bina	Hesaplanan Isı Transfer Katsayısı Teorik Verim ve COP (Etiket Verimi ve COP Değeri)		Ölçülen Isı Transfer Katsayısı Teorik Verim ve COP (Etiket Verimi ve COP Değeri)		Ölçülen Isı Transfer Katsayısı Ölçülen Verim ve COP	
	Denklem	R <sup>2</sup>	Denklem	R <sup>2</sup>	Denklem	R <sup>2</sup>
<b>Optimum Yalıtım Kalınlığı (ISOYK)-Yalıtım Malzemesi Fiyatı (YMF)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	ISOYK=5.207(YMF) <sup>-1.179</sup>	0.984	ISOYK=3.224(YMF) <sup>-1.013</sup>	0.988	ISOYK=2.631(YMF) <sup>-0.833</sup>	0.988
<b>Ana Bina</b>	ISOYK=5.312(YMF) <sup>-1.137</sup>	0.986	ISOYK=0.203e <sup>-0.026(YMF)</sup>	0.988	ISOYK=4.918(YMF) <sup>-1.012</sup>	0.989
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	ISOYK=5.270(YMF) <sup>-1.150</sup>	0.985	ISOYK=6.908(YMF) <sup>-1.249</sup>	0.982	ISOYK=3.560(YMF) <sup>-0.920</sup>	0.989
<b>Yakıt Tüketimi (ISYKT)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (ISOYK)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	ISYKT=38.059(ISOYK) <sup>2</sup> - 13.607(ISOYK)+1.846	0.968	ISYKT=31.122(ISOYK) <sup>2</sup> - 12.885(ISOYK)+1.904	0.957	ISYKT=22.344(ISOYK) <sup>2</sup> - 13.938(ISOYK)+2.947	0.942
<b>Ana Bina</b>	ISYKT=35.087(ISOYK) <sup>2</sup> - 14.916(ISOYK)+2.379	0.964	ISYKT=41.467(ISOYK) <sup>2</sup> - 14.952(ISOYK)+2.188	0.977	ISYKT=24.820(ISOYK) <sup>2</sup> - 15.515(ISOYK)+3.488	0.958
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	ISYKT=36.518(ISOYK) <sup>2</sup> - 14.259(ISOYK)+2.103	0.964	ISYKT=38.424(ISOYK) <sup>2</sup> - 14.371(ISOYK)+2.066	0.969	ISYKT=24.542(ISOYK) <sup>2</sup> - 14.987(ISOYK)+3.228	0.951
<b>Yakıt Tasarrufu (ISYT)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (ISOYK)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	ISYT=4.122(ISOYK) <sup>0.525</sup>	0.980	ISYT=3.938(ISOYK) <sup>0.433</sup>	0.964	ISYT=5.758(ISOYK) <sup>0.314</sup>	0.950
<b>Ana Bina</b>	ISYT=4.821(ISOYK) <sup>0.504</sup>	0.973	ISYT=5.270(ISOYK) <sup>0.651</sup>	0.987	ISYT=6.027(ISOYK) <sup>0.439</sup>	0.967
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	ISYT=4.447(ISOYK) <sup>0.511</sup>	0.975	ISYT=4.562(ISOYK) <sup>0.551</sup>	0.982	ISYT=5.830(ISOYK) <sup>0.380</sup>	0.961
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu (ISE)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (ISOYK)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	ISE=102.257(ISOYK) <sup>2</sup> - 36.560(ISOYK)+4.961	0.968	ISE=83.894(ISOYK) <sup>2</sup> - 34.619(ISOYK)+5.116	0.957	ISE=60.033(ISOYK) <sup>2</sup> - 37.450(ISOYK)+7.917	0.942
<b>Ana Bina</b>	ISE=94.449(ISOYK) <sup>2</sup> - 40.100(ISOYK)+6.392	0.964	ISE=111.413(ISOYK) <sup>2</sup> - 40.173(ISOYK)+5.880	0.977	ISE=66.687(ISOYK) <sup>2</sup> - 41.687(ISOYK)+9.372	0.958
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	ISE=98.118(ISOYK) <sup>2</sup> - 38.312(ISOYK)+5.651	0.964	ISE=103.237(ISOYK) <sup>2</sup> - 38.613(ISOYK)+5.552	0.969	ISE=65.697(ISOYK) <sup>2</sup> - 40.217(ISOYK)+8.673	0.951
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalımı (ISEA)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (ISOYK)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	ISEA=11.074(ISOYK) <sup>0.525</sup>	0.980	ISEA=10.580(ISOYK) <sup>0.433</sup>	0.964	ISEA=15.446(ISOYK) <sup>0.313</sup>	0.949
<b>Ana Bina</b>	ISEA=12.953(ISOYK) <sup>0.504</sup>	0.973	ISEA=14.160(ISOYK) <sup>0.651</sup>	0.987	ISEA=16.129(ISOYK) <sup>0.437</sup>	0.967
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	ISEA=11.949(ISOYK) <sup>0.511</sup>	0.975	ISEA=12.257(ISOYK) <sup>0.551</sup>	0.982	ISEA=15.669(ISOYK) <sup>0.380</sup>	0.961

**Tablo 3.16:** TS 825 Dış Ortam Verileri için Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığına Bağlı Regresyon Analizi

Bina	Hesaplanan Isı Transfer Katsayısı Teorik Verim ve COP (Etiket Verimi ve COP Değeri)		Ölçülen Isı Transfer Katsayısı Teorik Verim ve COP (Etiket Verimi ve COP Değeri)		Ölçülen Isı Transfer Katsayısı Ölçülen Verim ve COP	
	Denklem	R <sup>2</sup>	Denklem	R <sup>2</sup>	Denklem	R <sup>2</sup>
<b>Optimum Yalıtım Kalınlığı (ISOYK)-Yalıtım Malzemesi Fiyatı (YMF)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	ISOYK=4.560(YMF) <sup>-1.122</sup>	0.986	ISOYK=3.045(YMF) <sup>-0.979</sup>	0.989	ISOYK=2.620(YMF) <sup>-0.811</sup>	0.987
<b>Ana Bina</b>	ISOYK=4.843(YMF) <sup>-1.094</sup>	0.987	ISOYK=0.199e <sup>-0.024(YMF)</sup>	0.985	ISOYK=4.699(YMF) <sup>-0.979</sup>	0.989
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	ISOYK=4.583(YMF) <sup>-1.096</sup>	0.987	ISOYK=5.683(YMF) <sup>-1.170</sup>	0.985	ISOYK=3.446(YMF) <sup>-0.886</sup>	0.989
<b>Yakıt Tüketimi (ISYKT)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (ISOYK)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	ISYKT=37.276(ISOYK) <sup>2</sup> - 14.721(ISOYK)+2.156	0.964	ISYKT=34.907(ISOYK) <sup>2</sup> - 14.791(ISOYK)+2.253	0.955	ISYKT=21.914(ISOYK) <sup>2</sup> - 14.491(ISOYK)+3.401	0.935
<b>Ana Bina</b>	ISYKT=35.946(ISOYK) <sup>2</sup> - 16.153(ISOYK)+2.689	0.964	ISYKT=42.422(ISOYK) <sup>2</sup> - 16.236(ISOYK)+2.485	0.976	ISYKT=25.016(ISOYK) <sup>2</sup> - 16.538(ISOYK)+3.908	0.956
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	ISYKT=36.739(ISOYK) <sup>2</sup> - 15.593(ISOYK)+2.461	0.963	ISYKT=40.507(ISOYK) <sup>2</sup> - 16.089(ISOYK)+2.435	0.968	ISYKT=23.309(ISOYK) <sup>2</sup> - 15.832(ISOYK)+3.712	0.946
<b>Yakıt Tasarrufu (ISYT)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (ISOYK)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	ISYT=4.522(ISOYK) <sup>0.488</sup>	0.975	ISYT=4.593(ISOYK) <sup>0.418</sup>	0.964	ISYT=6.683(ISOYK) <sup>0.294</sup>	0.941
<b>Ana Bina</b>	ISYT=5.327(ISOYK) <sup>0.487</sup>	0.974	ISYT=5.649(ISOYK) <sup>0.625</sup>	0.987	ISYT=6.639(ISOYK) <sup>0.416</sup>	0.965
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	ISYT=4.965(ISOYK) <sup>0.481</sup>	0.974	ISYT=5.124(ISOYK) <sup>0.525</sup>	0.978	ISYT=6.661(ISOYK) <sup>0.353</sup>	0.953
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu (ISE)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (ISOYK)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	ISE=100.615(ISOYK) <sup>2</sup> - 39.605(ISOYK)+5.795	0.964	ISE=93.787(ISOYK) <sup>2</sup> - 39.740(ISOYK)+6.053	0.955	ISE=58.877(ISOYK) <sup>2</sup> - 40.143(ISOYK)+9.138	0.935
<b>Ana Bina</b>	ISE=96.581(ISOYK) <sup>2</sup> - 43.415(ISOYK)+7.228	0.964	ISE=113.981(ISOYK) <sup>2</sup> - 43.624(ISOYK)+6.677	0.976	ISE=67.213(ISOYK) <sup>2</sup> - 44.434(ISOYK)+10.501	0.956
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	ISE=98.711(ISOYK) <sup>2</sup> - 41.896(ISOYK)+6.612	0.963	ISE=108.835(ISOYK) <sup>2</sup> - 43.229(ISOYK)+6.543	0.968	ISE=62.626(ISOYK) <sup>2</sup> - 42.536(ISOYK)+9.973	0.946
<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalımı (ISEA)-Optimum Yalıtım Kalınlığı (ISOYK)</b>						
<b>Matbaa Binası</b>	ISEA=12.149(ISOYK) <sup>0.488</sup>	0.975	ISEA=12.339(ISOYK) <sup>0.418</sup>	0.964	ISEA=17.955(ISOYK) <sup>0.294</sup>	0.941
<b>Ana Bina</b>	ISEA=14.311(ISOYK) <sup>0.487</sup>	0.974	ISEA=15.178(ISOYK) <sup>0.625</sup>	0.987	ISEA=17.852(ISOYK) <sup>0.417</sup>	0.964
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	ISEA=13.339(ISOYK) <sup>0.481</sup>	0.974	ISEA=13.767(ISOYK) <sup>0.525</sup>	0.978	ISEA=17.907(ISOYK) <sup>0.353</sup>	0.953

### 3.5 Isıtma, Soğutma ve Isıtma+Soğutma Dönemi Teorik ve Ölçülen Verim ile COP Değerleri için Çatı ve Döşeme Optimum Yalıtım Kalınlığı, Yakıt Tüketimi, Yakıt Tasarrufu, CO<sub>2</sub> Emisyonu, CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalımı ve Geri Ödeme Süresi

Bu bölümde, teorik ve ölçülen verim ile COP değerlerine bağlı olarak ısıtma, soğutma, ısıtma+soğutma dönemi örnek binanın Şekil 2.7’de ile Şekil 2.8’de ve Tablo 3.17’de; denklem (2.10) ile hesaplanan ısı transfer katsayısı verilen örnek binanın, çatı ve döşeme bileşenleri için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu, CO<sub>2</sub> emisyon azalımı ve geri ödeme süresi tespit edilmiştir. Tüm çatı ve döşeme için, yalıtım malzemesi olarak daha önceden binanın çatısında sadece ısıtma için kısmi olarak (tüm çatıya 8 cm kalınlığında uygulanmıştır) uygulanan ekstrüde polistiren yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Buna bağlı olarak çatının hesaplanan kısmi yalıtımlı ısı transfer katsayısı Tablo 3.17’de verilmiştir. Çatı için optimum yalıtım kalınlığı bulunurken, yalıtımsız kabul edilmiştir.

**Tablo 3.17:** Hesaplanan Ana Bina ve Matbaa Binası için Çatı ile Döşeme Isı Transfer Katsayısı

	Çatı (Tavan)	Döşeme (Taban)
<b>Isıl Direnç</b> (m <sup>2</sup> K/W)	0.273 (yalıtımsız)	1.076
	2.854 (yalıtımlı)	
<b>Isı Transfer Katsayısı</b> (W/m <sup>2</sup> K)	3.663 (yalıtımsız)	0.929
	0.350 (yalıtımlı)	

Teorik ile ölçülen verim ve teorik ile ölçülen COP, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) veriler ve TS 825 dış ortam verileri için hesaplanan derece gün değerleri bağlı olarak; Tablo 3.18’de, ısıtma döneminde çatı ve döşeme için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu, CO<sub>2</sub> emisyon azalımı ve geri ödeme süresi verilmiştir. Tablo 3.19’da soğutma döneminde çatı ve döşeme için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu,

CO<sub>2</sub> emisyonu, CO<sub>2</sub> emisyon azalımı ve geri ödeme süresi verilmiştir. Tablo 3.20'de ısıtma+soğutma döneminde çatı ve taban için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu, CO<sub>2</sub> emisyon azalımı ve geri ödeme süresi verilmiştir.

Çatı ve dış duvar için; ısıtma dönemi optimum yalıtım kalınlığı denklem (2.25), yakıt tüketimi denklem (2.14), geri ödeme süresi denklem (2.41) yardımıyla hesaplanmaktadır. Soğutma dönemi optimum yalıtım kalınlığı denklem (2.26), yakıt tüketimi denklem (2.15), geri ödeme süresi denklem (2.41) yardımıyla hesaplanmaktadır. Isıtma+soğutma dönemi optimum yalıtım kalınlığı denklem (2.29), yakıt tüketimi denklem (2.14), geri ödeme süresi denklem (2.41) yardımıyla hesaplanmaktadır.

Döşeme için; ısıtma dönemi optimum yalıtım kalınlığı denklem (2.33), yakıt tüketimi denklem (2.30), geri ödeme süresi denklem (2.41) yardımıyla hesaplanmaktadır. Soğutma dönemi optimum yalıtım kalınlığı denklem (2.37), yakıt tüketimi denklem (2.34), geri ödeme süresi denklem (2.41) yardımıyla hesaplanmaktadır. Isıtma+soğutma dönemi optimum yalıtım kalınlığı denklem (2.40), yakıt tüketimi denklem (2.30), geri ödeme süresi denklem (2.41) yardımıyla hesaplanmaktadır.

**Tablo 3.18:** Isıtma Dönemi Ekstrüde Polistiren Yalıtım Malzemesine Bağlı Çatı ve Döşeme için Optimum Yalıtım Kalınlığı, Yakıt Tüketimi, Yakıt Tüketimi Tasarrufu, CO<sub>2</sub> Emisyonu, CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalımı ve Geri Ödeme Süresi

Bina	Optimum Yalıtım Kalınlığı (m)		Yakıt Tüketimi (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )		Yakıt Tasarrufu (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )		CO <sub>2</sub> Emisyonu (kg/m <sup>2</sup> )		CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı (kg/m <sup>2</sup> )		Geri Ödeme Süresi (yıl)	
	Teorik Verim	Ölçülen Verim	Teorik Verim	Ölçülen Verim	Teorik Verim	Ölçülen Verim	Teorik Verim	Ölçülen Verim	Teorik Verim	Ölçülen Verim	Teorik Verim	Ölçülen Verim
<b>Çatı (Tavan)</b>												
<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>												
Matbaa Binası	0.122	0.171	0.904	1.247	13.024	25.189	2.429	3.350	34.993	67.678	0.069	0.049
Rektörlük Binası	0.150	0.210	1.098	1.512	19.461	37.508	2.950	4.062	52.288	100.776	0.056	0.040
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	<b>0.136</b>	<b>0.190</b>	<b>0.999</b>	<b>1.380</b>	<b>16.053</b>	<b>30.984</b>	<b>2.684</b>	<b>3.708</b>	<b>43.131</b>	<b>83.248</b>	<b>0.062</b>	<b>0.044</b>
<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>												
Matbaa Binası	0.135	0.189	0.991	1.367	15.816	30.531	2.663	3.673	42.494	82.031	0.063	0.045
Rektörlük Binası	0.162	0.226	1.175	1.621	22.488	43.290	3.157	4.355	60.421	116.312	0.053	0.038
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	<b>0.150</b>	<b>0.210</b>	<b>1.096</b>	<b>1.509</b>	<b>19.433</b>	<b>37.455</b>	<b>2.945</b>	<b>4.054</b>	<b>52.213</b>	<b>100.634</b>	<b>0.056</b>	<b>0.040</b>
<b>Döşeme (Taban)</b>												
<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>												
Matbaa Binası	0.059	0.094	0.638	0.879	1.129	2.475	1.714	2.362	3.033	6.650	0.567	0.357
Rektörlük Binası	0.079	0.121	0.775	1.070	1.833	3.880	2.082	2.875	4.925	10.425	0.425	0.275
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	<b>0.069</b>	<b>0.107</b>	<b>0.705</b>	<b>0.976</b>	<b>1.458</b>	<b>3.130</b>	<b>1.894</b>	<b>2.622</b>	<b>3.917</b>	<b>8.410</b>	<b>0.487</b>	<b>0.310</b>
<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>												
Matbaa Binası	0.068	0.106	0.702	0.969	1.430	3.078	1.886	2.604	3.842	8.270	0.491	0.313
Rektörlük Binası	0.087	0.132	0.832	1.150	2.170	4.548	2.235	3.090	5.830	12.220	0.384	0.252
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	<b>0.079</b>	<b>0.121</b>	<b>0.773</b>	<b>1.068</b>	<b>1.831</b>	<b>3.875</b>	<b>2.077</b>	<b>2.870</b>	<b>4.920</b>	<b>10.411</b>	<b>0.426</b>	<b>0.276</b>

**Tablo 3.19:** Soğutma Dönemi Ekstrüde Polistiren Yalıtım Malzemesine Bağlı Çatı ve Döşeme için Optimum Yalıtım Kalınlığı, Yakıt Tüketimi, Yakıt Tüketimi Tasarrufu ve Geri Ödeme Süresi

Bina	Optimum Yalıtım Kalınlığı (m)		Yakıt Tüketimi (kWh/m <sup>2</sup> )		Yakıt Tasarrufu (kWh/m <sup>2</sup> )		Geri Ödeme Süresi (yıl)	
	Teorik COP	Ölçülen COP	Teorik COP	Ölçülen COP	Teorik COP	Ölçülen COP	Teorik COP	Ölçülen COP
<b>Çatı (Tavan)</b>								
<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>								
<b>Matbaa Binası, Rektörlük Binası, Tüm Binaların Ort.</b>	0.080	0.089	1.465	1.718	13.850	18.068	0.113	0.095
<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>								
<b>Matbaa Binası, Rektörlük Binası, Tüm Binaların Ort.</b>	0.080	0.080	1.122	1.450	10.609	13.705	0.153	0.114
<b>Döşeme (Taban)</b>								
<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>								
<b>Matbaa Binası, Rektörlük Binası, Tüm Binaların Ort.</b>	0.027	0.036	1.074	1.207	0.869	1.303	1.203	0.961
<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>								
<b>Matbaa Binası, Rektörlük Binası, Tüm Binaların Ort.</b>	0.020	0.027	0.931	1.063	0.557	0.860	1.711	1.230

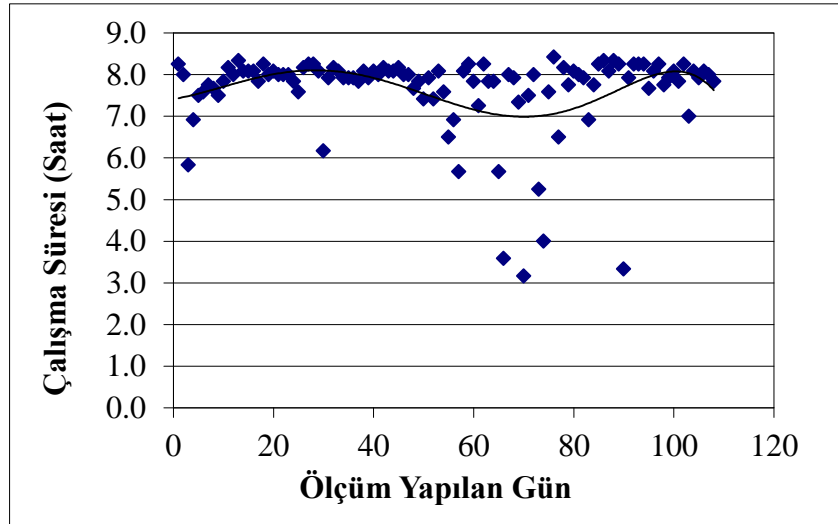
**Tablo 3.20:** Isıtma+Soğutma Dönemi Ekstrüde Polistiren Yalıtım Malzemesine Bağlı Çatı ve Döşeme için Optimum Yalıtım Kalınlığı, Yakıt Tüketimi, Yakıt Tüketimi Tasarrufu, CO<sub>2</sub> Emisyonu, CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalımı ve Geri Ödeme Süresi

Bina	Optimum Yalıtım Kalınlığı (m)		Yakıt Tüketimi (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )		Yakıt Tasarrufu (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )		CO <sub>2</sub> Emisyonu (kg/m <sup>2</sup> )		CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı (kg/m <sup>2</sup> )		Geri Ödeme Süresi (yıl)	
	Teorik Verim ve COP	Ölçülen Verim ve COP	Teorik Verim ve COP	Ölçülen Verim ve COP	Teorik Verim ve COP	Ölçülen Verim ve COP	Teorik Verim	Ölçülen Verim	Teorik Verim	Ölçülen Verim	Teorik Verim	Ölçülen Verim
<b>Çatı (Tavan)</b>												
<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>												
Matbaa Binası	0.148	0.196	0.753	1.094	13.175	25.342	2.023	2.939	35.399	68.089	0.084	0.057
Rektörlük Binası	0.172	0.231	0.964	1.379	19.595	37.641	2.590	3.705	52.648	101.134	0.065	0.044
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	<b>0.160</b>	<b>0.213</b>	<b>0.857</b>	<b>1.237</b>	<b>16.195</b>	<b>31.127</b>	<b>2.303</b>	<b>3.324</b>	<b>43.513</b>	<b>83.632</b>	<b>0.073</b>	<b>0.050</b>
<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>												
Matbaa Binası	0.153	0.207	0.881	1.253	15.926	30.645	2.367	3.367	42.790	82.337	0.071	0.049
Rektörlük Binası	0.177	0.241	1.080	1.524	22.583	43.387	2.902	4.095	60.676	116.572	0.057	0.040
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	<b>0.167</b>	<b>0.226</b>	<b>0.990</b>	<b>1.406</b>	<b>19.539</b>	<b>37.558</b>	<b>2.660</b>	<b>3.778</b>	<b>52.497</b>	<b>100.911</b>	<b>0.063</b>	<b>0.043</b>
<b>Döşeme (Taban)</b>												
<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>												
Matbaa Binası	0.077	0.111	0.534	0.775	1.233	2.579	1.435	2.082	3.313	6.929	0.762	0.425
Rektörlük Binası	0.094	0.136	0.683	0.975	1.925	3.975	1.835	2.620	5.172	10.680	0.511	0.310
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	<b>0.085</b>	<b>0.123</b>	<b>0.610</b>	<b>0.876</b>	<b>1.553</b>	<b>3.230</b>	<b>1.639</b>	<b>2.354</b>	<b>4.173</b>	<b>8.678</b>	<b>0.610</b>	<b>0.358</b>
<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Gün için</b>												
Matbaa Binası	0.081	0.119	0.622	0.886	1.510	3.161	1.671	2.381	4.057	8.493	0.591	0.353
Rektörlük Binası	0.098	0.143	0.763	1.078	2.239	4.620	2.050	2.896	6.016	12.413	0.435	0.273
<b>Tüm Binaların Ort.</b>	<b>0.091</b>	<b>0.132</b>	<b>0.699</b>	<b>0.997</b>	<b>1.906</b>	<b>3.946</b>	<b>1.878</b>	<b>2.679</b>	<b>5.121</b>	<b>10.602</b>	<b>0.494</b>	<b>0.301</b>

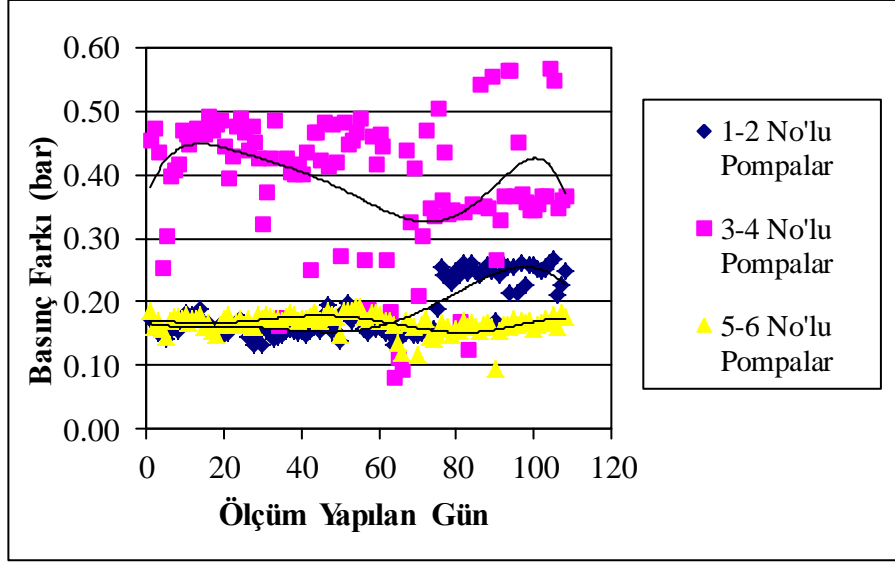


### 3.6 Isıtma ve Soğutma Tesisatında Kullanılan Pompalar için Ölçülen Değerler

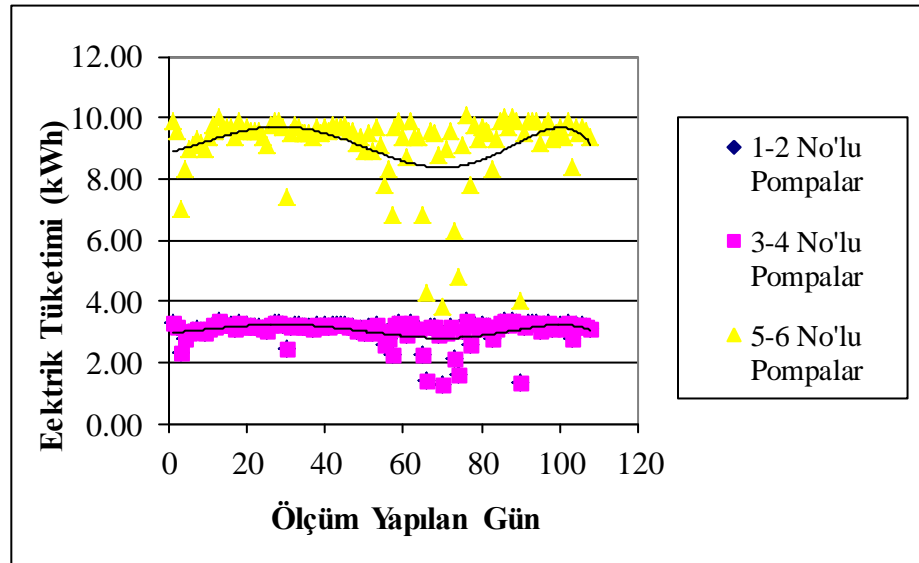
Tezin bu bölümünde, ısıtma ve soğutma sisteminde tesisatında kullanılan sirkülasyon pompalarının enerji tüketimi ve verimlerinin gerçek değerlerini hesaplanmak için ölçümler ile elde edilen değerler verilmiştir. Pompaların, giriş ve çıkış basınçları basınç transmitterleriyle, sistemden geçen debi değerleri ultrasonik debimetreye ve elektrik enerjisi tüketimleri sayaçla ölçülerek gerçek verimleri ve enerji tüketimleri tespit edilmiştir. Elde edilen ölçüm değerleri ile teorik olarak verilen değerleri (verim ve enerji tüketimi) mukayese edilmiştir. Buna bağlı olarak ömür boyu maliyet analizi ile gerçek (ölçülen) ve teorik elektrik enerjisi tüketiminin, 10 ve 20 yıllık dönemler için ileriye dönük maliyet analizi yapılmıştır. Şekil 3.117 ve Şekil 3.120’de ısıtma (1-2, 3-4 ve 5-6 no’lu pompalar) ve soğutma (9-10, 11-12 ve 13-14 no’lu pompalar) sirkülasyon pompalarının 2010 yılı içinde günlük ortalama çalışma süreleri verilmiştir. Şekil 3.118 ve Şekil 3.121’de ısıtma ve soğutma sirkülasyon pompalarının günlük çalışmaları süresince basınç transmitterleri ile ölçülen ortalama basınç (pompaya giriş çıkış basınç farkı) farkları verilmiştir. Şekil 3.119 ve Şekil 3.122’de ısıtma ve soğutma sirkülasyon pompalarının elektrik sayacı ile ölçülen günlük ortalama elektrik tüketimi verilmiştir.



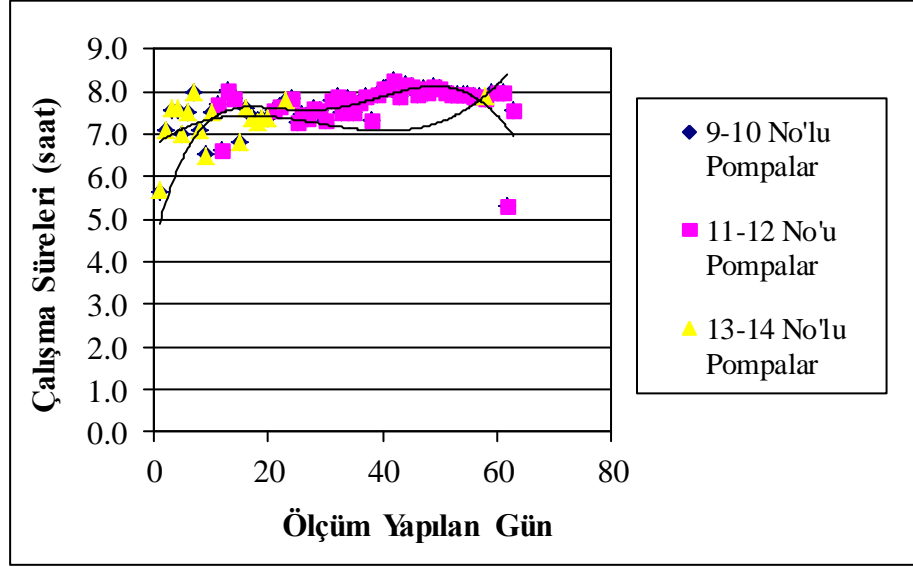
Şekil 3.117: Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının günlük ortalama çalışma süreleri (1-2, 3-4, 5-6 No’lu pompalar günlük olarak aynı süre çalışmaktadırlar)



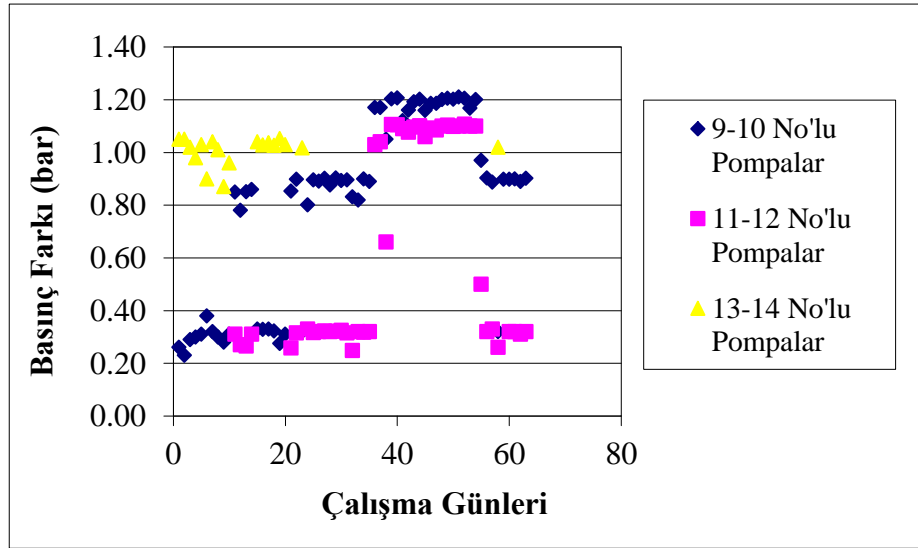
Şekil 3.118: Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının günlük çalışmalarındaki ortalama ölçülen giriş çıkış basınç farkları



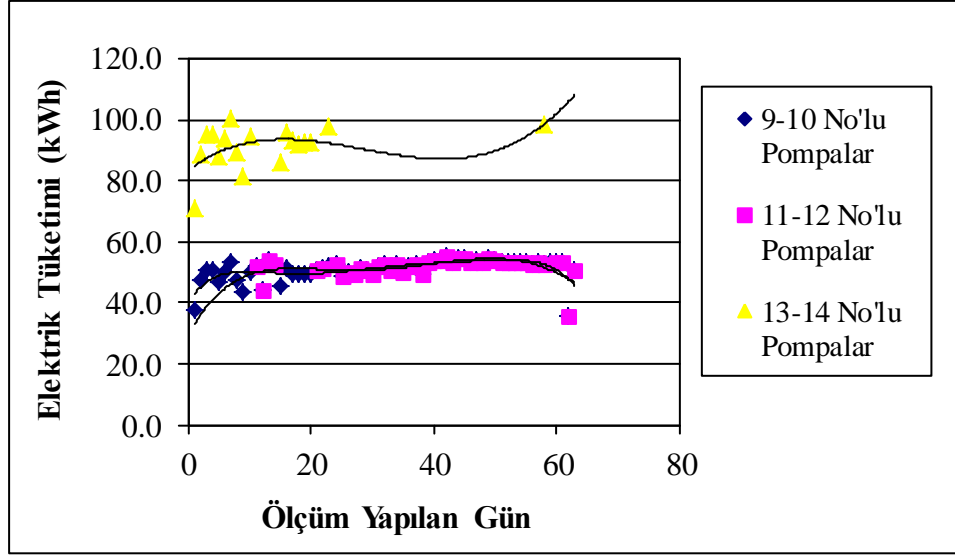
Şekil 3.119: Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının günlük çalışmalarındaki ortalama ölçülen elektrik tüketimleri



Şekil 3.120: Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının günlük ortalama çalışma süreleri



Şekil 3.121: Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının günlük çalışmalarındaki ortalama ölçülen giriş-çıkış basınç farkları



**Şekil 3.122:** Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının günlük çalışmalarındaki ortalama ölçülen elektrik tüketimleri

Tablo 3.21 ve Tablo 3.22’de ısıtma ve soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının elektrik sayacından okunan elektrik tüketimleri ile güç değerleri, ultrasonik debimetre (debi) ve basınç transmitterleri (giriş-çıkış basınç farkı) ile ölçülen değerler, bu değerler kullanılarak denklem (2.59) ile hesaplanan verimler gösterilmiştir. Elektrik tüketimi, güç ve zamanın çarpımı denklem (2.58) yardımıyla ile hesaplanır. Tablo 3.23 ve Tablo 3.24’de ısıtma ve soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik ve gerçek, günlük ile toplam çalışma süresi boyunca elektrik tüketimi ve bunlara bağlı, elektriğin kWh’ti 0.26 TL alınarak maliyet hesabı verilmiştir (Uludağ Elektrik Dağıtım). Tablo 3.25 ve Tablo 3.26’da ısıtma ve soğutma sirkülasyon pompalarının denklem (2.60) kullanılarak teorik ve gerçek elektrik tüketimine bağlı günlük ile toplam çalışma süresi boyunca uzun dönem için maliyet analizi verilmiştir. Uzun dönem (ömür) olarak 10 ve 20 yıl kabul edilmiştir.

**Tablo 3.21:** Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının ortalama kullanım değerleri ve verimleri

<b>Pompa</b>	<b>Basınç Farkı (bar)</b>	<b>Debi (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Elektrik Tüketimi (kWh)</b>	<b>Güç (kW)</b>	<b>Günlük Ortalama Kullanım Süresi (saat)</b>	<b>Pompa Verimi (%)</b>
1*2	0.18	3.8	3.05	0.4	7.63	5
3*4	0.39	2.0	3.05	0.4	7.63	6
5*6	0.17	23.6	9.16	1.2	7.63	10

Not: Isıtma sirkülasyon pompalarının debi değerleri en yüksek değeri alınmıştır.

**Tablo 3.22:** Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının ortalama kullanım değerleri ve verimleri

<b>Pompa</b>	<b>Basınç Farkı (bar)</b>	<b>Debi (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Elektrik Tüketimi (kWh)</b>	<b>Güç (kW)</b>	<b>Günlük Ortalama Kullanım Süresi (saat)</b>	<b>Pompa Verimi (%)</b>
9*10	0.81	93	51.05	6.7	7.62	31
11*12	0.63	93	51.93	6.7	7.75	24
13*14	1.01	90.1	91.98	12.6	7.30	20

**Tablo 3.23:** Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik ve gerçek elektrik tüketimi ile maliyet hesabı

<b>Pompa No</b>	<b>1-2 ve 3-4</b>	<b>5-6</b>
<b>Teorik</b>		
Güç (kW)	0.55	1.5
Günlük Ortalama Çalışma Süresi (Saat)	7.63	7.63
Günlük Ortalama Elektrik Tüketimi (kWh)	4.2	11.4
Günlük Ortalama Elektrik Tüketim Maliyeti (TL)	1.09 *(2.18)	2.98
Toplam Çalışma Süresi (Saat)	824.3	824.3
Toplam Elektrik Tüketimi (kWh)	453.3	1236.4
Toplam Elektrik Tüketim Maliyeti (TL)	117.9 *(235.8)	321.5
<b>Gerçek</b>		
Güç (kW)	0.4	1.2
Günlük Ortalama Çalışma Süresi (Saat)	7.63	7.63
Günlük Ortalama Elektrik Tüketimi (kWh)	3.05	9.16
Günlük Ortalama Elektrik Tüketim Maliyeti (TL)	0.79 *(1.58)	2.38
Toplam Çalışma Süresi (Saat)	824.3	824.3
Toplam Tüketim (kWh)	332.8	998.3
Toplam Elektrik Tüketim Maliyeti (TL)	86.5 *(173)	259.6

\*Not: Aynı özellikteki, 1-2 ve 3-4 no'lu pompalar için toplam elektrik tüketimi ve maliyeti bulunurken tablodaki değerleri 2 ile çarpılmıştır.

**Tablo 3.24:** Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik ve gerçek elektrik tüketimi ile maliyet hesabı

<b>Pompa No</b>	<b>9-10</b>	<b>11-12</b>	<b>13-14</b>
<b>Teorik</b>			
Güç (kW)	7.5	7.5	15
Günlük Ortalama Çalışma Süresi (Saat)	7.63	7.63	7.63
Günlük Ortalama Elektrik Tüketimi (kWh)	57.2	57.2	114.4
Günlük Ortalama Elektrik Maliyeti (TL)	14.9	14.9	29.8
Toplam Çalışma Süresi (Saat)	480	480	480
Toplam Elektrik Tüketimi (kWh)	3600	3600	7200
Toplam Elektrik Tüketim Maliyeti (TL)	936	936	1872
<b>Gerçek</b>			
Güç (kW)	6.7	6.7	12.6
Günlük Ortalama Çalışma Süresi (Saat)	7.62	7.75	7.30
Günlük Ortalama Elektrik Tüketimi (kWh)	51.05	51.93	91.98
Günlük Ortalama Elektrik Tüketim Maliyeti (TL)	13.27	13.50	23.91
Toplam Çalışma Süresi (Saat)	480	349	131
Toplam Elektrik Tüketimi (kWh)	3216	2338	1650.6
Toplam Elektrik Tüketim Maliyeti (TL)	836.2	607.9	429.2

**Tablo 3.25:** Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik ve gerçek elektrik tüketimine bağlı uzun dönem (ömür) için maliyet analizi (TL)

<b>Pompa No</b>	<b>1-2 ve 3-4</b>	<b>5-6</b>	<b>1-2 ve 3-4</b>	<b>5-6</b>
Ömür	10 Yıl	10 Yıl	20 Yıl	20 Yıl
PWF	8.78	8.78	15.67	15.67
<b>Teorik</b>				
Günlük Ortalama Elektrik Tüketimine Bağlı Maliyet	19.14	26.16	34.17	46.71
Toplam Elektrik Tüketimine Bağlı Maliyet	2069.76	2822	3695.58	5038.72
<b>Gerçek</b>				
Günlük Ortalama Elektrik Tüketimine Bağlı Maliyet	13.87	20.89	24.76	37.30
Toplam Elektrik Tüketimine Bağlı Maliyet	1518.53	2278.67	2711.35	4068.59



**Tablo 3.26:** Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik ve gerçek elektrik tüketimine bağlı uzun dönem (ömür) için maliyet analizi (TL)

<b>Pompa No</b>	<b>9-10</b>	<b>11-12</b>	<b>13-14</b>	<b>9-10</b>	<b>11-12</b>	<b>13-14</b>
Ömür	10 Yıl	10 Yıl	10 Yıl	20 Yıl	20 Yıl	20 Yıl
PWF	8.78	8.78	8.78	15.67	15.67	15.67
<b>Teorik</b>						
Günlük Ortalama						
Elektrik Tüketimine Bağlı Maliyet	130.79	130.79	261.57	233.52	233.52	467.04
Toplam Elektrik Tüketimine Bağlı Maliyet						
	8215.85	8215.85	16431.71	14669.48	14669.48	29338.97
<b>Gerçek</b>						
Günlük Ortalama						
Elektrik Tüketimine Bağlı Maliyet	116.48	118.50	209.93	207.97	211.58	374.67
Toplam Elektrik Tüketimine Bağlı Maliyet						
	7339.85	5335.92	3767.36	13105.37	9527.33	6726.65

## 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında inceleme için seçilen rektörlük binası, iş ve hizmet binası olarak kullanılan ana bina ile atölye ve matbaa binası olarak kullanılan birbirine bağlı iki binadan oluşmaktadır. Örnek binanın ısıtma ve soğutma merkezine yerleştirilen ölçüm sistemi ile ısıtma ve soğutma sistemlerinin değerlendirilebilmesi için ölçümler, 1 yıl süre ile yaz ve kış aylarını kapsayacak şekilde yapılmıştır. Bu veriler ile ısıtma ve soğutma sistemi için gerçek enerji tüketimleri hesaplanmış ve aynı zamanda ölçümlerle tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak enerji tüketimlerinin, meteorolojik verilere göre değişimleri incelenmiştir. Meteorolojik verilere ile enerji tüketiminin regresyon analizleri yapılmıştır. Enerji tüketimini etkileyen meteorolojik parametreler, ısıtma ve soğutma dönemi için ayrı ayrı tespit edilmiştir. Daha sonra, teorik olarak hesaplanan binaların dış duvar, çatı (tavan) ve döşeme (taban) için optimum yalıtım kalınlıkları, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu, CO<sub>2</sub> emisyonu azalımı ve geri dönüş süresi değerleri, ısıtma, soğutma ve ısıtma+soğutma dönemleri için ölçümlerle tespit edilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Optimum yalıtım kalınlığının; yalıtım malzemeleri fiyatları, yakıt tüketimleri, yakıt tüketimindeki tasarruf, CO<sub>2</sub> emisyon miktarı ve CO<sub>2</sub> emisyonundaki azalmaya bağlı değişimler için regresyon analizleri yapılmış ve bu parametrelere bağlı değişimini veren denklemler ile regresyon katsayıları bulunmuştur. Son olarak, tesisatta kullanılan pompaların gerçek ve teorik enerji tüketimleri incelenerek uzun vadede maliyet analizleri yapılmıştır. Bunlar ile ilgili sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmiştir.

### 4.1 Meteorolojik Verilere Bağlı Enerji Tüketimi ve Verim Analizi Sonuçları

Isıtma sisteminde elde edilen enerji verilerinin dış ortam meteorolojik veriler (sıcaklık, güneş radyasyonu, rüzgar hızı ve güneşlenme süresi) ile değişiminin sonuçları incelenirse; ısıtma sisteminde,

- dış hava sıcaklığına bağlı olarak doğal gazın yakılmasıyla elde edilen ısı enerjisinin (verilen ısı enerjisi) değişiminde çizilen eğrinin regresyon ( $R^2$ )

katsayısı değeri 0.434 olarak en yüksek değer olarak bulunmuştur. Buna göre verilen ısı enerjisinde (ısıtmada kullanılan enerji) en fazla ilgili olan meteorolojik verinin dış hava sıcaklığı olduğu anlaşılmıştır. Dış hava sıcaklığına bağlı olarak ısıtma sisteminden elde edilen ısı miktarı (ısıtma yükü veya çekilen ısı) değişiminde regresyon katsayısı değeri 0.302 olarak bulunmuştur. Buradaki verilerden ısıtma yükü değişimine en fazla ilgili olan parametrenin yine dış hava sıcaklığı olduğu anlaşılmıştır. Bu meteorolojik değerlerin dışındaki; rüzgar hızı, güneş radyasyonu, günlük toplam güneşlenme süresinin, ısıtma sisteminde verilen ısı ve ısıtma yükü üzerine etkisini gösteren regresyon katsayısı değeri dış hava sıcaklığına göre daha düşük değerlerde bulunmuştur. Ayrıca ısıtma yükü ve verilen ısı ile hesaplanan verim değerlerinin, günlük toplam güneşlenme süresi ile değişiminde elde edilen regresyon katsayısı değerinin 0.128 olarak en yüksek değer olarak hesaplanmıştır. Bu meteorolojik değerlerin dışındaki dış ortam sıcaklığı, rüzgar hızı, güneş radyasyonu, ısıtma sistemi verimi üzerine etkisini gösteren regresyon katsayısı değeri günlük toplam güneşlenme süresi göre daha düşük değerlerde bulunmuştur.

Soğutma sisteminde elde edilen enerji verilerinin meteorolojik veriler ile değişiminin sonuçları incelenirse; soğutma sisteminde,

- dış hava sıcaklığına bağlı olarak elektrik tüketilmesi elde edilen enerji (Güç) değişiminde çizilen eğrinin regresyon ( $R^2$ ) katsayısı değeri 0.789 en yüksek olarak bulunmuştur. Buna göre güç değeri ile en fazla ilgili olan meteorolojik verinin dış hava sıcaklığı olduğu anlaşılmıştır. Dış hava sıcaklığına bağlı olarak soğutma sisteminden elde edilen ısı miktarı (soğutma yükü) değişiminde regresyon katsayısı değeri 0.614 olarak bulunmuştur. Buradaki verilerden soğutma yükü değişimine en fazla ilgi olanın yine dış hava sıcaklığı olduğu anlaşılmıştır. Dış hava sıcaklığına bağlı olarak COP değeri değişiminde regresyon katsayısı 0.407 olarak en yüksek değer olarak bulunmuştur. Bu meteorolojik değerlerin dışındaki rüzgar hızı, güneş radyasyonu ve günlük toplam güneşlenme süresinin soğutma sistemindeki güç, soğutma yükü ve COP değerleri üzerine etkisini gösteren regresyon

katsayısı değeri dış hava sıcaklığına bağlı regresyon katsayısı değerine göre daha düşük hesaplanmıştır.

#### 4.2 Isıtma Optimum Yalıtım Kalınlığı Sonuçları

Hesaplanan ve ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı için 9 çeşit yalıtım malzemesine, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verilerine ve teorik verim (etiket verimi) değerine bağlı olarak hesaplanan derece-gün değerleri için dıştan yalıtım uygulamasında ısıtma dönemi;

- giydirme cephe kaplamalı rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığı; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; 0.008 ile 0.126 m arasında, matbaa binası için 0.003 ile 0.098 m arasında, tüm binaların ortalaması için 0.005 ile 0.112 m arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı bağlı olarak rektörlük ana binasının; 0 ile 0.109 m arasında, matbaa binası için 0.009 ile 0.107 m arasında, tüm binaların ortalaması için 0.003 ile 0.108 m arasında bulunmuştur.
- optimum yalıtım kalınlığı ile yakıt tüketimi, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda; 1.084 ile 2.428 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.894 ile 1.992 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.988 ile 2.225 m<sup>3</sup> arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda yakıt tüketimi; 1.087 ile 2.301 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.892 ile 1.993 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.988 ile 2.196 m<sup>3</sup> arasında bulunmuştur.
- optimum yalıtım uygulaması ile yalıtımsız dış duvara göre yakıt tüketimindeki; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının birim alan başına yılda; 0.342 ile 1.686 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.118 ile 1.216 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.207 ile 1.444 m<sup>3</sup> arasında tasarruf hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak birim alan başına yılda; rektörlük ana binasının

optimum yalıtım kalınlığında; 0 ile 1.214 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.403 ile 1.504 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.117 ile 1.325 m<sup>3</sup> arasında tasarruf sağlanacaktır.

- yalıtım uygulaması ile en kısa geri ödeme süreleri; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binası için 0.644 yıl, matbaa binası için 0.731 yıl, tüm binaların ortalaması için 0.684 yıl hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; geri ödeme süreleri; rektörlük ana binası için 0.889 yıl, matbaa binası için 0.595 yıl, tüm binaların ortalaması için 0.746 yıl bulunmuştur.
- yakıt tüketimine bağlı olarak CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda; 2.912 ile 6.524 kg arasında, matbaa binasında 2.402 ile 5.352 kg arasında, iki binanın ortalamasında 2.655 ile 5.978 kg arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 2.921 ile 6.182 kg arasında, matbaa binasında 2.397 ile 5.355 kg arasında, iki binanın ortalamasında yılda 2.655 ile 5.900 kg arasında bulunmuştur.
- CO<sub>2</sub> emisyonu miktarındaki azalma, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 0.919 ile 4.530 kg arasında, matbaa binasında 0.317 ile 3.267 kg arasında, iki binanın ortalamasında 0.556 ile 3.880 kg arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 0 ile 3.262 kg arasında, matbaa binasında 1.083 ile 4.041 kg arasında, iki binanın ortalamasında yılda 0.314 ile 3.560 kg arasında bulunmuştur.

Hesaplanan ve ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı için 9 çeşit yalıtım malzemesine, TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri ve teorik verim (etiket verimi) değerine bağlı olarak hesaplanan derece-gün değerleri için dıştan yalıtım uygulamasında ısıtma dönemi;

- giydirmeye cephe kaplamalı rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığı; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; 0.013 ile 0.141 m arasında, matbaa binası için 0.008 ile 0.115 m arasında, tüm binaların ortalaması için 0.011 ile 0.130 m arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığı; 0.001 ile 0.125 m arasında, matbaa binası için 0.014 ile 0.124 m arasında, tüm binaların ortalaması için 0.008 ile 0.126 m arasında bulunmuştur.
- optimum yalıtım kalınlığı ile yakıt tüketimi, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda; 1.164 ile 2.594 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.981 ile 2.198 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 1.085 ile 2.429 m<sup>3</sup> arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı bağlı olarak, rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda yakıt tüketimi; 1.161 ile 2.610 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.979 ile 2.199 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 1.086 ile 2.438 m<sup>3</sup> arasında bulunmuştur.
- optimum yalıtım uygulaması ile yalıtımsız dış duvara göre yakıt tüketimindeki; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının birim alan başına yılda; 0.595 ile 2.025 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.348 ile 1.565 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.499 ile 1.843 m<sup>3</sup> arasında tasarruf hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda; 0.039 ile 1.488 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.692 ile 1.912 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.346 ile 1.698 m<sup>3</sup> arasında yakıt tasarrufu sağlanacaktır.
- yalıtım uygulaması ile en kısa geri ödeme süreleri; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binası için 0.575 yıl, matbaa binası için 0.626 yıl, tüm binaların ortalaması için 0.587 yıl hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak en kısa geri ödeme

süreleri; rektörlük ana binası için 0.787 yıl, matbaa binası için 0.515 yıl, tüm binaların ortalaması için 0.636 yıl bulunmuştur.

- yakıt tüketimine bağlı olarak CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 3.127 ile 6.970 kg arasında, matbaa binasında 2.636 ile 5.906 kg arasında, iki binanın ortalamasında yılda 2.915 ile 6.526 kg arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 3.119 ile 7.013 kg arasında, matbaa binasında yılda 2.630 ile 5.908 kg arasında, tüm binanın ortalamasında yılda 2.918 ile 6.550 kg arasında bulunmuştur.
- CO<sub>2</sub> emisyonu miktarındaki azalma, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 1.599 ile 5.441 kg arasında, matbaa binasında 0.935 ile 4.205 kg arasında, tüm binanın ortalamasında 1.341 ile 4.952 kg arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 0.105 ile 3.998 kg arasında, matbaa binasında 1.859 ile 5.137 kg arasında, iki binanın ortalamasında 0.930 ile 4.562 kg arasında bulunmuştur.

Sonuç olarak, 9 çeşit yalıtım malzemesi, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri ve TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri ile hesaplanan derece-gün değerlerine bağlı olarak bulunan optimum yalıtım kalınlığı en düşük olan yalıtım malzemesi, tüm bina hacimleri ile ölçülen ve hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik verim (etiket verimi) değeri için ekstrüde polistiren (XPS) olarak tespit edilmiştir. ekstrüde polistiren aynı zamanda en yüksek birim fiyata sahip yalıtım malzemesidir. Ayrıca ekstrüde polistiren en yüksek yakıt tüketimine, en düşük yakıt tasarruf miktarına, en uzun geri dönüş süresine, en yüksek CO<sub>2</sub> emisyonuna ve en düşük CO<sub>2</sub> emisyonu tasarrufuna sahiptir. En yüksek optimum yalıtım kalınlığı ise en düşük birim fiyata sahip olan ekspande polistiren (EPS) olarak tespit edilmiştir. Ekspande polistiren (EPS) ise en düşük yakıt tüketimine, en yüksek yakıt tasarrufuna, en kısa geri dönüş süresine, en düşük CO<sub>2</sub> emisyonu ve en yüksek CO<sub>2</sub> emisyonu tasarrufuna sahiptir.

Ölçülen ısı transfer katsayısı ve ölçülen verim değerlerine bağlı olarak 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri ve TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için dıştan yalıtım uygulamasında ısıtma dönemi;

- optimum yalıtım kalınlıkları; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında 0.021 ile 0.188 m arasında, matbaa binasında 0.029 ile 0.171 m arasında, iki binanın ortalamasında 0.025 ile 0.179 m arasında hesaplanırken; TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında 0.028 ile 0.208 m arasında, matbaa binasında 0.036 ile 0.194 m arasında, tüm binanın ortalamasında 0.033 ile 0.204 m arasında bulunmuştur.
- yakıt tüketimi; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 1.492 ile 3.340 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binasında 1.231 ile 2.752 m<sup>3</sup> arasında, tüm binanın ortalamasında 1.362 ile 3.041 m<sup>3</sup> arasında hesaplanırken; TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 1.605 ile 3.565 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binasında 1.353 ile 3.031 m<sup>3</sup> arasında, tüm binanın ortalamasında 1.495 ile 3.333 m<sup>3</sup> arasında bulunmuştur.
- optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla yakıt tüketiminde, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 1.028 ile 2.876 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binasında 1.796 ile 3.317 m<sup>3</sup> arasında, tüm binanın ortalamasında 1.348 ile 3.027 m<sup>3</sup> arasında tasarruf hesaplanırken, TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 1.462 ile 3.422 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binasında 2.456 ile 4.134 m<sup>3</sup> arasında, iki binanın ortalamasında 1.951 ile 3.789 m<sup>3</sup> arasında tasarruf sağlanacaktır.



- en kısa geri ödeme süresi, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında 0.521 yıl, matbaa binasında 0.370 yıl, iki binanın ortalamasında 0.449 yıl olarak hesaplanırken; TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında 0.467 yıl, matbaa binasında 0.326 yıl, tüm binanın ortalamasında 0.393 yıl olarak bulunmuştur.
- yakıt tüketimine bağlı olarak CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 4.009 ile 8.974 kg arasında, matbaa binasında 3.307 ile 7.394 kg arasında, tüm binanın ortalamasında 3.659 ile 8.171 kg arasında hesaplanırken; TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 4.312 ile 9.578 kg arasında, matbaa binasında 3.635 ile 8.144 kg arasında, tüm binanın ortalaması için 4.017 ile 8.955 kg arasında bulunmuştur.
- CO<sub>2</sub> emisyonu miktarındaki azalma; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 2.762 ile 7.727 kg arasında, matbaa binasında 4.825 ile 8.912 kg arasında, tüm binanın ortalamasında 3.622 ile 8.133 kg arasında hesaplanırken; TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 3.928 ile 9.194 kg arasında, matbaa binasında 6.599 ile 11.107 kg arasında, tüm binanın ortalaması için 5.242 ile 10.180 kg arasında bulunmuştur.

Sonuç olarak, 9 çeşit yalıtım malzemesi, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri ve TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri ile hesaplanan derece-gün değerlerine bağlı olarak bulunan optimum yalıtım kalınlığı en düşük olan yalıtım malzemesi, tüm bina hacimleri ile ölçülen ısı transfer katsayısı ve ölçülen verim değeri için ekstrüde polistiren (XPS) olarak tespit edilmiştir. Ekstrüde polistiren (XPS) aynı zamanda en yüksek birim fiyata sahip yalıtım malzemesidir. Ayrıca ekstrüde polistiren (XPS) en yüksek yakıt tüketimine, en düşük yakıt tasarruf miktarına, en uzun geri dönüş süresine, en yüksek CO<sub>2</sub> emisyonuna ve en düşük CO<sub>2</sub> emisyonu tasarrufuna sahiptir. En yüksek

optimum yalıtım kalınlığı ise en düşük birim fiyata sahip olan ekspande polistiren (EPS) olarak tespit edilmiştir. Ekspande polistiren (EPS) ise en düşük yakıt tüketimine, en yüksek yakıt tasarrufuna, en kısa geri dönüş süresine, en düşük CO<sub>2</sub> emisyonu ve en yüksek CO<sub>2</sub> emisyonu tasarrufuna sahiptir.

#### 4.3 Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı Sonuçları

Hesaplanan ve ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı için 9 çeşit yalıtım malzemesine, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verilerine ve teorik COP değerine (etiket COP değeri) bağlı olarak hesaplanan derece-gün değerleri için dıştan yalıtım uygulamasında soğutma dönemi;

- giydirme cephe kaplamalı rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığı; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; 0 ile 0.031 m arasında, matbaa binası için 0 ile 0.040 m arasında, tüm binaların ortalaması için 0 ile 0.036 m arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı bağlı olarak rektörlük ana binasının; 0 ile 0.015 m arasında, matbaa binası için 0 ile 0.049 m arasında, tüm binaların ortalaması için 0 ile 0.032 m arasında bulunmuştur.
- optimum yalıtım kalınlığı ile yakıt tüketimi, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda; 1.493 ile 2.064 kWh arasında, matbaa binası için 1.492 ile 2.320 kWh arasında, tüm binaların ortalaması için 1.486 ile 2.184 kWh arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda yakıt tüketimi; 1.486 ile 1.714 kWh arasında, matbaa binası için 1.487 ile 2.635 kWh arasında, tüm binaların ortalaması için 1.486 ile 2.077 kWh arasında bulunmuştur.
- optimum yalıtım uygulaması ile yalıtımsız dış duvara göre yakıt tüketimindeki; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının birim alan başına yılda; 0 ile 0.571 kWh arasında, matbaa binası için 0 ile 0.828 kWh arasında, tüm binaların ortalaması için 0 ile 0.698 kWh

arasında tasarruf hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda; 0 ile 0.228 kWh arasında, matbaa binası için 0 ile 1.148 kWh arasında, tüm binaların ortalaması için 0 ile 0.591 kWh arasında yakıt tasarrufu sağlanacaktır.

- yalıtım uygulaması ile en kısa geri ödeme süreleri; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binası için 2.571 yıl, matbaa binası için 1.797 yıl, tüm binaların ortalaması için 2.182 yıl hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; en kısa geri ödeme süreleri; rektörlük ana binası için 7.070 yıl, matbaa binası için 1.314 yıl, tüm binaların ortalaması için 2.571 yıl bulunmuştur.

Hesaplanan ve ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı için 9 çeşit yalıtım malzemesine, TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri ve teorik COP (etiket COP değeri) değerine bağlı olarak hesaplanan derece-gün değerleri için dıştan yalıtım uygulamasında soğutma dönemi;

- giydirme cephe kaplamalı rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığı; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; 0 ile 0.017 m arasında, matbaa binası için 0 ile 0.026 m arasında, tüm binaların ortalaması için 0 ile 0.022 m arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; optimum yalıtım kalınlığı; matbaa binası için 0 ile 0.035 m arasında, ana binada yalıtıma gerek yok iken, tüm binaların ortalaması için 0 ile 0.018 m arasında bulunmuştur.
- optimum yalıtım kalınlığı ile yakıt tüketimi, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda; 1.307 ile 1.581 kWh arasında, matbaa binası için 1.306 ile 1.777 kWh arasında, tüm binaların ortalaması için 1.300 ile 1.673 kWh arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı bağlı olarak birim alan başına yılda; matbaa binası için 1.301 ile 2.018 kWh arasında, tüm binaların ortalaması için 1.300 ile 1.591 kWh arasında bulunmuştur.

- optimum yalıtım uygulaması ile yalıtımsız dış duvara göre yakıt tüketimindeki; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının birim alan başına yılda; 0 ile 0.274 kWh'e, matbaa binası için 0 ile 0.471 kWh'e, tüm binaların ortalaması için 0 ile 0.373 kWh'e kadar tasarruf hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; matbaa binası için birim alan başına yılda 0 ile 0.717 kWh'e, tüm binaların ortalaması için 0 ile 0.291 kWh'e kadar yakıt tasarrufu sağlanacaktır.
- yalıtım uygulaması ile en kısa geri ödeme süreleri; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binası için 4.684 yıl, matbaa binası için 2.771 yıl, tüm binaların ortalaması için 3.670 yıl hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak en kısa geri ödeme süreleri; matbaa binası için 1.851 yıl, tüm binaların ortalaması için 4.616 yıl bulunmuştur.

Sonuç olarak, 9 ayrı yalıtım malzemesi, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri ve TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri ile hesaplanan derece-gün değerlerine bağlı olarak bulunan optimum yalıtım kalınlığı olmayan yani yalıtıma ihtiyaç duymayan yalıtım malzemeleri, tüm bina hacimleri ile ölçülen ve hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik COP değeri (etiket COP değeri) için ekstrüde polistiren (XPS), poliüretan köpük (PUR) ve ekspande polistiren (EPS) olarak tespit edilmiştir. Ekstrüde polistiren (XPS), poliüretan köpük (PUR), ekspande polistiren (EPS) en yüksek birim fiyata sahip yalıtım malzemeleridir. Birim fiyatı, genelde 55 \$/m<sup>3</sup> üzerinde olan yalıtım malzemelerinde yalıtım uygulaması gerekmediği tespit edilmiştir. Yapılan yalıtım için en yüksek optimum yalıtım kalınlığı, en düşük birim fiyata sahip olan ekspande polistiren (EPS) olarak tespit edilmiştir. Ekspande polistiren (EPS) en düşük yakıt tüketimine, en yüksek yakıt tasarrufuna ve en kısa geri dönüş süresine sahiptir. Yukarıdaki sonuçlardan da görüleceği gibi, birim fiyatı yüksek olan yalıtım malzemesi için soğutma optimum yalıtım kalınlığı bulunamamıştır. Bu nedenle yalıtım kalınlığı 0 olarak alınmıştır.

Ölçülen ısı transfer katsayısı ve ölçülen verim değerlerine bağlı olarak 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri ve TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için dıştan yalıtım uygulamasında soğutma dönemi;

- optimum yalıtım kalınlıkları; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında 0 ile 0.030 m arasında, matbaa binasında 0 ile 0.064 m arasında, iki binanın ortalamasında 0 ile 0.047 m arasında hesaplanırken; TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında 0 ile 0.014 m arasında, matbaa binasında 0 ile 0.048 m arasında, tüm binanın ortalamasında 0 ile 0.031 m arasında bulunmuştur.
- yakıt tüketimi; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 1.694 ile 2.215 kWh arasında, matbaa binasında 1.695 ile 3.404 kWh arasında, iki binanın ortalamasında 1.694 ile 2.683 kWh arasında hesaplanırken; TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 1.483 ile 1.696 kWh arasında, matbaa binasında yılda 1.484 ile 2.607 kWh arasında, tüm binanın ortalamasında yılda 1.484 ile 2.055 kWh arasında bulunmuştur.
- optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla yakıt tüketiminde, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 0 ile 0.521 kWh arasında, matbaa binasında yılda 0 ile 1.709 kWh arasında, iki binanın ortalamasında yılda 0 ile 0.989 kWh arasında tasarruf hesaplanırken, TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 0 ile 0.213 kWh arasında, matbaa binasında 0 ile 1.123 kWh arasında, tüm binanın ortalamasında 0 ile 0.571 kWh arasında tasarruf sağlanacaktır.

- en kısa geri ödeme süresi, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında 3.277 yıl, matbaa binasında 0.992 yıl, iki binanın ortalamasında 1.718 yıl olarak hesaplanırken; TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında 6.963 yıl, matbaa binasında 1.317 yıl, tüm binanın ortalamasında 2.602 yıl olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak, 9 ayrı yalıtım malzemesi, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri ve TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri ile hesaplanan derece-gün değerlerine bağlı olarak bulunan optimum yalıtım kalınlığı olmayan yani yalıtıma ihtiyaç duymayan yalıtım malzemesi, tüm bina hacimleri ile ölçülen ısı transfer katsayısı ve ölçülen COP değeri için ekstrüde polistiren (XPS) ve poliüretan köpük (PUR) olarak tespit edilmiştir. Ekstrüde polistiren (XPS) ve poliüretan köpük (PUR) aynı zamanda en yüksek birim fiyata sahip yalıtım malzemeleridir. Birim fiyatı, genelde 85 \$/m<sup>3</sup> üzerinde olan yalıtım malzemelerinde yalıtım uygulaması gerekmediği tespit edilmiştir. En yüksek optimum yalıtım kalınlığı, en düşük birim fiyata sahip olan ekspande polistiren (EPS) olarak tespit edilmiştir. Ekspande polistiren (EPS) ise en düşük yakıt tüketimine, en yüksek yakıt tasarrufuna ve en kısa geri dönüş süresine sahiptir. Yukarıdaki sonuçlardan da görüleceği gibi, birim fiyatı yüksek olan yalıtım malzemesi için soğutma optimum yalıtım kalınlığı bulunamamıştır. Bu nedenle yalıtım kalınlığı 0 olarak alınmıştır.

#### **4.4 Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı Sonuçları**

Hesaplanan ve ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı için 9 çeşit yalıtım malzemesine, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verilerine ile teorik verim ve teorik COP (etiket verimi ve COP değeri) değerine bağlı olarak hesaplanan derece-gün değerleri için dıştan yalıtım uygulamasında ısıtma dönemi;

- giydirme cephe kaplamalı rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığı; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; 0.017 ile 0.154 m arasında, matbaa binası için 0.013 ile 0.132 m arasında, tüm binaların ortalaması için

0.015 ile 0.143 m arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı bağlı olarak rektörlük ana binasının; 0.006 ile 0.138 m arasında, matbaa binası için 0.020 ile 0.141 m arasında, tüm binaların ortalaması için 0.012 ile 0.139 m arasında bulunmuştur.

- optimum yalıtım kalınlığı ile yakıt tüketimi, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda; 0.955 ile 2.131 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.745 ile 1.678 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.848 ile 1.900 m<sup>3</sup> arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda yakıt tüketimi; 0.953 ile 2.115 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.744 ile 1.652 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.848 ile 1.907 m<sup>3</sup> arasında bulunmuştur.
- optimum yalıtım uygulaması ile yalıtımsız dış duvara göre yakıt tüketimindeki; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının birim alan başına yılda; 0.639 ile 1.815 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.432 ile 1.365 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.532 ile 1.584 m<sup>3</sup> arasında tasarruf hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda; 0.186 ile 1.348 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.744 ile 1.652 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.406 ile 1.465 m<sup>3</sup> arasında tasarruf sağlanacaktır.
- yalıtım uygulaması ile en kısa geri ödeme süreleri; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binası için 0.804 yıl, matbaa binası için 1.026 yıl, tüm binaların ortalaması için 0.895 yıl hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; en kısa geri ödeme süreleri; rektörlük ana binası için 1.154 yıl, matbaa binası için 0.804 yıl, tüm binaların ortalaması için 0.986 yıl bulunmuştur.

- yakıt tüketimine bağı olarak CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 2.566 ile 5.726 kg arasında, matbaa binasında 2.002 ile 4.508 kg arasında, tüm binanın ortalamasında 2.278 ile 5.105 kg arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 2.561 ile 5.683 kg arasında, matbaa binasında yılda 1.999 ile 4.439 kg arasında, iki binanın ortalamasında yılda 2.278 ile 5.124 kg arasında bulunmuştur.
- CO<sub>2</sub> emisyonu miktarındaki azalma, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 1.717 ile 4.877 kg arasında, matbaa binasında 1.161 ile 3.667 kg arasında, tüm binanın ortalamasında yılda 1.429 ile 4.256 kg arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 0.500 ile 3.622 kg arasında, matbaa binasında 1.999 ile 4.439 kg arasında, tüm binanın ortalamasında 1.091 ile 3.936 kg arasında bulunmuştur.

Hesaplanan ve ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı için 9 çeşit yalıtım malzemesine, TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri ile teorik verim ve teorik COP (etiket verimi ve COP değeri) değerine bağı olarak hesaplanan derece-gün değerleri için dıştan yalıtım uygulamasında ısıtma dönemi;

- giydirme cephe kaplamalı rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığı; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağı olarak; 0.019 ile 0.162 m arasında, matbaa binası için 0.016 ile 0.139 m arasında, tüm binaların ortalaması için 0.018 ile 0.152 m arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığı; 0.008 ile 0.145 m arasında, matbaa binası için 0.022 ile 0.148 m arasında, tüm binaların ortalaması için 0.015 ile 0.148 m arasında bulunmuştur.



- optimum yalıtım kalınlığı ile yakıt tüketimi, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda; 1.063 ile 2.389 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.869 ile 1.933 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.981 ile 2.192 m<sup>3</sup> arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısı bağlı olarak, rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında birim alan başına yılda yakıt tüketimi; 1.065 ile 2.371 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.868 ile 1.934 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.981 ile 2.199 m<sup>3</sup> arasında bulunmuştur.
- optimum yalıtım uygulaması ile yalıtımsız dış duvara göre yakıt tüketimindeki; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasının birim alan başına yılda; 0.800 ile 2.126 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.613 ile 1.677 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.736 ile 1.947 m<sup>3</sup> arasında tasarruf hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak birim alan başına yılda; rektörlük ana binasının optimum yalıtım kalınlığında; 0.278 ile 1.584 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binası için 0.957 ile 2.023 m<sup>3</sup> arasında, tüm binaların ortalaması için 0.585 ile 1.803 m<sup>3</sup> arasında yakıt tasarrufu sağlanacaktır.
- yalıtım uygulaması ile en kısa geri ödeme süreleri; hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binası için 0.663 yıl, matbaa binası için 0.770 yıl, tüm binaların ortalaması için 0.696 yıl hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak en kısa geri ödeme süreleri; rektörlük ana binası için 0.925 yıl, matbaa binası için 0.620 yıl, tüm binaların ortalaması için 0.758 yıl bulunmuştur.
- yakıt tüketimine bağlı olarak CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 2.856 ile 6.419 kg arasında, matbaa binasında 2.335 ile 5.194 kg arasında, iki binanın ortalamasında 2.636 ile 5.889 kg arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 2.861 ile 6.370 kg arasında, matbaa

binasında 2.332 ile 5.196 kg arasında, tüm binanın ortalamasında 2.636 ile 5.908 kg arasında bulunmuştur.

- CO<sub>2</sub> emisyonu miktarındaki azalma, hesaplanan ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 2.149 ile 5.712 kg arasında, matbaa binasında 1.647 ile 4.506 kg arasında, tüm binanın ortalamasında 1.977 ile 5.231 kg arasında hesaplanırken; ısı akış plakası ile ölçülen ısı transfer katsayısına bağlı olarak; rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 0.747 ile 4.256 kg arasında, matbaa binasında 2.571 ile 5.435 kg arasında, tüm binanın ortalamasında 1.572 ile 4.844 kg arasında bulunmuştur.

Sonuç olarak, 9 çeşit yalıtım malzemesi, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri ve TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri ile hesaplanan derece-gün değerlerine bağlı olarak bulunan optimum yalıtım kalınlığı en düşük olan yalıtım malzemesi, tüm bina hacimleri ile ölçülen ve hesaplanan ısı transfer katsayısı ile teorik verim ve teorik COP değeri için ekstrüde polistiren (XPS) olarak tespit edilmiştir. Ekstrüde polistiren aynı zamanda en yüksek birim fiyata sahip yalıtım malzemesidir. Ayrıca ekstrüde polistiren en yüksek yakıt tüketimine, en düşük yakıt tasarruf miktarına, en uzun geri dönüş süresine, en yüksek CO<sub>2</sub> emisyonuna ve en düşük CO<sub>2</sub> emisyonu tasarrufuna sahiptir. En yüksek optimum yalıtım kalınlığı ise en düşük birim fiyata sahip olan ekspande polistiren (EPS) olarak tespit edilmiştir. Ekspande polistiren (EPS) ise en düşük yakıt tüketimine, en yüksek yakıt tasarrufuna, en kısa geri dönüş süresine, en düşük CO<sub>2</sub> emisyonu ve en yüksek CO<sub>2</sub> emisyonu tasarrufuna sahiptir.

Ölçülen ısı transfer katsayısı ve ölçülen verim değerlerine bağlı olarak 12 yıllık (1999-2010) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri ve TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için dıştan yalıtım uygulamasında ısıtma dönemi;

- optimum yalıtım kalınlıkları; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında 0.030 ile 0.215 m arasında, matbaa binasında 0.039 ile 0.204 m arasında, tüm binanın ortalamasında 0.034 ile 0.209 m arasında hesaplanırken; TS 825 aylık

ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında 0.034 ile 0.228 m arasında, matbaa binasında 0.044 ile 0.217 m arasında, tüm binanın ortalamasında 0.040 ile 0.226 m arasında bulunmuştur.

- yakıt tüketimi; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 1.363 ile 3.034 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binasında 1.079 ile 2.422 m<sup>3</sup> arasında, tüm binanın ortalamasında 1.221 ile 2.738 m<sup>3</sup> arasında hesaplanırken; TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 1.506 ile 3.356 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binasında 1.242 ile 2.757 m<sup>3</sup> arasında, tüm binanın ortalamasında 1.388 ile 3.091 m<sup>3</sup> arasında bulunmuştur.
- optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla yakıt tüketiminde, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 1.334 ile 3.005 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binasında 2.126 ile 3.469 m<sup>3</sup> arasında, tüm binanın ortalamasında yılda 1.651 ile 3.168 m<sup>3</sup> arasında tasarruf hesaplanırken, TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 1.671 ile 3.521 m<sup>3</sup> arasında, matbaa binasında 2.730 ile 4.245 m<sup>3</sup> arasında, tüm binanın ortalamasında 2.193 ile 3.896 m<sup>3</sup> arasında tasarruf sağlanacaktır.
- en kısa geri ödeme süresi, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında 0.599 yıl, matbaa binasında 0.445 yıl, tüm binanın ortalamasında 0.528 yıl olarak hesaplanırken; TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında 0.514 yıl, matbaa binasında 0.367 yıl, tüm binanın ortalamasında 0.437 yıl olarak bulunmuştur.
- yakıt tüketimine bağlı olarak CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 3.662 ile 8.152 kg arasında,

matbaa binasında 2.899 ile 6.507 kg arasında, tüm binanın ortalamasında 3.281 ile 7.356 kg arasında hesaplanırken; TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 4.046 ile 9.017 kg arasında, matbaa binasında 3.337 ile 7.408 kg arasında, tüm binanın ortalaması için 3.729 ile 8.305 kg arasında bulunmuştur.

- CO<sub>2</sub> emisyonu miktarındaki azalma; 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 3.584 ile 8.074 kg arasında, matbaa binasında 5.712 ile 9.321 kg arasında, tüm binanın ortalamasında 4.436 ile 8.512 kg arasında hesaplanırken; TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri için, rektörlük ana binasında birim alan başına yılda 4.490 ile 9.460 kg arasında, matbaa binasında 7.335 ile 11.405 kg arasında, tüm binanın ortalaması için 5.892 ile 10.468 kg arasında bulunmuştur.

Sonuç olarak, 9 ayrı yalıtım malzemesi, 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış hava sıcaklık verileri ve TS 825 aylık ortalama dış ortam sıcaklık verileri ile hesaplanan derece-gün değerlerine bağlı olarak bulunan optimum yalıtım kalınlığı en düşük olan yalıtım malzemesi, tüm bina hacimleri ile ölçülen ısı transfer katsayısı ve ölçülen verim değeri için ekstrüde polistiren (XPS) olarak tespit edilmiştir. Ekstrüde polistiren (XPS) aynı zamanda en yüksek birim fiyata sahip yalıtım malzemesidir. Ayrıca ekstrüde polistiren (XPS) en yüksek yakıt tüketimine, en düşük yakıt tasarruf miktarına, en uzun geri dönüş süresine, en yüksek CO<sub>2</sub> emisyonuna ve en düşük CO<sub>2</sub> emisyonu tasarrufuna sahiptir. En yüksek optimum yalıtım kalınlığı ise en düşük birim fiyata sahip olan ekspande polistiren (EPS) olarak tespit edilmiştir. Ekspande polistiren (EPS) ise en düşük yakıt tüketimine, en yüksek yakıt tasarrufuna, en kısa geri dönüş süresine, en düşük CO<sub>2</sub> emisyonu ve en yüksek CO<sub>2</sub> emisyonu tasarrufuna sahiptir.

#### **4.5 Isıtma, Soğutma ve Isıtma+Soğutma Optimum Yalıtım Kalınlığı için Regresyon Analizi Sonuçları**

Isıtma dönemi 12 yıllık meteoroloji günlük dış ortam sıcaklık verilerine bağlı olarak hesaplanan derece-gün değerleri için hesaplanan ısı transfer değeri ile

hesaplanan verim, ölçülen ısı transferi ile teorik verim ve ölçülen ısı transferi ile ölçülen verim değerlerine bağlı olarak yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı ile, optimum yalıtım kalınlığına bağlı; yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu ve CO<sub>2</sub> emisyon azalımı matbaa binası için regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri arasında en yüksek olan 0.990 ve en düşük ise 0.948 dir. Ana bina için en yüksek 0.986 ve en düşük ise 0.945 dir. Tüm binaların ortalaması için en yüksek 0.991 ve en düşük ise 0.958 dir. TS 825 dış ortam sıcaklık verilerine bağlı olarak hesaplanan derece-gün değerleri için hesaplanan ısı transfer değeri ile teorik verim, ölçülen ısı transferi ile teorik verim ve ölçülen ısı transferi ile ölçülen verim değerlerine bağlı olarak yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı ile, optimum yalıtım kalınlığına bağlı; yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu ve CO<sub>2</sub> emisyon azalımı matbaa binası için regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri arasında en yüksek olan 0.987 ve en düşük ise 0.942 dir. Ana bina için en yüksek 0.993 ve en düşük ise 0.959 dir. Tüm binaların ortalaması için en yüksek 0.989 ve en düşük ise 0.954 dir.

Soğutma dönemi 12 yıllık meteoroloji günlük dış ortam sıcaklık verilerine bağlı olarak hesaplanan derece-gün değerleri için hesaplanan ısı transfer değeri ile teorik COP, ölçülen ısı transferi ile teorik COP ve ölçülen ısı transferi ile ölçülen COP değerlerine bağlı olarak yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı ile, optimum yalıtım kalınlığına bağlı; yakıt tüketimi ve yakıt tüketimi tasarrufu, matbaa binası için regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri arasında en yüksek olan 0.992 ve en düşük ise 0.731 dir. Ana bina için en yüksek 1.000 ve en düşük ise 0.579 dir. Tüm binaların ortalaması için en yüksek 0.996 ve en düşük ise 0.580 dir. TS 825 dış ortam sıcaklık verilerine bağlı olarak hesaplanan derece-gün değerleri için hesaplanan ısı transfer değeri ile teorik COP, ölçülen ısı transferi ile teorik COP ve ölçülen ısı transferi ile ölçülen COP değerlerine bağlı olarak yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı ile, optimum yalıtım kalınlığına bağlı; yakıt tüketimi ve yakıt tüketimi tasarrufu, matbaa binası için regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri arasında en yüksek olan 0.992 ve en düşük ise 0.581 dir. Ana bina için en yüksek olan 1.000 ve en düşük ise 0.580 dir. Tüm binaların ortalaması için en yüksek olan 1.000 ve en düşük ise 0.580 dir.

Isıtma+soğutma dönemi 12 yıllık meteoroloji günlük dış ortam sıcaklık verilerine bağlı olarak hesaplanan derece-gün değerleri için hesaplanan ısı transfer değeri ile teorik verim ve teorik COP, ölçülen ısı transferi ile teorik verim ve teorik COP ve ölçülen ısı transferi ile ölçülen verim ve ölçülen COP değerlerine bağlı olarak yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı ile, optimum yalıtım kalınlığına bağlı; yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu ve CO<sub>2</sub> emisyon azalımı matbaa binası için regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri arasında en yüksek olan 0.988 ve en düşük ise 0.942 dir. Ana bina için en yüksek 0.989 ve en düşük ise 0.958 dir. Tüm binaların ortalaması için en yüksek 0.989 ve en düşük ise 0.951 dir. TS 825 dış ortam sıcaklık verilerine bağlı olarak hesaplanan derece-gün değerleri için hesaplanan ısı transfer değeri ile teorik verim ve teorik COP, ölçülen ısı transferi ile teorik verim ve teorik COP ve ölçülen ısı transferi ile ölçülen verim ve ölçülen COP değerlerine bağlı olarak yalıtım malzemesi fiyatına bağlı optimum yalıtım kalınlığı, optimum yalıtım kalınlığına bağlı; yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu ve CO<sub>2</sub> emisyon azalımı matbaa binası için regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri arasında en yüksek olan 0.989 ve en düşük ise 0.935 dir. Ana bina için en yüksek 0.989 ve en düşük ise 0.956 dir. Tüm binaların ortalaması için en yüksek 0.989 ve en düşük ise 0.946 dır.

Isıtma, soğutma ve ısıtma+soğutma için 5 farklı 9 çeşit yalıtım malzemesi için yalıtım malzemesi fiyatına bağlı olarak optimum yalıtım kalınlığı ile, optimum yalıtım kalınlığına bağlı; yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu, CO<sub>2</sub> emisyon azalımı için farklı denklemler bulunmuştur. Bu denklemler sayesinde ısıtma, soğutma ve ısıtma+soğutma arasındaki optimum yalıtım kalınlığına bağlı olarak farklı denklemler türetilir. Bunun dışında her dönem için ve dönemler arasında (ısıtma ile soğutma ve ısıtma ile ısıtma+soğutma arasında), yalıtım malzemesi fiyatına bağlı yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu, CO<sub>2</sub> emisyon azalımı hesaplanabilir.

#### **4.6 Isıtma, Soğutma ve Isıtma+Soğutma Çatı (Tavan) ve Döşeme (Taban) için Optimum Yalıtım Kalınlığı Sonuçları**

Isıtma dönemi, ekstrüde polistiren yalıtım malzemesi için 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış ortam ile TS 825 dış ortam aylık

sıcaklık verilerine bağı olarak hesaplanan derece-gün değeri ve teorik ile ölçülen verim değeri için çatı (tavan) optimum yalıtım kalınlığı; matbaa binası, ana bina ve tüm binaların ortalaması için 0.122 ile 0.226 m arasında, yakıt tüketimi birim alan başına yılda 0.904 ile 1.621 m<sup>3</sup> arasında, yakıt tüketimi tasarrufu birim alan başına yılda 13.024 ile 43.290 m<sup>3</sup>, CO<sub>2</sub> emisyonu birim alan başına yılda 2.429 ile 4.355 kg, CO<sub>2</sub> emisyon azalımı birim alan başına yılda 34.993 ile 116.312 kg ve geri ödeme süresi 0.038 ile 0.069 yıldır. 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış ortam ile TS 825 dış ortam aylık sıcaklık verilerine bağı olarak hesaplanan derece-gün değeri ve teorik ile ölçülen verim değeri için döşeme optimum yalıtım kalınlığı; matbaa binası, ana bina ve tüm binaların ortalaması için 0.059 ile 0.132 m arasında, yakıt tüketimi birim alan başına yılda 0.638 ile 1.150 m<sup>3</sup> arasında, yakıt tüketimi tasarrufu birim alan başına yılda 1.129 ile 4.548 m<sup>3</sup>, CO<sub>2</sub> emisyonu birim alan başına yılda 1.714 ile 3.090 kg, CO<sub>2</sub> emisyon azalımı birim alan başına yılda 3.033 ile 12.220 kg ve geri ödeme süresi 0.252 ile 0.567 yıldır.

Soğutma dönemi, ekstrüde polistiren yalıtım malzemesi için 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış ortam ile TS 825 dış ortam aylık sıcaklık verilerine bağı olarak hesaplanan derece-gün değeri ve teorik ile ölçülen verim değeri için çatı (tavan) optimum yalıtım kalınlığı; matbaa binası, ana bina ve tüm binaların ortalaması için 0.080 ile 0.089 m arasında, yakıt tüketimi birim alan başına yılda 1.122 ile 1.718 kWh arasında, yakıt tüketimi tasarrufu alan başına yılda 10.609 ile 18.068 kWh ve geri ödeme süresi 0.095 ile 0.153 yıldır. 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış ortam ile TS 825 dış ortam aylık sıcaklık verilerine bağı olarak hesaplanan derece-gün değeri ve teorik ile ölçülen verim değeri için döşeme optimum yalıtım kalınlığı; matbaa binası, ana bina ve tüm binaların ortalaması için 0.020 ile 0.036 m arasında, yakıt tüketimi birim alan başına yılda 0.931 ile 1.207 kWh arasında, yakıt tüketimi tasarrufu birim alan başına yılda 0.557 ile 1.303 kWh ve geri ödeme süresi 0.961 ile 1.711 yıldır.

Isıtma+soğutma dönemi, ekstrüde polistiren yalıtım malzemesi için 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış ortam ile TS 825 dış ortam aylık sıcaklık verilerine bağı olarak hesaplanan derece-gün değeri ve teorik ile ölçülen verim değeri için çatı (tavan) optimum yalıtım kalınlığı; matbaa binası, ana bina ve tüm binaların ortalaması için 0.148 ile 0.241 m arasında, yakıt tüketimi birim

alan başına yılda 0.753 ile 1.524 m<sup>3</sup> arasında, yakıt tüketimi tasarrufu birim alan başına yılda 13.175 ile 43.387 m<sup>3</sup>, CO<sub>2</sub> emisyonu birim alan başına yılda 2.023 ile 4.095 kg, CO<sub>2</sub> emisyon azalımı 35.399 ile 116.572 kg ve geri ödeme süresi 0.040 ile 0.084 yıldır. 1999-2010 yılları arası (12 yıllık) meteoroloji günlük ortalama dış ortam ile TS 825 dış ortam aylık sıcaklık verilerine bağlı olarak hesaplanan derece-gün değeri ve teorik ile ölçülen verim değeri için döşeme optimum yalıtım kalınlığı; matbaa binası, ana bina ve tüm binaların ortalaması için 0.077 ile 0.143 m arasında, yakıt tüketimi birim alan başına yılda 0.534 ile 1.078 m<sup>3</sup> arasında, yakıt tüketimi tasarrufu birim alan başına yılda 1.233 ile 4.620 m<sup>3</sup>, CO<sub>2</sub> emisyonu birim alan başına yılda 1.435 ile 2.896 kg, CO<sub>2</sub> emisyon azalımı 3.313 ile 12.413 kg ve geri ödeme süresi 0.273 ile 0.762 yıldır.

#### **4.7 Isıtma ve Soğutma Sistemi Tesisatında Kullanılan Pompalar ile İlgili Sonuçlar**

Tezde; ısıtma ve soğutma sistemi tesisatında kullanılan sirkülasyon pompalarının enerji tüketimleri ile verim değerlerinin, teorik ve ölçümler yapılarak elde edilen gerçek değerleri verilmiştir. Buna bağlı olarak ömür boyu maliyet analizi ile gerçek (ölçülen) ve teorik enerji (elektrik enerjisi) tüketiminin, 10 ve 20 yıllık dönemler için ileriye dönük maliyet analizi sonuçları incelenmiştir.

Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik olarak motor güçleri; 1-2 ve 3-4 no'lu pompaların 0.55 kW iken, 5-6 no'lu pompaların 1.5 kW, elektrik sayacı ile ölçülen gerçekteki güçleri ise 1-2 ve 3-4 no'lu pompaların 0.4 kW iken, 5-6 no'lu pompaların 1.2 kW dir. Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik olarak motor güçleri 9-10 ve 11-12 no'lu pompaların 7.5 kW iken, 13-14 no'lu pompaların 15 kW, elektrik sayacı ile ölçülen gerçekteki güçleri ise 9-10 ve 11-12 no'lu pompaların 6.7 kW iken, 13-14 no'lu pompaların 12.6 kW dir.

Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik verimleri tüm pompaların % 52 olarak verilmektedir. Fakat debileri, giriş çıkış basınç farkları ve güç ölçümleri ile yapılan hesaplamalarla verimler, 1-2 no'lu pompaların % 5, 3-4 no'lu pompaların % 6 ve 5-6 no'lu pompaların % 10 dur. Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının ise teorik verimleri tüm pompaların % 52 olarak verilmektedir. Ölçüm sonucu



yapılan hesaplamalar ile verimler, 9-10 no'lu pompaların % 31, 11-12 no'lu pompaların % 24 ve 13-14 no'lu pompaların % 20 dir.

Ömür maliyet analizi sonucu ısıtma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik olarak, 10 ve 20 yıllık ömürlerde günlük elektrik tüketimi için 9.57 (iki pompa için 19.14) - 46.71 TL, toplam elektrik tüketimi için 1034.88 (iki pompa için 2069.76) - 5038.72 TL arasında, gerçekteki ise 10 ve 20 yıllık ömürlerde günlük elektrik tüketimi için 6.93 (iki pompa için 13.87) - 37.30 TL, toplam elektrik tüketimi için 759.27 (iki pompa için 1518.53) - 4068.59 TL arasında elektrik tüketim maliyeti olacağı hesaplanmıştır. Soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının teorik güçlerine bağlı 10 ve 20 yıllık ömürlerde günlük elektrik tüketimi için 130.79 - 467.04 TL, toplam elektrik tüketimi için 8215.85 - 29338.97 TL arasında, gerçekteki ise 10 ve 20 yıllık ömürlerde günlük elektrik tüketimi için 116.48 - 374.67 TL, toplam elektrik tüketimi için 7339.85 - 6726.65 TL arasında elektrik tüketim maliyeti olacağı hesaplanmıştır.

#### **4.8 Öneriler**

Isıtma ve soğutma sistemindeki kullanılan ekipmanlar örnek binada çalışanların istedikleri ısı konfor şartlarını sağlamak için çok fazla miktarda enerji tüketmektedirler. Isıtma ve soğutma sistemindeki bu ekipmanların verimlerini arttırılarak daha az miktarda enerji tüketerek konfor şartları elde edilecektir. Isıtma sisteminde kazan için ölçülen verim % 49'dur. Bacada ölçülen hava fazlalık katsayısı değeri 1.1 olması gerekirken 2.69 olarak ölçülmüştür. Bu değer kazan veriminin düşüklüğünü de göstermektedir. Soğutma sisteminde ise soğutma gruplarının COP değeri 2.09 olarak bulunmuştur. Isıtma ve soğutma sisteminde ekipmanların verimlerini arttırmak için; ısıtma sistemindeki fuel-oil'den doğal gaz yakan kazana çevrilen kazanın değiştirilerek direk doğal gaz yakan yeni bir kazanın kullanılması, kazan, chiller, pompa ve brülörlerin bakımlarının periyodik olarak yapılması, ısıtma ve soğutma sisteminde otomasyon sistemine geçilerek daha etkin işletme şartlarının tespit edilmesi, daha bilinçli ve bilgili teknik personelin kullanılması sayılabilir.

Örnek binada yalıtım uygulaması bulunmamaktadır. Kış dönemi teorik değerler ve farklı yalıtım malzemeleri için 0.141 m ile ölçülen değerler ve farklı

yalıtım malzemeleri için 0.208 m; yaz dönemi teorik değerler ve farklı yalıtım malzemeleri için 0.040 m ile ölçülen değerlere ve farklı yalıtım malzemeleri için 0.064 m, yaz+kış dönemi için teorik değerlere ve farklı yalıtım malzemeleri için 0.162 m ile ölçülen değerlere ve farklı yalıtım malzemeleri için 0.228 m yalıtım uygulaması gerekmektedir. Yaz ve kış mevsimleri düşünülerek yani ısıtma ve soğutma dönemleri için farklı yalıtım malzemeleri kıyaslanarak, maliyet ve bu malzemelerin kullanılmasıyla sağlanacak enerji tüketiminin azaltılması açısından en uygun yalıtım malzemesi ile dış duvarlar yalıtım ile kaplanabilir. Böylece binadaki enerji tüketimi ve buna bağlı zararlı emisyonların salınımı azalacaktır.

Örnek binanın; yönüne göre uygun dış cephe duvar kaplama malzemesi seçilmesi, güneşlenme özelliğine bağlı dış cephe boyasının rengi, dışa bakan cam miktarının değiştirilmeli, cam yüzeylere yönlere göre kaplamalar yapılması gibi bulunduğu iklime uygun yapı özellikleri belirlenmelidir.

Örnek bina, kamu ofis binasıdır. Bu tür binalarda çok sayıda çalışan bulunmaktadır. Çalışanların buldukları ortamdaki konfor isteklerini sağlamaları için çeşitli temel bilgiler verilerek enerji tüketim ile ilgili olarak bilinçlendirilebilirler. Böylece çalışanların hem ısı konfor isteklerini sağlarken hem de binada enerji tüketimi için daha dikkatli davranacaklardır.

Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarının verimleri % 5 ile % 10 arasında, soğutma sistemi sirkülasyon pompalarının verimleri % 20 ile % 31 arasında tespit edilmiştir. Bu verimler düşük değerdedir. Isıtma ve soğutma tesisatında kullanılan pompalarda, yüksek verimliliğini sağlamak için, pompaları ihtiyaç olunca çalıştırmak (kesintili çalışma), çalışan pompa sayısını değiştirmek; pompa devrini frekansı değiştirmeden mekanik veya elektrikli yollarla değiştirmek gibi uygulamalar yapılabilir. Ayrıca, pompa devrini debi veya basınç ihtiyacına göre ayarlamak, elektrik motoruna frekans değiştirici yardımı ile uygulanan gerilim ve frekansı değiştirip pompayı istenen debi ve basma yüksekliğini sağlayacak devirde döndürmek başka uygulanabilecek metotlardır (Yumurtacı ve Sarıgül 2011).

Isıtma sistemi sirkülasyon pompalarında etiket güç değerleri farklı pompalar için 0.55 ile 1.5 kW arasında iken ölçülen güç değerleri ise 0.4 ile 1.2 kW

arasındadır. Soğutma sistemindeki sirkülasyon pompalarında ise farklı pompalar için 7.5 ile 15 kW arasında değişmektedir. Bu pompaların ölçülen güç değerleri ise farklı pompalar için 6.7 ile 12.6 kW arasında değiştiği görülmüştür. Isıtma ve soğutma sisteminde kullanılan sirkülasyon (santrifüj) pompalarının gerçekteki tesisat için gerekli olan güçleri; pompaların, tesisatın ilk tasarım aşamasında seçilen pompaların güçlerinden daha düşüktür. Buna bağlı olarak ısıtma ve soğutma sistemlerinde daha düşük kapasitedeki pompalar kullanılmalıdır. Böylece enerji tüketim ve yatırım maliyeti azalacaktır. Ayrıca pompaların belirli periyotlarla bakımlarının yapılması gereklidir. Bu, daha verimli çalışmalarını sağlayarak enerji tüketimlerini de azaltacaktır.

## 5. KAYNAKLAR

Ahonen, T., Tamminen, J., Ahola, J., Viholainen, J., Aranto, N. and Kestila J. (2010). Estimation of pump operational state with model-based methods. *Energy Conversion and Management*, 51, 6,1319-1325.

Aksoy, U.T. ve Keleşoğlu, Ö. (2007). Bina kabuğu yüzey alanı ve yalıtım kalınlığının ısıtma maliyeti üzerinde etkileri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22,1, 103-109.

Aktacir, M. A., Büyükalaca, O. and Yılmaz, T. (2009). A case study for influence of building thermal insulation on cooling load and air-conditioning system in the hot and humid regions. *Applied Energy*, 87,2,599-607.

Al-Ghandoor, A., Jaber, J.O., Al-Hinti, I. and Manasour, I.M. (2009). Residential past and future energy consumption: Potential savings and environmental impact. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,13,6-7,1262-1274.

Al-Khawaja, M. (2004). Determination and selecting the optimum thickness of insulation for buildings in hot countries by accounting for solar radiation. *Applied Thermal Engineering*, 24,17-18, 2601-2610.

Arslan, O., and Köse, R. (2006). Thermoeconomic optimization of insulation thickness considering condensed vapor in buildings. *Energy and Buildings*, 38,12,1400-1408.

Arslan, O., Özgür, M.A., Yıldızay, H. D. and Köse, R. (2009). Fuel effects on optimum insulation thickness: an exergitic approach, *Energy Sources. Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*,32,2,128-147.

Aslan, A. (2010). Gönen Jeotermal Bölgesel Isıtma Sisteminin Enerji Ve Termoekonomik Verimliliğinin İncelenmesi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Balıkesir.

Aslan, A. ve Yüksel, B. (2010). Gönen jeotermal bölge ısıtma sistemiyle ısıtılan farklı tip binaların dış duvarlarının optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12,1,100-111.

Aslan, A., Yüksel, B. and Akyol, T. (2011). Energy analysis of different types of buildings in Gonen geothermal district heating system. *Applied Thermal Engineering*, 31,14-15,2726-2734.

Atmaca, İ. (2006). Isıl Konfor Parametrelerinin İnsan Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Atmaca, İ. ve Koçak, S. (2011). TS 825'e uygun olarak yalıtılan bir binanın teknik ve ekonomik olarak incelenmesi. *X. Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 239-249.

Ayçam, İ. (2006). Türkiye Derece Gün Bölgelerinde Isıtma Gerektiren Dönem İçin Alçak Katlı Konut Binalarında Uygun Cam Tiplerinin Saptanmasına Yönelik Bir Yöntem, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara.

Aydın, Ö. (2011). Yapı Düşey Dış Kabuğu Isı Yalıtım Uygulamaları İle Enerji Verimliliği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Trabzon.

Balıkesir Doğal Gaz Dağıtım A. Ş. (BALGAZ) Doğal Gaz Verileri (2011).

Balıkesir Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı Verileri (1996).

Balo, F., Uçar, A. ve İnallı, M. (2011). Yapıların dış duvarlarında optimum yalıtım kalınlığının üç farklı metodla tespiti. *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 273-286.

Bilgen, S., Keleş, S., Kaygusuz, A., Sarı, A., Kaygusuz, K. (2008). Global warming and renewable energy sources for sustainable development: A case study in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12,2,372-396.

Bolattürk, A. (2006). Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey. *Applied Thermal Engineering*, 26,11-12,1301-1309

Bolattürk, A. (2008). Optimum insulation thicknesses for building walls with respect to cooling and heating degree-hours in the warmest zone of Turkey. *Building and Environment*, 43,6,1055-1064.

Catalina, T., Virgone, J. and Blanco, E. (2008). Development and validation of regression models to predict monthly heating demand for residential buildings. *Energy and Buildings*, 40,10, 1825-1832.

Cheung, C. K., Fuller, R. J. and Luther, M. B. (2005). Energy-efficient envelope design for high-rise apartments. *Energy and Buildings*, 37,1,37-48.

Cordoba, J., Macias, M. and Espinosa, J. M. (1998). Study of the potential savings on energy demand and HVAC energy consumption by using coated glazing for office buildings in Madrid. *Energy and Buildings*, 27,1,13-19.

Çağlar, H. (2011). Modern Binalarda Uygulanan Isı Yalıtım Tekniklerinin İncelenmesinde Serdivan AVM Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya.

Çakmanus, İ. (2007). Renovation of existing office buildings in regard to energy economy: An example from Ankara. Turkey, *Building and Environment*, 42,3,1348-1357.

Çay, Y. and Gürel, A. E. (2013). Determination of optimum insulation thickness energy savings and environmental impact for different climatic regions of Turkey. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 32,2,365-372.

Çomaklı, K. and Yüksel, B. (2003). Optimum insulation thickness of external walls for energy saving. *Applied Thermal Engineering*, 23,4,473-479.

Çomaklı, K. and Yüksel, B. (2004). Environmental impact of thermal insulation thickness in buildings. *Applied Thermal Engineering*, 24,5-6,933-940.

Dağdır, C. ve Bolattürk, A. (2011). Sıcak iklim bölgelerindeki binalarda ısıtma ve soğutma yüküne göre tespit edilen optimum yalıtım kalınlıklarının karşılaştırılması. *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 253-270.

Dağsöz, A. K. (1988). *Sıcak Sulu Kalorifer Tesisatı*, Demirdöküm Teknik Yayınlar No:6, 1.Baskı, 249-267, İstanbul.

Daşdemir, A., (2011). Isıtma ve Soğutma Uygulamalarında Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufu ve Baca Gazı Emisyonlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Karabük.

Değirmenci, A. İ. (2010). Türkiye’de Uygulanan Yalıtım Tekniklerinin Araştırılmasında Termal Kameranın Etkin Biçimde Kullanılması, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya.

Dilmaç, S. and Kesen, N. (2003). A comparison of new Turkish thermal insulation standard (TS 825), ISO 9164, EN 832 and German regulation. *Energy and Buildings*, 35,2,161-174.

Doğruel, N. (2010). Binalarda Cephe Kaplamalarının Isı Yalıtımına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne.

Dombaycı, Ö. A. (2007). The environmental impact of optimum insulation thickness for external walls of buildings. *Building and Environment*, 42,11,3855-3859.

Dombaycı, Ö. A., Gölcü, M. and Pancar, Y. (2006). Optimization of insulation for external walls using different energy-sources. *Applied Energy*, 83,9,921-928.

Dongmei, P., Mingyin, C., Shiming, D. and Zhongping, L. (2012). The effects of external wall insulation thickness on annual cooling and heating energy uses under different climates. *Applied Energy*, 97, 313-318.

Durmayaz, A. and Kadioğlu, M. (2003), Heating energy requirements and fuel consumptions in the biggest city centers of Turkey. *Energy Conversion and Management*, 44,7,1177-1192.

Durmayaz, A., Kadioğlu, M. and Şen, Z. (2000). An application of the degree-hours method to estimate the residential heating energy requirement and fuel consumption in Istanbul. *Energy*, 25,12,1245-1256.

Eicker, U and. Pietruschka, D. (2009). Design and performance of solar powered absorption cooling systems in office buildings. *Energy and Buildings*, 41,1,81-91.

Ekici, B. B., Gülten, A. A. and Aksoy, U. T. (2012). A study on the optimum insulation thicknesses of various types of external walls with respect to different materials, fuels and climate zones in Turkey. *Applied Energy*, 92, 211-217.

Ekin, A. B. (2008). Buzdolaplarında Kullanılan Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimlerinin Ekserji Analizi İle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Manisa.

Eryiğit, H. G. (2003). S.D.Ü. Morfoloji Binasında Isıtma Havalandırma Sisteminin Geliştirilmesi Ve Ekonomikliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.



Eskin, N. and Türkmen, H. (2008). Analysis of annual heating and cooling energy requirements for office buildings in different climates in Turkey. *Energy and Buildings*, 40,5,763-773.

Fahlen, P., Voll, H. and Naumov, J. (2006). Efficiency of pump operation in hydronic heating and cooling systems. *Journal of Civil Engineering and Management*, 12, 1, 57-62.

Filippin, C., Larsen, S. F. and Gay, E. L. (2008). Energy improvement of a conventional dwelling in Argentina through thermal simulation. *Renewable Energy*, 33,10,2246-2257.

Gölcü, M., Dombaycı, A., Abalı, S. (2006). Denizli için optimum yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkisi ve sonuçları. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21, 4, 639-644.

Gültekin, M. L. ve Kadioğlu, M. (1996). Marmara bölgesinde ısıtma soğutma derecelenlerinin dağılımı. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 31.

Gugliermetti, F., Passerini, G. and Bisegna, F. (2004). Climate models for the assessment of office buildings energy performance. *Building and Environment*, 39,1, 39-50.

Hasan, A. (1999). Optimizing insulation thickness for buildings using life cycle cost. *Applied Energy*, 63,2,115-124.

Hacisalihoğlu, B. (2008). Turkey's natural gas policy. *Energ Policy*, 36,6,1867-1872.

Jaber, S. and Ajib, S. (2011). Optimum, technical and energy efficiency design of residential building in Mediterranean region. *Energy and Buildings*, 43,8,1829-1834.

Kaya, D., Yağmur, E. A., Yiğit, K. S., Kiliç, F. C., Eren, A. S. and Çelik, C. (2008). Energy efficiency in pumps. *Energy Conversion and Management*, 49,6,1662-1673.

Kaynaklı, Ö. (2008). A study on residential heating energy requirement and optimum insulation thickness. *Renewable Energy*, 33,6,1164-1172.

Kaynaklı, Ö. (2011). Parametric investigation of optimum thermal insulation thickness for external walls. *Energies*, 4,6,913-927.

Kaynaklı, Ö., Kılıç, M., Yamankaradeniz, R. (2010). Isıtma ve soğutma süreci için dış duvar optimum yalıtım kalınlığı hesabı. *TTMD Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi*, 65,39-45.

Kaynaklı, Ö. ve Yamankaradeniz, R. (2007). Isıtma süreci ve optimum yalıtım kalınlığı hesabı. *VII. Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir,187-195.

Kaynaklı, Ö., Mutlu, M. ve Kılıç, M. (2012). Bina duvarlarına uygulanan ısı yalıtım kalınlığının enerji maliyeti odaklı optimizasyonu. *Tesisat Mühendisliği*, 126, 48-54.

Kaygusuz, K. (2009). Energy and environmental issues relating to greenhouse gas emissions for sustainable development in Turkey. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*,13,1,253-270.

Kiliç, A. M. (2006). Turkey's natural gas necessity, consumption and future perspectives. *Energy Policy*, 34,14,1928-1934.

Kılınc, F. (2011). Sivas için Farklı Yalıtım Malzemelerinin Isı Kaybına Olan Etkilerinin Deneysel ve Sayısal Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas.

Kon, O., Yüksel, B. (2011); Konut dışı kompleks yapılar için optimum yalıtım kalınlığı. *18. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Zonguldak, 604-610.

Konuralp, O. ve Albayrak, K. (2009). Pompalı sistem uygulamalarında ömür boyu maliyet yaklaşımı. *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 1327-1344, İzmir.

Korkmaz, E., Gölcü, M. ve Kurbanoglu, C. (2009). Dalgıç pompa performans testlerinde kullanılan yeni teknolojiler. *5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük.

Kurt, H. (2011). The usage of air gap in the composite wall for energy saving and air pollution. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 30,3,450-458.

Larralde, E. and Ocampo, R (2010). Pump selection centrifugal pump selection process. *World Pumps*, 24-28.

Mahlia, T. M. I. and Iqbal, A. (2010). Cost benefits analysis and emission reductions of optimum thickness and air gaps for selected insulation materials for building walls in Maldives. *Energy*, 35,5, 2242-2250.

Mahlia, T. M. I., Taufiq, B. N., Ismail, B.N. and Masjuki, H.H. (2007). Correlation between thermal conductivity and the thickness of selected insulation materials for building Wall. *Energy and Buildings*, 39,2,182-187.

Masoso, O. T. and Grobler, L. J. (2008). A new and innovative look at anti-insulation behaviour in building energy consumption. *Energy and Buildings*, 40,10,1889-1894.

Mata, E., Lopez, F., Cuchi, A. (2009). Optimization of the management of building stocks: an example of the application of managing heating systems in university buildings in Spain. *Energy and Building*, 41,12,1334-1346.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü Dış Hava Sıcaklık Verileri (2011)

Meteoroloji Genel Müdürlüğü Web Sitesi (Erişim Tarihi: Ocak 2012)

Okka, O. (2000), *Mühendislik Ekonomisi*, Nobel Yayınları, 3.Baskı, Ankara.

Orosa, J. A. and Oliveira, A. C. (2009). Energy saving with passive climate control methods in Spanish office buildings. *Energy and Buildings*, 41,8,823-828.

Oymak, M. (2007). Isıl Sistem Tasarımlarında Ekonomik Yalıtım Kalınlıklarının Ekserji Ekonomik Yöntemle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Edirne.

Öz, M. E. U. (2006). Bursa için Konutlarda Enerji Tüketim Karakteristiklerinin Belirlenmesi ve Bu Konutlar İçin Yakıt Hücreleri ile Alternatif Enerji Tüketim Sistemlerinin Karşılaştırılması, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Özkan, D. B., Onan, C. and Erdem, S. (2009). Effect of insulation material thickness on thermal insulation. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sigma, 27, 190-196.

Özkan, D. B. and Onan, C. (2011). Optimization of insulation thickness for different glazing areas in buildings for various climatic regions in Turkey. *Applied Energy*, 88,4,1331-1342.

Özüpak, Ö. Ş. (2008). Ticari Binalarda Enerji Performans Kriterlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, İstanbul.

Papakostas, K., Mavromatis, T. and Kyriakis, N. (2010). Impact of the ambient temperature rise on the energy consumption for heating and cooling in residential buildings of Greece. *Renewable Energy*, 35,7,1376-1379.

Papakostas, K T., Papadopoulos, A. M. and Vlahakis, I. G. (2005). Optimisation of thermal protection in residential buildings using the variable base degree-days method. *International Journal of Sustainable Energy*, 24, 1, 19-31.

Radhi, H. (2009). A comparison of the accuracy of building energy analysis in Bahrain using data from different weater periods. Technical Note, *Renewable Energy*, 34,3, 869-875.

Sarak, H. and Satman, A. (2003). The degree-day method to estimate the residential heating natural gas consumption in Turkey: a case study. *Energy*, 28,9,929-939.

Sun, H. S. and Lee, S. E. (2006). Case study of data centers' energy performance. *Energy and Buildings*, 38,5,522-533.

Sungur, C. ve Bal, G. (2003). Yüksek güvenilirlikli ve hassasiyetli bir santrifüj pompa deney standının bilgisayar kontrollü olarak geliştirilmesi. 3. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Ankara.

Şen, A. O. (2006). Binalarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri Dünyada ve Türkiye'de Yalıtım, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya.

Şişman, N. (2005). Derece Gün Bölgeleri için Bina Dış Duvarlarında Farklı Yalıtım Malzemesi ve Duvar Yapı Bileşenleri Kullanılması Halinde Ekonomik Analiz Yöntemi ile En İyi Yalıtım Kalınlığının Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.

Şişman, N., Kahya, E., Aras, N. and Aras, H. (2007). Determination of optimum insulation thicknesses of the external walls and roof (ceiling) for Turkey's different degree-day regions. *Energy Policy*, 35,10,5151-5155.

Toklu, E., Güney, M.S., Işık, M., Çomaklı, O., Kaygusuz, K. (2010). Energy production, consumption, policies and recent developments in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14,4,1172-1186.

Tolun, M. (2010). Farklı Derece-Gün Bölgeleri İçin Yalıtım Probleminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, İstanbul.

Tolvanen, J. (2007). Life cycle energy cost savings through careful system design and pump selection. *World Pumps*, 34-37.

Topal, O. (2009). Binalarda Enerji Verimliliği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

TS 825, *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*. Türk Standardı, Mayıs 2008.

TS 2164, *Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları*. Türk Standardı, 1984.

Tuncer, M. (2007). Isıtılan ve Soğutulan Mahallerde Isı Yalıtımının Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası Web Sitesi

<http://www.tcmb.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 17.01.2012)

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Web Sitesi

<http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 17.01.2012)

Türkmen, B. (2011). Pompa tesisatlarında enerji verimliliği ve sistem seçimi; pompa, boru ve tesisat yaklaşımı. *Tesisat Mühendisliği*, 121, 5-8.

Uçar, A. (2010). Thermo-economic analysis method for optimization of insulation thickness for the four different climatic regions of Turkey. *Energy*, 35,4,1854-1864.

Uçar, A. and Balo, F. (2009). Effect of fuel type on the optimum thickness of selected insulation materials for the four different climatic of Turkey. *Applied Energy*, 86,5, 730-736.

Uçar, A. and Balo, F. (2010). Determination of the energy savings and the optimum insulation thickness in the four different insulated exterior walls. *Renewable Energy*, 35,1,88-94.

Uçar, A., İnallı, M. and Balo, F. (2011). Application of three different methods for determination of optimum insulation thickness in external walls. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 30,4,709-719.

Ulaş, A. (2010). Binalarda TS 825 Hesap Yöntemine Göre Isı Kaybı, Yakıt Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu Hesabı ve Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş. Verileri

Usta, Ö. (2008), *İşletme Finansı ve Finansal Yönetim*. Detay Yayıncılık, 3. Baskı, Ankara.

Uygunoğlu, T. and Keçebaş, A. (2011). LCC analysis for energy-saving in residential buildings with different types of construction masonry blocks. *Energy and Buildings*, 43,9,2077-2085.

Ülker, S. (2009). Isı Yalıtım Malzemelerinin Özelliklerinin Uygulamaya Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Vogelesang, H. (2008). An introduction to energy consumption in pumps. *World Pumps*, 29-31.

Yaşar, N. (2011). Kentsel Enerji Politikaları Bağlamında Konutlarda Enerji Verimliliği Algısı: Isparta Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Isparta.

Yıldız, A., Gürlek, G., Erkek, M. and Özbalta, N. (2008). Economical and environmental analyses of thermal insulation thickness in buildings. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 28, 2, 25-34.

Yik, F. W. H., Burnett, J. and Prescott, I. (2001). A study on the energy performance of three schemes for widening application of water-cooled air-conditioning systems in Hong-Kong. *Energy and Buildings*, 33,2,167-182.

Yu, J, Yang, C., Tian, L. and Liao, D. (2009). A study on optimum insulation thicknesses of external walls in hot summer and cold winter zone of China. *Applied Energy*, 86,11,2520-2529.

Yu, F. W. and Chan, K. T. (2005). Energy signatures for assessing the energy performance of chillers. *Energy and Buildings*, 37,7,739-746.

Yu, F. W. and Chan, K. T. (2009). Environmental performance and economic analysis of all-variable speed chiller systems with load-based speed control. *Applied Thermal Engineering*, 29,8-9,1721-1729.

Yu, F. W. and Chan, K. T. (2006). Low-energy design for air-cooled chiller plants in air-conditioned buildings. *Energy and Buildings*, 38,4,334-339.

Yu, F. W. and Chan, K. T. (2006). Life cycle analysis of enhanced condenser features for air-cooled chillers serving air-conditioned buildings. *Building and Environment*, 41,8,981-991.

Yumurtacı, Z. ve Sarıgül, A. (2011). Santrifüj pompalarda enerji verimliliği ve uygulamaları. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 122, 49-58.



# EKLER

## 6.EKLER

Ek A Isıtma dönemi meteorolojik verileri (Günlük olarak sabah saat 08.30 ile 17.00 arasının ortalaması)

Ölçüm Yapılan Gün	Tarih	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Güneş Rad. (kWh/m <sup>2</sup> )	Rüzgar Hızı (m/s)	Güneş Süre. (saat)	Ölçüm Yapılan Gün	Tarih	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Güneş Rad. (kWh/m <sup>2</sup> )	Rüzgar Hızı (m/s)	Güneş Süre. (saat)
1	04.01.2010	2.47	5.67	3.20	0.10	31	15.02.2010	15.85	12.93	7.53	2.40
2	05.01.2010	1.67	16.22	0.50	4.60	32	16.02.2010	9.40	17.72	0.25	3.90
3	06.01.2010	11.57	8.97	4.77	0.20	33	17.02.2010	12.95	4.74	0.75	0.00
4	07.01.2010	16.27	6.28	4.07	0.10	34	18.02.2010	18.38	11.54	5.50	1.50
5	08.01.2010	11.45	12.30	0.00	3.40	35	19.02.2010	15.20	20.38	1.90	6.10
6	11.01.2010	11.18	15.38	2.90	4.80	36	22.02.2010	9.33	19.59	0.25	4.30
7	12.01.2010	10.10	5.83	1.00	0.50	37	23.02.2010	12.05	13.11	1.65	0.60
8	13.01.2010	10.60	3.98	2.05	0.00	38	24.02.2010	14.75	12.30	0.88	1.20
9	14.01.2010	8.18	6.40	4.05	0.00	39	25.02.2010	11.70	17.00	0.25	2.90
10	15.01.2010	7.33	3.68	4.85	0.00	40	26.02.2010	9.63	3.56	3.60	0.00
11	18.01.2010	8.03	5.82	0.50	0.00	41	01.03.2010	11.23	19.24	0.13	4.10
12	19.01.2010	3.10	1.18	4.35	0.00	42	02.03.2010	15.08	17.95	3.55	4.10
13	20.01.2010	3.38	5.71	3.98	0.00	43	03.03.2010	11.35	23.11	4.33	5.10
14	21.01.2010	4.55	11.76	1.63	2.50	44	04.03.2010	8.90	12.49	1.00	0.10
15	22.01.2010	2.55	1.15	6.38	0.00	45	05.03.2010	12.95	8.02	0.50	0.00
16	25.01.2010	-2.80	8.16	7.18	0.40	46	08.03.2010	6.33	7.30	2.83	0.00
17	26.01.2010	-1.88	19.60	4.45	7.20	47	09.03.2010	7.63	3.91	2.68	0.00
18	27.01.2010	-3.73	10.04	0.25	1.00	48	10.03.2010	8.08	18.15	4.48	0.40
19	28.01.2010	0.85	6.45	0.00	0.00	49	11.03.2010	9.25	10.37	0.63	0.10
20	29.01.2010	5.88	4.23	0.50	0.10	50	12.03.2010	11.43	19.05	1.70	2.50
21	01.02.2010	12.53	14.90	6.40	4.00	51	15.03.2010	7.87	24.95	4.27	5.50
22	02.02.2010	4.05	2.05	4.73	0.00	52	16.03.2010	8.18	29.38	1.75	7.10
23	03.02.2010	0.58	2.35	3.95	0.00	53	17.03.2010	7.35	27.92	4.63	5.70
24	04.02.2010	0.13	4.16	0.75	0.30	54	18.03.2010	7.43	31.48	2.68	7.60
25	05.02.2010	2.08	8.66	2.43	0.40	55	19.03.2010	7.57	35.74	2.03	8.50
26	08.02.2010	10.20	9.44	1.63	0.90	56	22.03.2010	14.53	31.89	0.33	8.30
27	09.02.2010	4.38	3.05	2.03	0.00	57	23.03.2010	19.00	37.12	3.60	7.40
28	10.02.2010	7.05	15.69	0.75	3.50	58	24.03.2010	10.78	6.65	2.75	0.00
29	11.02.2010	13.63	6.61	4.73	0.90	59	25.03.2010	12.35	24.07	5.75	4.60
30	12.02.2010	15.45	10.02	5.60	1.20	60	26.03.2010	12.03	33.52	7.18	8.60
61	29.03.2010	10.83	3.67	0.63	0.00	65	05.04.2010	16.40	39.83	0.67	8.60
62	30.03.2010	15.30	37.14	2.55	8.00	66	07.04.2010	11.25	5.31	1.63	0.00
63	01.04.2010	19.45	26.50	3.95	4.70	67	08.04.2010	11.73	12.39	2.93	0.80
64	02.04.2010	14.70	13.53	1.37	3.20	68	12.04.2010	13.08	34.61	8.08	6.50

**Ek A (devamı)**

<b>69</b>	<b>13.04.2010</b>	12.17	45.62	1.00	8.80
<b>70</b>	<b>14.04.2010</b>	16.87	18.20	1.00	0.70
<b>71</b>	<b>28.04.2010</b>	12.75	17.41	7.15	1.50
<b>72</b>	<b>29.04.2010</b>	13.80	46.09	6.80	8.70
<b>73</b>	<b>30.04.2010</b>	14.97	47.19	4.60	8.80
<b>74</b>	<b>01.11.2010</b>	10.80	19.84	0.00	6.10
<b>75</b>	<b>02.11.2010</b>	12.85	19.04	0.00	6.20
<b>76</b>	<b>03.11.2010</b>	11.55	17.63	0.00	5.40
<b>77</b>	<b>04.11.2010</b>	12.50	17.88	0.00	4.90
<b>78</b>	<b>05.11.2010</b>	11.25	17.59	0.00	5.80
<b>79</b>	<b>08.11.2010</b>	16.08	12.84	1.25	1.30
<b>80</b>	<b>09.11.2010</b>	21.65	11.28	6.63	1.20
<b>81</b>	<b>10.11.2010</b>	21.98	17.86	7.15	6.00
<b>82</b>	<b>11.11.2010</b>	19.80	17.75	3.30	5.90
<b>83</b>	<b>12.11.2010</b>	14.63	10.48	1.00	0.90
<b>84</b>	<b>22.11.2010</b>	8.70	11.05	0.00	1.00
<b>85</b>	<b>23.11.2010</b>	18.08	8.33	5.75	0.70
<b>86</b>	<b>24.11.2010</b>	14.55	9.43	2.78	1.00
<b>87</b>	<b>25.11.2010</b>	14.45	6.63	2.13	0.40
<b>88</b>	<b>26.11.2010</b>	16.63	11.42	5.10	1.00
<b>89</b>	<b>29.11.2010</b>	21.78	12.17	7.28	2.20
<b>90</b>	<b>01.12.2010</b>	16.88	5.78	1.75	0.00
<b>91</b>	<b>07.12.2010</b>	5.73	13.21	0.13	5.20
<b>92</b>	<b>08.12.2010</b>	8.08	12.29	0.50	4.30
<b>93</b>	<b>09.12.2010</b>	12.65	5.71	1.50	0.90
<b>94</b>	<b>10.12.2010</b>	6.45	2.54	4.08	0.00
<b>95</b>	<b>14.12.2010</b>	3.13	7.00	0.38	0.00
<b>96</b>	<b>15.12.2010</b>	4.35	8.51	0.75	1.30
<b>97</b>	<b>16.12.2010</b>	5.13	4.25	0.88	0.00
<b>98</b>	<b>17.12.2010</b>	8.03	3.43	0.88	0.00
<b>99</b>	<b>20.12.2010</b>	12.43	9.18	0.63	0.70
<b>100</b>	<b>21.12.2010</b>	14.88	11.83	1.38	0.00
<b>101</b>	<b>22.12.2010</b>	10.65	12.34	0.38	4.10
<b>102</b>	<b>23.12.2010</b>	9.17	14.02	0.00	3.10
<b>103</b>	<b>27.12.2010</b>	12.55	1.23	1.13	0.00
<b>104</b>	<b>28.12.2010</b>	8.60	1.63	3.70	0.00
<b>105</b>	<b>29.12.2010</b>	6.00	1.91	6.38	0.00
<b>106</b>	<b>30.12.2010</b>	6.13	5.03	5.73	0.00
<b>107</b>	<b>31.12.2010</b>	5.73	11.47	4.08	2.30
	<b>Ortalama</b>	<b>10.34</b>	<b>13.93</b>	<b>2.69</b>	<b>2.53</b>

**Ek B Isıtma Dönemi Ölçüm Değerleri (Günlük olarak sabah saat 08.30 ile 17.00 arasının ortalaması)**

Ölçüm Yapılan Gün	Tarih	Kazan Çal. Süresi (saat)	Doğal Gaz Tüketimi (m <sup>3</sup> )	Kazan Su Sıc. Farkı (°C)	Isıtma Sirkülasyon Pompaları Basınç Farkı (bar)			Ölçüm Yapılan Gün	Tarih	Kazan Çal. Süresi (saat)	Doğal Gaz Tüketimi (m <sup>3</sup> )	Kazan Su Sıc. Farkı (°C)	Isıtma Sirkülasyon Pompaları Basınç Farkı (bar)		
					1*2	3*4	5*6						1*2	3*4	5*6
1	04.01.2010	8.25	482.00	12.94	0.17	0.46	0.19	38	24.02.2010	8.08	299.00	9.89	0.16	0.40	0.18
2	05.01.2010	8.00	343.00	12.88	0.17	0.48	0.16	39	25.02.2010	7.92	279.00	9.01	0.15	0.42	0.17
3	06.01.2010	5.83	256.00	12.51	0.15	0.44	0.17	40	26.02.2010	8.08	288.00	10.65	0.15	0.40	0.17
4	07.01.2010	6.92	188.00	9.86	0.15	0.25	0.16	41	01.03.2010	8.00	332.00	12.39	0.15	0.44	0.17
5	08.01.2010	7.50	270.00	12.93	0.14	0.31	0.14	42	02.03.2010	8.17	218.00	9.49	0.15	0.25	0.17
6	11.01.2010	7.58	210.00	10.03	0.15	0.40	0.17	43	03.03.2010	8.08	151.00	9.20	0.17	0.47	0.18
7	12.01.2010	7.75	229.00	9.35	0.16	0.41	0.18	44	04.03.2010	8.08	195.00	8.74	0.17	0.47	0.18
8	13.01.2010	7.67	271.00	11.21	0.15	0.42	0.18	45	05.03.2010	8.17	262.00	10.07	0.15	0.42	0.17
9	14.01.2010	7.50	301.00	12.30	0.17	0.47	0.17	46	08.03.2010	8.00	429.00	11.29	0.18	0.48	0.18
10	15.01.2010	7.83	281.00	10.48	0.18	0.47	0.18	47	09.03.2010	8.00	290.00	10.73	0.20	0.41	0.18
11	18.01.2010	8.17	403.00	11.94	0.18	0.45	0.17	48	10.03.2010	7.67	263.00	11.59	0.15	0.48	0.18
12	19.01.2010	8.00	448.00	11.33	0.18	0.47	0.17	49	11.03.2010	7.83	299.00	13.42	0.15	0.42	0.18
13	20.01.2010	8.33	380.00	11.97	0.18	0.47	0.17	50	12.03.2010	7.42	260.00	12.91	0.14	0.27	0.15
14	21.01.2010	8.08	309.00	10.65	0.19	0.47	0.18	51	15.03.2010	7.92	266.00	9.85	0.18	0.48	0.19
15	22.01.2010	8.08	513.00	12.11	0.17	0.47	0.16	52	16.03.2010	7.42	214.00	8.59	0.20	0.45	0.19
16	25.01.2010	8.08	577.00	17.52	0.17	0.49	0.17	53	17.03.2010	8.08	317.00	12.47	0.17	0.46	0.18
17	26.01.2010	7.83	634.00	19.16	0.15	0.47	0.15	54	18.03.2010	7.58	330.00	9.87	0.18	0.47	0.19
18	27.01.2010	8.25	635.00	20.20	0.15	0.48	0.15	55	19.03.2010	6.50	228.00	9.27	0.18	0.49	0.19
19	28.01.2010	8.00	555.00	13.87	0.16	0.49	0.16	56	22.03.2010	6.92	186.00	8.04	0.16	0.27	0.18
20	29.01.2010	8.08	421.00	12.75	0.15	0.45	0.17	57	23.03.2010	5.67	217.00	9.88	0.15	0.19	0.17
21	01.02.2010	8.00	355.00	11.22	0.15	0.40	0.18	58	24.03.2010	8.08	334.00	11.59	0.16	0.46	0.18
22	02.02.2010	8.00	467.00	11.34	0.16	0.43	0.16	59	25.03.2010	8.25	329.00	11.46	0.16	0.42	0.18
23	03.02.2010	8.00	550.00	12.81	0.17	0.48	0.17	60	26.03.2010	7.83	293.00	11.65	0.16	0.47	0.18
24	04.02.2010	7.83	418.00	12.05	0.17	0.49	0.17	61	29.03.2010	7.25	358.00	12.06	0.16	0.45	0.17
25	05.02.2010	7.58	478.00	12.07	0.17	0.47	0.16	62	30.03.2010	8.25	333.00	11.17	0.15	0.27	0.17
26	08.02.2010	8.17	401.00	10.65	0.15	0.44	0.17	63	01.04.2010	7.83	287.00	10.00	0.13	0.08	0.16
27	09.02.2010	8.25	525.00	11.26	0.15	0.48	0.16	64	02.04.2010	5.67	116.00	5.01	0.15	0.11	0.13
28	10.02.2010	8.25	400.00	10.62	0.13	0.45	0.16	65	05.04.2010	3.58	152.00	9.89	0.14	0.09	0.12
29	11.02.2010	8.08	309.00	10.12	0.15	0.43	0.18	66	07.04.2010	8.00	340.00	11.62	0.15	0.44	0.17
30	12.02.2010	6.17	297.00	12.30	0.13	0.32	0.17	67	08.04.2010	7.92	347.00	12.42	0.16	0.33	0.17
31	15.02.2010	7.92	251.00	11.35	0.16	0.37	0.18	68	12.04.2010	7.33	392.00	11.45	0.15	0.41	0.16
32	16.02.2010	8.17	254.00	10.32	0.15	0.43	0.18	69	13.04.2010	3.17	256.00	13.75	0.15	0.21	0.12
33	17.02.2010	8.08	283.00	9.98	0.14	0.49	0.17	70	14.04.2010	7.50	351.00	10.03	0.15	0.31	0.16
34	18.02.2010	7.92	267.00	9.45	0.15	0.16	0.17	71	28.04.2010	8.00	373.00	10.40	0.16	0.47	0.17
35	19.02.2010	7.92	210.00	7.90	0.15	0.18	0.17	72	29.04.2010	5.25	275.00	10.97	0.15	0.35	0.14
36	22.02.2010	7.92	247.00	10.38	0.15	0.43	0.18	73	30.04.2010	4.00	131.00	8.67	0.16	0.34	0.14
37	23.02.2010	7.83	216.00	9.77	0.16	0.41	0.18	74	01.11.2010	7.58	557.00	12.97	0.19	0.50	0.15

**Ek B (devamı)**

75	02.11.2010	8.42	232.00	4.75	0.25	0.36	0.17
76	03.11.2010	6.50	315.00	7.70	0.24	0.44	0.16
77	04.11.2010	8.17	268.00	8.13	0.24	0.34	0.16
78	05.11.2010	7.75	350.00	9.82	0.23	0.34	0.15
79	08.11.2010	8.08	215.00	5.42	0.25	0.34	0.16
80	09.11.2010	8.00	198.00	6.77	0.24	0.17	0.15
81	10.11.2010	7.92	185.00	7.26	0.26	0.34	0.17
82	11.11.2010	6.92	105.00	5.07	0.25	0.13	0.16
83	12.11.2010	7.75	168.00	7.04	0.26	0.36	0.17
84	22.11.2010	8.25	535.00	12.45	0.25	0.35	0.16
85	23.11.2010	8.33	301.00	7.72	0.24	0.54	0.15
86	24.11.2010	8.08	350.00	14.17	0.25	0.35	0.16
87	25.11.2010	8.33	345.00	18.34	0.26	0.35	0.17
88	26.11.2010	8.25	359.00	19.64	0.25	0.56	0.16
89	29.11.2010	3.33	107.00	6.71	0.17	0.27	0.09
90	01.12.2010	7.92	291.00	13.54	0.24	0.33	0.15
91	07.12.2010	8.25	360.00	18.38	0.26	0.37	0.16
92	08.12.2010	8.25	358.00	17.03	0.26	0.57	0.16
93	09.12.2010	8.25	316.00	15.66	0.21	0.56	0.16
94	10.12.2010	7.67	325.00	18.04	0.26	0.37	0.17
95	14.12.2010	8.08	515.00	10.63	0.21	0.45	0.16
96	15.12.2010	8.25	562.00	10.17	0.26	0.37	0.17
97	16.12.2010	7.75	517.00	10.83	0.23	0.36	0.17
98	17.12.2010	7.92	518.00	12.04	0.26	0.34	0.17
99	20.12.2010	8.08	459.00	11.22	0.26	0.35	0.16
100	21.12.2010	7.83	337.00	8.04	0.25	0.36	0.16
101	22.12.2010	8.25	352.00	17.14	0.25	0.37	0.17
102	23.12.2010	7.00	294.00	16.28	0.25	0.37	0.17
103	27.12.2010	8.08	451.00	11.81	0.26	0.57	0.17
104	28.12.2010	7.92	339.00	8.75	0.27	0.55	0.18
105	29.12.2010	8.08	466.00	17.31	0.21	0.35	0.16
106	30.12.2010	8.00	240.00	11.67	0.23	0.36	0.18
107	31.12.2010	7.83	333.00	16.31	0.25	0.37	0.18
	<b>Ortalama</b>	<b>7.63</b>	<b>329.41</b>	<b>11.38</b>	<b>0.18</b>	<b>0.39</b>	<b>0.17</b>

Ek C Soğutma dönemi meteorolojik verileri (Günlük olarak sabah saat 08.30 ile 17.00 arasının ortalaması)

Ölçüm Yapılan Gün	Tarih	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Güneş Rad. (kWh/m <sup>2</sup> )	Rüzgar Hızı (m/s)	Güneş. Süre. (saat)	Ölçüm Yapılan Gün	Tarih	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Güneş Rad. (kWh/m <sup>2</sup> )	Rüzgar Hızı (m/s)	Güneş. Süre. (saat)
1	11.06.2010	26.20	44.59	6.90	8.50	38	05.08.2010	28.10	24.95	1.88	2.90
2	14.06.2010	29.45	43.46	3.18	8.90	39	06.08.2010	32.00	41.49	1.13	8.80
3	15.06.2010	31.60	44.39	2.03	8.90	40	09.08.2010	30.88	34.47	4.83	5.90
4	17.06.2010	30.35	40.34	3.83	7.90	41	10.08.2010	32.00	39.28	5.98	8.20
5	18.06.2010	28.23	43.48	6.90	8.50	42	11.08.2010	32.68	41.34	4.45	8.70
6	21.06.2010	30.20	43.79	4.48	8.40	43	12.08.2010	33.13	40.80	3.83	8.80
7	22.06.2010	25.33	23.00	4.35	3.30	44	13.08.2010	32.30	39.50	3.83	8.80
8	23.06.2010	21.70	23.82	2.78	1.80	45	16.08.2010	32.13	39.18	7.68	8.80
9	24.06.2010	21.25	15.11	2.90	0.70	46	17.08.2010	32.38	37.90	2.03	8.80
10	28.06.2010	25.83	44.01	2.40	8.40	47	18.08.2010	31.18	38.54	6.13	8.80
11	29.06.2010	24.23	36.66	1.03	5.90	48	19.08.2010	31.68	38.83	5.53	8.80
12	30.06.2010	24.15	37.67	2.18	6.30	49	23.08.2010	28.30		8.43	
13	01.07.2010	27.23	43.40	3.05	8.20	50	24.08.2010	28.18		4.08	
14	02.07.2010	28.93	43.48	3.98	8.90	51	25.08.2010	28.58	38.96	4.35	8.80
15	05.07.2010	27.80	37.14	5.48	5.40	52	26.08.2010	29.28	38.54	6.28	8.80
16	06.07.2010	27.90	44.72	4.45	8.80	53	27.08.2010	30.68	39.25	6.53	8.80
17	07.07.2010	28.40	43.49	4.20	8.40	54	31.08.2010	30.45	35.90	3.18	8.70
18	08.07.2010	24.20	23.47	5.53	2.90	55	01.09.2010			2.80	0.00
19	09.07.2010	22.78	26.96	3.18	2.30	56	02.09.2010	22.05	40.11	1.13	8.60
20	12.07.2010	28.73	43.53	4.45	8.50	57	03.09.2010	23.95	40.43	4.60	8.80
21	13.07.2010	28.98	44.32	3.43	8.60	58	06.09.2010	24.98	21.61	6.40	2.20
22	14.07.2010	30.18	42.94	4.88	8.80	59	07.09.2010	25.43	25.08	6.25	3.80
23	15.07.2010	29.55	40.51	5.63	8.00	60	14.09.2010	22.33	31.61	3.93	6.40
24	16.07.2010	29.80	39.79	9.70	7.60	61	15.09.2010	24.58	34.50	6.28	8.60
25	19.07.2010	30.13	42.32	7.68	8.10	62	17.09.2010	24.63	19.37	3.33	2.10
26	20.07.2010	29.55	41.49	5.48	7.80	63	20.09.2010	25.55	30.42	3.58	7.60
27	21.07.2010	28.58	34.78	3.80	5.40		Ortalama	28.34	37.40	4.56	7.14
28	22.07.2010	29.35	35.11	5.88	6.40						
29	23.07.2010	30.90	40.12	9.20	8.20						
30	26.07.2010	31.13	35.61	3.30	7.10						
31	27.07.2010	29.35	37.91	2.93	7.10						
32	28.07.2010	28.98	41.77	2.93	8.10						
33	29.07.2010	27.68	43.93	8.95	7.90						
34	30.07.2010	28.50	41.47	4.83	8.90						
35	02.08.2010	30.80	40.59	6.65	8.60						
36	03.08.2010	30.60	41.80	4.60	8.90						
37	04.08.2010	31.45	40.04	2.15	8.90						

Ek D Soğutma dönemi ölçüm değerleri (Günlük olarak sabah saat 08.30 ile 17.00 arasının ortalaması)

Ölçüm Yapılan Gün	Tarih	Chiller Çal. Süresi (saat)	Elektrik Tük. (kWh)	Chiller Su Sic. Farkı (°C)	Soğutma Sirküla. Pomp. Basınç Farkı (bar)			Ölçüm Yapılan Gün	Tarih	Chiller Çal. Süresi (saat)	Elektrik Tük. (kWh)	Chiller Su Sic. Farkı (°C)	Soğutma Sirküla. Pomp. Basınç Farkı (bar)		
					9*10	11*12	13*14						9*10	11*12	13*14
1	11.06.2010	5.67	490.08	1.31	0.26		1.05	37	04.08.2010	7.90	1321.80	2.80	1.17	1.04	
2	14.06.2010	7.08	866.76	1.98	0.23		1.05	38	05.08.2010	7.33	1092.24	2.77	1.05	0.66	
3	15.06.2010	7.58	995.04	1.97	0.29		1.02	39	06.08.2010	7.95	1282.92	2.36	1.20	1.11	
4	17.06.2010	7.58	994.80	2.09	0.30		0.98	40	09.08.2010	8.08	1904.28	3.31	1.21	1.10	
5	18.06.2010	7.00	992.40	2.66	0.31		1.03	41	10.08.2010	8.08	1992.00	3.05	1.12	1.09	
6	21.06.2010	7.50	1116.96	2.25	0.38		0.90	42	11.08.2010	8.28	1614.48	3.40	1.16	1.08	
7	22.06.2010	8.00	877.80	2.31	0.32		1.04	43	12.08.2010	7.92	1626.36	3.09	1.19	1.10	
8	23.06.2010	7.12	553.80	1.88	0.30		1.01	44	13.08.2010	8.17	1695.36	2.95	1.20	1.10	
9	24.06.2010	6.52	444.96	1.25	0.28		0.87	45	16.08.2010	8.13	1948.56	3.29	1.16	1.06	
10	28.06.2010	7.52	661.80	1.65	0.31		0.96	46	17.08.2010	7.95	1752.96	3.02	1.19	1.09	
11	29.06.2010	7.72	505.32	1.62	0.85	0.31		47	18.08.2010	8.08	1822.08	3.14	1.19	1.09	
12	30.06.2010	6.62	461.88	1.66	0.78	0.27		48	19.08.2010	8.00	1669.68	3.08	1.20	1.10	
13	01.07.2010	8.02	755.40	2.35	0.85	0.27		49	23.08.2010	8.12	1333.92	2.52	1.21	1.10	
14	02.07.2010	7.87	794.16	2.28	0.86	0.31		50	24.08.2010	8.08	1117.92	2.43	1.20	1.10	
15	05.07.2010	6.83	784.80	2.16	0.33		1.04	51	25.08.2010	8.00	1106.40	2.22	1.21	1.10	
16	06.07.2010	7.63	854.04	1.98	0.33		1.03	52	26.08.2010	7.95	1103.40	2.20	1.21	1.11	
17	07.07.2010	7.42	881.52	2.21	0.33		1.04	53	27.08.2010	7.95	1096.44	1.91	1.17	1.10	
18	08.07.2010	7.33	792.96	1.91	0.32		1.03	54	31.08.2010	7.95	1439.28	2.68	1.20	1.10	
19	09.07.2010	7.37	633.72	1.84	0.27		1.05	55	01.09.2010	7.95	870.72	2.38	0.97	0.50	
20	12.07.2010	7.38	923.76	2.22	0.31		1.03	56	02.09.2010	7.88	427.44	2.20	0.90	0.32	
21	13.07.2010	7.55	935.88	2.68	0.85	0.26		57	03.09.2010	7.92	534.72	1.59	0.89	0.33	
22	14.07.2010	7.65	990.60	2.68	0.90	0.32		58	06.09.2010	7.85	685.92	1.57	0.32	0.26	1.02
23	15.07.2010	7.78	1149.72	2.52	0.32		1.02	59	07.09.2010	8.00	564.00	2.00	0.90		
24	16.07.2010	7.83	987.60	2.77	0.80	0.33		60	14.09.2010	8.00	523.32	1.49	0.90	0.32	
25	19.07.2010	7.30	987.84	2.72	0.90	0.32		61	15.09.2010	8.00	501.48	1.50	0.90	0.32	
26	20.07.2010	7.47	1030.68	2.69	0.89	0.32		62	17.09.2010	5.33	410.52	1.19	0.89	0.31	
27	21.07.2010	7.40	961.08	2.88	0.90	0.32		63	20.09.2010	7.58	574.44	1.55	0.90	0.32	
28	22.07.2010	7.63	997.44	2.88	0.88	0.32			Ortalama	7.62	1020.77	2.42	0.81	0.63	1.01
29	23.07.2010	7.58	1031.04	2.81	0.90	0.32									
30	26.07.2010	7.33	1128.36	3.15	0.89	0.33									
31	27.07.2010	7.78	1073.16	3.17	0.90	0.32									
32	28.07.2010	7.88	1114.44	3.33	0.83	0.25									
33	29.07.2010	7.53	990.84	3.25	0.82	0.32									
34	30.07.2010	7.85	1001.64	3.09	0.90	0.32									
35	02.08.2010	7.50	1117.20	3.60	0.89	0.32									
36	03.08.2010	7.75	1416.24	2.72	1.17	1.03									

**Ek E** Isıtma için teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ve teorik ısıtma verimi için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu, CO<sub>2</sub> emisyonu azalımı

Bina	Yalıtım Malzemesi		Optimum Yalıtım Kalınlığı (m)	Yakıt Tüketimi (m <sup>3</sup> Yakıt/m <sup>2</sup> )	Yakıt Tük. Tasarrufu (m <sup>3</sup> Yakıt/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> Emisyonu (kg/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı (kg/m <sup>2</sup> )
	Isı İletim Katsayısı (W/m.K)	Fiyat (\$/m <sup>3</sup> )					
Matbaa Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.003	1.992	0.118	5.352	0.317
	0.031	26.69	0.075	0.901	1.209	2.421	3.248
	0.034	85	0.015	1.695	0.415	4.554	1.115
	0.039	55	0.032	1.450	0.660	3.896	1.773
	0.040	20.2	0.098	0.894	1.216	2.402	3.267
	0.043	37	0.053	1.253	0.857	3.367	2.303
	0.050	42	0.042	1.439	0.671	3.866	1.803
	0.040	36.98	0.054	1.206	0.904	3.240	2.429
	0.035	110	0.005	1.955	0.155	5.253	0.416
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.008	2.198	0.348	5.906	0.935
	0.031	26.69	0.088	0.989	1.557	2.657	4.183
	0.034	85	0.023	1.851	0.695	4.973	1.867
	0.039	55	0.042	1.594	0.952	4.283	2.558
	0.040	20.2	0.115	0.981	1.565	2.636	4.205
	0.043	37	0.066	1.375	1.171	3.694	3.146
	0.050	42	0.055	1.581	0.965	4.248	2.593
	0.040	36.98	0.066	1.329	1.217	3.571	3.270
	0.035	110	0.012	2.139	0.407	5.747	1.094
Rektörlük Ana Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.008	2.428	0.342	6.524	0.919
	0.031	26.69	0.096	1.096	1.674	2.945	4.498
	0.034	85	0.024	2.054	0.716	5.519	1.924
	0.039	55	0.049	1.710	1.060	4.594	2.848
	0.040	20.2	0.126	1.084	1.686	2.912	4.530
	0.043	37	0.071	1.526	1.244	4.100	3.342
	0.050	42	0.059	1.751	1.019	4.705	2.738
	0.040	36.98	0.072	1.467	1.303	3.942	3.501
	0.035	110	0.012	2.369	0.401	6.365	1.077
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.013	2.594	0.595	6.970	1.599
	0.031	26.69	0.107	1.179	2.010	3.168	5.400
	0.034	85	0.031	2.199	0.990	5.908	2.660
	0.039	55	0.054	1.894	1.295	5.089	3.479
	0.040	20.2	0.141	1.164	2.025	3.127	5.441
	0.043	37	0.083	1.633	1.556	4.388	4.181
	0.050	42	0.071	1.875	1.314	5.038	3.530
	0.040	36.98	0.083	1.575	1.614	4.232	4.336
	0.035	110	0.018	2.543	0.646	6.833	1.736
Tüm Binaların Ortalaması	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.005	2.225	0.207	5.978	0.556
	0.031	26.69	0.085	1.000	1.432	2.687	3.847
	0.034	85	0.020	1.860	0.572	4.997	1.537
	0.039	55	0.038	1.612	0.820	4.331	2.203
	0.040	20.2	0.112	0.988	1.444	2.655	3.880
	0.043	37	0.062	1.387	1.045	3.727	2.808
	0.050	42	0.050	1.598	0.834	4.294	2.241
	0.040	36.98	0.063	1.334	1.098	3.584	2.950
	0.035	110	0.009	2.144	0.288	5.760	0.774
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.011	2.429	0.499	6.526	1.341
	0.031	26.69	0.099	1.097	1.831	2.947	4.920
	0.034	85	0.028	2.047	0.881	5.500	2.367
	0.039	55	0.049	1.768	1.160	4.750	3.117
	0.040	20.2	0.130	1.085	1.843	2.915	4.952
	0.043	37	0.076	1.522	1.406	4.089	3.778
	0.050	42	0.065	1.722	1.206	4.627	3.240
	0.040	36.98	0.076	1.469	1.459	3.947	3.920
	0.035	110	0.016	2.364	0.564	6.352	1.515



**Ek F Isıtma için ölçülen ısı transfer katsayısı ve teorik ısıtma verimi için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu, CO<sub>2</sub> emisyonu azalımı**

Bina	Yalıtım Malzemesi		Optimum Yalıtım Kalınlığı (m)	Yakıt Tüketimi (m <sup>3</sup> Yakıt/m <sup>2</sup> )	Yakıt Tük. Tasarrufu (m <sup>3</sup> Yakıt/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> Emisyonu (kg/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı (kg/m <sup>2</sup> )
	Isı İletim Katsayısı (W/m.K)	Fiyat (\$/m <sup>3</sup> )					
Matbaa Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.009	1.993	0.403	5.355	1.083
	0.031	26.69	0.081	0.905	1.491	2.432	4.006
	0.034	85	0.023	1.680	0.716	4.514	1.924
	0.039	55	0.040	1.455	0.941	3.909	2.528
	0.040	20.2	0.107	0.892	1.504	2.397	4.041
	0.043	37	0.062	1.255	1.141	3.372	3.066
	0.050	42	0.053	1.437	0.959	3.861	2.577
	0.040	36.98	0.062	1.212	1.184	3.256	3.181
	0.035	110	0.013	1.942	0.454	5.218	1.220
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.014	2.199	0.692	5.908	1.859
	0.031	26.69	0.094	0.993	1.898	2.668	5.100
	0.034	85	0.030	1.858	1.033	4.992	2.775
	0.039	55	0.050	1.599	1.292	4.296	3.471
	0.040	20.2	0.124	0.979	1.912	2.630	5.137
	0.043	37	0.075	1.377	1.514	3.700	4.068
	0.050	42	0.066	1.578	1.313	4.240	3.528
	0.040	36.98	0.075	1.325	1.566	3.560	4.208
	0.035	110	0.020	2.126	0.765	5.712	2.055
Rektörlük Ana Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.000	2.301	0.000	6.182	0.000
	0.031	26.69	0.083	1.097	1.204	2.947	3.235
	0.034	85	0.010	2.054	0.247	5.519	0.664
	0.039	55	0.029	1.764	0.537	4.740	1.443
	0.040	20.2	0.109	1.087	1.214	2.921	3.262
	0.043	37	0.054	1.519	0.782	4.081	2.101
	0.050	42	0.039	1.744	0.557	4.686	1.497
	0.040	36.98	0.055	1.472	0.829	3.955	2.227
	0.035	110	0.000	2.301	0.000	6.182	0.000
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.001	2.610	0.039	7.013	0.105
	0.031	26.69	0.095	1.174	1.475	3.154	3.963
	0.034	85	0.017	2.198	0.451	5.906	1.212
	0.039	55	0.038	1.893	0.756	5.086	2.031
	0.040	20.2	0.125	1.161	1.488	3.119	3.998
	0.043	37	0.065	1.635	1.014	4.393	2.724
	0.050	42	0.050	1.878	0.771	5.046	2.072
	0.040	36.98	0.067	1.570	1.079	4.218	2.899
	0.035	110	0.004	2.530	0.119	6.798	0.320
Tüm Binaların Ortalaması	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.003	2.196	0.117	5.900	0.314
	0.031	26.69	0.082	0.999	1.314	2.684	3.530
	0.034	85	0.016	1.874	0.439	5.035	1.180
	0.039	55	0.034	1.614	0.699	4.336	1.878
	0.040	20.2	0.108	0.988	1.325	2.655	3.560
	0.043	37	0.058	1.385	0.928	3.721	2.493
	0.050	42	0.046	1.587	0.726	4.264	1.951
	0.040	36.98	0.059	1.335	0.978	3.587	2.628
	0.035	110	0.005	2.159	0.154	5.801	0.414
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.008	2.438	0.346	6.550	0.930
	0.031	26.69	0.096	1.097	1.687	2.947	4.533
	0.034	85	0.025	2.039	0.745	5.478	2.002
	0.039	55	0.045	1.770	1.014	4.756	2.724
	0.040	20.2	0.126	1.086	1.698	2.918	4.562
	0.043	37	0.072	1.520	1.264	4.084	3.396
	0.050	42	0.060	1.744	1.040	4.686	2.794
	0.040	36.98	0.072	1.470	1.314	3.950	3.530
	0.035	110	0.012	2.379	0.405	6.392	1.088

**Ek G** Isıtma için ölçülen ısı transfer katsayısı ve ölçülen ısıtma verimi için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu, CO<sub>2</sub> emisyonu azalımı

Bina	Yalıtım Malzemesi		Optimum Yalıtım Kalınlığı (m)	Yakıt Tüketimi (m <sup>3</sup> Yakıt/m <sup>2</sup> )	Yakıt Tük. Tasarrufu (m <sup>3</sup> Yakıt/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> Emisyonu (kg/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı (kg/m <sup>2</sup> )
	Isı İletim Katsayısı (W/m.K)	Fiyat (\$/m <sup>3</sup> )					
Matbaa Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.029	2.752	1.796	7.394	4.825
	0.031	26.69	0.131	1.242	3.306	3.337	8.883
	0.034	85	0.052	2.316	2.232	6.223	5.997
	0.039	55	0.079	1.998	2.550	5.368	6.851
	0.040	20.2	0.171	1.231	3.317	3.307	8.912
	0.043	37	0.112	1.722	2.826	4.627	7.593
	0.050	42	0.103	1.979	2.569	5.317	6.902
	0.040	36.98	0.110	1.664	2.884	4.471	7.749
	0.035	110	0.039	2.672	1.876	7.179	5.040
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.036	3.031	2.456	8.144	6.599
	0.031	26.69	0.148	1.369	4.118	3.678	11.064
	0.034	85	0.062	2.553	2.934	6.859	7.883
	0.039	55	0.092	2.207	3.280	5.930	8.813
	0.040	20.2	0.194	1.353	4.134	3.635	11.107
	0.043	37	0.129	1.898	3.589	5.100	9.643
	0.050	42	0.121	2.173	3.314	5.838	8.904
	0.040	36.98	0.127	1.829	3.658	4.914	9.828
	0.035	110	0.048	2.944	2.543	7.910	6.833
Rektörlük Ana Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.021	3.340	1.028	8.974	2.762
	0.031	26.69	0.143	1.511	2.857	4.060	7.676
	0.034	85	0.045	2.831	1.537	7.606	4.130
	0.039	55	0.076	2.428	1.940	6.524	5.212
	0.040	20.2	0.188	1.492	2.876	4.009	7.727
	0.043	37	0.114	2.093	2.275	5.623	6.112
	0.050	42	0.099	2.411	1.957	6.478	5.258
	0.040	36.98	0.113	2.024	2.344	5.438	6.298
	0.035	110	0.029	3.260	1.108	8.759	2.977
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.028	3.565	1.462	9.578	3.928
	0.031	26.69	0.159	1.620	3.407	4.353	9.154
	0.034	85	0.055	3.022	2.005	8.120	5.387
	0.039	55	0.088	2.611	2.416	7.015	6.491
	0.040	20.2	0.208	1.605	3.422	4.312	9.194
	0.043	37	0.130	2.245	2.782	6.032	7.475
	0.050	42	0.115	2.587	2.440	6.951	6.556
	0.040	36.98	0.129	2.165	2.862	5.817	7.690
	0.035	110	0.037	3.507	1.520	9.423	4.084
Tüm Binaların Ortalaması	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.025	3.041	1.348	8.171	3.622
	0.031	26.69	0.137	1.374	3.015	3.692	8.101
	0.034	85	0.048	2.580	1.809	6.932	4.860
	0.039	55	0.077	2.216	2.173	5.954	5.838
	0.040	20.2	0.179	1.362	3.027	3.659	8.133
	0.043	37	0.112	1.913	2.476	5.140	6.653
	0.050	42	0.101	2.191	2.198	5.887	5.906
	0.040	36.98	0.111	1.845	2.544	4.957	6.835
	0.035	110	0.034	2.961	1.428	7.956	3.837
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.033	3.333	1.951	8.955	5.242
	0.031	26.69	0.156	1.510	3.774	4.057	10.140
	0.034	85	0.060	2.861	2.423	7.687	6.510
	0.039	55	0.092	2.433	2.851	6.537	7.660
	0.040	20.2	0.204	1.495	3.789	4.017	10.180
	0.043	37	0.132	2.093	3.191	5.623	8.574
	0.050	42	0.120	2.410	2.874	6.475	7.722
	0.040	36.98	0.130	2.021	3.263	5.430	8.767
	0.035	110	0.044	3.253	2.031	8.740	5.457

**Ek H** Soğutma için teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ve teorik soğutma COP için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu

Bina	Yalıtım Malzemesi		Optimum Yalıtım Kalınlığı (m)	Yakıt Tüketimi (kWh/m <sup>2</sup> )	Yakıt Tük. Tasarrufu (kWh/m <sup>2</sup> )
	Isı İletim Katsayısı (W/m.K)	Fiyat (\$/m <sup>3</sup> )			
Matbaa Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	2.320	0.000
	0.031	26.69	0.030	1.510	0.810
	0.034	85	0.000	2.320	0.000
	0.039	55	0.000	2.320	0.000
	0.040	20.2	0.040	1.492	0.828
	0.043	37	0.008	2.103	0.217
	0.050	42	0.000	2.320	0.000
	0.040	36.98	0.011	2.013	0.307
	0.035	110	0.000	2.320	0.000
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	1.777	0.000
	0.031	26.69	0.019	1.326	0.451
	0.034	85	0.000	1.777	0.000
	0.039	55	0.000	1.777	0.000
	0.040	20.2	0.026	1.306	0.471
	0.043	37	0.000	1.777	0.000
	0.050	42	0.000	1.777	0.000
	0.040	36.98	0.000	1.777	0.000
	0.035	110	0.000	1.777	0.000
Rektörlük Ana Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	2.064	0.000
	0.031	26.69	0.023	1.511	0.553
	0.034	85	0.000	2.064	0.000
	0.039	55	0.000	2.064	0.000
	0.040	20.2	0.031	1.493	0.571
	0.043	37	0.000	2.064	0.000
	0.050	42	0.000	2.064	0.000
	0.040	36.98	0.000	2.064	0.000
	0.035	110	0.000	2.064	0.000
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	1.581	0.000
	0.031	26.69	0.012	1.327	0.254
	0.034	85	0.000	1.581	0.000
	0.039	55	0.000	1.581	0.000
	0.040	20.2	0.017	1.307	0.274
	0.043	37	0.000	1.581	0.000
	0.050	42	0.000	1.581	0.000
	0.040	36.98	0.000	1.581	0.000
	0.035	110	0.000	1.581	0.000
0.028	144				
Tüm Binaların Ortalaması	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	2.184	0.000
	0.031	26.69	0.027	1.501	0.683
	0.034	85	0.000	2.184	0.000
	0.039	55	0.000	2.184	0.000
	0.040	20.2	0.036	1.486	0.698
	0.043	37	0.004	2.083	0.101
	0.050	42	0.000	2.184	0.000
	0.040	36.98	0.006	2.026	0.158
	0.035	110	0.000	2.184	0.000
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	1.673	0.000
	0.031	26.69	0.016	1.318	0.355
	0.034	85	0.000	1.673	0.000
	0.039	55	0.000	1.673	0.000
	0.040	20.2	0.022	1.300	0.373
	0.043	37	0.000	1.673	0.000
	0.050	42	0.000	1.673	0.000
	0.040	36.98	0.000	1.673	0.000
	0.035	110	0.000	1.673	0.000

**Ek I Soğutma için ölçülen ısı transfer katsayısı ve teorik soğutma COP için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu**

Bina	Yalıtım Malzemesi		Optimum Yalıtım Kalınlığı (m)	Yakıt Tüketimi (kWh/m <sup>2</sup> )	Yakıt Tük. Tasarrufu (kWh/m <sup>2</sup> )
	Isı İletim Katsayısı (W/m.K)	Fiyat (\$/m <sup>3</sup> )			
Matbaa Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	2.635	0.000
	0.031	26.69	0.037	1.504	1.131
	0.034	85	0.000	2.635	0.000
	0.039	55	0.005	2.438	0.197
	0.040	20.2	0.049	1.487	1.148
	0.043	37	0.018	2.085	0.550
	0.050	42	0.008	2.393	0.242
	0.040	36.98	0.019	2.028	0.607
	0.035	110	0.000	2.635	0.000
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	2.018	0.000
	0.031	26.69	0.026	1.320	0.698
	0.034	85	0.000	2.018	0.000
	0.039	55	0.000	2.018	0.000
	0.040	20.2	0.035	1.301	0.717
	0.043	37	0.007	1.830	0.188
	0.050	42	0.000	2.018	0.000
	0.040	36.98	0.009	1.767	0.251
	0.035	110	0.000	2.018	0.000
Rektörlük Ana Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	1.714	0.000
	0.031	26.69	0.010	1.514	0.200
	0.034	85	0.000	1.714	0.000
	0.039	55	0.000	1.714	0.000
	0.040	20.2	0.015	1.486	0.228
	0.043	37	0.000	1.714	0.000
	0.050	42	0.000	1.714	0.000
	0.040	36.98	0.000	1.714	0.000
	0.035	110	0.000	1.714	0.000
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	1.313	0.000
	0.031	26.69	0.000	1.313	0.000
	0.034	85	0.000	1.313	0.000
	0.039	55	0.000	1.313	0.000
	0.040	20.2	0.000	1.313	0.000
	0.043	37	0.000	1.313	0.000
	0.050	42	0.000	1.313	0.000
	0.040	36.98	0.000	1.313	0.000
	0.035	110	0.000	1.313	0.000
Tüm Binaların Ortalaması	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	2.077	0.000
	0.031	26.69	0.023	1.518	0.559
	0.034	85	0.000	2.077	0.000
	0.039	55	0.000	2.077	0.000
	0.040	20.2	0.032	1.486	0.591
	0.043	37	0.000	2.077	0.000
	0.050	42	0.000	2.077	0.000
	0.040	36.98	0.000	2.027	0.050
	0.035	110	0.000	2.077	0.000
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	1.591	0.000
	0.031	26.69	0.013	1.317	0.274
	0.034	85	0.000	1.591	0.000
	0.039	55	0.000	1.591	0.000
	0.040	20.2	0.018	1.300	0.291
	0.043	37	0.000	1.591	0.000
	0.050	42	0.000	1.591	0.000
	0.040	36.98	0.000	1.591	0.000
	0.035	110	0.000	1.591	0.000

**Ek İ Soğutma için ölçülen ısı transfer katsayısı ve ölçülen soğutma COP için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu**

Bina	Yalıtım Malzemesi		Optimum Yalıtım Kalınlığı (m)	Yakıt Tüketimi (kWh/m <sup>2</sup> )	Yakıt Tük. Tasarrufu (kWh/m <sup>2</sup> )
	Isı İletim Katsayısı (W/m.K)	Fiyat (\$/m <sup>3</sup> )			
Matbaa Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	3.404	0.000
	0.031	26.69	0.048	1.723	1.681
	0.034	85	0.003	3.224	0.180
	0.039	55	0.014	2.776	0.628
	0.040	20.2	0.064	1.695	1.709
	0.043	37	0.029	2.389	1.015
	0.050	42	0.019	2.746	0.658
	0.040	36.98	0.031	2.287	1.117
	0.035	110	0.000	3.404	0.000
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	2.607	0.000
	0.031	26.69	0.036	1.505	1.102
	0.034	85	0.000	2.607	0.000
	0.039	55	0.005	2.412	0.195
	0.040	20.2	0.048	1.484	1.123
	0.043	37	0.017	2.087	0.520
	0.050	42	0.007	2.396	0.211
	0.040	36.98	0.019	2.006	0.601
	0.035	110	0.000	2.607	0.000
Rektörlük Ana Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	2.215	0.000
	0.031	26.69	0.022	1.715	0.500
	0.034	85	0.000	2.215	0.000
	0.039	55	0.000	2.215	0.000
	0.040	20.2	0.030	1.694	0.521
	0.043	37	0.000	2.215	0.000
	0.050	42	0.000	2.215	0.000
	0.040	36.98	0.000	2.215	0.000
	0.035	110	0.000	2.215	0.000
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	1.696	0.000
	0.031	26.69	0.010	1.498	0.198
	0.034	85	0.000	1.696	0.000
	0.039	55	0.000	1.696	0.000
	0.040	20.2	0.014	1.483	0.213
	0.043	37	0.000	1.696	0.000
	0.050	42	0.000	1.696	0.000
	0.040	36.98	0.000	1.696	0.000
	0.035	110	0.000	1.696	0.000
Tüm Binaların Ortalaması	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	2.683	0.000
	0.031	26.69	0.035	1.719	0.964
	0.034	85	0.000	2.683	0.000
	0.039	55	0.000	2.683	0.000
	0.040	20.2	0.047	1.694	0.989
	0.043	37	0.011	2.381	0.302
	0.050	42	0.000	2.683	0.000
	0.040	36.98	0.014	2.286	0.397
	0.035	110	0.000	2.683	0.000
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>				
	0.028	144	0.000	2.055	0.000
	0.031	26.69	0.023	1.502	0.553
	0.034	85	0.000	2.055	0.000
	0.039	55	0.000	2.055	0.000
	0.040	20.2	0.031	1.484	0.571
	0.043	37	0.000	2.055	0.000
	0.050	42	0.000	2.055	0.000
	0.040	36.98	0.000	2.055	0.000
	0.035	110	0.000	2.055	0.000

**Ek J Isıtma+Soğutma için teorik olarak hesaplanan ısı transfer katsayısı ve teorik ısıtma verimi ile soğutma COP için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu, CO<sub>2</sub> emisyonu azalımı**

Bina	Yalıtım Malzemesi		Optimum Yalıtım Kalınlığı (m)	Yakıt Tüketimi (m <sup>3</sup> Yakıt/m <sup>2</sup> )	Yakıt Tük. Tasarrufu (m <sup>3</sup> Yakıt/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> Emisyonu (kg/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı (kg/m <sup>2</sup> )
	Isı İletim Katsayısı (W/m.K)	Fiyat (\$/m <sup>3</sup> )					
Matbaa Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.013	1.678	0.432	4.508	1.161
	0.031	26.69	0.100	0.756	1.354	2.031	3.638
	0.034	85	0.030	1.417	0.693	3.807	1.862
	0.039	55	0.052	1.213	0.897	3.259	2.410
	0.040	20.2	0.132	0.745	1.365	2.002	3.667
	0.043	37	0.079	1.045	1.065	2.808	2.861
	0.050	42	0.068	1.203	0.907	3.232	2.437
	0.040	36.98	0.079	1.007	1.103	2.706	2.964
	0.035	110	0.019	1.622	0.488	4.358	1.311
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.016	1.933	0.613	5.194	1.647
	0.031	26.69	0.106	0.879	1.667	2.362	4.479
	0.034	85	0.034	1.637	0.909	4.398	2.442
	0.039	55	0.056	1.417	1.129	3.807	3.033
	0.040	20.2	0.139	0.869	1.677	2.335	4.506
	0.043	37	0.084	1.222	1.324	3.283	3.557
	0.050	42	0.074	1.398	1.148	3.756	3.084
	0.040	36.98	0.084	1.176	1.370	3.160	3.681
	0.035	110	0.022	1.888	0.658	5.073	1.768
Rektörlük Ana Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.017	2.131	0.639	5.726	1.717
	0.031	26.69	0.118	0.962	1.808	2.585	4.858
	0.034	85	0.037	1.802	0.968	4.842	2.601
	0.039	55	0.062	1.552	1.218	4.170	3.273
	0.040	20.2	0.154	0.955	1.815	2.566	4.877
	0.043	37	0.093	1.340	1.430	3.600	3.842
	0.050	42	0.081	1.539	1.231	4.135	3.307
	0.040	36.98	0.093	1.290	1.480	3.466	3.976
	0.035	110	0.023	2.092	0.678	5.621	1.822
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.019	2.389	0.800	6.419	2.149
	0.031	26.69	0.123	1.078	2.111	2.896	5.672
	0.034	85	0.040	2.017	1.172	5.419	3.149
	0.039	55	0.066	1.737	1.452	4.667	3.901
	0.040	20.2	0.162	1.063	2.126	2.856	5.712
	0.043	37	0.099	1.492	1.697	4.009	4.559
	0.050	42	0.087	1.715	1.474	4.608	3.960
	0.040	36.98	0.098	1.443	1.746	3.877	4.691
	0.035	110	0.026	2.333	0.856	6.268	2.300
Tüm Binaların Ortalaması	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.015	1.900	0.532	5.105	1.429
	0.031	26.69	0.109	0.857	1.575	2.303	4.232
	0.034	85	0.034	1.598	0.834	4.294	2.241
	0.039	55	0.057	1.379	1.053	3.705	2.829
	0.040	20.2	0.143	0.848	1.584	2.278	4.256
	0.043	37	0.086	1.189	1.243	3.195	3.340
	0.050	42	0.074	1.372	1.060	3.686	2.848
	0.040	36.98	0.086	1.145	1.287	3.076	3.458
	0.035	110	0.021	1.852	0.580	4.976	1.558
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.018	2.192	0.736	5.889	1.977
	0.031	26.69	0.116	0.991	1.937	2.663	5.204
	0.034	85	0.038	1.849	1.079	4.968	2.899
	0.039	55	0.062	1.600	1.328	4.299	3.568
	0.040	20.2	0.152	0.981	1.947	2.636	5.231
	0.043	37	0.093	1.375	1.553	3.694	4.173
	0.050	42	0.082	1.577	1.351	4.237	3.630
	0.040	36.98	0.093	1.322	1.606	3.552	4.315
	0.035	110	0.025	2.132	0.796	5.728	2.139

**Ek K** Isıtma+Soğutma için ölçülen ısı transfer katsayısı ve teorik ısıtma verimi ile soğutma cop için optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tüketimi, yakıt tüketimi tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu, CO<sub>2</sub> emisyonu azalımı

Bina	Yalıtım Malzemesi		Optimum Yalıtım Kalınlığı (m)	Yakıt Tüketimi (m <sup>3</sup> Yakıt/m <sup>2</sup> )	Yakıt Tük. Tasarrufu (m <sup>3</sup> Yakıt/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> Emisyonu (kg/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı (kg/m <sup>2</sup> )
	Isı İletim Katsayısı (W/m.K)	Fiyat (\$/m <sup>3</sup> )					
Matbaa Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.020	1.652	0.744	4.439	1.999
	0.031	26.69	0.107	0.755	1.641	2.029	4.409
	0.034	85	0.038	1.406	0.990	3.778	2.660
	0.039	55	0.060	1.217	1.179	3.270	3.168
	0.040	20.2	0.141	0.744	1.652	1.999	4.439
	0.043	37	0.088	1.047	1.349	2.813	3.624
	0.050	42	0.079	1.201	1.195	3.227	3.211
	0.040	36.98	0.087	1.011	1.385	2.716	3.721
	0.035	110	0.026	1.632	0.764	4.385	2.053
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.022	1.934	0.957	5.196	2.571
	0.031	26.69	0.113	0.877	2.014	2.356	5.411
	0.034	85	0.041	1.643	1.248	4.414	3.353
	0.039	55	0.065	1.410	1.481	3.788	3.979
	0.040	20.2	0.148	0.868	2.023	2.332	5.435
	0.043	37	0.094	1.216	1.675	3.267	4.500
	0.050	42	0.085	1.396	1.495	3.751	4.017
	0.040	36.98	0.093	1.173	1.718	3.152	4.616
	0.035	110	0.029	1.899	0.992	5.102	2.665
Rektörlük Ana Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.006	2.115	0.186	5.683	0.500
	0.031	26.69	0.105	0.963	1.338	2.587	3.595
	0.034	85	0.023	1.802	0.499	4.842	1.341
	0.039	55	0.046	1.551	0.750	4.167	2.015
	0.040	20.2	0.138	0.953	1.348	2.561	3.622
	0.043	37	0.075	1.342	0.959	3.606	2.577
	0.050	42	0.061	1.534	0.767	4.122	2.061
	0.040	36.98	0.076	1.294	1.007	3.477	2.706
	0.035	110	0.009	2.082	0.219	5.594	0.588
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.008	2.371	0.278	6.370	0.747
	0.031	26.69	0.110	1.079	1.570	2.899	4.218
	0.034	85	0.026	2.016	0.633	5.417	1.701
	0.039	55	0.050	1.736	0.913	4.664	2.453
	0.040	20.2	0.145	1.065	1.584	2.861	4.256
	0.043	37	0.081	1.494	1.155	4.014	3.103
	0.050	42	0.066	1.719	0.930	4.619	2.499
	0.040	36.98	0.082	1.439	1.210	3.866	3.251
	0.035	110	0.012	2.322	0.327	6.239	0.879
Tüm Binaların Ortalaması	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.012	1.907	0.406	5.124	1.091
	0.031	26.69	0.106	0.857	1.456	2.303	3.912
	0.034	85	0.030	1.608	0.705	4.320	1.894
	0.039	55	0.053	1.381	0.932	3.710	2.504
	0.040	20.2	0.139	0.848	1.465	2.278	3.936
	0.043	37	0.082	1.188	1.125	3.192	3.023
	0.050	42	0.069	1.372	0.941	3.686	2.528
	0.040	36.98	0.082	1.146	1.167	3.079	3.135
	0.035	110	0.018	1.842	0.471	4.949	1.265
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.015	2.199	0.585	5.908	1.572
	0.031	26.69	0.113	0.991	1.793	2.663	4.817
	0.034	85	0.034	1.860	0.924	4.997	2.483
	0.039	55	0.059	1.590	1.194	4.272	3.208
	0.040	20.2	0.148	0.981	1.803	2.636	4.844
	0.043	37	0.089	1.373	1.411	3.689	3.791
	0.050	42	0.077	1.577	1.207	4.237	3.243
	0.040	36.98	0.089	1.322	1.462	3.552	3.928
	0.035	110	0.021	2.145	0.639	5.763	1.717

**Ek L Isıtma+Soğutma için Ölçülen Isı Transfer Katsayısı ve Ölçülen Isıtma Verimi  
ile Soğutma COP için Optimum Yalıtım Kalınlığı, Yakıt Tüketimi, Yakıt Tüketimi  
Tasarrufu, CO<sub>2</sub> Emisyonu, CO<sub>2</sub> Emisyonu Azalımı**

Bina	Yalıtım Malzemesi		Optimum Yalıtım Kalınlığı (m)	Yakıt Tüketimi (m <sup>3</sup> Yakıt/m <sup>2</sup> )	Yakıt Tük. Tasarrufu (m <sup>3</sup> Yakıt/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> Emisyonu (kg/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> Emisyonu Azalımı (kg/m <sup>2</sup> )
	Isı İletim Katsayısı (W/m.K)	Fiyat (\$/m <sup>3</sup> )					
Matbaa Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.039	2.422	2.126	6.507	5.712
	0.031	26.69	0.155	1.096	3.452	2.945	9.275
	0.034	85	0.066	2.046	2.502	5.497	6.722
	0.039	55	0.098	1.760	2.788	4.729	7.491
	0.040	20.2	0.204	1.079	3.469	2.899	9.321
	0.043	37	0.136	1.519	3.029	4.081	8.138
	0.050	42	0.128	1.740	2.808	4.675	7.545
	0.040	36.98	0.134	1.462	3.086	3.928	8.291
	0.035	110	0.052	2.349	2.199	6.311	5.908
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.044	2.757	2.730	7.408	7.335
	0.031	26.69	0.166	1.254	4.233	3.369	11.373
	0.034	85	0.072	2.351	3.136	6.317	8.426
	0.039	55	0.106	2.023	3.464	5.435	9.307
	0.040	20.2	0.217	1.242	4.245	3.337	11.405
	0.043	37	0.147	1.740	3.747	4.675	10.067
	0.050	42	0.138	2.003	3.484	5.382	9.361
	0.040	36.98	0.144	1.679	3.808	4.511	10.231
	0.035	110	0.057	2.708	2.779	7.276	7.467
Rektörlük Ana Binası	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.030	3.034	1.334	8.152	3.584
	0.031	26.69	0.164	1.378	2.990	3.702	8.034
	0.034	85	0.057	2.588	1.780	6.953	4.783
	0.039	55	0.092	2.220	2.148	5.965	5.771
	0.040	20.2	0.215	1.363	3.005	3.662	8.074
	0.043	37	0.134	1.918	2.450	5.153	6.583
	0.050	42	0.120	2.201	2.167	5.914	5.822
	0.040	36.98	0.133	1.848	2.520	4.965	6.771
	0.035	110	0.040	2.974	1.394	7.991	3.745
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.034	3.356	1.671	9.017	4.490
	0.031	26.69	0.174	1.523	3.504	4.092	9.415
	0.034	85	0.063	2.857	2.170	7.676	5.830
	0.039	55	0.100	2.451	2.576	6.585	6.921
	0.040	20.2	0.228	1.506	3.521	4.046	9.460
	0.043	37	0.145	2.110	2.917	5.669	7.837
	0.050	42	0.131	2.424	2.603	6.513	6.994
	0.040	36.98	0.143	2.039	2.988	5.478	8.028
	0.035	110	0.045	3.292	1.735	8.845	4.662
Tüm Binaların Ortalaması	<b>1999-2010 Yılları Arası (12 Yıllık) Meteoroloji Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.034	2.738	1.651	7.356	4.436
	0.031	26.69	0.159	1.237	3.152	3.324	8.469
	0.034	85	0.062	2.303	2.086	6.188	5.605
	0.039	55	0.095	1.986	2.403	5.336	6.456
	0.040	20.2	0.209	1.221	3.168	3.281	8.512
	0.043	37	0.135	1.715	2.674	4.608	7.185
	0.050	42	0.124	1.966	2.423	5.282	6.510
	0.040	36.98	0.133	1.655	2.734	4.447	7.346
	0.035	110	0.046	2.655	1.734	7.133	4.659
	<b>TS 825 Dış Ortam Sıcaklık Verilerine Bağlı Derece-Günler için</b>						
	0.028	144	0.040	3.091	2.193	8.305	5.892
	0.031	26.69	0.172	1.407	3.877	3.780	10.417
	0.034	85	0.069	2.631	2.653	7.069	7.128
	0.039	55	0.105	2.261	3.023	6.075	8.122
	0.040	20.2	0.226	1.388	3.896	3.729	10.468
	0.043	37	0.148	1.950	3.334	5.239	8.958
	0.050	42	0.137	2.238	3.046	6.013	8.184
	0.040	36.98	0.146	1.878	3.406	5.046	9.151
	0.035	110	0.052	3.040	2.244	8.168	6.029