

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ISIL KONFOR YÖNÜNDEN KONVEKTİF ISITMA SİSTEMLERİNİN
TEORİK VE DENEYSEL ARAŞTIRILMASI

ASLI KÖKSOY

DOKTORA TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Doğan ERYENER

EDİRNE-2021

ASLI KÖKSOY'un hazırladığı “**ISIL KONFOR YÖNÜNDEN KONVEKTİF ISITMA SİSTEMLERİNİN TEORİK VE DENEYSEL ARAŞTIRILMASI**” başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından **Makine Mühendisliği** Anabilim Dalında bir **Doktora tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):

İmza

Prof. Dr. Ahmet CAN

Prof. Dr. Oktay HACIHAFIZOĞLU

Prof.Dr. Günay YILDIZ TÖRE

Doç. Dr. Doğan ERYENER

Dr.Öğr.Üyesi Gökhan KOÇYİĞİT

Tez Savunma Tarihi: 26/03/2021

Bu tezin Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Doç. Dr. Doğan ERYENER
Tez Danışmanı

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI DOKTORA PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

26 /03 /2021

Aslı KÖKSOY

İmza

Doktora Tezi

Isıl Konfor Yönünden Konvektif Isıtma Sistemlerinin Teorik Ve Deneysel Araştırılması

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Gelişen teknolojiler ve artan dünya nüfusu ile birlikte dünya üzerinde tüketilen enerji miktarı da artmaktadır. Binalar, enerji kullanımının en yoğun olduğu sektörlerden biridir. Bütün dünyada olduğu gibi Türkiye’de de binalarda ısı konforu sağlamak üzere toplam enerjinin önemli bir bölümü ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır. Günümüzde gelişmiş ülkelerde, sürdürülebilirlik amaçlanarak insan sağlığının ve doğal çevrenin her türlü kirlilikten korunmasına yönelik mevcut binalar iyileştirilmektedir. Yeni binalar da yeşil bina standartlarına uygun tasarlanmakta ve inşa edilmektedir. Türkiye’nin enerji açısından dış ülkelere bağımlılığı dikkate alınarak, binalardaki enerji ihtiyacının en etkin şekilde karşılanması ve gelecekteki enerji ihtiyacının belirlenebilmesi için Bina Enerji Performansı çalışmaları yapılmaktadır. Türkiye’de Enerji Verimliliği Kanunun kabul edilmesiyle, enerji verimliliğinin artırılması ve çevrenin korunması amaçlı enerji performansı çalışmaları yapılmaktadır. Enerji performansı çalışmalarının odak noktası enerjinin verimli bir şekilde kullanımı olmaktadır.

Tez çalışmasında, 2013-2014 yılları kış aylarında çok katlı ticari bir binanın konvektif ısıtma sistemi incelenmiş ve çalışma ofislerinin ısı performansı tespit edilmiştir. Bina enerji performansının değerlendirilmesi için çalışma ofislerinden günlük-saatlik Bina Yönetim Sistemi üzerinden veriler elde edilmiştir. Ayrıca Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden binanın bulunduğu konuma ait iklim koşulları temin edilmiştir. Statik ve dinamik yöntemler kullanılarak yapılan analizlerde idari bina çalışma ofislerinin ısıtma enerjisi tüketimleri belirlenmiştir. Yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Bina enerji performansını etkileyen faktörleri belirlemek ve bu faktörlerin enerji performansı üzerine etkinlik derecesini araştırmak amaçlı istatistiki yöntemler kullanılmıştır. Ölçüm verileriyle hesaplanan ısı kaybı değerleri ile enerji performansını etkileyen parametreler arasındaki ilişkiler, regresyon çözümlemesi sonucunda denklemlerle açıklanmıştır.

Binaya ait konumdaki dış ortam iklim sıcaklığının edinilen bilgiler doğrultusunda 2013 yılı Şubat ayında ve 2014 yılı Ocak ayında en düşük ortalama değere ulaştığı belirlenmiştir.

2013 yılı Şubat ayındaki ortalama ısı kaybı değerleri karşılaştırıldığında klasik ısı kaybı ile yapılan hesaplamaların sonuçları, gerçek sonuçlardan %23.8 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Aynı ölçüm döneminde ısı kaybı değerleri karşılaştırıldığında simülasyon değerleri ile gerçek sonuçlar arasındaki fark %53 olarak belirlenmiştir.

2014 yılı Ocak ayındaki ortalama ısı kaybı değerleri karşılaştırıldığında klasik ısı kaybı ile yapılan hesaplamaların sonuçları, gerçek sonuçlardan %30 daha fazla tespit edilmiştir. Aynı ölçüm döneminde ısı kaybı değerleri karşılaştırıldığında simülasyon değerleri ile gerçek sonuçlar arasındaki fark %33,68 olarak belirlenmiştir.

2013 yılı Şubat ayında simülasyon ile bulunan sıcaklıklar, gerçek sıcaklıklardan % 7.52 daha fazla olmuştur. 2014 yılı Ocak ayında simülasyon ile bulunan sıcaklıklar, gerçek sıcaklıklardan %3.46 daha fazla olmuştur.

Türkiye’de bir binanın oda bazlı uzun süreli izlemesinin bilinen ilk örneği tez çalışmasında yapılmıştır. Bina yönetim sistemleri, enerjinin verimli kullanımı ve enerji performansının artırılması açılarından çok önemlidir. Simülasyon programları uygulamaya daha yakın sonuçlar vermektedir. Binaların fizibilite etüdü aşamasında, optimum sistem tasarımını belirlemek amacıyla simülasyon programlarını kullanmak uygulamaya yakın sonuçlar elde etmede faydalı olacaktır. Binalarda enerji kimlik belgelerinin gelecek yıllardaki performans değerlendirmeleri için regresyon analizi kullanılması bir yöntem olarak önerilebilir.

Yıl : 2021

Sayfa Sayısı : 305

Anahtar Kelimeler : Bina enerji performansı, bina enerji simülasyonu, enerji verimliliği, binalarda ısı performans, termal davranış



Doctoral Thesis

Theoretical and Experimental Investigation of Convective Heating Systems in Terms of Thermal Comfort

Trakya University Institute of Natural Sciences

Mechanical Engineering Department

ABSTRACT

With the developing technologies and increasing world population, the amount of energy consumed in the world is also increasing. Buildings are one of the most energy-intensive sectors. As in the whole world, a significant part of total energy is used for heating, cooling, ventilation and lighting purposes in order to provide thermal comfort in buildings in Turkey. Today, existing buildings are being improved in developed countries to protect human health and natural environment from all kinds of pollution with the aim of sustainability. New buildings are also designed and built in accordance with green building standards. Considering in terms of Turkey's energy dependence on foreign countries Building Energy Performance Studies are carried out in order to compensate the energy needs of buildings effectively and determine the energy needs in future. With the adoption of the Law on Energy Efficiency in Turkey, increasing energy efficiency and protecting the environment for the energy performance of the work is done. The focus of energy performance studies is the efficient use of energy.

In the thesis study, the convective heating system of a multi-storey commercial building in the winter months of 2013-2014 was examined and the thermal performance of the offices was determined. In order to evaluate the building energy performance, daily-hourly data was obtained from the working offices through the Building Management System. In addition, the climatic conditions of the location of the building were obtained from the General Directorate of Meteorology. The heating energy consumption of the administrative building work offices was determined in the analyzes using static and dynamic methods. The results obtained from the analyzes were evaluated comparatively.

Statistical methods were used to determine the factors affecting building energy performance and to investigate the effectiveness of these factors on energy performance. Relationships between heat loss values calculated with measurement data and parameters affecting energy performance are explained with equations as a result of regression analysis.

It was determined that the outdoor climate temperature at the location of the building reached the lowest average value in February 2013 and January 2014, in line with the information obtained.

When the average heat loss values in February 2013 were compared, the results of the calculations made with classical heat loss were found to be %23.8 higher than the actual results. When the heat loss values were compared in the same measurement period, the difference between the simulation values and the actual results was determined as %53.

When the average heat loss values in January 2014 were compared, the results of the calculations made with classical heat loss were determined %30 more than the actual results. When the heat loss values were compared in the same measurement period, the difference between the simulation values and the actual results was determined as %33.68.

The simulated temperatures in February 2013 were %7.52 higher than the actual temperatures. The simulated temperatures in January 2014 were %3.46 higher than the actual temperatures.

The thesis study is the first known example of a building, room-based long-term monitoring in Turkey. Building management systems are very important in terms of efficient use of energy and increasing energy performance. Simulation programs give results closer to practice. Using simulation programs to determine the optimum system design during the feasibility study phase of the buildings will be useful in obtaining results close to the application. The use of regression analysis can be suggested as a method for evaluating the future performance of energy performance certificates in buildings.

Year : 2021

Number of Pages : 305

Keywords : Building energy performance, building energy simulation, energy efficiency, thermal performance in buildings, thermal behaviour



TEŞEKKÜR

Doktora çalışmamın şekillenmesine büyük katkılar sağlayan aynı zamanda ilk tez danışmanlığımı yapmış Sayın Hocam Prof. Dr.-Ing. Ahmet CAN’a (Rumeli Üniversitesi) teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının sonuca ulaştırılmasında, bu zorlu süreçte karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yol gösterici olan ve tez çalışmasına başladığım ilk günden bu yana desteğini esirgemeyen Sayın Hocam Doç. Dr. Doğan ERYENER’e (Trakya Üniversitesi) şükranlarımı sunar teşekkürü bir borç bilirim.

Teknik bilgi desteğini veren Fabrika Müdürü Sayın Adnan ÖZYEĞİT başta olmak üzere tüm Pimsa Otomotiv A.Ş. yönetimine teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim – Öğretim hayatım boyunca ve akademik çalışmalarımda beni yüreklendiren, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	v
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xviii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1. Arka Plan ve Gerekçe.....	1
1.2. Amaç	3
1.3. Yöntem Özeti	3
1.4. Tezin Yapısı	5
BÖLÜM 2 LİTERATÜR İNCELEMESİ	7
2.1. Binalarda Enerji Performansı İncelemelerinin Önemi	7
2.2. Bina Performans Simülasyonu	9
2.2.1. Çevresel açıdan performans değerlendirmesi	10
2.2.2. İklim koşulları açısından performans değerlendirmesi.....	11
2.2.3. Yapının mimari özellikleri açısından performans değerlendirmesi.....	12
2.2.4. Isıl konfor açısından performans değerlendirmesi.....	15
2.3. Yürürlükteki Türk Bina Yasa ve Yönetmelikleri.....	16

2.4. Türkiye’deki Ticari Binaların Ana Özellikleri.....	19
2.5. Literatür Özeti	21
BÖLÜM 3 BİNA ENERJİ PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	23
3.1. Giriş.....	23
3.2. Binanın Genel Yapısı Ve Isıtma Sisteminin Tanıtılması	23
3.2.1. Bina Bilgisi	24
3.2.2. İdari Bina Genel Yapısı	26
3.2.3. İdari Bina Zemin Kat Bilgileri.....	27
3.2.4. İdari Bina Birinci Kat Bilgileri	34
3.2.5. İdari Bina İkinci Kat Bilgileri	48
3.2.6. İdari Bina Çatı Katı Bilgileri	54
3.3. Bina Yapı Elemanı Bilgileri.....	54
3.4. Bina Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Donanımı Bilgileri	55
3.5. İklim Verisi Bilgileri	61
3.6. Bina Isıtma Verisi Bilgileri	64
3.7. Bina Yönetim Sistemi (BYS) Üzerinden İzleme ve Veri Toplama Yöntemi	65
3.8. Bina Isıtma Enerjisi Hesaplamaları.....	69
3.8.1. Statik Yöntem ile Yapılan Hesaplamalar.....	70
3.8.2. Dinamik Simulasyon Yönteminde Modelleme Tekniği	74
3.8.3. Isıl Denge Metodu	75
3.8.4. DesignBuilder ve HVAC Sisteminin Tanımlanması	79
3.9. İstatistiki Yöntemler ve Retscreen Plus Yazılımı	96
BÖLÜM 4 STATİK YÖNTEM ANALİZLERİ	99
4.1. Giriş.....	99
4.2. Klasik Yönteme Göre Sistem Analiz Sonuçları.....	100

4.3. Statik Yönteme Göre Sistem Analiz Sonuçları	104
BÖLÜM 5 DİNAMİK ENERJİ SİMULASYONU	134
5.1. Giriş.....	134
5.2. Dinamik Yönteme Göre Sistem Analiz Sonuçları	135
5.3. Ticari Binaya ait Ofislerin Sıcaklık Değişimlerinin Karşılaştırılması	162
5.4. Ticari Binaya ait Ofislerin Isı Kaybı Değişimlerinin Karşılaştırılması	172
BÖLÜM 6 İSTATİSTİKSEL ANALİZ	187
6.1. Giriş.....	187
6.2. İstatistiksel Analiz Sonuçları	188
6.2.1. İmalat Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları	188
6.2.2. Muhasebe Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	191
6.2.4. Fabrika Müdürü Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları	197
6.2.5. Muhasebe Müdürü Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	200
6.2.6. Genel Müdür Yardımcısı Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları	203
6.2.3. Proje Müdürü Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	207
6.2.7. Yönetici 03 Ofisi İstatistik Analizsel Sonuçları	214
6.2.8. Yönetici 05 Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları	219
BÖLÜM 7 SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	223
7.1. Giriş.....	223
7.2. Statik ve Dinamik Hesaplama Yöntemi Sonuçları.....	226
7.2.1. 2013 Yılı Sonuçlarının Karşılaştırılması	226
7.2.2. 2014 Yılı Sonuçlarının Karşılaştırılması	229
7.3. Statik ve Dinamik Yönteme Göre Sistem Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	232
7.4. Çevresel Faktörlerin Değerlendirilmesi	236
7.5. İstatistik Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	245

7.6. Genel Değerlendirme ve Öneriler	249
KAYNAKLAR	251
EKLER.....	264
ÖZGEÇMİŞ.....	277
TEZ ÖĞRENCİSİNE AİT TEZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL FAALİYETLER	278



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\dot{Q}$	Isı kaybı, (kWh)
R_i	İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci ($m^2.K/W$)
R_e	Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci ($m^2.K/W$)
R^2	Korelasyon Katsayısı
T_0	Gerçek dış ortam iklim sıcaklığını, ($^{\circ}C$)
T_1	Gerçek iç ortam sıcaklığını ($^{\circ}C$)
U_D	Dış duvarın ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)
U_P	Pencerenin ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)
U_k	Dış kapının ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)
U_T	Tavanın ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)
U_t	Zemine oturan tabanın /döşemenin ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)
U_d	Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)
U_{ds}	Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)

Kısaltmalar

AIA	The American Institute of Architects
ASHRAE	The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BEP	Bina Enerji Performansı
BLAST	Building Loads Analysis and System Thermodynamics
BREAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BYS	Bina Yönetim Sistemi
CABSEE	Comprehensive Assesment System for Built Environment Efficiency
CFD	Computational Fluid Dynamics
ÇEDBİK	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
DOE	Department of Energy
EPW	EnergyPlus Weather File
HDD	Heating Degree Days
HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning
IISE	International Initiative for Sustainable Built Environment
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
PMV	The Predicted Mean Vote
SB TOOL	Sustainable Building Tool
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
USGBC	The U.S. Green Building Council

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. İdari Bina Fiziksel Yapısı	26
Çizelge 3.2. Zemin kat ofislerinin genel özellikleri.....	28
Çizelge 3.3. Birinci kat ofislerinin genel özellikleri	35
Çizelge 3.4. Binanın ikinci kat ofislerinin genel özellikleri	49
Çizelge 3.5. Bina yapı elemanları ısı iletim katsayısı değerleri.....	55
Çizelge 3.6. Kocaeli ili için aylık ortalama güneşlenme süresi, ortalama yağışlı gün sayısı ve aylık toplam yağış miktarı ortalaması değerleri	62
Çizelge 3.7. Gebze ilçesi için genel iklim verileri	62
Çizelge 3.8. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Kocaeli ili Isıtma Gün Dereceleri	64
Çizelge 3.9. Hesaplamalarda kullanılan ısıtma tasarım sıcaklıkları	65
Çizelge 3.10. Ölçüm dönemleri	67
Çizelge 3.11. İdari bina zemin katındaki mekanlara ait hesaplanmış ısı kaybı değerleri	72
Çizelge 3.12. Fabrika binası birinci katındaki mekanlara ait hesaplanmış ısı kaybı değerleri.....	73
Çizelge 3.13. İdari bina ikinci katındaki mekanlara ait hesaplanmış ısı kaybı değerleri	74
Çizelge 3.14. Simülasyonda Kullanılan Veriler	88
Çizelge 4.1. Binaya ait aylık gerçek ortalama ve maksimum sonuçlar ve bu değerler ile referans değerler arasındaki fark değerler tablosu	132
Çizelge 6.1. İmalat Ofisinin 2013 yılı regresyon analizi sonuçları.....	189
Çizelge 6.2. İmalat Ofisinin 2014 yılı regresyon analizi sonuçları.....	191

Çizelge 6.3. Muhasebe Ofisinin 2013 yılı regresyon analizi sonuçları	193
Çizelge 6.4. Muhasebe Ofisinin 2014 yılı regresyon analizi sonuçları	194
Çizelge 6.5. Fabrika Müdürü Ofisi 2013 yılı regresyon analizi sonuçları.....	198
Çizelge 6.6. Muhasebe Müdürü Ofisi 2013 yılı regresyon analizi sonuçları.....	201
Çizelge 6.7. Muhasebe Müdürü Ofisi 2014 yılı regresyon analizi sonuçları.....	203
Çizelge 6.8. Genel Müdür Yardımcısı Ofisi 2013 yılı regresyon analizi sonuçları.....	205
Çizelge 6.9. Genel Müdür Yardımcısı Ofisi 2014 yılı regresyon analizi sonuçları.....	207
Çizelge 6.10. Proje Müdürü Ofisi 2013 yılı regresyon analizi sonuçları.....	209
Çizelge 6.11. Proje Müdürü Ofisi 2014 yılı regresyon analizi sonuçları.....	211
Çizelge 6.12. Yönetici 03 Ofisi 2013 yılı regresyon analizi sonuçları	215
Çizelge 6.13. Yönetici 03 Ofisi 2014 yılı regresyon analizi sonuçları	217
Çizelge 6.14. Yönetici 05 Ofisi 2013 yılı regresyon analizi sonuçları	220
Çizelge 6.15. Yönetici 05 Ofisi 2014 yılı regresyon analizi sonuçları	221

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Binanın bulunduğu konumun harita görüntüsü	24
Şekil 3.2. Binanın bulunduğu konumun uydu görüntüsü	25
Şekil 3.3. Binanın vaziyet planı	26
Şekil 3.4. İdari bina güney batı cephesi görünüşü	27
Şekil 3.5. Zemin kat Kalite ofisi fan coil yerleşim planı	31
Şekil 3.6. Zemin kat imalat ofisi fan coil yerleşim planı	32
Şekil 3.7. Zemin kat İnsan kaynakları ofisi fan coil yerleşim planı	33
Şekil 3.8. Zemin kat İnsan Kaynakları Müdürü Ofisi fan coil yerleşim planı.....	34
Şekil 3.9. Birinci kat Genel Müdür Yardımcısı Ofisi fan coil yerleşim planı	40
Şekil 3.10. Birinci kat Muhasebe Müdürü Ofisi fan coil yerleşim planı	41
Şekil 3.11. Birinci kat Muhasebe Ofisi fan coil yerleşim planı	42
Şekil 3.12. Birinci kat Lojistik Ofisi fan coil yerleşim planı	43
Şekil 3.13. Birinci kat Satın Alma Ofisi fan coil yerleşim planı	44
Şekil 3.14. Birinci kat Proje Ofisi fan coil yerleşim planı	45
Şekil 3.15. Birinci kat Proje Müdürü Ofisi fan coil yerleşim planı	46
Şekil 3.16. Birinci kat Kalite Müdürü Ofisi fan coil yerleşim planı.....	47
Şekil 3.17. Birinci kat Fabrika Müdürü Ofisi fan coil yerleşim planı	48
Şekil 3.18. İkinci kat yönetici ofisinin fan coil yerleşim planı	51
Şekil 3.19. İkinci kat yönetici ofisinin fan coil yerleşim planı	52
Şekil 3.20. İkinci kat yönetici ofisinin fan coil yerleşim planı	53

Şekil 3.21. İkinci kat yönetici ofisinin fan coil yerleşim planı	54
Şekil 3.22. Bina ısıtma sisteminin (BYS) görüntüsü	56
Şekil 3.23. Yemekhane aspiratörü cihazı.....	57
Şekil 3.24. Yemekhane aspiratörünün şematik gösterimi.....	57
Şekil 3.25. İdari bina ofislerine ait klima santrali	58
Şekil 3.26. İdari bina ofisleri klima santralinin şematik gösterimi	58
Şekil 3.27. İdari bina -3 ve +1 kotuna ait klima santrali.....	59
Şekil 3.28. İdari bina -3 ve 1 kotu klima santralinin şematik gösterimi	59
Şekil 3.29. İdari bina yemekhane klima santrali.....	60
Şekil 3.30. İdari bina yemekhane klima santralinin şematik gösterimi	60
Şekil 3.31. Isı geri kazanım soğutma ünitesi cihazları.....	61
Şekil 3.32. Bina Yönetim Sistemi ana sayfa ekranı.....	66
Şekil 3.33. Bina Yönetim Sistemi ekipman ve kontrol cihazları izleme ekranı	66
Şekil 3.34. Bina Yönetim Sistemi sistem özeti ekranı.....	67
Şekil 3.35. İdari bina zemin katından görüntülenmiş veriler.....	68
Şekil 3.36. 21/02/2013 tarihinde saat 10:00'da idari bina birinci katından görüntülenmiş veriler	68
Şekil 3.37. 21/02/2013 tarihinde saat 10:00'da idari bina ikinci katından görüntülenmiş veriler	69
Şekil 3.38. Dış yüzey ısı dengesi	76
Şekil 3.39. İç yüzey ısı dengesi.....	77
Şekil 3.40. Ortam havası ısı dengesi.....	78
Şekil 3.41. DesignBuilder yazılımı ile yapılan simülasyonda sonuç çıktılarına ulaşmak için izlenen işlem basamakları akış şeması.	80
Şekil 3.42. Binanın genel görünümünün DesignBuilder programı ile oluşturulmuş modeli	81

Şekil 3.43. Binanın Güney-Batı cephesinin farklı açılardan sanal modeli	82
Şekil 3.44. Binanın Güney-Batı cephesi görüntüsü	83
Şekil 3.45. Binanın Güney-Batı cephesi DesignBuilder modeli	83
Şekil 3.46. Zemin katın DesignBuilder modeli	84
Şekil 3.47. Birinci katın DesignBuilder modeli.....	85
Şekil 3.48. İkinci katın DesignBuilder modeli	86
Şekil 3.49. İdari binanın 28 Aralık 2013 tarihinde güneş ışıınımı yörüngesinin diyagramı designbuilder modeli.....	87
Şekil 3.50. DesignBuilder çıktısı	88
Şekil 3.51. Ofislerin temel özelliklerinin belirlenmesi	89
Şekil 3.52. Ofislerin yüzey malzeme özelliklerinin belirlenmesi	90
Şekil 3.53. Ofislerin dış ortam ile temasta cam yüzeylerinin özelliklerinin belirlenmesi	91
Şekil 3.54. Ofislerdeki aydınlatma özelliklerinin belirlenmesi	92
Şekil 3.55. Fabrika Müdürü ofisinin 2014 yılı Ocak ayı takvimi	93
Şekil 3.56. DesignBuilder HVAC sistemi modeli	94
Şekil 3.57. DesignBuilder fan coil cihazının şematik gösterimi.....	95
Şekil 3.58. Genel Müdür Yardımcısı ofisi fancoil cihazının ısıtma ve soğutma kapasitelerinin belirlenmesi	96
Şekil 4.1. Zemin kat ofislerinin farklı dış hava sıcaklıkları için hesaplanmış ısı kaybı değerleri.....	101
Şekil 4.2. Birinci kat ofislerinin farklı dış hava sıcaklıkları için hesaplanmış ısı kaybı değerleri.....	102
Şekil 4.3. İkinci kat ofislerinin farklı dış hava sıcaklıkları için hesaplanmış ısı kaybı değerleri.....	103
Şekil 4.4. Şubat 2013 için zemin kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları	104

Şekil 4.5. Şubat 2013 için birinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları	105
Şekil 4.6. Şubat 2013 için ikinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları	107
Şekil 4.7. Mart 2013 için zemin kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları	108
Şekil 4.8. Mart 2013 için birinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları	110
Şekil 4.9. Mart 2013 için ikinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları	112
Şekil 4.10. Aralık 2013 için zemin kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.....	113
Şekil 4.11. Aralık 2013 için birinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.....	114
Şekil 4.12. Aralık 2013 için ikinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.....	115
Şekil 4.13. Ocak 2014 için zemin kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.....	117
Şekil 4.14. Ocak 2014 için birinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.....	119
Şekil 4.15. Ocak 2014 için ikinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları	121
Şekil 4.16. Şubat 2014 için zemin kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.....	123
Şekil 4.17. Şubat 2014 için birinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.....	125
Şekil 4.18. Şubat 2014 için ikinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.....	127

Şekil 4.19. Mart 2014 için zemin kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları	129
Şekil 4.20. Mart 2014 için birinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.....	130
Şekil 4.21. Mart 2014 için ikinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları	131
Şekil 5.1. Şubat 2013 için zemin kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	136
Şekil 5.2. Şubat 2013 için birinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	137
Şekil 5.3. Şubat 2013 için ikinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	138
Şekil 5.4. Mart 2013 için zemin kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	139
Şekil 5.5. Mart 2013 için birinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	141
Şekil 5.6. Mart 2013 için ikinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	143
Şekil 5.7. Aralık 2013 için zemin kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	144
Şekil 5.8. Aralık 2013 için birinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	146
Şekil 5.9. Aralık 2013 için ikinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	147
Şekil 5.10. Ocak 2014 için zemin kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	148
Şekil 5.11. Ocak 2014 için birinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	150

Şekil 5.12. Ocak 2014 için ikinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	152
Şekil 5.13. Şubat 2014 için zemin kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	154
Şekil 5.14. Şubat 2014 için birinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	156
Şekil 5.15. Şubat 2014 için ikinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	158
Şekil 5.16. Mart 2014 için zemin kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	159
Şekil 5.17. Mart 2014 için birinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları	160
Şekil 5.18. Mart 2014 için ikinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıplarının dış ortam sıcaklığıyla değişimi grafiği	161
Şekil 5.19. Şubat 2013 için tüm ofislerin gerçek iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının eş zamanlı değişimi	162
Şekil 5.20. Mart 2013 için tüm ofislerin gerçek iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının eş zamanlı değişimi	164
Şekil 5.21. Aralık 2013 için tüm ofislerin gerçek iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının eş zamanlı değişimi	165
Şekil 5.22. Ocak 2014 için tüm ofislerin gerçek iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının eş zamanlı değişimi	166
Şekil 5.23. Şubat 2014 için tüm ofislerin gerçek iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının eş zamanlı değişimi	168
Şekil 5.24. Mart 2014 için tüm ofislerin gerçek iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının eş zamanlı değişimi	169
Şekil 5.25. Şubat 2013 için tüm bina ofislerine detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak elde edilen sıcaklık değişimleri	170

Şekil 5.26. Ocak 2014 için tüm bina ofislerine detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak elde edilen sıcaklık değişimleri	171
Şekil 5.27. Şubat 2013 için aynı katta yatay olarak farklı konumlardaki ofislerin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırması	172
Şekil 5.28. a) DesignBuilder birinci kat Proje Müdürü Ofisi modeli b) DesignBuilder birinci kat Muhasebe Ofisi modeli	173
Şekil 5.29. Şubat 2013 için farklı katlarda düşey olarak aynı konumdaki iki ofisin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırılması	174
Şekil 5.30. a) DesignBuilder birinci kat Muhasebe ofisi modeli b) DesignBuilder ikinci kat Yönetici 03 ofisi modeli	174
Şekil 5.31. Şubat 2013 için farklı katlarda düşey olarak aynı konumdaki iki ofisin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırılması	175
Şekil 5.32. a) DesignBuilder zemin kat İmalat ofisi modeli b) DesignBuilder birinci kat Fabrika Müdürü ofisi modeli	176
Şekil 5.33. Şubat 2013 için aynı katta yatay olarak farklı konumlardaki ofislerin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırması	177
Şekil 5.34. a) DesignBuilder birinci kat Genel Müdür Yardımcısı ofisi modeli b) DesignBuilder birinci kat Fabrika Müdürü ofisi modeli	178
Şekil 5.35. Ocak 2014 için aynı katta yatay olarak farklı konumlardaki ofislerin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırması	179
Şekil 5.36. Ocak 2014 için farklı katlarda düşey olarak aynı konumdaki iki ofisin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırılması	181
Şekil 5.37. Ocak 2014 için farklı katlarda düşey olarak aynı konumdaki iki ofisin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırılması	183
Şekil 5.38. Ocak 2014 için aynı katta yatay olarak farklı konumlardaki ofislerin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırması	185
Şekil 6.1. 2013 yılı İmalat Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi	188
Şekil 6.2. 2014 yılı İmalat Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi	190

Şekil 6.3. 2013 yılı Muhasebe Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.....	192
Şekil 6.4. 2014 yılı Muhasebe Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.....	194
Şekil 6.5. 2014 yılı Muhasebe Ofisine ait hesaplanan ısı kaybı değerleri ile gerçek ısı kaybı değerleri arasındaki fark değerler grafiği	196
Şekil 6.6. 2013 yılı Fabrika Müdürü Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi	197
Şekil 6.7. 2014 yılı Fabrika Müdürü Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi	199
Şekil 6.8. 2013 yılı Muhasebe Müdürü Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.....	200
Şekil 6.9. 2014 yılı Muhasebe Müdürü Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.....	202
Şekil 6.10. 2013 yılı Genel Müdür Yardımcısı Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi ..	204
Şekil 6.11. 2014 yılı Genel Müdür Yardımcısı Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi ..	206
Şekil 6.12. 2013 yılı Proje Müdürü Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.....	208
Şekil 6.13. 2014 yılı Proje Müdürü Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.....	210
Şekil 6.14. 2014 yılı Proje Müdürü Ofisine ait hesaplanan ısı kaybı değerleri ile gerçek ısı kaybı değerleri arasındaki fark değerler grafiği	213
Şekil 6.15. 2013 yılı Yönetici 03 Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi	214
Şekil 6.16. 2014 yılı Yönetici 03 Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi	216
Şekil 6.17. 2014 yılı Yönetici 03 Ofisine ait hesaplanan ısı kaybı değerleri ile gerçek ısı kaybı değerleri arasındaki fark değerler grafiği	218
Şekil 6.18. 2013 yılı Yönetici 05 Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi	219
Şekil 6.19. 2014 yılı Yönetici 05 Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi	221
Şekil 7.1. Binaya ait aylık ortalama ve en yüksek iç ortam sıcaklığı, ortalama ve en yüksek ısı kaybı değerlerinin karşılaştırılması	233
Şekil 7.2. 2013 ve 2014 yılı en düşük ortalama ve en yüksek iç ortam sıcaklığı değerlerinin kat bazında karşılaştırılması.....	235
Şekil 7.3. 2013 ve 2014 yılı en düşük ortalama ve en yüksek ısı kaybı değerlerinin kat bazında karşılaştırılması.....	236

Şekil 7.4. Birinci kat Proje Ofisi 2013 yılı Aralık ayı simülasyon sonuçları.....	245
--	-----



BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Arka Plan ve Gerekçe

Sanayi devrimi ile başlayan teknolojik gelişmeler bir yandan ülkelerin ekonomik yönden büyümesini desteklerken diğer yandan insanların günlük yaşam davranış ve alışkanlıklarının değişmesine, üretimden çok tüketime yönelmesine sebep olmuştur. Sanayi kuruluşlarının sayısındaki artış, kentlerde nüfus yoğunluğuna yol açmıştır. Yüksek katlı binalar, iş merkezleri ve alışveriş merkezleri gibi enerjiyi fazlasıyla tüketen binalar inşa edilmeye başlamıştır. Bu süreç doğaya karışan zararlı atık miktarını arttırmış, ozon tabakasının incelmeye başlaması, iklim değişiklikleri ve küresel ısınma gibi ekosistem üzerinde pek çok olumsuz değişimleri beraberinde getirmiştir. Doğal yaşamın tahribatına sebep olan küresel değişimlerin önlenmesi, gelecek nesillere kendi ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir çevre bırakılması bilinci sürdürülebilirlik kavramının gelişimini sağlamıştır.

Sürdürülebilir kalkınma ifadesinin ilk kez 1970 yılında Gro Harlem Brundtland tarafından kullanılmasıyla sürdürülebilirlik kavramı literatürde yerini almıştır. 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayınlanan “Ortak Geleceğimiz” isimli raporda sürdürülebilir kalkınma “gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneğinden ödün vermeden, günümüzün ihtiyaçlarını karşılayan bir gelişmedir” şeklinde tanımlanmıştır. Sürdürülebilir kalkınmanın önem kazanmasıyla birlikte enerjinin kullanıldığı her alanda enerjinin verimli olarak değerlendirilmesi, birim ürün veya herhangi bir faaliyet için harcanan enerji miktarının azaltılması çabaları aynı paralelde hız kazanmıştır.

Ülkelerin sürdürülebilir kalkınmasını etkileyen temel unsurların başında enerji verimliliği gelmektedir. Enerji ihtiyacının ve kullanımının sürekli arttığı, Dünya üzerindeki rezervlerin giderek azaldığı günümüzde enerjinin verimli kullanımı önem taşımaktadır.

Avrupa Birliği Komisyonu 2020 yılı enerji verimliliği hedefini en az %20 oranında arttırmayı öngörmüştür. Diğer yandan 2015 ve 2016 yıllarındaki kış mevsiminin önceki yıllara göre daha soğuk geçmesi ile enerji tüketiminin artması, ekonomik büyümenin enerji talebini arttırması 2020 enerji verimliliği hedefine ulaşılması için ek çabalara ihtiyaç duyulduğu sonucu ortaya atılmıştır. 30 Kasım 2016 tarihinde Avrupa Birliği Komisyonu 2020 yılı hedeflerini revize ederek 2030 yılında %30'luk yeni bir enerji verimliliği hedefi ve direktifi önermiştir.

Ülkemizde 2007 yılında Enerji Verimliliği Kanunun kabul edilmesiyle enerjinin etkin kullanılması, çevrenin korunması ve enerjinin kullanımında verimliliğin arttırılması amaçlanmıştır. Kişi başına düşen enerji tüketim miktarımızın gelişmiş ülkelere göre düşük, enerji yoğunluğumuzun yüksek olması, enerji verimliliğimizin arttırılmasına yönelik ülke çapında bir dizi planlamalara ihtiyaç olduğunun göstergesidir. 2013 yılında Resmi Gazete'de yayınlanan Onuncu Kalkınma Planına göre Türkiye'de 2023 yılına kadar kişi başına düşen enerji yoğunluğunun %20 oranında azaltılması hedeflenmiştir (Resmi Gazete, 2013). 2017-2023 Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nda ise sürdürülebilir çevre dostu binaların yaygınlaştırılması ve mevcut binaların daha verimli hale getirilmesiyle enerji verimliliğinin arttırılması çalışmalarının yürütüleceği belirtilmiştir (Resmi Gazete, 2017).

Binalar, enerji kullanımının en yoğun olduğu sektörlerden biridir. Bina sayısındaki artış aynı oranda enerji ihtiyacını da arttırmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) açıkladığı verilere göre Türkiye'de 2017 yılı itibariyle 9,1 milyon adet bina bulunmakta olup bina stokuna her yıl 100000'den fazla bina eklenmektedir (Resmi Gazete, 2017). Türkiye'nin enerji açısından dış ülkelere bağımlılığı göz önüne alındığında, binaların enerji ihtiyacının en etkin şekilde karşılanması ve gelecekteki enerji ihtiyacının belirlenebilmesi için Bina Enerji Performansı çalışmaları yapılması gerekmektedir. Binalarda Enerji Performansı çalışmalarının yapılmasının amacı; binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesini, endüstriyel tesislerde ise üretim kalitesi

ve miktarını düşürmeden birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketimini azaltmak, enerji verimliliğini arttırmaktır.

Bina enerji performansı çalışmalarının odak noktasının enerjinin kullanımı olduğu açıkça görülmektedir. Binalarda insan sağlığını korumak ve ısı konforu sağlamak üzere toplam enerjinin çok önemli bir bölümü ısıtma, klima, havalandırma ve aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır. Ülkemizde kış mevsiminin yaklaşık altı ay yaşanmasından kaynaklı binalarda ısıtma amaçlı enerji kullanımı daha fazladır.

Isıtma sistemleri başta konut olmak üzere okul, hastane, spor salonları, konferans salonları, ticari binalar ve çeşitli işletmeler gibi binalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Isıtma sistemlerinin bilgiye dayalı tercih ve seçimi kullanıldığı ortamda yaşam standardını yükseltirken, yüksek oranda ekonomikliğini sağlayabilir. Bir ısıtma sisteminin kurulmasındaki amaç; enerji verimliliğini arttırmak, mümkün olan en az enerji harcamasıyla en üst düzeyde kullanıcı konforunu sağlamaktır.

Isıtma sistemleri ile ilgili genel olarak sistemin enerji verimliliği ve ekonomikliğine, optimum sistem tasarımına ve seçimine ilişkin araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır. Bu konularla ilgili yeni ve mevcut sistemlerde geliştirmeler yapılmaktadır.

Bu çalışmada ticari bir binanın çalışma ofislerinin ısı performansının değerlendirilmesine yönelik günlük ve saatlik toplanan veriler kullanılarak ısıtma enerjisi tüketimleri bir yazılım aracılığıyla belirlenmiştir. Ofislerin iç ortam konfor sıcaklıklarındaki değişimin, her bir ofisin ısıtma sisteminde tüketilen enerji miktarı üzerine etkisi incelenmiştir. Binanın ofislerinden toplanan veriler ile bir yazılım aracılığıyla yapılan analizlerden elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

1.2. Amaç

Tez çalışmasının amacı; örnek bir ticari binada bulunan tüm hacimlerin ardışık kış mevsiminde uzun süreli izlemesinin yapılması, ofis ısıtması performansının belirlenmesi, ısıtmaya etki eden parametrelerin ayrıntılı olarak incelenmesi, bina termal davranışının belirlenerek, statik ve dinamik yöntemler ile karşılaştırmalı analizinin yapılmasıdır.

Bina sektörü enerji tüketimin en yoğun olduğu sektörlerden biri olmakla birlikte literatürde konut tipi ve kamu kurum kuruluşları üzerine yapılan çok sayıda performans

alışması mevcuttur. Bu tip binalarda kullanılan veri toplama yöntemi; enerji tüketim miktarının binaya ait faturalardan enerji izlemeleri yapılması üzerine kurulmuştur. Sanayi sektörüne ait ticari binaların enerji performansı belirleme çalışmaları az sayıdadır. Diğer yandan ihtiyaç duyulan enerjinin etkin kullanımına olanak verecek ve yalnızca ticari binalarda kullanılan bina otomasyon sistemleri üzerinden enerji izlemesi yoluyla gerçek verilerle enerji performansı belirlenmesi konu alanındaki bilgi açığının tamamlanması amaçlanmıştır.

Bina enerji performansını etkileyen kullanıcıların tercihleri, iklim özellikleri, yapı özellikleri gibi parametrelerin incelenmesi ve optimum sistem tasarımının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan enerji yazılım programları yardımıyla tasarım ve performans parametreleri arasındaki etkileşimlerin araştırılması planlanmıştır. Bina ofis bazlı termal davranışın belirlenmesi için statik ve dinamik yöntemler örnek bina için uygulanmıştır. Bina enerji performansının belirlenmesinde etkin bir simülasyon programı ile mevcut binanın gerçek verileri kullanılarak benzetim modeli oluşturulmuştur. Statik ve dinamik ısı kaybı yöntemlerinin kullanımıyla bina yapımı öncesi ısı kayıpları ile yapım sonrası gerçekleşen termal performansın karşılaştırılması amaçlanmıştır. Binanın gelecek yıllardaki performans değerlendirmelerinin yapılması amacıyla regresyon analizi ile enerji verimliliği izlemeleri kullanılarak enerji performansını etkileyen parametreler arasındaki ilişkileri açıklayan denklemler oluşturulmuştur.

1.3. Yöntem Özeti

Tez alışması kapsamında ortaya konan hedeflerin derinlemesine araştırılması için örnek bina olarak çok katlı bir bina ele alınmıştır. Binanın çalışır durumda olan bir konvektif ısıtma sistemi vardır. Binanın enerji ihtiyacı değerlerini belirlemek amaçlı binaya ait çalışma ofislerinden kış mevsimi için bina yönetim sistemi üzerinden yapılan eş zamanlı ölçümler sonucu elde edilen iç ortam sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı, iç ortam ayar sıcaklığı verileri ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden edinilen iklim özelliklerine ait bilgiler tez çalışmasında kullanılmıştır.

Çalışma ofislerinin ısı performanslarının değerlendirilmesine yönelik gerçek eş zamanlı ölçümlerden elde edilen iç ortam ve dış ortam sıcaklığı verileri kullanılarak klasik ısı kaybı hesaplama yöntemine ve statik yöntemine göre her bir ofisin günlük - saatlik

ısıtma enerjisi tüketimleri hesaplanmıştır. Ayrıca EnergyPlus simülasyon motorunun arayüzü olan DesignBuilder programı kullanılarak günlük ve saatlik ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek amaçlı simülasyonlar gerçekleştirilmiştir.

Binanın ofislerinden ölçüm yoluyla elde edilen veriler ile yazılım aracılığıyla yapılan analizlerden elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Ofislerin iç ortam konfor sıcaklıklarındaki değişimin, her bir ofisin ısıtma sisteminde tüketilen enerji miktarı üzerine etkisi tez kapsamında irdelenmiştir.

Teorik analizlerden elde edilen ve ölçüm yoluyla elde edilen verileri daha anlamlı kılmak adına yapılan değerlendirmelerde pek çok yöntem kullanılmaktadır. Bu çalışmada enerji performansını etkileyen faktörleri belirlemek ve bu faktörlerin enerji performansı üzerine etkinlik derecesini araştırmak amaçlı istatistiki yöntemler kullanılmıştır. Yaygın yöntemlerden biri olan regresyon çözümlemesi yoluyla değişkenler arasında neden sonuç ilişkisi kurulmuş, değişkenler arasındaki bağıntılar matematiksel modellerle açıklanmıştır.

Regresyon çözümlemesini yapmak için RetScreen Plus yazılım programı kullanılmıştır. Ölçüm yoluyla edinilen veriler kullanılarak yapılan hesaplardan elde edilen enerji tüketim miktarları ile ölçülen iç ortam sıcaklığı, dış ortam iklim koşulları gibi enerji performansını etkileyen parametrelerin arasındaki ilişkiler, istatistiki analiz sonucunda bir denklem ile açıklanmıştır.

1.4. Tezin Yapısı

Tezi ilk bölümü çalışma konusu ile ilgili temel bilgilerin verildiği giriş niteliğindedir. Bu bölümünde Binalarda Enerji Performansı değerlendirmesinin önemi ve çalışmanın arka planında yapılan araştırmaların bir özeti yer almaktadır. İlk bölüm; çalışma konusunun seçilmesinin gerekçesi, tez çalışmasının amacı, amaç doğrultusunda tez çalışmasında izlenecek yöntem ve üzerinde durulacak konular hakkında genel bilgileri içermektedir.

İkinci bölümde literatür incelemesi yapılmıştır. Dünya'daki ve Türkiye'deki bina enerji performansı çalışmaları çevre ve ekonomik bakımlardan ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bina enerji performansı simülasyonuna ilişkin Dünya'da ve Türkiye'de yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Türkiye'de bina enerji performansı

değerlendirmelerinde kullanılan bina yasa ve yönetmelikleri açıklanmıştır. Yine Türkiye’deki binalarda enerji kullanımı, performans araştırması yapılan binaların özellikleri, enerji kimlik belgesine sahip binalar literatür çerçevesinde incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, tez çalışmasında belirlenen amaca uygun hedeflere ulaşmada takip edilen yol ayrıntılarıyla anlatılmıştır. Araştırmanın planı çıkartılmıştır. Araştırma kapsamında incelenen referans binanın ve kullanılan ısıtma sisteminin özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir. Referans binadan elde edilen verilere erişim yöntemi açıklanmıştır. Tez çalışmasında kullanılan hesap tekniklerine ve yapılan analizlere yer verilmiştir. DesignBuilder bina enerji simülasyon programının kullanım amacı, referans binanın programda modelinin oluşturulması, program yardımıyla yapılan analizlerde veri girişlerinin temeli ve analizlerde izlenen hesap yöntemi anlatılmıştır.

Bölüm dört ve beşte elde edilen sonuçların ortaya koyulduğu, enerji performansının tespitinde kullanılan yöntem farklılıklarının sonuçlar üzerindeki etkisinin belirlendiği bölümlerdir. Enerji performansını etkileyen parametreler yine bu bölümlerde belirlenmiştir.

Bölüm altıda regresyon analizi sonuçları anlatılmıştır. Regresyon çözümlemesiyle enerji performansını etkileyen parametrelerin arasındaki ilişkiler, istatistiki analiz sonucunda denklemler ile açıklanmıştır.

Son bölüm ise tezin sonuçlar ve değerlendirme kısmı olup, bu bölümde yapılan tez çalışmasından elde edilen sonuçlar doğrultusunda çalışma konusu hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR İNCELEMESİ

2.1. Binalarda Enerji Performansı İncelemelerinin Önemi

Dünya nüfusu önüne geçilemez bir artış hızı göstermektedir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun nüfus artış verilerine göre Türkiye'de 2050 yılında nüfusun 94,6 milyon olması öngörülmektedir (Doğan, 2015). Bu artış hızı, Dünya üzerinde (insanların) barınma, ısınma-soğutma ve yiyecek-içecek ihtiyacı gibi yaşamsal faaliyetlerin yerine getirilmesi sürecinde atıkların uzaklaştırılması, çevrenin korunması ve doğal kaynakların kullanımı gibi aşılması gereken sorunlara yol açmaktadır. Diğer yandan nüfustaki hızlı büyümeyle birlikte artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek, aynı zamanda enerji yoğunluğunu düşürebilmek için enerjinin verimli kullanılması gerektiği açıkça görülmektedir.

Ülkelerin gelişmişlik seviyesini belirleyen başlıca öğelerden biri enerji tüketim miktarıdır. Enerji, sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir girdisidir (Ediger, 2009). 2030 yılına kadar enerji talebinin %50 oranında artış göstermesi beklendiğine göre, bu artan talebin kaynakların tüketilmesi, arz güvenliği ve çevresel zararlar açılarından sürdürülebilir kılınması gerekmektedir (Tokgöz, 2015). Enerji, hem arz güvenliği gerekleri hem de makro-ekonomik açıdan bütün Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri arasında ilk sırayı almaktadır (Bayazıt & Önsal, 2017) . Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için enerji tüketiminin azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması gerekmektedir.

Türkiye'de enerji talebindeki artışın yüksek olmasına karşın, enerjinin üretiminden çok tüketiminin olması, enerjinin yeteri kadar etkin kullanılmaması ve enerji

verimliliği değerinin diğer ülkelere oranla düşük olması ülke ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir.

Bina sektörü, malzeme ve enerji gibi formlarda büyük miktarlarda kaynakları kullanıyor olmasının yanı sıra, ormanlık alanların yok olması, temiz su kaynaklarının bozulması, ozon tabakasının yıpranması gibi küresel anlamda sürekli bir yıpranmaya neden olmakta ve Dünya’da üretilen enerjinin % 50’si binalarda tüketilmektedir (zmehmet’ten aktaran Saka, 2011) . Barındırdığı enerji tasarrufu potansiyeli açısından sektörel bazda ilk sırada bina sektörü, ikinci sırada ise sanayi sektörü yer almaktadır. Türkiye’de enerji tüketiminin yaklaşık %34’ binalarda ve bunun %85’i kadarı da ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılmaktadır (Yıldırım, Kuzgunkaya & Akkurt 2018). Türkiye’deki sanayi sektöründe enerji tasarrufu potansiyelinin en az %20 olduğu ve bunun yaklaşık %50’sinin küçük yatırımlarla iki yıldan az geri ödemelerle gerçekleştirilebileceği tespit edilmiştir (Doğan, 2015). Dünya’daki ve Türkiye’deki enerji tasarrufu potansiyelini ortaya çıkarmak ve sürdürülebilir bir gelecek inşaa etmek için son yıllarda bina sektöründe binaların enerji performansını arttıracak yönde çalışmalar yapılmaktadır.

Avrupa Birliğinin yayınladığı Bina Enerji Performansı Direktifi’nde, bir binanın tipik kullanımıyla ilişkili enerji talebinin yanı sıra (daha çok konut dışı binalarda) ısıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su hazırlama ve aydınlatma amaçlı kullanılan enerjinin karşılanması için kullanım aşamasında gereken birincil enerji miktarı, bina enerji performansı olarak tanımlanmıştır.

Uluslararası Mimarlar Birliği’ne (AIA) göre; bina enerji performansının incelenmesinin amaı;

- Binalarda fonksiyonel ve çevresel kaliteye dayalı (ısıl konfor, iç ortam havası, akustik, görsel kalite gibi) bireysel etkinliği sağlamak,
- Binalarda bütünlüğe dayalı (esneklik, dayanıklılık, strüktürel ve yangın güvenliği gibi) organizasyonel etkinliği sağlamak,
- Bina yakın çevresinin kaynak dağılımı ve entegrasyonuna dayalı (malzeme, arazi, su, enerji, atık, alt yapı gibi) toplumsal etkinliği sağlamak

şeklinde ifade edilmiştir (Ulukavak Harputlugil, 2011)

Binaların enerji açısından gösterdikleri performans;

- Binanın mimarisi,
- Bina kabuğunun ısı özellikleri,
- Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin özellikleri ve bu sistemlerin enerji ihtiyacını karşılayacak mekanik ve elektrik sistemlerin özellikleri,
- İç ve dış iklim şartları,
- Kullanıcı davranışlarına bağlı ısı konfor özellikleri

gibi pek çok unsura bağlıdır.

Binaların enerji performansı değerlendirmelerinde; binanın ısıtılması ve soğutulması için binanın toplam ısıtma-soğutma enerji tüketiminin belirlenmesi ve binanın ihtiyacı olan net enerji miktarının hesaplanması öncelikli konulardandır.

Dünya’da ve Türkiye’de binalarda enerji performansını belirlemek için yapılan çalışmalarda; binalarda enerji israfının önlenmesi amacıyla ısıtma, soğutma ve iklimlendirme (HVAC) sistemi seçeneklerinin tespiti, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan enerji etkin sistemlerin binalarda uygulanabilirliğinin belirlenmesi, bina yapı malzemeleri ve mimari özelliklerinden kaynaklı enerji tüketiminin neden olduğu sera gazı emisyonlarının minimuma indirilmesine yönelik çalışma konuları karşımıza çıkmaktadır.

2.2. Bina Performans Simülasyonu

Bina Enerji Performansı Simülasyon programları, binanın enerji ve ısı performansının binanın termal ve enerji performansına etkisi hakkında değerli bilgiler sağlamak için kullanılabilir (Daly, 2015). Bu alanda pek çok seçenek bulunmaktadır. En yaygın olarak kullanılan beş programı (Tokuç, 2009) çalışmada ECOTECT, DOE-2, eQUEST, EnergyPlus ve TRNSYS olarak sıralamıştır.

Aktacir, Nacar ve Yeşilata (2011) çalışmalarında, bina enerji performansını belirlemek amaçlı enerji alanında kullanılan EnergyPlus, Carrier HAP ve DesignBuilder yazılımlarını yenilenebilirlik, genişletilebilirlik, riskler, hazırlık düzeyi, karşılaştırma ölçütleri, potansiyel etki, finansal etki konu başlıkları altında değerlendirmişler, kullanılabilirlik ve güvenilirlik açılarından karşılaştırmışlardır. Yaygın olarak kullanılan

EnergyPlus yazılımı yardımıyla örnek bir bina için ısıtma-soğutma yükü analizini yapmışlardır.

Simülasyon araçları ile

- Binanın gerçek modeli sanal olarak oluşturulabilmekte,
- Binayı çevreleyen ortamlardaki iklim koşullarının bina ısı performansına etkisi belirlenebilmekte,
- Bina içi hava kalitesi, binayı çevreleyen ortamlardaki sıcaklık değişimleri, yapı bileşenlerinden olan ısı geçişi miktarları bulunabilmekte,
- Binanın tüm enerji tüketim miktarları hesaplanabilmekte,
- Binanın ısı davranışı gözlemlenebilmektedir.

Maile, Bazjonac ve Fischer (2012) çalışmalarında, enerji performansı karşılaştırma yöntemi geliştirmişlerdir. Bu yöntemi üç alana dayandırmışlardır: bunlar bina enerji performansının ölçülmesi, bina enerji performansının simülasyonu, verilerin karşılaştırılması şeklindedir. Çalışmada tanımlanan performans problemlerini; ölçümlerden kaynaklanan problemler, simülasyondan kaynaklanan problemler ve işletim problemleri başlıkları altında üç grupta sınıflandırmışlardır. Geliştirdikleri yaklaşımın, bina enerji performansı simülasyon modellerini sistematik bir şekilde düzenlemesine olanak sağlayan temel özgün bir anlayışı açıkladığını belirlemişlerdir.

2.2.1. Çevresel Açıdan Performans Değerlendirmesi

Türkiye’de birincil enerji tüketimi için doğal kaynakların sınırlı olması, enerji üretiminin büyük bir bölümünün halen fosil yakıtlardan sağlanması çevresel açıdan bakıldığında sera gazı emisyonlarını arttırırken, ithal enerji kullanımıyla ekonomik açıdan ulusal bütçeyi zorlamaktadır. Bayazıt ve Önsal (2017) yaptıkları çalışmada 1990-2012 döneminde Türkiye’nin karbondioksit emisyonlarının neredeyse 2 katına çıktığını ifade etmişlerdir. Türkiye İstatistik Kurumu 2014 yılında toplam CO₂ emisyonlarının %85,2’sinin enerji tüketiminden kaynaklandığını tespit etmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2016). Bayazıt ve Önsal (2017) enerji konusunda gerekli önlemlerin alınmaması durumunda ülkemizin önemli çevresel sorunlarla karşı karşıya kalabileceğini açıklamışlardır.

Yılmaz ve Arısoy (2010) çalışmalarında örnek bir ofis binası için paket bilgisayar programı yardımıyla bina enerji simulasyonu yaparak binada farklı amaçlarla tüketilen saatlik enerji miktarını, enerji maliyeti ve tüketimden kaynaklı karbondioksit emisyonunu hesaplamışlardır. Referans binanın izolasyon malzemesinde ve camlama sisteminde yapılan değişikliklerle, binada ısı geri kazanım sisteminin ve fotovoltaik sisteminin kullanımıyla birlikte toplam bina karbondioksit emisyonunda %86 oranında tasarruf elde etmişlerdir.

2.2.2. İklim Koşulları Açısından Performans Değerlendirmesi

Bina enerji simülasyonları kullanılarak yapılmış çalışmalar binanın bulunduğu iklim koşullarının bina enerji performansına direkt etkisi olduğunu göstermiştir.

Mangan ve Koçlar Oral (2014) çalışmalarında enerji simülasyonları aracılığıyla Türkiye'deki bir konut projesinin üç tip iklim bölgesine yönelik enerji tüketimlerini ve CO₂ salınım değerlerini belirlemişlerdir. Geliştirdikleri S1-mevcutısı yalıtımı malzeme kalınlığının değiştirilmesi, S2- mevcut cam malzemesinin değiştirilmesi, S3- gölgeleme elemanlarının kullanılması ve S4- fotovoltaik sistem kullanılması senaryolarını enerji performansı açısından birbirleriyle karşılaştırmışlar ve irdelenen senaryolara uygun enerji etkin çözümler sunmuşlardır. Toplam enerji tüketimlerine bağlı karbondioksit salınım değerlerinde ılımlı nemli ve sıcak nemli iklim bölgelerinde S2 senaryosunun uygulanmasıyla %13 ve %23'lük azalım sağlarken, soğuk iklim bölgesinde S1 senaryosunun uygulanmasıyla %15'lik azalım sağlamışlardır.

Ghiaus (2006) çalışmasında, aralarında saat farkı olan şehirlerden toplanan dış sıcaklık verilerinin bir fonksiyonu olarak ısı yükünü dolayısıyla enerji performansını belirlemek için regresyon modeli oluşturmuştur. Enerji tüketimi ile dış sıcaklık değeri arasında bir bağıntı bulmuş ve bu bağıntının bina ısı transferi katsayısı değerlerini belirlemede kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Borgstein ve Lamberts (2014), Brezilya'daki banka şubelerinde enerji tüketimini değerlendirmek için hem istatistiki verilerden hem de enerji bilançosu verilerinden yararlanarak değerlendirme yöntemi geliştirmişlerdir. Brezilya sıcak iklim koşullarında olduğu için soğutma derece günü değerleri göz önünde bulundurularak simülasyonlar gerçekleştirmişlerdir. Simülasyon sonuçlarından elde ettikleri aydınlatma, fan ve

iklimlendirme sistemlerindeki enerji tüketim değerlerini sınımlamışlardır. Atmosferden ortama çekilen soğuk havanın ortamın soğutma yüklerini azaltacağı ve iç ısı kazançlarının uzaklaştırılmasında iklimlendirme sistemine yardımcı olacağı sonucuna varmışlardır.

Daly ve Cooper (2014), Avustralya ofis binalarında tahmin edilen bina enerji tüketiminin hassasiyetini belirlemek için iki farklı bölgede bulunan çok katlı ofis binalarını incelemişlerdir. Soğutma referans sıcaklığı, bilgi ve iletişim gücü yoğunluğu, bilgi ve iletişim teknolojileri kullanımı süreleri ve aydınlatma gücü yoğunluğu değişkenlerinin enerji tüketimini en çok etkileyen parametreler olduğunu tespit etmişlerdir.

Teppener, Langensteiner, Meile, Bernn ve Kerschbaumer (2014) doğal havalandırma kavramını değerlendirmek amaçlı konutlardaki odaların atmosferik hareketlerle yönlendirilen tamamen açık ve eğimli açık pencerelerinden oluşan hava değişimi oranlarını araştırmışlardır. Rüzgar yönünü ve hızını seçebilmek için bina modelinin dış cephesindeki basınç profillerini ölçmüşlerdir. Büyük ölçekli örnek tek kişilik bir odanın ve bölümlere ayrılmış örnek bir katın dış hava basıncı dağılımının etkisi altında pencere açıklıklarından taşınan havayı ölçmek için kullanmışlardır. Rüzgar tüneline elde edilen deneysel verileri, sayısal akış simülasyonlarından ve ısı bina simülasyonlarından elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Hesaplamalı akışkanlar mekaniği (CFD) yöntemi kullanarak elde edilen hava değişimi oranı değerlerinin deneysel verilerle uyum içinde olduğunu tespit etmişlerdir.

2.2.3. Yapının Mimari Özellikleri Açısından Performans Değerlendirmesi

Bina enerji simülasyonları kullanılarak yapılan bina enerji performansı değerlendirmelerinde; binanın yapı malzemesi özelliklerinin, ölçülerinin ve binada bulundukları yerlerin değiştirilmesiyle bina enerji tüketimi miktarlarının tespit edilmesi konusu literatürde incelenen çalışmalarda yoğun olarak ele alınmıştır.

Yaşar ve Kalfa (2012) çalışmalarında nemli ve ılıman iklime sahip Trabzon'daki yüksek katlı iki ayrı konut binasında farklı özelliklerde cam malzemesi kullanımının bina enerji tüketimi ve tasarrufuna etkisini belirlemişlerdir. DesignBuilder bina enerji yazılım programını kullanarak analizleri gerçekleştirmişlerdir. Düşük emisiviteli ve akıllı camlara

sahip konutların bina enerji tüketimi ve enerji ekonomisi açılarından en verimli bina modeli olduğunu tespit etmişlerdir.

Erdoğan (2012) çalışmasında Malatya ilindeki örnek bir binada farklı HVAC sistem seçenekleri için enerji verimliliği analizi yapmıştır. Carrier HAP programı yardımıyla HVAC sistem seçeneklerini yıllık enerji tüketimi miktarları, maliyetleri ve karbondioksit salınımı miktarları açılarından değerlendirmiştir. Örnek binada uygulanabilecek ısı yalıtımı önerilerini enerji tasarrufu ve sürdürülebilirlik açılarından karşılaştırmıştır. Örnek binada fancoil sistemi kullanımıyla iç ortam konfor şartlarından ödün vermeden binanın yıllık enerji maliyetinin ve karbondioksit miktarının düşürülebileceği sonucuna varmıştır.

Sanyogita ve Rawal (2009) sıcak ve kuru iklime sahip Hindistan'da bulunan tipik ticari bir ofis binasının sanal modelini DesignBuilder programı yardımıyla oluşturmuşlar ve farklı pencere tasarım parametrelerini kullanarak bina soğutma ve aydınlatma enerjisi yüklerini hesaplamışlardır. Bina soğutma, aydınlatma ve toplam enerji yükü değerleri ile ofis taban alanları, ofis yönelimleri, pencere/duvar oranı değerleri gibi parametrelerin arasındaki ilişkiyi açıklayan regresyon denklemlerini türetmişlerdir.

Assem ve Al-Mumin (2010), Kuveyt gibi sıcak iklime sahip bölgelerde dış cephesi camla kaplı yüksek katlı ofis binalarında cam malzemesi özelliklerinin ve diğer enerji tasarrufu tedbirlerinin, iklimlendirme sistemi maksimum ihtiyacı üzerine etkilerini araştırmışlardır. EnergyPlus yazılımı ile farklı yapı özelliklerine ve farklı soğutma sistemlerine sahip ofis bina simülasyonları gerçekleştirmişlerdir. Dış cephesi tamamen cam ile kaplı binaların cam yüzeylerinin minimum görünür geçirgenlik değerinin %40 olması durumunda yapay aydınlatma enerjisi kullanımının azaldığı, aynı zamanda gün ışığından ısı kazancı değerinin de azaldığı sonucuna varmışlardır.

Manu ve Rawal (2009), Hindistan'da tipik ticari ofis alanlarının soğutma ve aydınlatma yüklerine ait veri oluşturmak için parametrik simülasyon kullanmışlardır. Zemin alanının, uzunluk oranının, pencerelerin duvar yüzeyindeki oranının ve pencerelerin yönünün bir fonksiyonu olan ısı yüklerini tahmininde çoklu regresyon analizi yapmışlardır. Oluşturulmuş regresyon eşitliği yardımıyla çeşitli pencere ölçüleri ve yerleşimleri ile elde edilmiş enerji sonuçları arasındaki bağıntıyı tespit etmişlerdir.

Boyano, Hernandez ve Wolf (2013) , Avrupa ofis binalarındaki enerji tüketimi ve enerji ihtiyacı konularında çalışmışlardır. Bunun için bina yapı malzemelerinin özelliklerini (cam yüzey ve duvar yüzey U-değerlerini) ve bina yönelimlerini değiştirerek EnergyPlus yazılımı aracılığıyla simülasyonlar gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında yapı malzemesi ve bina yönelimi parametrelerinin enerji tasarrufuna, enerji tüketimine ve enerji maliyetlerine etkisini değerlendirmişlerdir. Simülasyon sonuçlarından aydınlatmaya harcanan enerji miktarının toplam enerji tüketimi içinde en büyük paya sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Aydınlatma kontrol elemanı kullanımının %18 oranında enerji tasarrufu sağlayacağını öngörmüşlerdir.

Susorova, Tabibzadeh, Rahman, Clack ve Elnimeiri (2013), çalışmalarında ticari bir ofis binasındaki pencerelerin yönelimleri, oda genişlik-derinlik oranı gibi geometrik faktörlerin bina enerji performansı üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Amerika Birleşik Devletleri'nde tipik bir ofis binasından model olarak bir ofis odası seçmişler ve altı ayrı iklim bölgesi için enerji simülasyonları gerçekleştirmişlerdir. Model ofisteki geometrik faktörleri farklı kombinasyonlarda eşleştirerek simülasyon sonuçları elde etmişlerdir. Sonuçları en düşük enerji tüketimini sağlayan geometrik faktörlerin bulunması ve çeşitli iklim bölgeleri için enerji tasarrufunun belirlenmesi açısından yorumlamışlardır. Sıcak ve ılıman iklime sahip bölgelerdeki dar odalarda tüm yönelimlerde, soğuk iklime sahip bölgelerdeki derin odalarda tüm cephe yönelimlerinde en iyi enerji performansını tespit etmişlerdir. Cephelerdeki pencere yüzey oranı açısından değerlendirmede sıcak ve ılıman iklime sahip bölgelerdeki dar odaların pencere yüzeyleri orta ölçekte, derin odaların ise büyük ölçekte olması durumunda, soğuk iklimlerde ise dar odalarda küçük pencere yüzeyi, derin odalarda orta ölçekte pencere yüzeyi kullanılması durumunda en iyi enerji performansı değerini bulmuşlardır.

Radhi (2010) çalışmasında duvar sistemlerinin ve cephe giydirme malzemelerinin CO₂ emisyonları üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sistemlerin enerji performansını değerlendirmiştir. Radhi, DesignBuilder yazılımı yardımıyla model oluşturmuş ve farklı duvar giydirme malzemeleri kullanarak ısıtma-soğutma yüklerini, direkt yüzey alanı ve indirekt döşeme alanını hesaplamıştır. Bazı duvar giydirme malzemelerinin CO₂ emisyonlarını azalttığı sonucuna varmıştır.

Bull, Gupta, Munnovic ve Kimpian (2014), İngiltere’de bina yapısı ve ısıtma tesisatı yenilenmiş dört farklı okulun enerji verimliliğini değerlendirmişlerdir. Okullardaki yenilenmeyle elde edilen enerji tasarrufu değerlerini karşılaştırmışlar, fiziksel karakteristiklerin enerji tasarrufunu nasıl etkilediğini ortaya çıkarmışlardır. Kazan verimi, yalıtılmış eleman sayısı, saatteki hava değişimi değeri, zemin kat alanı, yapı elemanlarının U değerleri, yapı elemanlarının alan değerleri ile enerji kullanım yoğunluğu arasındaki ilişkiyi veren regresyon modelini geliştirmişlerdir. Regresyon eşitliğinden hesaplanan karbon tasarrufu değerinin, enerji modeli simülasyonundan elde edilen değere yakınlığını tespit etmişlerdir.

Kim, Kim, Kim ve Cho (2014), Kore Cumhuriyeti’ne enerji analizi göstergelerini önermek amaçlı, çeşitli cam malzemeleri kullanımıyla bina enerji tüketiminin değişimi analizini yapmışlardır. Çalışmalarında Kore Cumhuriyeti ve diğer ülkelerdeki pencere yüzeyleri için düzenlenmiş yönetmeliklerin karşılaştırılması, bir enerji yazılımı kullanımıyla binaya çeşitli pencere malzemeleri uygulanarak enerji simülasyonlarının gerçekleştirilmesi ve ısıtma-soğutma enerjisi tüketimi analizlerinin tüm bina enerji tüketimi değerleri üzerine etkilerinin tespiti şeklinde bir yol izlemişlerdir. Seul şehrindeki binalarda Batı yönündeki duvarlarda pencere-duvar oranının arttırılması durumunda yüksek ısı iletim katsayısına ve düşük güneş ışıınımı ısı kazancı katsayısına sahip pencere malzemesi kullanımıyla enerji tüketiminin daha az olduğunu saptamışlardır.

Santamouris, Argirious, Dascalaki, Barlaras ve Gaglia (1994), Yunanistan’daki farklı özelliklere sahip 186 ofis binasında ısıtma, soğutma ve aydınlatma amaçlı kullanılan enerji miktarlarını ve ofis ekipmanlarının kullanımıyla tüketilen enerji miktarlarını gözlemlemişlerdir. Binalarda kullanılan sistemlerin, tekniklerin ve yapı bileşenlerinin enerji tüketimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Binalara uygulanabilecek çeşitli enerji tasarruflu sistemlerin ve alternatif tekniklerin potansiyelini ve sınırlamalarını değerlendirmişlerdir.

2.2.4. Isıl Konfor Açısından Performans Değerlendirmesi

Bina enerji performansını arttıran başka bir konu da binada yaşanan ortamlardaki ısı konfor şartlarından ödün vermeden tüm binada enerji verimliliği sağlamaktır. Literatürde bu konu alanında çalışmalar yapılmıştır.

Yıldırım, vd. (2018), bir konut binasının HVAC sisteminin farklı çalışma şartlarında, binanın ısı konfor koşulları ve enerji tüketimleri üzerine etkisini analiz etmişlerdir. DesignBuilder enerji yazılımı yardımıyla HVAC sisteminin set sıcaklığı değerlerini tespit etmişler daha sonra bu set sıcaklıklarını kullanarak konutun yıllık ısıtma/soğutma enerjisi tüketimlerini, birincil enerji tüketimlerini ve konutta yaşayan ailenin ısı konfor memnuniyeti (PMV) değerlerini belirlemişlerdir.

O'Brien, Kennedy, Athienitis ve Kesik (2009), Toronto'daki düşük yoğunluklu müstakil evler, orta yoğunluklu konaklar ve yüksek yoğunluklu çok katlı binalardaki insan yoğunluğunun binanın net enerji kullanımına etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında bina net enerji miktarını bina işletim enerjisi, kişisel ulaşım enerjisi ve güneş enerjisinin kullanılabilirliği açılarından incelemeye almışlardır. İnsan yoğunluğu ile net enerji kullanımı arasındaki ilişkiyi istatistiki yöntemlerle belirlemişlerdir. Güneş enerjisi toplama potansiyeline bakılmaksızın, mevcut şartlar altında yüksek yoğunluklu siteler net enerji bakımından diğerlerine göre üstün olduğu, daha büyük ulaşım enerjisi ihtiyacının düşük yoğunluklu konutlar için ekstra güneş enerjisi kullanımını gerektirmediği sonucuna varmışlardır. Düşük yoğunluklu konutların, orta ve yüksek yoğunluklu binalara göre daha az net enerjiye sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Coakley, Cory ve Keane (2013), İrlanda'nın Galway şehrinde bulunan bir üniversitenin doğal havalandırmanın ve zorlanmış havalandırmanın birlikte yapıldığı mühendislik fakültesi binasının enerji performansını iyileştirmek amaçlı deneysel bir ısı konfor çalışması yapmışlardır. Bağıl nem, hava hızı, operatif sıcaklık değerleri gibi ısı konfor parametrelerinin ölçümünü gerçekleştirmişlerdir. EnergyPlus programı yardımıyla PMV tahmin edilen ortalama oy yöntemini kullanarak ortamın konfor şartlarının çalışanlar üzerindeki etkisini tespit etmişlerdir. Operatif sıcaklık ile PMV değerleri arasında doğrudan bir ilişki olduğu sonucuna varmışlardır.

2.3. Yürürlükteki Türk Bina Yasa ve Yönetmelikleri

Geleneksel yöntemlerle inşa edilen binalarda yüksek oranda ısı kayıp ve kazançları oluşmakta, kullanıcı konfor koşullarının sağlanması amaçlı enerji tüketim miktarı artmakta, enerji ihtiyacını karşılamak üzere fosil yakıtların yakılması karbon salınımına sebep olmaktadır.

Binalar karbondioksit salınımının %40'ından, su kullanımının %12'sinden, atıkların %65'inden ve elektrik tüketiminin %71'inden sorumlu olduğuna göre sadece CO₂ salınımından olan oran bile yeşil bina gereksinimini ortaya koymaktadır (Çedbik, 2020) .

Bir binanın, yeşil bina sınıfında tanımlanabilmesi için kullanıcıların enerjiyi, suyu ve diğer kaynakları etkin kullanabilmesi, kullanıcı sağlığının korunması, herhangi bir işgücü harcanıyorsa çalışanların verimliliğinin arttırılması, çevreye verilen zararın azaltılması gerekir.

Yeşil bina kavramının ortaya çıkışı ile enerjinin etkin kullanılması için yöntem arayışı ülkeleri kendi iklim koşullarına, yaşayış şekline ve inşaat yöntemlerine uygun standartları oluşturmak amacıyla çeşitli değerlendirme sistemleri geliştirmesine yöneltmiştir. Dünya'da ilk olarak 1990 yılında İngiltere'de ortaya çıkan BREAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) yeşil bina sertifika sistemi ile yeşil bina kavramı anlam kazanmış ve standartlara bağlanmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), Avusturalya Yeşil Bina Konseyi tarafından geliştirilen GreenStar, Japonya Sürdürülebilir Bina Konsorsiyumu tarafından geliştirilen CASBEE (Comprehensive Assesment System for Built Environment Efficiency), uluslararası bir organizasyon olan IISE (International Initiative for Sustainable Built Environment) tarafından SB Tool (Sustainable Building Tool) gibi binaların yeşil bina standardına uygunluğunu belirleyen değerlendirme sistemleri geliştirilmiştir. Türkiye'de ise yeni ve mevcut binalara uygulanacak ısı yalıtımı kurallarını belirleyen TS825 Standardının 2000 yılında zorunlu hale gelmesiyle başlayan çalışmalar, 2008 yılında Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin Resmi Gazete'de yayınlanmasıyla birlikte binaların yeşil bina standartlarına uygunluğunun değerlendirilmesi çalışmaları hız kazanmıştır. TS825 standardı, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamak, enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodunu ve değerlerini belirlemek için yöntem sunmaktadır (TS825 Standardı, 2008). Bina Enerji Performansı Yönetmeliği, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasların düzenlenmesi amacıyla yürürlüğe girmiştir (Resmi Gazete, 2008). Asgari olarak

binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, yalıtım özellikleri ve ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içeren Enerji Kimlik Belgesi 2011 yılından bu yana BEP yönetmeliğinin kapsamında yeni ve mevcut binalara verilmektedir (Resmi Gazete, 2008). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 18 Şubat 2018'de resmi internet sitesi üzerinden yayınladığı yazıda Türkiye'de 2011 yılından bu yana Enerji Kimlik Belgesine sahip 674 bin binanın olduğunu bildirmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018). Yönetmeliğe göre 1 Ocak 2020 tarihine kadar mevcut binaların her türlü alım, satım ve kiraya verme işlemlerinde enerji kimlik belgesinin olma zorunluluğu getirilmiştir. Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEKBİD) de yeşil binaların yaygınlaşması amacıyla yeşil bina konut sertifikası çalışmaları üzerine ülkemizde faaliyet göstermektedir.

Bina Enerji Performansı Yönetmeliği'ne (BEP) göre binaların enerji performansı; binanın m²'si başına düşen yıllık enerji tüketim miktarının, referans bir binanın tüketim miktarı ile karşılaştırmalı değerlendirilmesi sonucu belirlenmektedir.

Bir binanın bütün enerji kullanımlarına ait hesaplama kurallarının belirlenmesi, yeni ve mevcut binaların minimum enerji performans gereklerinin ve kriterlerinin belirlenmesi, çevrenin korunması gibi esaslar bu yönetmeliğin kapsamındadır. BEP yönetmeliğine göre binalardaki ısı konfor memnuniyetinin ve enerji performansının artırılması için gerekli kriterler EN7730 ve TS2164 standartlarına göre belirlenmektedir. Yönetmeliğe uygun bir yazılım programı (BEP-TR) kullanılmaktadır. Bu program yardımıyla binalar standart koşullarla karşılaştırılarak ayrıntılı olmayan bir yöntemle binaların enerji tüketimi hesaplanmaktadır, fakat program ile yeşil bina standartlarına uygun kriterlerde binaların enerji performansı değerlendirmesi yapılamamaktadır.

Yaman (2009) çalışmasında İzmir'de bir üniversite idari binasından ölçülen enerji tüketimi, iç ortam sıcaklığı, bağıl nem değerleri ile dış ortam iklim verilerini kullanarak binanın enerji performansını değerlendirmiştir. TS825 standardında yer alan statik hesap metodunu, CIBSE ve ASHRAE standartlarında yer alan dinamik hesap metodlarını kullanarak bina enerji performansı analizini yapmış, ölçülen enerji tüketimi değerleri ile hesaplamalardan elde ettiği sonuçları karşılaştırmıştır. Binanın enerji tüketimini ve sera gazı emisyonunu azaltacak, enerji performansını arttıracak yönde ısıtma sistemi ve bina kabuğu ile ilgili önerileri karşılaştırmıştır. ASHRAE Isıl Denge metoduyla

değerlendirilen performans artırıcı önerilerin binanın enerji tüketimini ve sera gazı emisyonunu azalttığı sonucuna varmıştır.

Türkiye’de yaygın olarak uluslararası platformda kabul görmüş BREEAM ve LEED değerlendirme sistemleri kullanılmaktadır.

LEED değerlendirme sistemi, bir binanın sürdürülebilirliğini her yönüyle incelemeye almaktadır. Sertifikanın alınması sürecinde LEED’e göre

- Binanın kurulduğu arazi
- Binaya ait su tüketimi
- Enerji tüketimi ve atmosfere gönderilen atıkların miktarı
- İnşaatı sırasında kullanılan malzemeler
- Bina içi hava kalitesi

özellikleri yeşil bina kriterleriyle karşılaştırılmaktadır.

Sertifikalandırmada ilk olarak Amerika Yeşil Binalar Konseyi’ne projenin kaydı ile başlamaktadır. Daha sonra sertifikasyon işlemleri, Yeşil Bina Sertifikasyon Enstitüsü tarafından bir internet ağı üzerinden takip edilmektedir.

Sertifikayı almaya hak kazanmış binalar; sağlıklı ve konforlu yaşama uygun, enerjiyi verimli kullanan, çevreye duyarlı ve yaşam ömrü uzun özellikler taşımaktadırlar. USGBC açıkladığı verilerine göre 31 Ocak 2018 itibariyle Dünya genelinde 31283 adet yeni bina projesinin LEED programına başvurduğunu ve 5712 adet projenin LEED altın seviyede sertifikaya, 1025 adet projenin LEED platin seviyede sertifikaya sahip olduğunu tespit etmiştir (Uğur & Leblebici, 2019). ÇEDBİK Derneği 22 Ocak 2018 tarihinde yaptığı basın duyurusunda Türkiye’de LEED programına başvuruda bulunan 813 proje çalışmasının 2017 yılı sonuna kadar 245 tanesinin LEED sertifikası aldığını açıklamıştır (Çedbik, 2018).

2.4. Türkiye’deki Ticari Binaların Ana Özellikleri

Türkiye’de 2011 yılından önce yapılmış mevcut ticari binalar ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması göz önünde bulundurularak inşa edilmesi nedeniyle, binaların kullanılması ile harcanan enerji maliyetleri dikkate alınmamıştır. Bu nedenle ticari binaların işletme giderlerindeki ısıtma ve soğutma amaçlı enerji giderlerinin payı

enerji piyasasındaki artan enerji fiyatlarıyla birlikte yükseliş göstermektedir (Keskin, 2018). Türkiye’de mevcut ticari binalar üzerinde yapılan çalışmalarda, bina enerji performansını arttırmak için bina dış kabuğunun güçlendirilmesi, dış cephe ısı yalıtım sistemlerinin iyileştirilmesi, ısıtma-soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin daha verimli hale dönüştürülmesi, yenilenebilir enerji kaynakları kullanan sistemlerin geliştirilmesi yönünde çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Yeni yapılan binalarda ise Enerji Verimliliği Kanuna uygun standartlar çerçevesinde projeler geliştirilmektedir.

Çakmanus, Kaş, Künar ve Gülbeden (2010) çalışmalarında, yüksek performanslı sürdürülebilir binaların enerji performansını tasarım, inşaat ve işletme sürelerini incelemişlerdir. Bir binadan yüksek enerji performansı elde etmek için oluşturulmuş standart değerleri tipik bir ofis binası örneği üzerinden değerlendirmişlerdir.

Eskin ve Türkmen (2008), Türkiye’nin 4 ana iklim bölgesi için İstanbul’daki bir ofis binasının yıllık enerji ihtiyacı miktarını etkileyen parametreleri irdelemişlerdir. Binanın ısıtma, soğutma ve toplam enerji ihtiyacı miktarını EnergyPlus enerji simülasyon programı kullanarak hesaplamışlardır. Dış ortam iklim koşulları, bina yalıtım malzemesi özellikleri, bina en/boy oranı, dış cephe yüzey rengi, gölgeleme faktörü, pencere/duvar oranı ve cam malzemesi özellikleri, farklı dış hava kontrol stratejileri ve havalandırma oranları gibi parametrelerin değişiminin bina yıllık enerji ihtiyacı miktarı üzerine etkisini incelemişlerdir.

Yılmaz (2009) çalışmasında Carrier HAP bina enerji simülasyon programı yardımıyla örnek bir ofis binasının HVAC sisteminde, aydınlatma sisteminde, ofis ekipmanlarında ve pişirme amaçlı tüketilen enerji miktarlarını ve enerji tüketiminden kaynaklı karbondioksit emisyonlarını hesaplamıştır. Binanın enerji tüketimini ve karbondioksit üretimini azaltacak yönde sürdürülebilir çözüm önerileri sunmuş ve yapılması önerilen uygulamaları maliyet açısından değerlendirmiştir. Önerdiği seçenekler arasından hem ekonomik hem de optimum bina mimari tasarım alternatiflerini ve HVAC sistem tasarımını belirlemiştir. Elde edilen sonuçları değerlendirerek sürdürülebilirlik ve maliyet arasındaki ilişkiyi göstermiştir.

Ceyhan Zeren (2010) çalışmasında İzmir Adnan Menderes Havaalanının dış hatlar terminalinin elektrik enerjisi tüketimi verilerini toplamış ayrıca da EnergyPlus yazılımı aracılığıyla bina enerji analizini yapmıştır. Deneysel verilerle, simülasyon sonuçlarını

karşılaştırmıştır. Analiz sonuçları ile ölçüm değerleri arasında %70'den fazla fark elde etmiştir. Simülasyon sonuçlarından binada ısıtma ihtiyacından çok soğutma ihtiyacına gerek duyulduğu sonucuna varmıştır.

Birol (2012) çalışmasında Ankara ilinde bulunan bir ofis binasının mimari ve HVAC sistem özelliklerini EnergyPlus yazılımı yardımıyla analizini gerçekleştirmiştir. Binanın yeşil bina sınıfında değerlendirilebilmesi yönünde enerji verimliliğini artıracak, enerji ihtiyacını azaltacak bina ve sistem parametrelerini yine EnergyPlus yazılımı ile belirlemiştir. TS825 standardında yer alan hesap metodunu kullanarak binanın bir yıllık ısı kaybı miktarlarını tespit etmiştir. Örnek binada enerji tasarrufunu sağlayacak mimari tasarım, HVAC sistem özellikleri ve malzeme seçimi konularında yeşil bina çözüm önerileri sunmuştur.

Erikci (2013) çalışmasında üç farklı iklim bölgesinde yer alan farklı mimari planlarda inşa edilmiş otel yapılarının enerji performanslarını belirlemek üzere ısıtma ve soğutma yüklerini hesaplamıştır. BEP-TR ve DesignBuilder yazılım programları yardımıyla farklı bina formlarının ısıtma-soğutma enerjisi tüketim miktarlarını belirlemiştir. Binalara farklı mekanik ısıtma sistemi ve yapı bileşenlerinin uygulanmasıyla hesaplanan ısıtma enerjisi yüklerini karşılaştırmıştır.

Aydede (2014) çalışmasında pasif güneş enerjisi sisteminin Sabiha Gökçen Havalimanına uygulanabilirliğini ve sistemin kullanımıyla elde edilen bina enerji performansını incelemiştir. Havalimanının giden yolcu bekleme salonunu örnek bina olarak ele almış ve hava geçişli güneş enerjisi sistemi ile bekleme salonunun ısıtılmasının bina enerji performansına etkisini araştırmıştır.

2.5. Literatür Özeti

Dünya'da 1970 yılında sürdürülebilirlik akımının başlamasıyla ve bina sektörünün en önemli enerji tüketim kaynaklarından biri olduğunun tespit edilmesiyle binalarda enerji performansı çalışmaları yaygınlaşmıştır. Türkiye'de ise 2000'li yıllarda özellikle 2008 yılında Binalarda Enerji Performansı yönetmeliğinin ortaya çıkışıyla binalarda enerji performansı çalışmaları daha da önem kazanmıştır. Tez çalışma konusu belirlenirken yapılan literatür araştırması Türkiye'de halen bu konu üzerinde pek çok çalışmanın olduğunu göstermiştir.

Binalarda enerji performansı değerlendirmeleri temelde enerji tüketiciminin azaltılması, enerji verimliliğinin arttırılması yönünde yapılmaktadır. Bir binada enerji tüketimi miktarını etkileyen her parametre aynı zamanda enerji performansını da etkilemektedir. Dünya’da ve Türkiye’de binalarda enerji performansını belirlemek için yapılan çalışmalarda; binalarda enerji israfının önlenmesi amacıyla ısıtma, soğutma ve iklimlendirme (HVAC) sistemi seçeneklerinin tespiti, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan enerji etkin sistemlerin binalarda uygulanabilirliğinin belirlenmesi, bina yapı malzemeleri ve mimari özelliklerinden kaynaklı enerji tüketiminin neden olduğu sera gazı emisyonlarının minimuma indirilmesine yönelik çalışma konuları karşımıza çıkmaktadır.

Türkiye’deki çalışmalarda daha çok konut tipi binaların ve kamu kurumlarına ait binaların performans belirlenmesi konusuna yoğunlaşmıştır. Sanayi sektörüne ait ticari binalarda performans çalışmaları daha sınırlı sayıdadır. Türkiye’deki mevcut ticari binalarda bina enerji performansını arttırmak için bina dış kabuğunun güçlendirilmesi, dış cephe ısı yalıtım sistemlerinin iyileştirilmesi, ısıtma-soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin daha verimli hale dönüştürülmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan sistemlerin geliştirilmesi, enerji tüketimini azaltarak iç ortam ısı konfor şartlarının iyileştirilmesi yönünde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu konular üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Yapılan çalışmalarda veri toplama yöntemi enerji tüketim miktarının binaya ait faturalardan enerji izlemeleri yapılması üzerine kurulmuştur. Çalışmaların genelinde referans bir binanın faturalarından elde edilen enerji ihtiyacı miktarları ile enerji yazılımlarının kullanımıyla tahmin edilen enerji ihtiyacı miktarları karşılaştırılarak bina enerji performansları belirlenmiştir. Bina yönetim sistemi üzerinden enerji izlemesi yoluyla gerçek verilerden bina enerji performansı belirlemesi yapılan çalışmalar az sayıdadır ve bu konu alanında bilgi açığı olduğunu göstermiştir.

Bina enerji performansı üzerine yapılan literatür araştırması sonucu tespit edilen bilgi boşluklarını doldurmak ve tez çalışmasında belirlenen amaçlara ulaşmak için kullanılan materyaller ve çalışmanın metodu bölüm 3’te ayrıntılarıyla anlatılmıştır. Bölüm 4, 5 ve 6 ise çalışmanın sonuca bağlandığı, elde edilen sonuçların karşılaştırılarak bina enerji performansının değerlendirildiği kısmı oluşturmaktadır.

BÖLÜM 3

BİNA ENERJİ PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Giriş

Bu bölümde binanın temel karakteristik özellikleri, her bir ofisin mimari özellikleri ve ısıtma sisteminde kullanılan cihazların genel özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bina bulundığı konuma ait iklim özelliklerine ve referans binadan elde edilen verilere erişim yöntemi açıklanmıştır. Ticari binanın enerji performansını değerlendirmek amacıyla 2013-2014 yılları kış mevsimi için anlık ısıtma yükleri hesaplama tekniklerine ve yapılan analizlere yer verilmiştir. Bina enerji durumu analizi çıkartılmıştır.

3.2. Bina Genel Yapısı Ve Isıtma Sisteminin Tanıtılması

Binalar hizmet amaçlarına göre sınıflandırıldığında ofis binaları, ticari yapılar kategorisinde incelenmektedir (Özdemir, 2020).

Türkiye’deki bina stokunda konut yapıları sayı olarak başı çekerken ikinci sırayı ticari binalar almaktadır (Bayram, 2018).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın Türkiye’de 1990 - 2017 yılları arasında yaptığı çalışmalar sonucu olarak sanayi sektörünün toplam enerji tüketiminde ikinci yüksek paya sahip olduğu bildirilmiştir. Sektörel bazda 2017 yılı itibariyle toplam enerji tüketimi incelendiğinde %24.4’lük yüksek bir oran ile sanayi sektöründe gerçekleştiği tespit edilmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018). Dolayısıyla sürekli büyüme eğilimi gösteren sanayi sektöründe, ticari binaların enerji performansını yükseltecek

yönde yapılan çalışmalar ülkemizin enerji yoğunluğunu düşürecek şekilde olumlu etkiye sahiptir.

Tez çalışması çerçevesinde ortaya koyulan hedeflerin araştırılması için çok katlı ticari bir binanın enerji performansı incelenmiştir. Ticari binaların enerji performansı ve enerji tüketim miktarı; bina fiziksel özellikleri, binanın iç ortam koşulları ve dış ortam iklim şartları, HVAC donanımı özellikleri gibi pek çok unsura bağlıdır.

İncelenen bina 2012 yılında, Kocaeli ili Gebze ilçesindeki üretim tesisi ve idari binasında faaliyete başlamıştır.

Bina ile ilgili teknik bilgilere erişim ticari binanın yönetimi tarafından sağlanmıştır.

3.2.1. Bina Bilgisi

Bu çalışmada ele alınan bina konum itibarıyla birçok işletmenin bir araya toplandığı Gebze ilçesi Şekerpınar mevki TOSB Organize Sanayi Bölgesinde yer almaktadır. Bina 40 93° Kuzey enlemi, 29 53° Batı boylamında bulunmaktadır. Fabrikanın idari binası 3 katlıdır, toplam bina yüksekliği 17m'dir ve 13913.09m²'lik kapalı alana sahiptir.

Binanın bulunduğu konumun harita görüntüsü Şekil 3.1'de, uydu görüntüsü ise Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Binanın bulunduğu konumun harita görüntüsü (<http://maps.google.com.tr>).



Şekil 3.2. Binanın bulunduğu konumun uydu görüntüsü (<http://maps.google.com.tr>).

Ticari bina, üretim bölümünün bulunduğu fabrika yapısı ve çalışma ofislerinin mevcut olduğu idari bina olmak üzere bitişik nizamlı iki bloktan oluşmaktadır. İdari binadaki çalışma ofisleri yoğun olarak Güney ve Batı cephelerinde konumlandırılmıştır. Binanın Kuzey ve Doğu cepheleri dış ortam ile bağlantısı olmayıp üretim bölümüne açılmaktadır.

İdari binanın 2055.08m² kapalı alana sahip olup; binanın zemin katında yemekhane, çalışma ofisleri ve toplantı odaları, 1. Katında lojistik birimi, 2. Katında üst yönetim kısmı ve teras katında ise kafeterya bulunmaktadır.

Üretim bölümünün bulunduğu bina ise 11858.01m² kapalı alana sahip olup; birinci ve ikinci bodrum katı, zemin katı, bir ara katı ve birinci katı vardır. İkinci bodrum katında sığınak, teknik merkez ve su deposu, zemin ve birinci katında üretim bölümleri, ara katta ise laboratuvar ve AR-GE birimleri bulunmaktadır. Üretim bölümlerinde poliüretan malzeme üretimi yapılmaktadır. Üretim bölümü, zemin ve birinci kattan oluşmaktadır, toplam alanı 9940.40m²'dir.

Tez çalışmasında ticari binanın idari bina bölümü incelenmiştir.

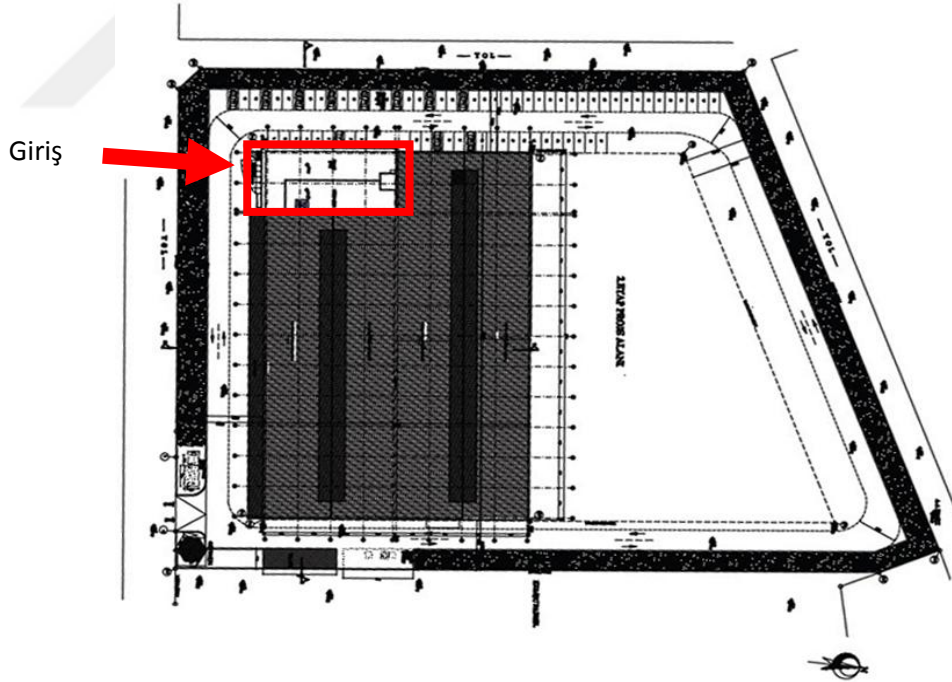
3.2.2 İdari Bina Genel Yapısı

İdari bina; Zemin, Birinci ve İkinci kat olmak üzere toplamda 3 kata sahiptir. Binanın bütün katlarında çalışma ofisleri bulunmaktadır. Çatı katının bir bölümü sosyal alan, diğer bölümü ise teras olarak değerlendirilmiştir. İdari bina genel özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. İdari Bina Fiziksel Yapısı.

Alan (m ²)	2055.08
Zeminden zemine kat yüksekliği (m)	3.5
Toplam kat sayısı (adet)	3
Toplam ofis sayısı (adet)	18
Ofislerde çalışan toplam personel sayısı (kişi)	41

Binanın vaziyet planı Şekil 3.3’de gösterilmiştir (Petek İnşaat, Mimarlık ve Dekorasyon Ltd. Şti.).



Şekil 3.3. Binanın vaziyet planı.

İdari bina güney batı cephesi fotoğraf görüntüsü Şekil 3.4’te verilmiştir.



Şekil 3. 4. İdari bina güney batı cephesi görünüşü.

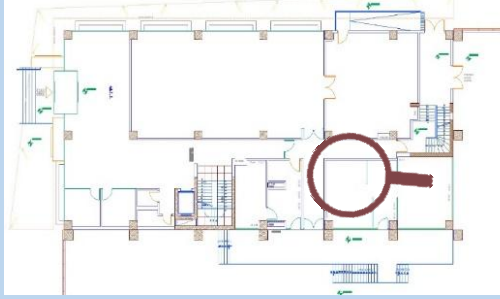
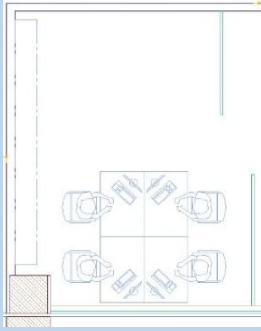
İdari bina Güney ve Batı cepheleri tamamen çift cam malzemesiyle kaplıdır. Kuzey cephesi tamamen duvar ile üretim bölümünden ayrılmıştır. Doğu cephesinde ise ofislerin üretim bölümüne bakan duvarlarında pencereleri mevcuttur.

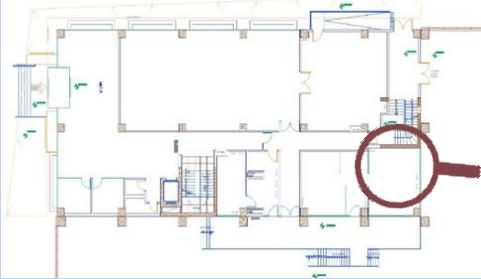
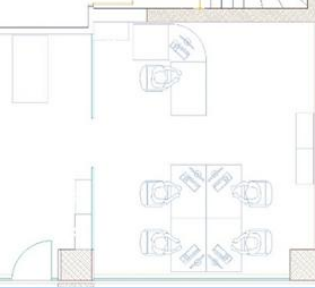
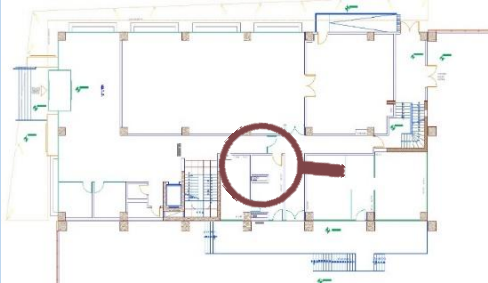
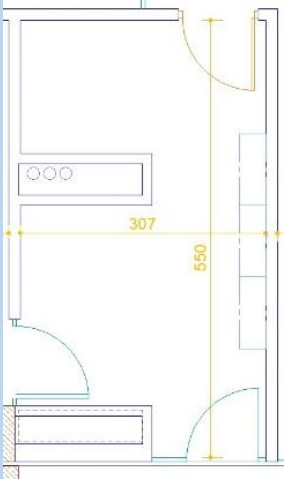
3.2.3. İdari Bina Zemin Kat Bilgileri

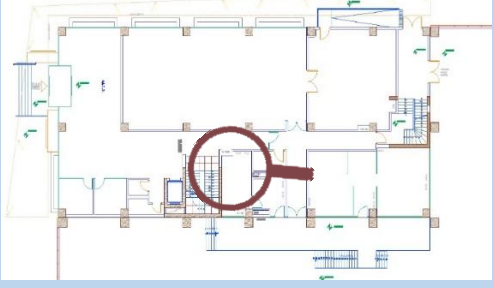
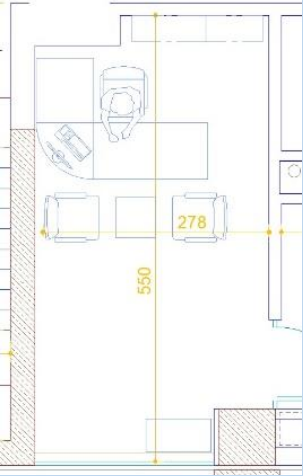
Zemin katta insan kaynakları müdürü ofisi, insan kaynakları ofisi, kalite ofisi, imalat ofisi bulunmaktadır. Bu ofislerde toplam 16 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofislerin ısıtılması merkezi sistem fancoil cihazları ile yapılmaktadır.

Bu kata ait ofislerin genel özellikleri ile ilgili bilgiler Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Zemin kat ofislerinin genel özellikleri.

Ofis Adı	Mimari Plandaki Konumu	Ofis planı	Yönelim	Taban alanı (m ²)	Çalışan kişi
Kalite Ofisi			Doğu	50	6

İmalat Ofisi			Kuzey- Doğu	42	8
İnsan Kaynakları Ofisi			Doğu	13	1

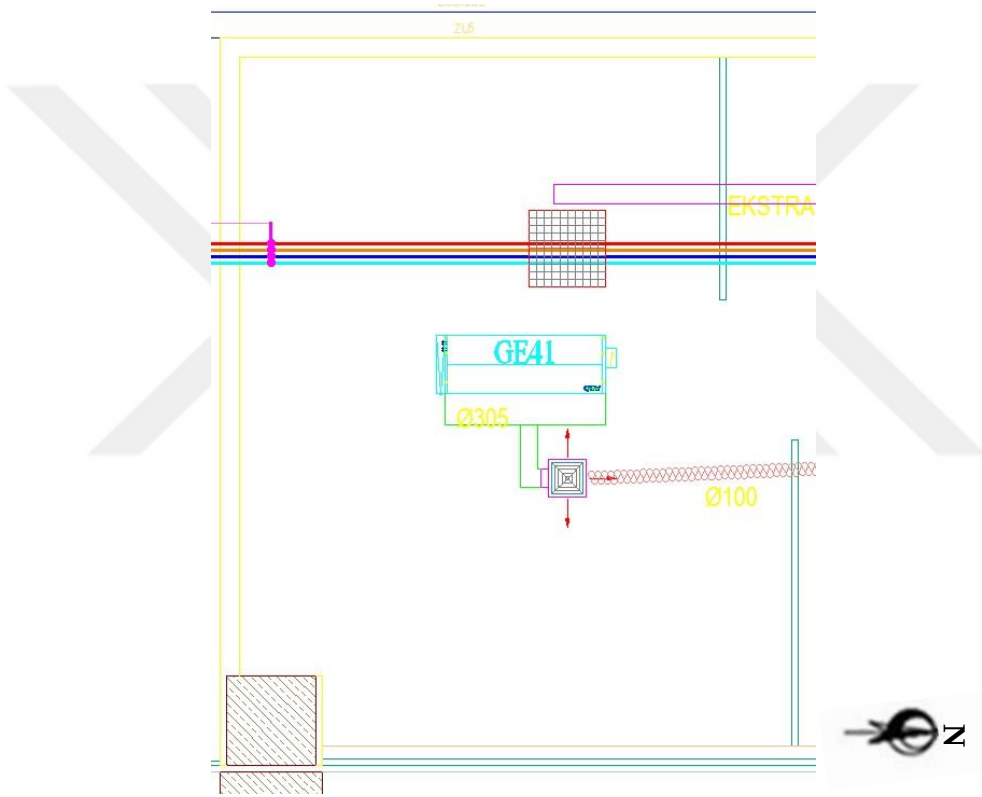
İnsan Kaynakları Müdürü Ofisi			Doğu	19	1
--	--	---	------	----	---

3.2.3.1.Kalite Ofisi Özellikleri

Kalite ofisi fabrika idari binası birinci katında yer almaktadır. Ofiste 6 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 50m²'dir.

Kalite Ofisinin dış duvarı Doğu yönelimli olup üretim bölümüne bakmaktadır. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 1 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.5'te binanın zemin kat kalite ofisinin fan coil yerleşim planı verilmiştir.



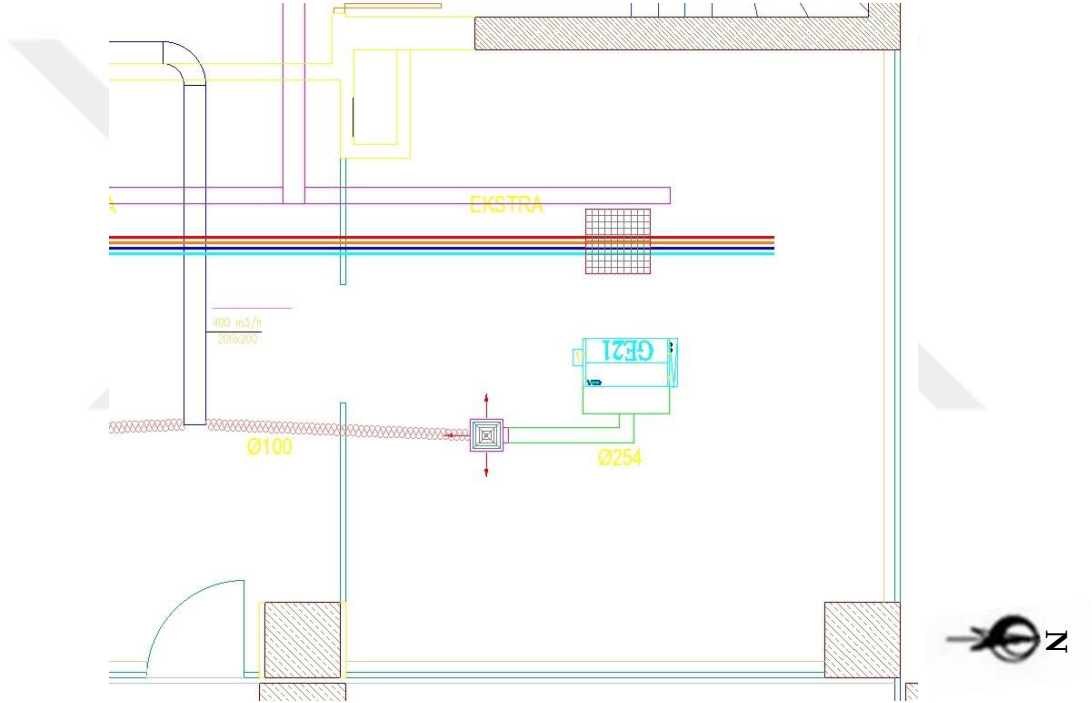
Şekil 3.5. Zemin kat Kalite ofisi fan coil yerleşim planı.

3.2.3.2.İmalat Ofisi Özellikleri

İmalat ofisi fabrika idari binası zemin katında yer almaktadır. Ofiste 8 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 42m²'dir.

İmalat Ofisinin dış duvarları Kuzey-Doğu yönelimli olup her iki cephesi de üretim bölümüne bakmaktadır. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 1 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.6'da binanın zemin kat imalat ofisinin fan coil yerleşim planı verilmiştir.



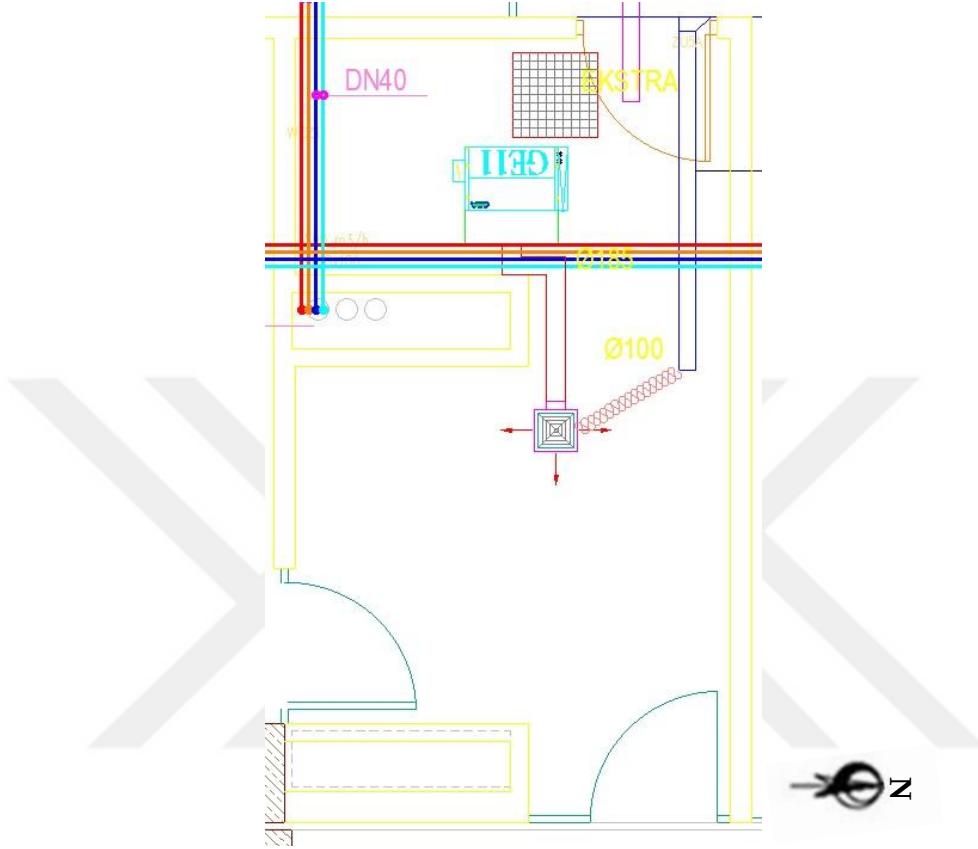
Şekil 3.6. Zemin kat imalat ofisi fan coil yerleşim planı.

3.2.3.3.İnsan Kaynakları Ofisi Özellikleri

İnsan Kaynakları Ofisi fabrika idari binası zemin katında yer almaktadır. Ofiste 1 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 13m²'dir.

İnsan Kaynakları Ofisinin dış duvarı Doğu yönelimli olup üretim bölümüne bakmaktadır. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 1 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.7’de binanın zemin kat insan kaynakları ofisinin fan coil yerleşim planı verilmiştir.



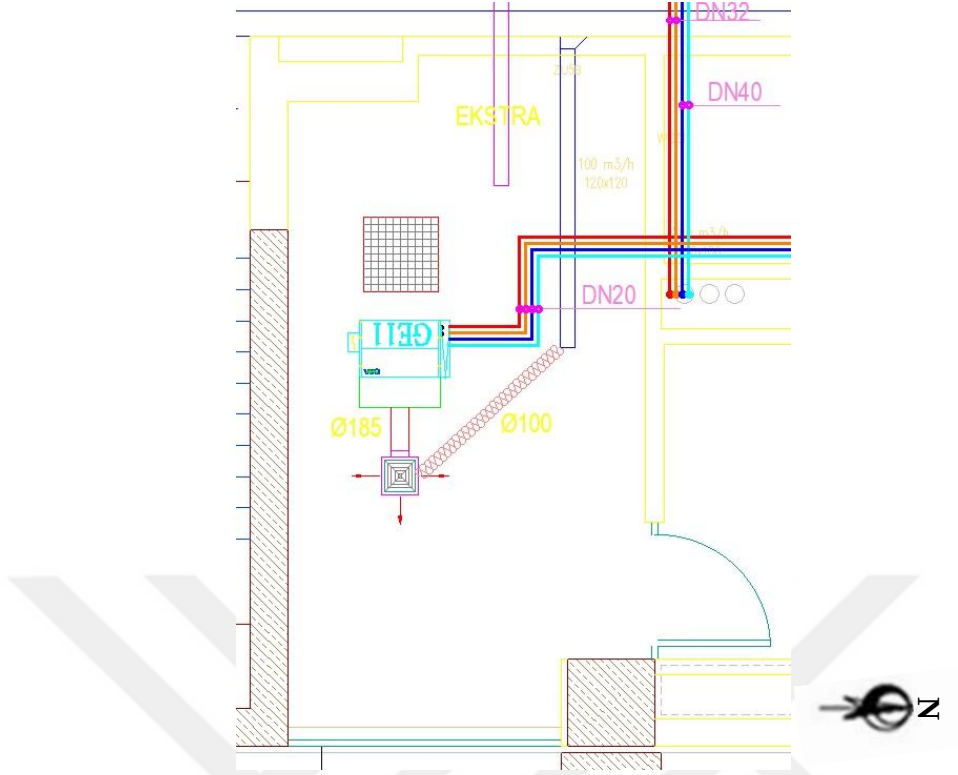
Şekil 3.7. Zemin kat İnsan kaynakları ofisi fan coil yerleşim planı.

3.2.3.4.İnsan Kaynakları Müdürü Ofisi Özellikleri

İnsan Kaynakları Müdürü Ofisi fabrika idari binası zemin katında yer almaktadır. Ofiste 1 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 19m²'dir.

İnsan Kaynakları Müdürü Ofisinin dış duvarı Doğu yönelimli olup üretim bölümüne bakmaktadır. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 1 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.8’de binanın zemin kat İnsan Kaynakları Müdürü Ofisinin fan coil yerleşim planı verilmiştir.



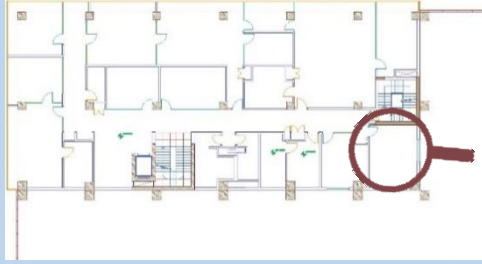
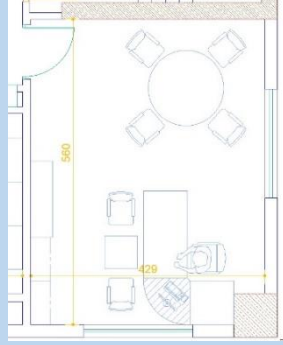
Şekil 3.8. Zemin kat İnsan Kaynakları Müdürü Ofisi fan coil yerleşim planı.

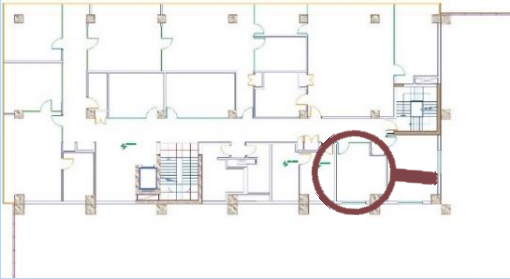
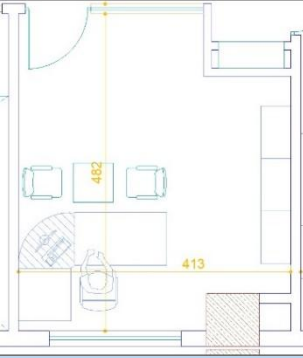
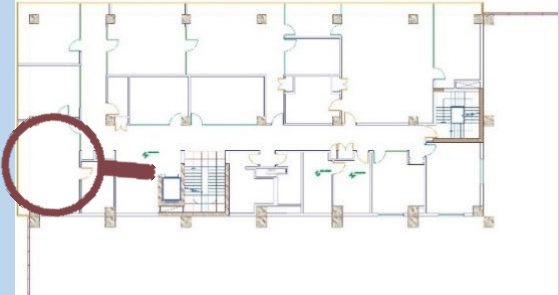
3.2.4. İdari Bina Birinci Kat Bilgileri

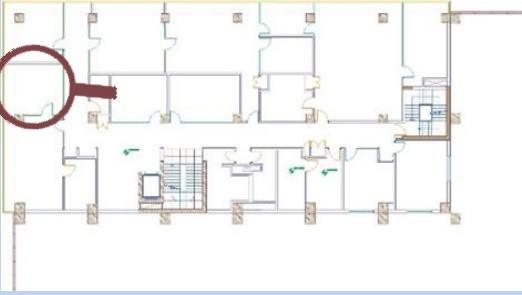
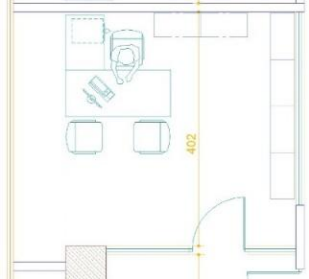
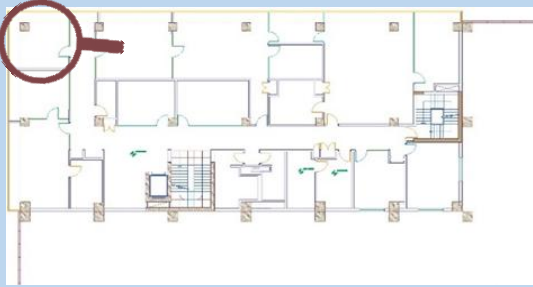
Birinci katta Muhasebe Ofisi, Muhasebe Müdürü Ofisi, Genel Müdür Yardımcısı Ofisi, Lojistik Müdürü Ofisi, Lojistik Ofisi, Satın Alma Ofisi, Satın Alma Müdürü Ofisi, Proje Ofisi, Proje Müdürü Ofisi, Fabrika Müdürü Ofisi, Kalite Müdürü Ofisi bulunmaktadır. Bu kat diğerlerine göre çalışan personel sayısının en yoğun olduğu kattır. Bu ofislerde toplam 20 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofislerin ısıtılması merkezi sistem fancoil cihazları ile yapılmaktadır.

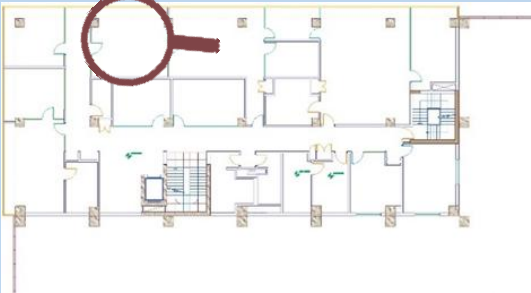
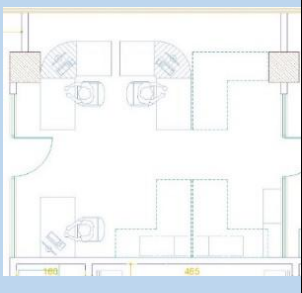
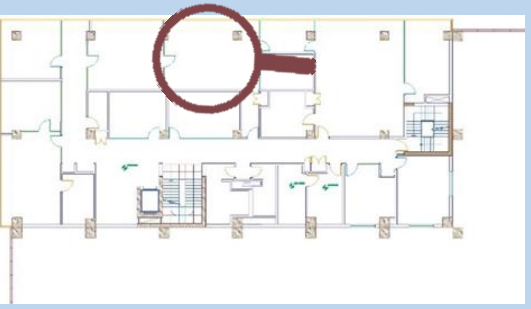
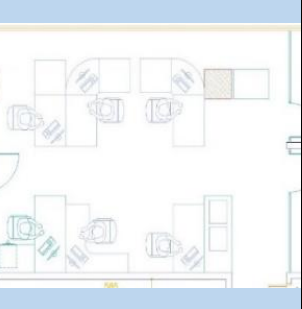
Bu kata ait ofislerin genel özellikleri ile ilgili bilgiler Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

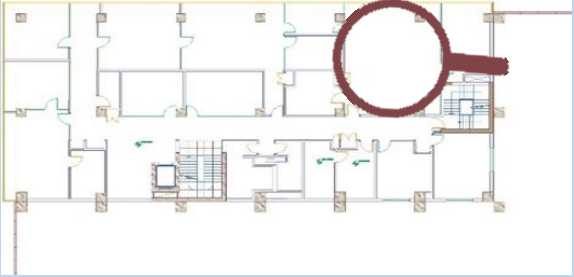
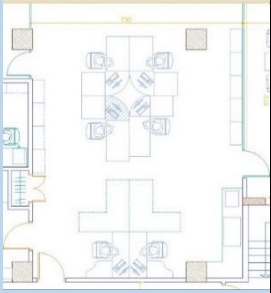
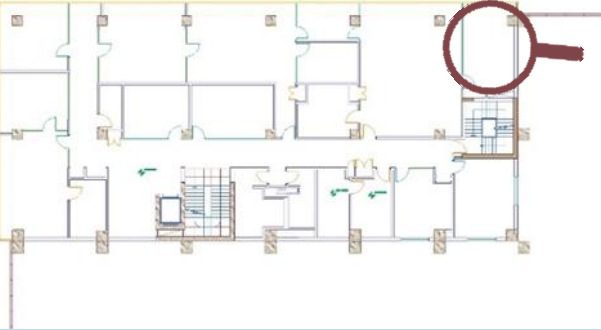
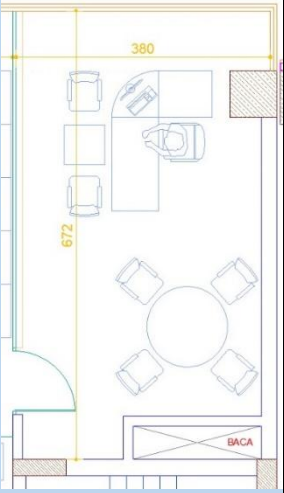
Çizelge 3.3. Birinci kat ofislerinin genel özellikleri.

Ofis Adı	Mimari Plandaki Konumu	Ofis planı	Yönelim	Taban alanı (m ²)	Çalışan kişi
Fabrika Müdürü Ofisi			Kuzey-Doğu	23.5	1

Kalite Müdürü Ofisi			Doğu	22.5	1
Muhasebe Ofisi			Güney-Doğu	35	4

Muhasebe Müdürü Ofisi			Güney	21	1
Genel Müdür Yardımcısı Ofisi			Güney-Batı	23	1

Satın Alma Ofisi			Batı	33	4
Lojistik Ofisi			Batı	48	6

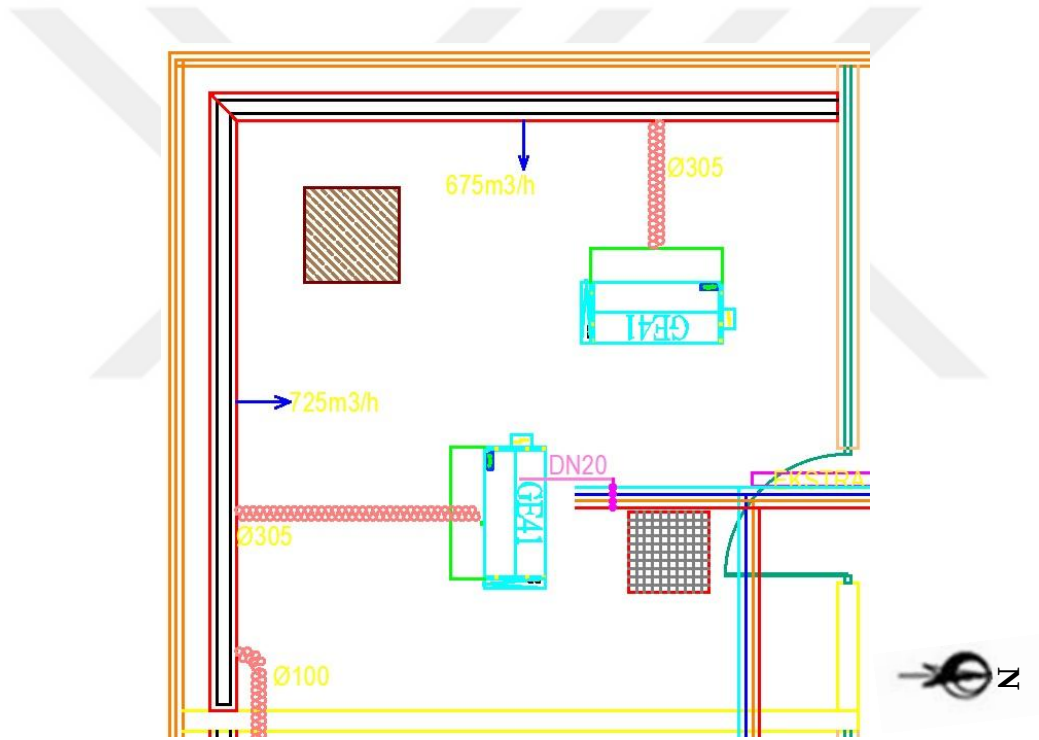
Proje Ofisi			Batı	68	6
Proje Müdürü Ofisi			Kuzey-Batı	24	1

3.2.4.1.Genel Müdür Yardımcısı Ofisi Özellikleri

Genel Müdür Yardımcısı Ofisi idari binanın birinci katında yer almaktadır. Ofiste 1 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 23m²'dir.

Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin dış ortama bakan cepheleri çift cam malzemesiyle kaplı olup Güney-Batı yönelimlidir. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 2 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.9'da binanın birinci kat Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin fan coil yerleşim planı verilmiştir.



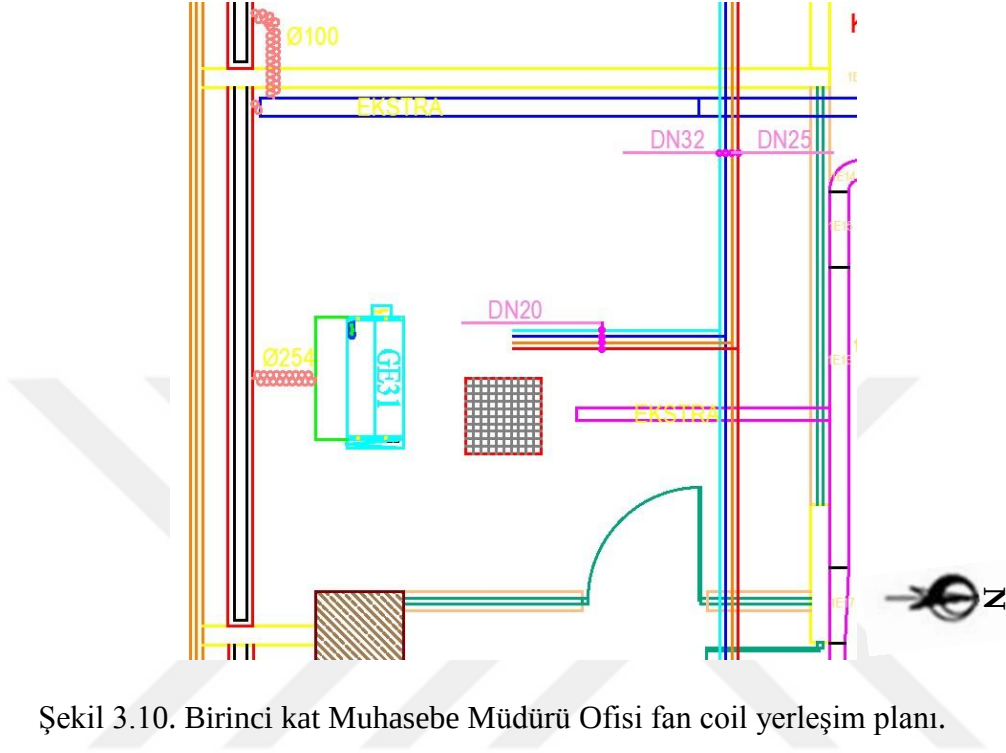
Şekil 3.9. Birinci kat Genel Müdür Yardımcısı Ofisi fan coil yerleşim planı.

3.2.4.2.Muhasebe Müdürü Ofisi Özellikleri

Muhasebe Müdürü Ofisi fabrika idari binası birinci katında yer almaktadır. Ofiste 1 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 21m²'dir.

Muhasebe Müdürü Ofisinin dış ortama bakan cephesi çift cam malzemesiyle kaplı olup Güney yönelimlidir. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 1 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.10'da binanın birinci kat Muhasebe Müdürü Ofisinin fan coil yerleşim planı verilmiştir.

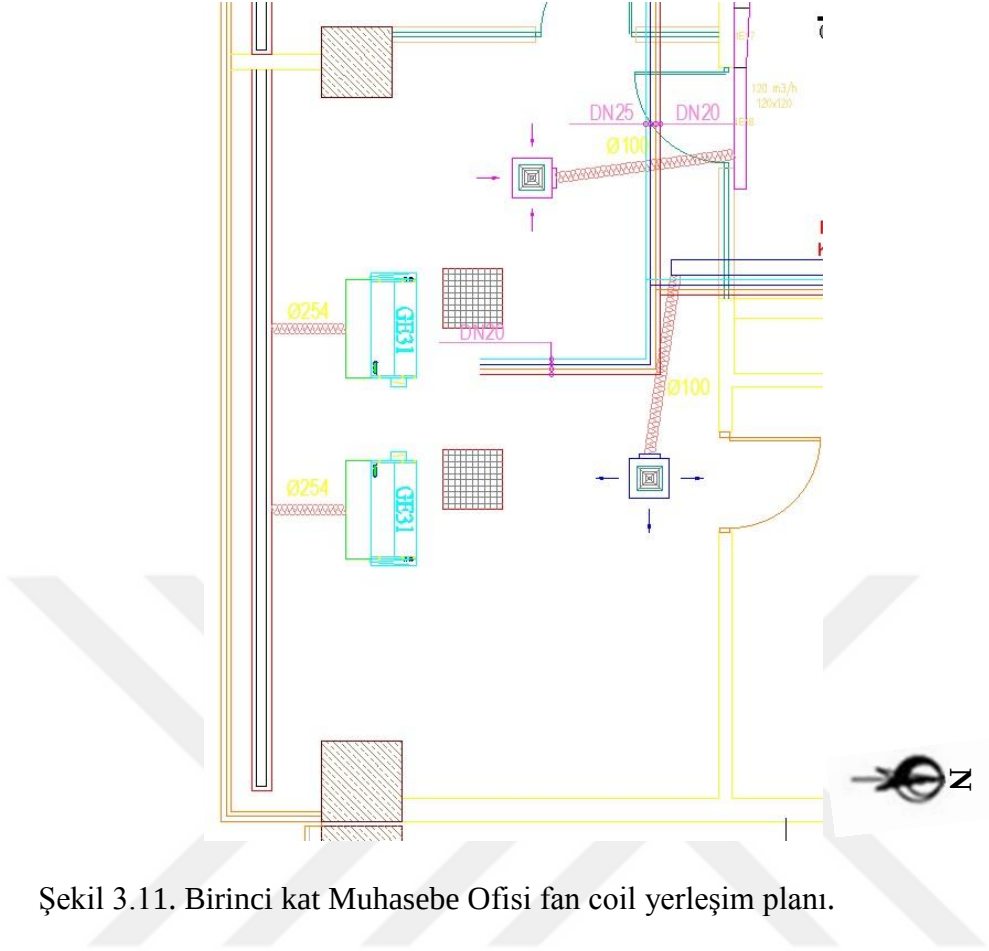


3.2.4.3. Muhasebe Ofisi Özellikleri

Muhasebe Ofisi idari binanın birinci katında yer almaktadır. Ofiste 4 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 35m²'dir.

Muhasebe Ofisinin dış ortama bakan cephesi çift cam malzemesiyle kaplı olup Güney yönelimli, üretim bölümüne bakan cephesi ise Doğu yönelimlidir. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 2 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.11'de binanın birinci kat Muhasebe Ofisinin fan coil yerleşim planı verilmiştir.



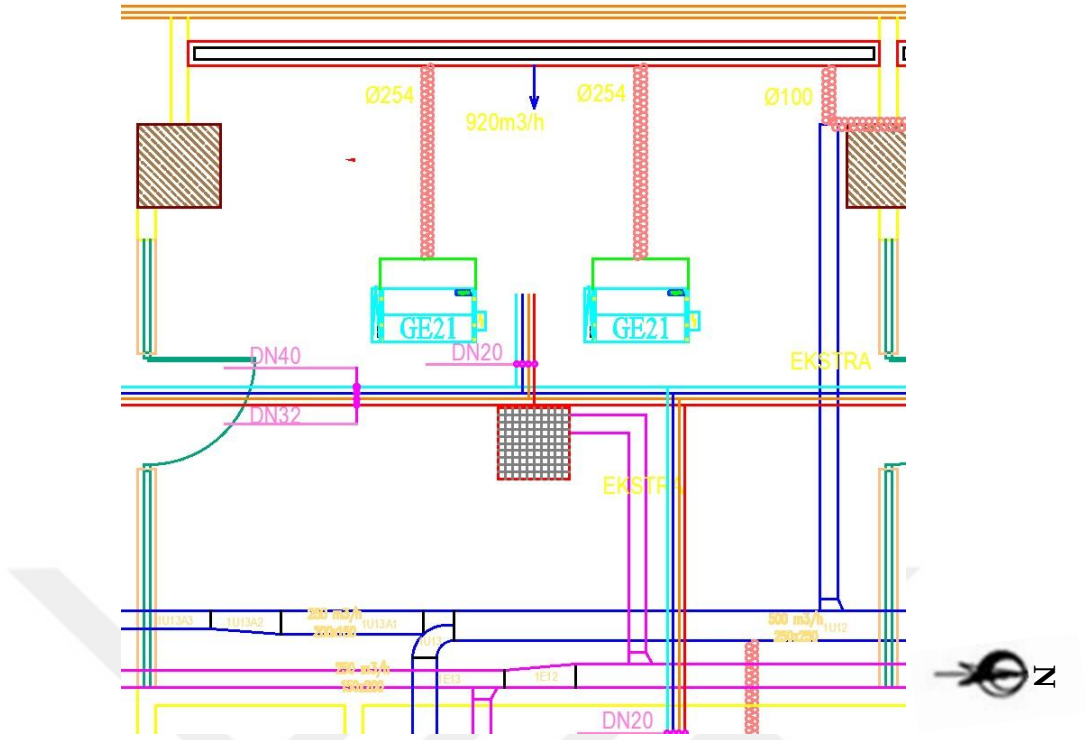
Şekil 3.11. Birinci kat Muhasebe Ofisi fan coil yerleşim planı.

3.2.4.4. Lojistik Ofisi Özellikleri

Lojistik Ofisi idari binanın birinci katında yer almaktadır. Ofiste 6 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 48m²'dir.

Lojistik Ofisinin dış ortama bakan cephesi çift cam malzemesiyle kaplı olup Batı yönelimlidir. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 2 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.12'de binanın birinci kat lojistik ofisinin fan coil yerleşim planı verilmiştir.



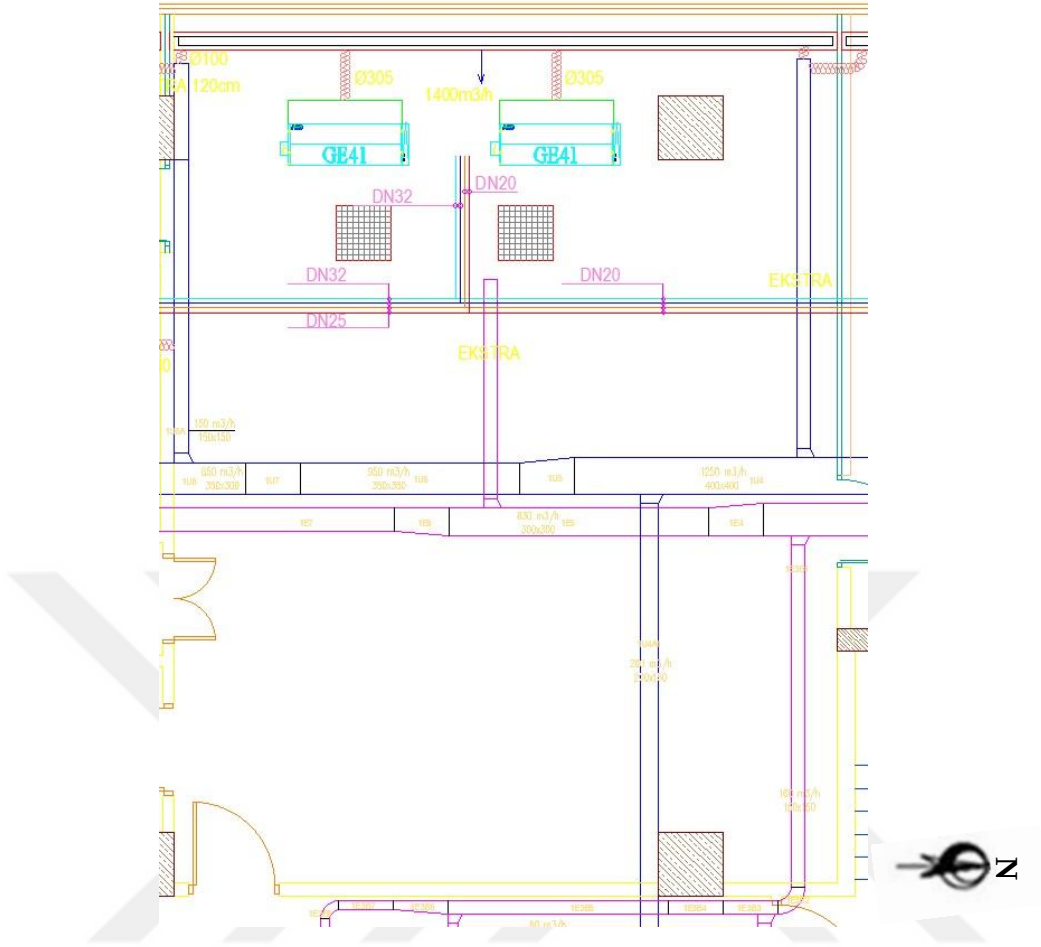
Şekil 3.13. Birinci kat Satın Alma Ofisi fan coil yerleşim planı.

3.2.4.6. Proje Ofisi Özellikleri

Proje Ofisi idari binanın birinci katında yer almaktadır. Ofiste 6 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 68m²'dir.

Proje Ofisinin dış ortama bakan cephesi çift cam malzemesiyle kaplı olup Batı yönelimlidir. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 2 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.14'te binanın birinci kat Proje Ofisinin fan coil yerleşim planı gösterilmiştir.



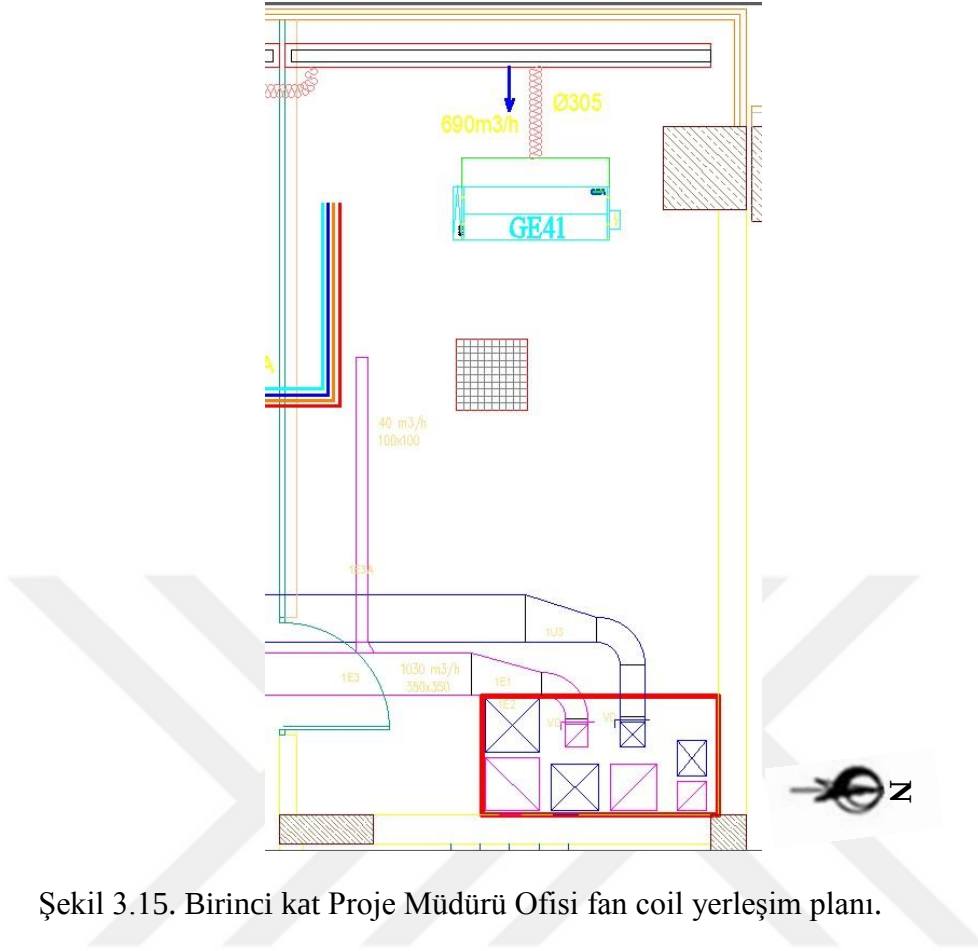
Şekil 3.14. Birinci kat Proje Ofisi fan coil yerleşim planı.

3.2.4.7. Proje Müdürü Ofisi Özellikleri

Proje Müdürü Ofisi idari binanın birinci katında yer almaktadır. Ofiste 1 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 24m²'dir.

Proje Müdürü Ofisinin dış ortama bakan cephesi çift cam malzemesiyle kaplı olup Batı yönelimli, üretim bölümüne bakan cephesi ise Kuzey yönelimlidir. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 1 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.15'de binanın birinci kat Proje Müdürü Ofisinin fan coil yerleşim planı gösterilmiştir.



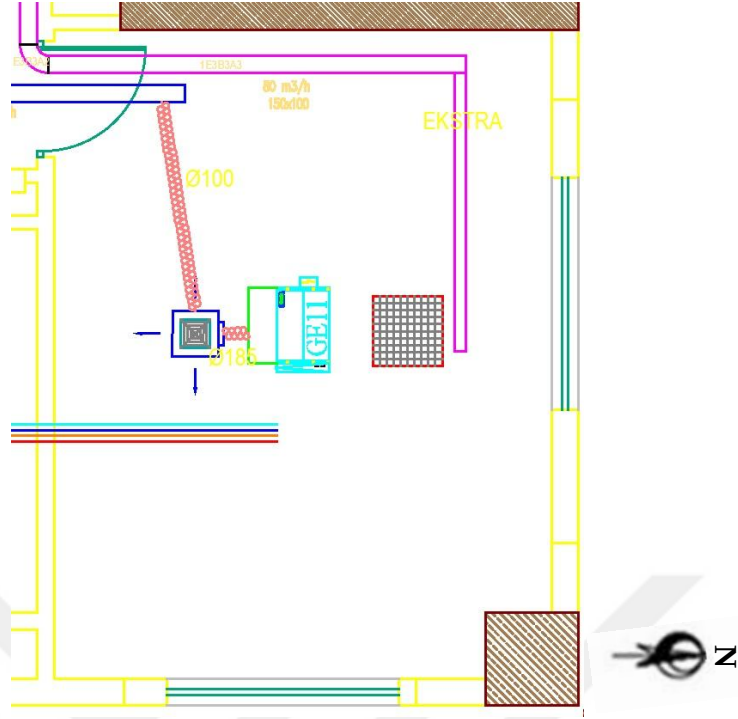
Şekil 3.15. Birinci kat Proje Müdürü Ofisi fan coil yerleşim planı.

3.2.4.8. Kalite Müdürü Ofisi Özellikleri

Kalite Müdürü Ofisi idari binanın birinci katında yer almaktadır. Ofiste 1 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 22.5m²'dir.

Kalite Müdürü Ofisinin dış duvarı Doğu yönelimli olup üretim bölümüne bakmaktadır. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 1 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.16'da binanın birinci kat kalite müdürü ofisinin fan coil yerleşim planı gösterilmiştir.



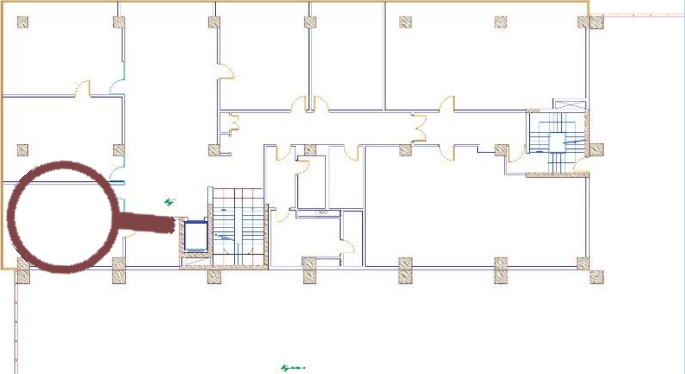
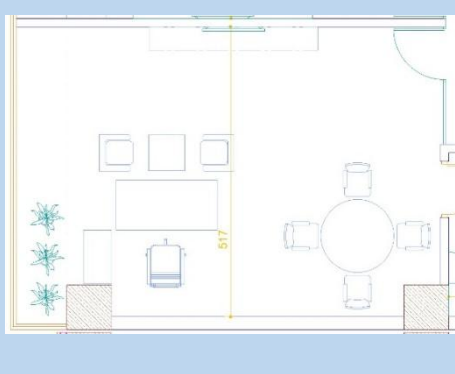
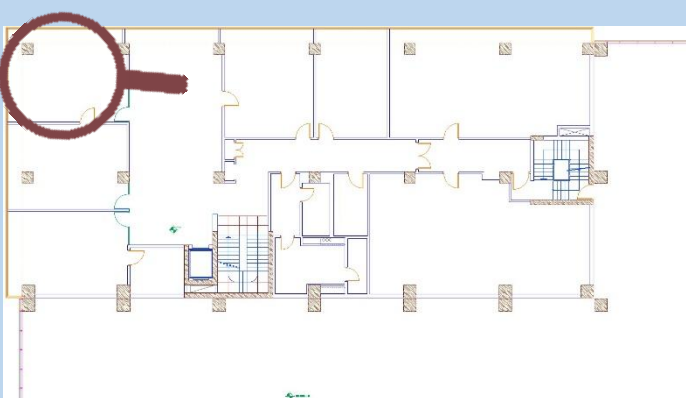
Şekil 3.17. Birinci kat Fabrika Müdürü Ofisi fan coil yerleşim planı.

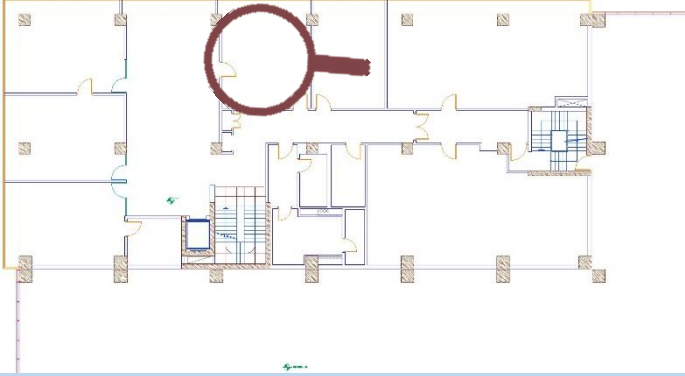
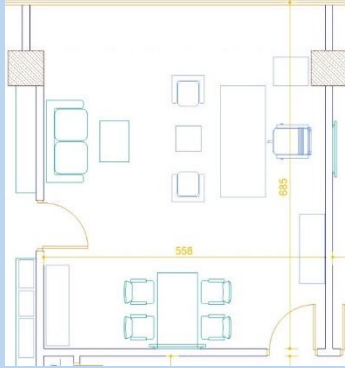
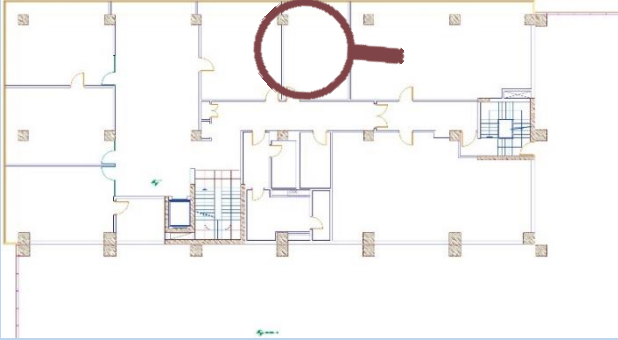
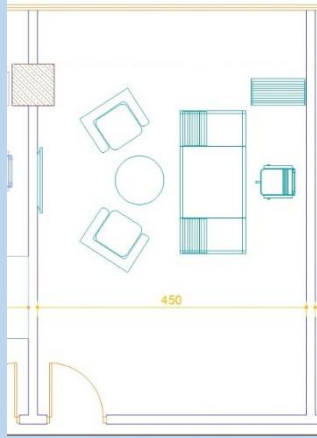
3.2.5. İdari Bina İkinci Kat Bilgileri

İkinci katta 4 adet yönetici ofisi bulunmaktadır. Bu ofislerde her birinde 1 kişi olmak üzere toplam 4 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofislerin ısıtılması merkezi sistem fancoil cihazları ile yapılmaktadır.

Bu kata ait ofislerin genel özellikleri ile ilgili bilgiler Çizelge 3.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Binanın ikinci kat ofislerinin genel özellikleri.

Ofis Adı	Mimari Plandaki Konumu	Ofis Planı	Yönelim	Taban alanı (m ²)	Çalışan kişi sayısı
Yönetici 03 Ofisi			Güney-Doğu	39	1
Yönetici 05 Ofisi			Güney-Batı	43	1

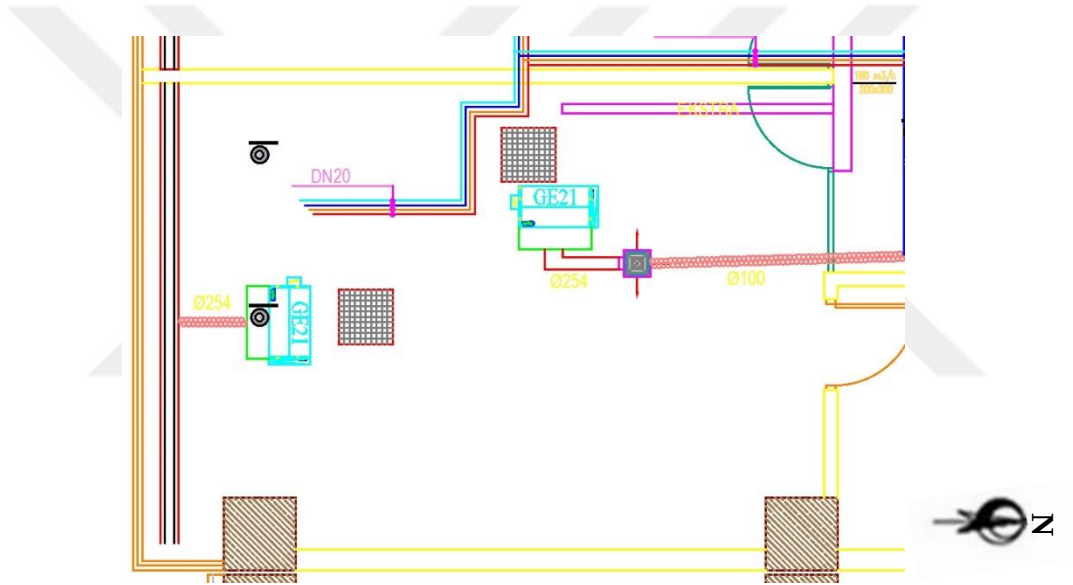
Yönetici 07 Ofisi			Batı	38.5	1
Yönetici 10 Ofisi			Batı	31	1

3.2.5.1.Yönetici Ofisi 03 Özellikleri

Yönetici ofisi idari binanın ikinci katında yer almakla birlikte ofiste 1 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 39m²'dir.

Yönetici ofisinin dış ortama bakan cephesi çift cam malzemesiyle kaplı olup Güney yönelimli, üretim bölümüne bakan cephesi ise Doğu yönelimlidir. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 2 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.18'de binanın ikinci kat Yönetici 03 Ofisinin fan coil yerleşim planı gösterilmiştir.



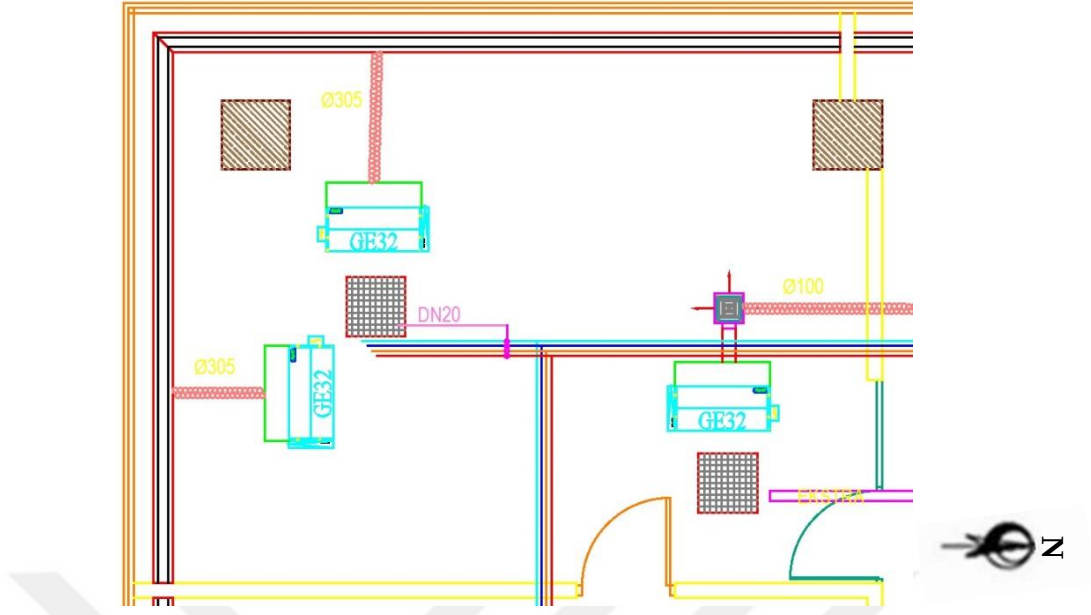
Şekil 3.18. İkinci kat yönetici ofisinin fan coil yerleşim planı.

3.2.5.2.Yönetici Ofisi 05 Özellikleri

Yönetici ofisi idari binanın ikinci katında yer almakla birlikte ofiste 1 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 43m²'dir.

Yönetici ofisinin dış ortama bakan cepheleri çift cam malzemesiyle kaplı olup Güney-Batı yönelimlidir. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 3 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.19'da binanın ikinci kat Yönetici 05 Ofisinin fan coil yerleşim planı gösterilmiştir.



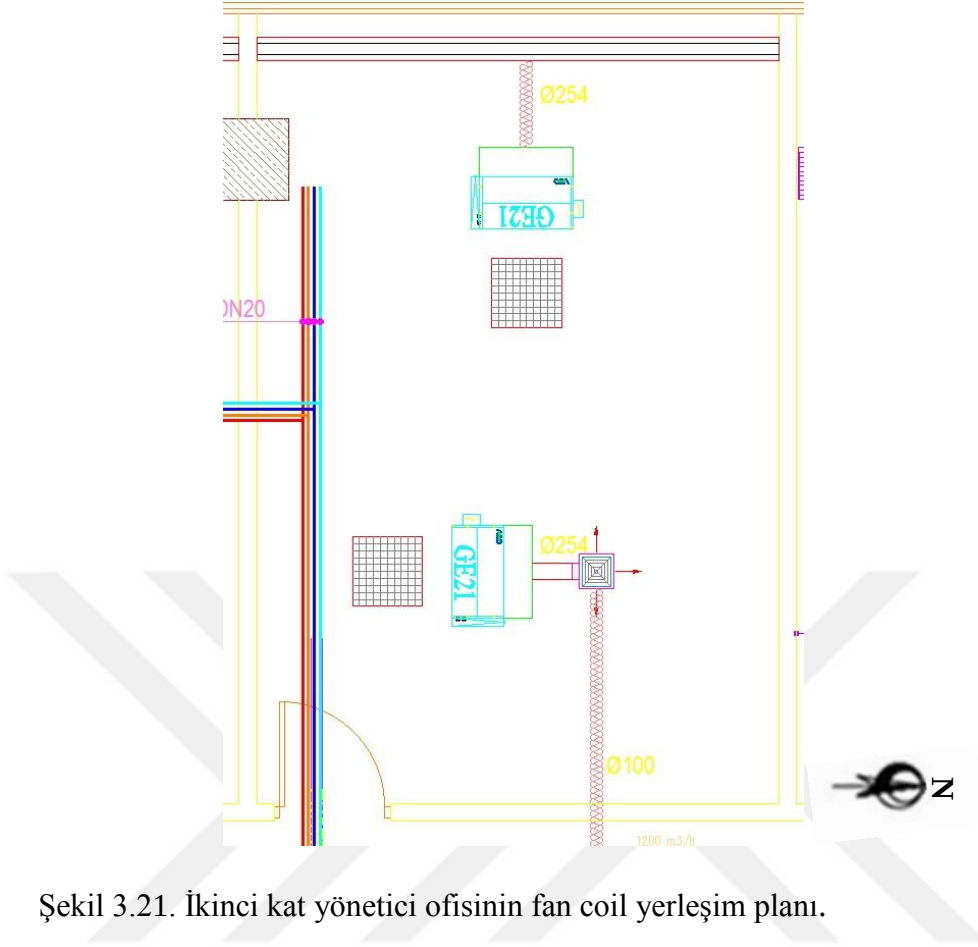
Şekil 3.19. İkinci kat yönetici ofisinin fan coil yerleşim planı.

3.2.5.3.Yönetici Ofisi 07 Özellikleri

Yönetici ofisi idari binanın ikinci katında yer almakla birlikte ofiste 1 kişi personel olarak çalışmaktadır. Ofisin toplam alanı 38.5m²'dir.

Yönetici ofisinin dış ortama bakan cephesi çift cam malzemesiyle kaplı olup Batı yönelimlidir. Kurulu olan ısıtma sisteminde mekana 2 adet fancoil ısıtıcı elemanı yerleştirilmiştir.

Şekil 3.20'de binanın ikinci kat Yönetici 07 Ofisinin fan coil yerleşim planı gösterilmiştir.



Şekil 3.21. İkinci kat yönetici ofisinin fan coil yerleşim planı.

3.2.6. İdari Bina Çatı Katı Bilgileri

Çatı katının üstü düz bir zemin olup ısıtma, soğutma ve havalandırma santrali buraya yerleştirilmiştir. Tüm merkezi sistem cihazları çatı katının üstüne kurulmuştur.

3.3. Bina Yapı Elemanı Bilgileri

Enerji modeli analizlerinde kullanılan idari binaya ait yapı elemanlarının yüzey malzeme özellikleri Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Bina yapı elemanları ısı iletim katsayısı değerleri.

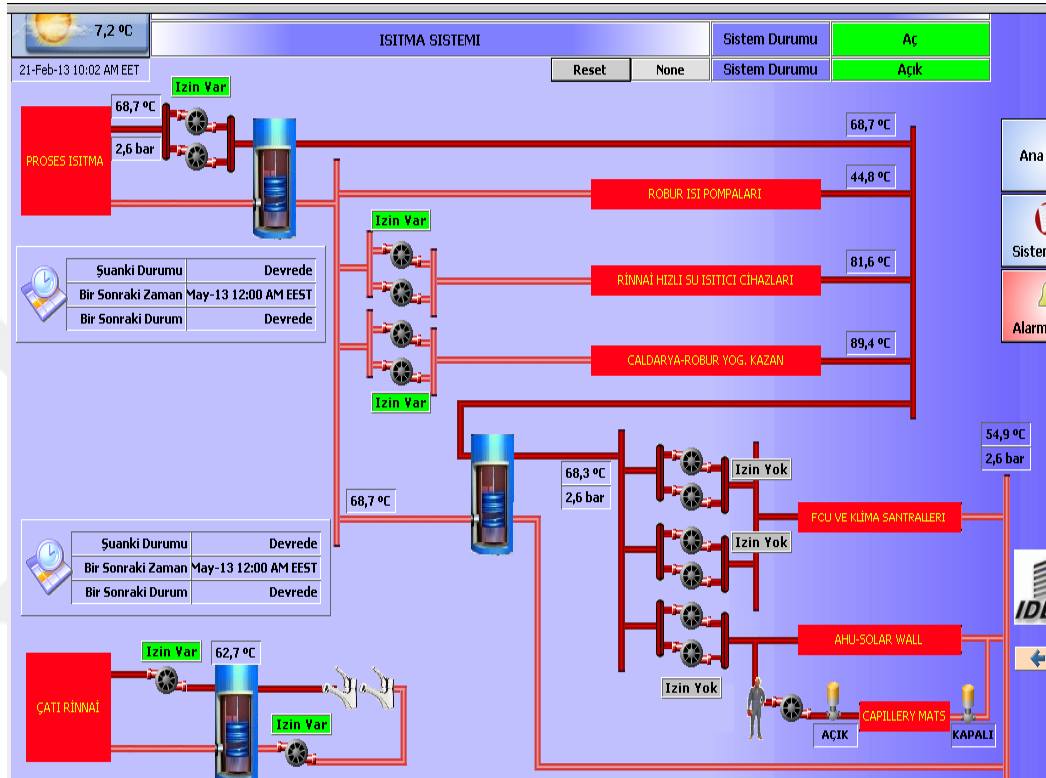
<i>Yapı elemanı</i>	Pencere	İç Pencere	Kapı	Üretim Bölümüne Bakan Dış Duvar	Çatı
Toplam Isı Geçiş Katsayısı U (W/m²K)	0.7	2.8	2	1.6	0.4
Mahal	Yön	Yüzey alanı (m²)			
Genel Müdür Yardımcısı Ofisi	G	17.172	-	2	-
	B	17.64	-	-	-
Muhasebe Ofisi	G	27.072	-	2	-
	D	-	-	17.46	-
Proje Müdürü Ofisi	K	-	-	24.192	-
	B	13.68	-	-	-
Fabrika Müdürü Ofisi	K	-	3	20,16	-
	D	-	2	15.44	-
Kalite Ofisi	D	-	3	21.6	-
İmalat Ofisi	D	-	3	27.18	-
	G	-	2	13.824	-
İnsan Kaynakları Ofisi	D	-	2	11.052	-
İnsan Kaynakları Müdürü Ofisi	D	-	2	10.008	-
Muhasebe Müdürü Ofisi	G	14.472	-	2	-
Proje Ofisi	G	26.28	-	2	-
Lojistik Ofisi	B	21.6	-	2	-
Satın alma Ofisi	B	21.6	-	2	-
Kalite Müdürü Ofisi	D	-	3	14.868	-
Yönetici Ofisi3	G	18.612	-	2	-
	D	-	-	27	39
Yönetici Ofisi5	G	20.952	-	2	-
	B	27	-	-	43
Yönetici Ofisi7	B	20.088	-	2	-
Yönetici Ofisi10	B	16.2	-	2	-

3.4. Bina Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Donanımı Bilgileri

Çalışma çerçevesinde ele alınan binanın ısıtma, soğutma ve iklimlendirme (HVAC) sistemi santrali çatı katında yer almaktadır. Tüm merkezi sistem cihazları bu katta kurulmuştur. Santralde doğalgaz yakıt olarak kullanılmaktadır. Her bir ofisin

ısıtılması merkezi sistem fancoil cihazları ile yapılmaktadır. Isıtma sistem üzerinden yapılan eş zamanlı ölçümler sonucu elde edilen veriler simülasyonlarda kullanılmıştır.

Bina ısıtma sistemine ait bina yönetim sistemi üzerinden elde edilmiş görüntüsü Şekil 3.22’de gösterilmiştir.



Şekil 3.22. Bina ısıtma sisteminin (BYS) görüntüsü.

Bu çalışmada incelenen her bir ofisin HVAC sistemi fancoil ısıtma gücü kapasiteleri Ek-4’de listelenmiştir.

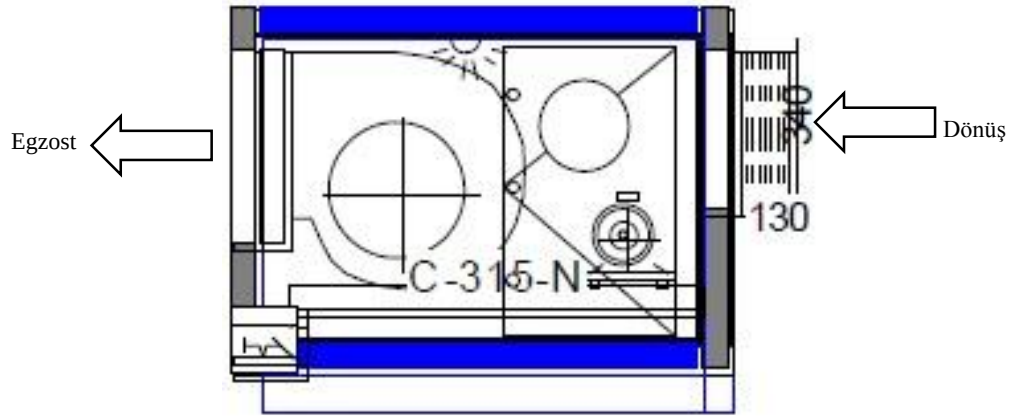
Mevcut ve çalışır durumda olan ısıtma, soğutma ve havalandırma santraline ait cihazların işletme özellikleri Ek-5’de verilmiştir.

Şekil 3.23’te binanın yemekhane aspiratörü cihazı fotoğraf görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.23. Yemekhane aspiratörü cihazı.

Şekil 3.24'te binanın yemekhane aspiratörü cihazının şematik gösterimi verilmiştir.



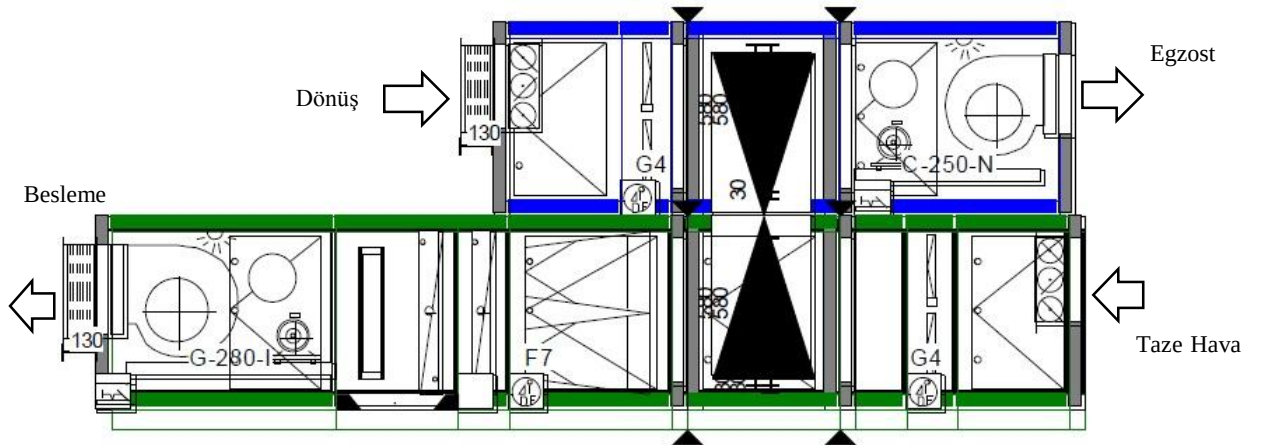
Şekil 3.24. Yemekhane aspiratörünün şematik gösterimi.

Şekil 3.25'de idari bina ofislerine ait klima santralinin fotoğraf görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.25. İdari bina ofislerine ait klima santrali.

Şekil 3.26’da ise idari bina ofislerine ait klima santralinin şematik gösterimi mevcuttur.



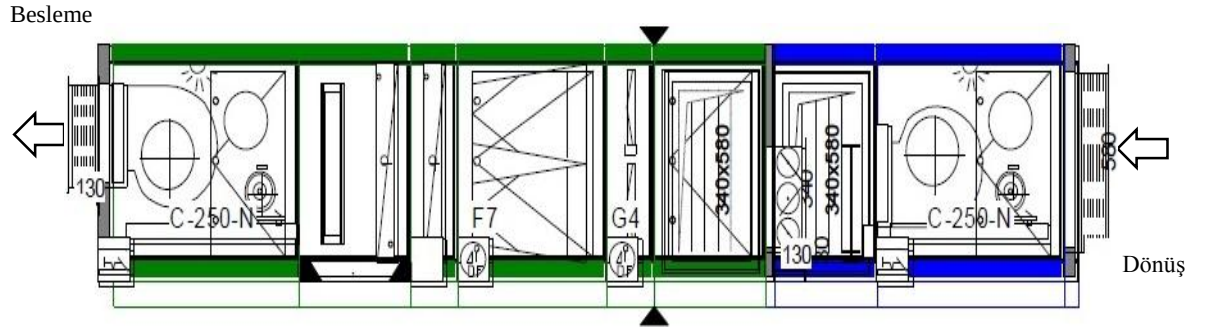
Şekil 3.26. İdari bina ofisleri klima santralinin şematik gösterimi.

Şekil 3.27’de idari bina -3 ve +1 kotuna ait klima santralinin fotoğraf görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 3.27. İdari bina -3 ve +1 kotuna ait klima santrali.

Şekil 3.28’de ise idari bina -3 ve +1 kotuna ait klima santralinin şematik gösterimi mevcuttur.



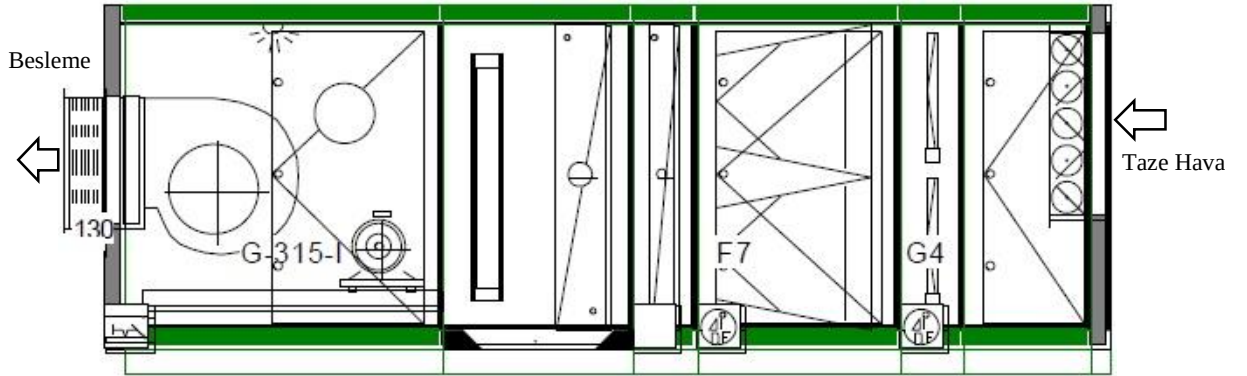
Şekil 3.28. İdari bina -3 ve 1 kotu klima santralinin şematik gösterimi.

Şekil 3.29’da idari bina yemekhane klima santralinin fotoğraf görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 3.29. İdari bina yemekhane klima santrali.

Şekil 3.30’da ise idari bina yemekhane klima santralinin şematik gösterimi mevcuttur.



Şekil 3.30. İdari bina yemekhane klima santralinin şematik gösterimi.

Şekil 3.31’de binanın ısı geri kazanım soğutma ünitelerinin fotoğraf görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.31. Isı geri kazanım soğutma ünitesi cihazları.

3.5. İklim Verisi Bilgileri

Bina konum olarak Kocaeli ili Gebze ilçesinde yer almaktadır. Genel olarak ılıman bir iklime sahip olan Kocaeli’ nde, Akdeniz ve Karadeniz iklimi arasında bir geçiş iklim tipi görülmektedir. Kocaeli ilinde kış ayları yağışlı ve ılıman geçmektedir (Bom, 2007).

Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün resmi sitesinde yayınlanan Kocaeli ili’ne ait 1929-2019 yılları arasındaki ölçüm periodunda aylık ortalama güneşlenme süresi, ortalama yağışlı gün sayısı ve aylık toplam yağış miktarı ortalaması değerleri Çizelge 3.6’da verilmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021).

Çizelge 3.6. Kocaeli ili için aylık ortalama güneşlenme süresi, ortalama yağışlı gün sayısı ve aylık toplam yağış miktarı ortalaması değerleri.

KOCAELİ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm periyodu (1929-2019)													
Ortalama Güneşlenme Süresi (Saat)	2.5	3.0	4.0	5.7	7.2	8.9	9.5	9.0	7.1	4.7	3.5	2.5	67.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	16.8	14.8	13.6	11.2	9.7	8.1	5.7	5.0	7.1	11.3	12.1	16.1	131.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	91.9	75.4	70.7	51.5	47.9	54.8	45.0	44.0	60.1	85.7	78.6	110.8	816.4

Çizelge 3.7 binanın bulunduğu konuma ait genel iklim verilerini içermektedir (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2015).

Çizelge 3.7. Gebze ilçesi için genel iklim verileri.

En düşük dış hava sıcaklığı	-3°C
Günlük sıcaklık farkı	10.8°C
Deniz seviyesinden yükseklik	77m
Enlem	40° 46'
Boylam	29° 54'

Gebze İlçesi'nde güneşlenme süreleri Eylül ve Ekim aylarında keskin düşüşler gösterirken, Ocak ve Aralık aylarında ise en düşük değerine ulaşmaktadır (Bom, 2007).

Bina yönetim sistemi üzerinden 2013 yılı Şubat- Mart- Aralık ve 2014 yılı Ocak-Şubat-Mart ayları için dış ortam iklim sıcaklığı verileri elde edilmiştir. Bu veriler yapılan analizlerde kullanılmıştır.

2013 yılında elde edilen verilere göre;

- Şubat ayı ortalama dış ortam sıcaklığı +8.53°C, bu ayda en düşük sıcaklık +4.8°C ve en yüksek sıcaklık +11.9°C olarak,
- Mart ayı ortalama dış ortam sıcaklığı +14.08°C, bu ayda en düşük sıcaklık +5.5°C ve en yüksek sıcaklık +23.3°C olarak,

- Aralık ayı ortalama dış ortam sıcaklığı +9.55°C, bu ayda en düşük sıcaklık +0.9°C ve en yüksek sıcaklık +16.7°C olarak belirlenmiştir.

2014 yılında elde edilen verilere göre;

- Ocak ayı ortalama dış ortam sıcaklığı +10.14°C, bu ayda en düşük sıcaklık -0.1°C ve en yüksek sıcaklık +20.8°C olarak,
- Şubat ayı ortalama dış ortam sıcaklığı +12.58°C, bu ayda en düşük sıcaklık +2.9°C ve en yüksek sıcaklık +24.6°C olarak,
- Mart ayı ortalama dış ortam sıcaklığı +15.45°C, bu ayda en düşük sıcaklık +7.2°C ve en yüksek sıcaklık +22.1°C olarak belirlenmiştir.

Meteorolojik ve iklimsel özellikler değerlendirilirken binanın bulunduğu konuma en yakın Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Kocaeli Meteoroloji İstasyonundan 2013 ve 2014 yıllarına ait kaydedilen veriler kullanılmıştır.

Kocaeli ili Gebze ilçesi meteoroloji istasyonu 2013 ve 2014 yıllarına ait gözlem kayıtlarına göre ortalama, en yüksek ve en düşük sıcaklık, rüzgar hızı, basınç ve nem değerleri tespit edilmiştir.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nde alınan 2013 yılı verilerine göre;

- Şubat-Mart-Aralık ayları içinde ortalama sıcaklık 8.07°C, en yüksek sıcaklık 21.6°C ölçülmüş ve en düşük sıcaklık ise 0.2°C ile Ocak ayında ölçülmüştür.
- Bu aylar içinde ortalama basınç 992.28 hPa, en yüksek basınç 1014.3hPa ve en düşük basınç 973.2 hPa olarak ölçülmüştür.
- Ortalama rüzgar hızı 1.87 m/sec, en yüksek rüzgar hızı 10m/sec olarak tespit edilmiştir.
- Bu aylar içinde ortalama nispi nem % 74.68 ölçülmüş ve en düşük nispi nem ise %22.4 ile Mart ayında tespit edilmiştir.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nde alınan 2014 yılı verilerine göre;

- Ocak-Şubat-Mart ayları içinde ortalama sıcaklık 13.52°C, en yüksek sıcaklık 18.9°C ölçülmüş, en düşük sıcaklık ise 5.4°C ile Ocak ayında ölçülmüştür.
- Ortalama basınç 996.22 hPa, en yüksek basınç 1011.40 hPa ve en düşük basınç 975.70 hPa olarak ölçülmüştür.

- Ortalama rüzgar hızı 2.2m/sec, en yüksek rüzgar hızı 10m/sec olarak tespit edilmiştir.
- Bu aylar içinde ortalama nispi nem % 76.08 ölçülmüş ve en düşük nispi nem ise %25.8 ile Mart ayında tespit edilmiştir.

Kocaeli ili Gebze ilçesi 2. bölge derece gün illeri arasında yer almaktadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün Kocaeli ili için ısıtma gün dereceleri Çizelge 3.8'de verilmiştir (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2020).

Çizelge 3.8. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Kocaeli ili Isıtma Gün Dereceleri.

Merkez	G/D	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
2014 yılı	HDD	260	236	192	79	22					33	160	226	1208
	T≤15 °C	30	28	26	16	5					7	23	27	162
2013 yılı	HDD	312	242	217	110						99	117	360	1457
	T≤15 °C	29	25	26	16						19	19	31	165

Çizelge 3.8 dış ortam iklim sıcaklığının 15°C'nin altına düştüğü gün sayısı açısından incelendiğinde; Kocaeli ilindeki binalarda en fazla ısıtmaya gereksinim duyulduğu ayların Ocak ve Şubat ayları olduğu görülmektedir.

3.6. Bina Isıtma Verisi Bilgileri

Bu çalışmada;

- Klasik ısı kaybı hesaplama yöntemine göre yapılan hesaplamalarda Çizelge 3.9'da gösterilen kış mevsimi için bina kullanım alanlarına ait sabit iç ortam sıcaklığı verileri,
- Statik yöntemle göre yapılan hesaplamalarda Bina Yönetim Sistemi üzerinden ölçülen günlük-saatlik iç ortam sıcaklığı verileri,
- Yapılan simülasyonlarda ise Bina Yönetim Sistemi üzerinden ölçülen günlük-saatlik iç ortam sıcaklığı verileri ayar (set) sıcaklığı değerleri yerine kullanılarak her bir ofisin ısıtma enerjisi miktarları belirlenmiştir.

Çizelge 3.9. Hesaplamalarda kullanılan ısıtma tasarım sıcaklıkları.

Kullanım Alanı	Tasarım Sıcaklığı
Isıtılmayan Mahal Sıcaklığı	6°C
Üretim Alanı	18°C
Ofisler	22°C
Toplantı Odaları	22°C
Holler	22°C
Tuvaletler	18°C
Duşlar	26°C
Soyunma Odaları	26°C
Kafeterya	22°C

3.7. Bina Yönetim Sistemi (BYS) Üzerinden İzleme ve Veri Toplama Yöntemi

Bir binanın ısıtma, soğutma, havalandırma ve enerji ile ilgili her türlü gereksinimini karşılayan sistemler ve tesisatlar artık günümüzde karmaşık hale gelmiştir. Diğer yandan binalarda enerji performansı yönetmeliği ile 5000m²'nin üzerindeki binalarda ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gereksinimleri için bilgisayar kontrollü bina otomasyon sistemlerinin kurulması zorunlu kılınmıştır. Bina yönetim sistemleri (BYS) bilgisayar kontrollü bina otomasyon sistemleridir. Bu sistemlerin çalışma prensibi binaların çeşitli yerlerine yerleştirilen ölçüm cihazlarından alınan bilgiyi saha bilgisayarlarıyla merkezi bilgisayara aktarma esasına dayanmaktadır. BYS binaya ait elektrik ve mekanik sistemlerin izlenmesini, kontrolünü ve yönetilmesini sağlamaktadır.

Kullanım alanları hastaneler, oteller, bankalar, iş merkezleri ve fabrikalar olarak sıralanmaktadır.

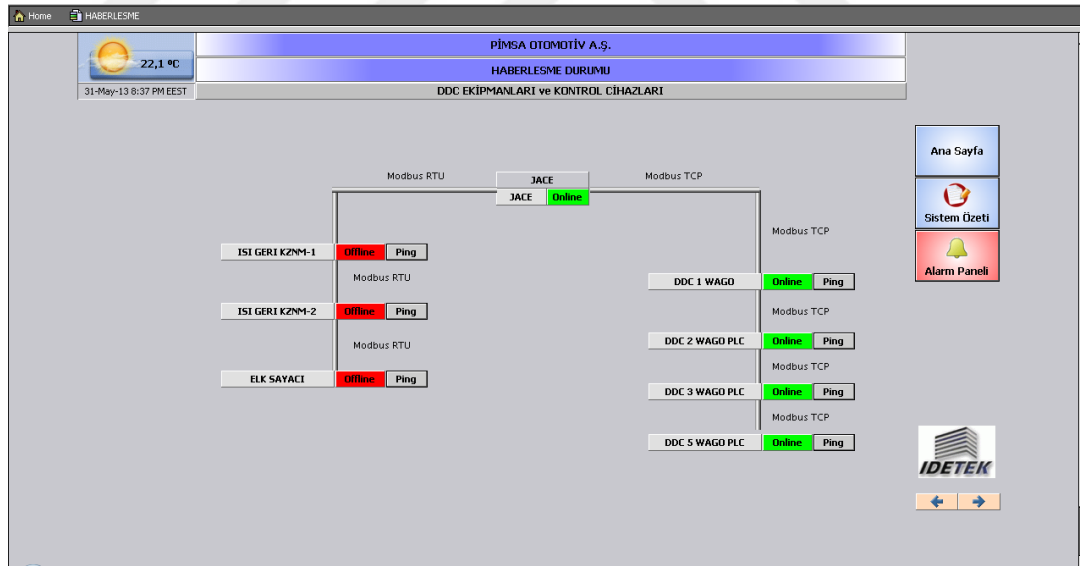
Bu çalışmada idari bina ofislerine ait günlük ve saatlik iç ortam sıcaklığı, iç ortam ayar (set) sıcaklığı, iç ortam nem değerleri ve binanın bulunduğu konuma ait dış ortam sıcaklığı verileri BYS üzerinden internet aracılığıyla online olarak anlık kaydedilmiştir.

Veri toplamada kullanılan BYS yazılımına ait ana sayfa ekran görüntüsü Şekil 3.32'de gösterilmiştir. Sisteme girişte ilk olarak açılan ekrandır.



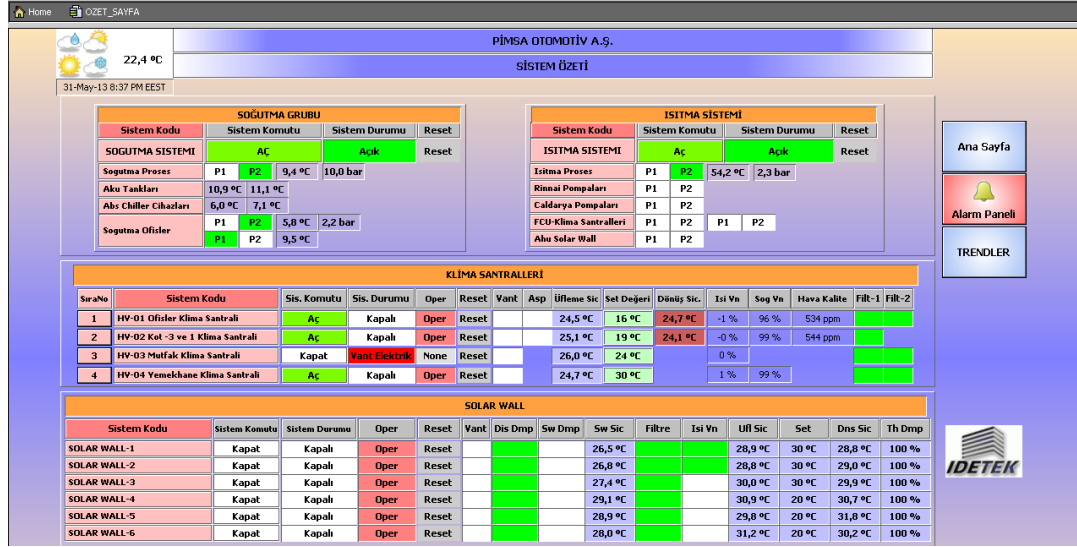
Şekil 3.32. Bina Yönetim Sistemi ana sayfa ekranı.

BYS'nin ekipman ve kontrol cihazlarının sistem bilgilerine ulaşılabilen izleme ekranı Şekil 3.33'te gösterilmiştir.



Şekil 3.33. Bina Yönetim Sistemi ekipman ve kontrol cihazları izleme ekranı.

BYS ısıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemine ait bilgileri içeren sistem özeti ekranı Şekil 3.34'te gösterilmiştir.



Şekil 3.34. Bina Yönetim Sistemi sistem özeti ekranı..

Bina yönetim sistemi aracılığıyla fabrikanın idari binası ofislerinden elde edilen ilk ölçüm sonuçları 21/02/2013 tarihinde başlamış olup bu tarihi takiben Çizelge 3.10'da gösterilen dönemlerde ölçümler devam etmiştir.

Çizelge 3.10. Ölçüm dönemleri.

2013 yılı	2014 yılı
Şubat	Ocak
Mart	Şubat
Aralık	Mart

Ofis çalışma süresi 09:00-17:00 saatleri arasında 8 saat olarak kabul edilmiş ve bu saat aralığında veriler kaydedilmiştir. Her ofisin iç ortam sıcaklıkları, iç ortam ayar (set) değeri sıcaklıkları, dış ortam sıcaklıkları ölçülmüştür. Isıtma sisteminin çalışma modu, ısıtma ya da soğutma durumunda olduğu, sistem fanının çalışma durumu belirlenmiştir.

Binanın çeşitli yerlerine dağılmış tesisat ve sistemlerin çalışma durumları ile ilgili bilgilere ulaşım ve cihaz kontrolü Şekil 3.35-3.36-3.37'da gösterilen ekranlar aracılığıyla sağlanmaktadır.

İdari bina zemin katından 21/02/2013 tarihinde saat 10:00'da bina yönetim sistemi üzerinden kaydedilen veriler Şekil 3.35'de gösterilmiştir.

 7,4 °C 21-Feb-13 10:00 AM EET		PİMSA OTOMOTİV A.Ş.						
		1.BODRUM- ZEMİN KAT						
1.BODRUM	Zaman Prg	Mah Sıcaklığı	Set Değeri	Çalışma Modu	Isıtma / Soğutma	Isıtma Vanası	Soğutma Vanası	Fan Durumu
RCN_01 SOSYAL ALAN B1_003	Konfor	17,4 °C	23,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_02 LABORATUAR	Ekonomi	18,8 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
RCN_03 LABORATUAR OFİS	Konfor	17,1 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_04 SOSYAL ALAN B1_004	Konfor	18,7 °C	21,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_05 DİNLENME ODASI B1_021	Konfor	14,8 °C	25,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_06 DİNLENME ODASI B1_020	Konfor	15,8 °C	23,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_07 SEMİNER	Konfor	16,5 °C	21,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
ZEMİN KAT	Zaman Prg	Mah Sıcaklığı	Set Değeri	Çalışma Modu	Isıtma / Soğutma	Isıtma Vanası	Soğutma Vanası	Fan Durumu
RCN_08 Toplantı Odası 2	Konfor	17,5 °C	26,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_09 TOPLANTI ODASI Z_003	Konfor	nan °C	16,0 °C	Konfor	Kapalı	Kapalı	Kapalı	33,0 %
RCN_10 Danışma	Konfor	18,0 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_11 İNSAN KAYNAKLARI OFİS	Konfor	20,8 °C	21,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	66,0 %
RCN_12 İNSAN KAYNAKLARI MÜDÜR	Konfor	21,9 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_13 KALİTE OFİSİ	Konfor	22,3 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_14 İMALAT OFİSİ	Konfor	24,1 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %

Şekil 3.35. İdari bina zemin katından görüntülenmiş veriler.

İdari bina birinci katından 21/02/2013 tarihinde saat 10:00'da bina yönetim sistemi üzerinden kaydedilen veriler Şekil 3.36'da gösterilmiştir.

 7,4 °C 21-Feb-13 10:00 AM EET		PİMSA OTOMOTİV A.Ş.						
		1.KAT						
1.KAT	Zaman Prg	Mah Sıcaklığı	Set Değeri	Çalışma Modu	Isıtma / Soğutma	Isıtma Vanası	Soğutma Vanası	Fan Durumu
RCN_15 MUHASEBE OFİSİ	Konfor	24,9 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_16 MUHASEBE MÜDÜR ODASI	Konfor	23,5 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_17 GENEL MÜDÜR YARDIMCISI	Konfor	24,7 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_18 KORİDÖR	Konfor	24,4 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	66,0 %
RCN_19 LOJİSTİK OFİSİ	Konfor	22,8 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_20 TOPLANTI ODASI K1_010	Konfor	24,1 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_21 BEKLEME	Ekonomi	20,2 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
RCN_22 TOPLANTI ODASI K1_013	Konfor	21,6 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_23 LOJİSTİK MÜDÜRÜ	Konfor	23,1 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_24 SATIN ALMA MÜDÜRÜ	Konfor	22,7 °C	26,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_25 SATIN ALMA	Konfor	22,9 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_26 KALİTE MÜDÜRÜ	Konfor	23,1 °C	22,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_27 PROJE OFİSİ	Konfor	23,6 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_28 PROJE MÜDÜRÜ	Konfor	17,1 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_29 FABRİKA MÜDÜRÜ	Konfor	22,2 °C	22,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %

Şekil 3.36. 21/02/2013 tarihinde saat 10:00'da idari bina birinci katından görüntülenmiş veriler.

İdari bina ikinci katından 21/02/2013 tarihinde saat 10:00'da bina yönetim sistemi üzerinden kaydedilen veriler Şekil 3.37'de gösterilmiştir.

 9,3 °C 21-Feb-13 10:00 AM EET		PİMSA OTOMOTİV A.Ş.						
		2-3.KAT						
2.KAT	Zaman Prg	Mah Sıcaklığı	Set Değeri	Çalışma Modu	Isıtma / Soğutma	Isıtma Vanası	Soğutma Vanası	Fan Durumu
RCN_30 YONETIM OFIS K2_003	Konfor	21,5 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_31 TOPLANTI ODASI K2_004	Konfor	22,8 °C	25,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_32 YONETIM ODASI K2_005	Konfor	24,3 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	66,0 %
RCN_33 BEKLEME	Konfor	nan °C	16,0 °C	Konfor	Kapalı	Kapalı	Kapalı	33,0 %
RCN_34 GENEL MUDUR K2_007	Konfor	24,3 °C	25,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_35 YONETIM OFIS K2_010	Konfor	19,2 °C	22,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_36 REZERVE ODA K2_011	Konfor	19,8 °C	23,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_37 REZERVE ODA K2_013	Konfor	23,1 °C	23,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	66,0 %
RCN_38 BILGI ISLEM	Konfor	25,1 °C	24,0 °C	Konfor	Soğutma	Kapalı	Açık	100,0 %
3.KAT	Zaman Prg	Mah Sıcaklığı	Set Değeri	Çalışma Modu	Isıtma / Soğutma	Isıtma Vanası	Soğutma Vanası	Fan Durumu
RCN_39 HOL + LOBI	Konfor	18,6 °C	19,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_40 HOL + LOBI	Konfor	18,4 °C	19,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %

Şekil 3.37. 21/02/2013 tarihinde saat 10:00'da idari bina ikinci katından görüntülenmiş veriler.

Ayrıca bina yönetim sistemi üzerinden binanın ısıtma sistemi tesisatında dolaşan akışkanın sistem elemanlarına giriş ve sistem elemanlarından çıkış sıcaklığı değerleri, tesisatın belirli noktalarındaki akışkan basıncı değerleri gibi bilgiler edinilebilmektedir.

Her bir ofisin iç ortam sıcaklığı değeri ofis çalışanları tarafından oda termostatları ile ayarlanabilmekte ve ofislerin set (ayar) sıcaklığı değerleri kullanıcı konforuna göre değişiklik göstermektedir.

3.8. Bina Isıtma Enerjisi Hesaplamaları

Binaların enerji performanslarının belirlenebilmesi için araştırılması gereken öncelikli konulardan biri de binalardaki ısı kayıpları, kazançları ve bunların kaynaklarıdır. Enerji performansı değerlendirmelerinde bina ısıtma-soğutma yüklerinin hesaplanması temel alınmaktadır. Türkiye'de binaların enerji performanslarının değerlendirilmesinde, 2013 yılında yürürlüğe giren TS EN ISO 13790 Standardında belirtilen konut veya konut dışı binalarda mekan ısıtması ve soğutması için yıllık enerji miktarını hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır. Bu standartta temelde iki farklı hesaplama yöntemi yer almaktadır. Bu yöntemler statik (aylık/mevsimlik) ve dinamik yöntemler olarak

adlandırılmıştır. Ayrıca dinamik yöntemler, basit saatlik dinamik yöntem ve detaylı dinamik simülasyon yöntemi olarak kendi içinde ikiye ayrılmıştır.

Bu çalışmada yapılan mevcut durum analizi kapsamında ticari binanın enerji performansının değerlendirilmesine yönelik, binanın ısıtılması için gerekli enerji miktarını hesaplamada klasik ısı kaybı hesaplama yöntemi (statik yöntem) ve ASHRAE ısı denge yöntemi (detaylı dinamik simülasyon yöntemi) seçilmiştir.

Çalışmada sıcak su kullanımından ve aydınlatmadan kaynaklı enerji tüketimleri dikkate alınmamıştır, sadece ısıtma enerjisi tüketimleri incelenmiştir.

3.8.1. Statik Yöntem ile Yapılan Hesaplamalar

Binalarda enerji performansı değerlendirmelerinde aylık/mevsimlik zaman aralıklarıyla ısıtma-soğutma enerjisi miktarı statik yöntemlerle hesaplanmaktadır. Bu yöntemlerle sadece aylık/yıllık bazda enerji tüketimi miktarları belirlenebilmekte ve saatlik gibi daha kısa zaman aralıklarıyla hesaplamalar yapılamamaktadır.

Binanın ısıl davranışı ortaya çıkartılırken ısı dengesi hesaplarında, bir kazanç ve/veya kayıp kullanım faktörünün hesaba katılmasıyla dinamik etkiler belirlenebilmektedir.

Bu çalışmada binanın ofislerinin ısıtma enerjisi tüketimleri statik yöntem olarak klasik ısı kaybı hesaplama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Ülkemizdeki yeni inşa edilecek binaların ve mevcut binaların tamamının ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması için klasik ısı kaybı hesaplama yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemin kullanım amacı, ülkemizdeki binaların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplamak ve ısıtma enerjisi değerlerini sınırlandırmaktır. Bu yöntemde ısıtma enerjisi sınır değerleri, her binanın bulunduğu konumun bağlı olduğu iklim bölgesi ve binanın $A_{top}/V_{brüt}$ oranları tespit edilerek belirlenmektedir.

Klasik ısı kaybı hesaplama yöntemine göre bir hacmin ısı kaybı ihtiyacı hesaplanırken;

- Hacmin bina içindeki yön ve kat yüksekliği açısından konumu,
- Yapı bileşenlerinin cinsi (pencere, kapı, dış duvar gibi),

- Yapı bileşenlerinin uzunluk – genişlik veya uzunluk – yükseklik çarpımıyla elde edilen alan değerleri,
- Yapı bileşeninin ısı iletim katsayısı,
- İç ortam ve dış ortam sıcaklık değerleri

gibi veriler dikkate alınmaktadır. Bu veriler aynı zamanda bir binanın enerji performansı üzerinde etkili parametrelerdir.

Isıtma sisteminden ısıtılan ortama verilmesi gereken ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$$Q = U.A\Delta T \quad (3.1)$$

denkleminde hesaplanmıştır.

Bir yapı bileşeninin toplam ısı geçiş katsayısı ise;

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e} \quad (3.2)$$

denkleminin çözümüyle elde edilmiştir.

Çalışmada havalandırma yoluyla ısı kaybı miktarı ihmal edilmiştir.

Yapılan ısıtma enerjisi hesaplamalarında idari binanın Güney ve Batı cephelerinde yer alan dış ortamla bağlantısı olan duvarlarından çevreye ısı geçişi olduğu, üretim bölümüne bakan duvarlarından ısı geçişi olduğu ve ısıtılan mekanlarla bitişik olan yan duvarlardan ya da taban ve tavandan ısı kaybı olmadığı kabul edilmiştir.

Türkiye 4 ana iklim bölgesine ayrılmış olup binanın bulunduğu Kocaeli ili Gebze ilçesi 2. iklim bölgesinde yer almaktadır. Gebze ilçesi için en düşük dış ortam sıcaklığı -3°C, iç ortam sıcaklığının 22°C olduğu kabulü ile yapılan hesaplamalarla her bir ofisin aylık ortalama ısıtma enerjisi değerleri Çizelge 3.11, Çizelge 3.12 ve Çizelge 3.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. İdari bina zemin katındaki mekanlara ait hesaplanmış ısı kaybı değerleri.

Kullanım Alanı	İşaret	Yön	Uzunluk (m)	Yükseklik (m)	Toplam alan (m ²)	Isı Geçiş Katsayısı U(W/m ² K)	Sıcaklık farkı ΔT (K)	Isı kaybı miktarı Q (W)	Toplam ısı kaybı Q _o (W)
İnsan Kaynakları Ofisi	DD	D	3.07	3.6	11.052	1.6	4	70.7328	70.73
İnsan Kaynakları Müdürü Ofisi	DD	D	2.78	3.6	10.008	1.6	4	64.0512	64.05
Kalite Ofisi	DD	D	6	3.6	21.6	1.6	4	138.24	138.24
İmalat Ofisi	DD	K	7.55	3.6	27.18	1.6	4	173.952	262.42
	DD	D	3.84	3.6	13.824	1.6	4	88.4736	

Çizelge 3.12. Fabrika binası birinci katındaki mekanlara ait hesaplanmış ısı kaybı değerleri.

Kullanım Alanı	İşaret	Yön	Uzunluk (m)	Yükseklik (m)	Toplam alan (m ²)	Isı Geçiş Katsayısı U(W/m ² K)	Sıcaklık farkı ΔT (K)	Isı kaybı miktarı Q (W)	Toplam ısı kaybı Q _o (W)
Muhasebe Ofisi	ÇP	G	7.52	3.6	27.072	0.7	25	473.76	557.56
	DD	D	4.85	3.6	17.46	1.6	3	83.8	
Muhasebe Müdürü Ofisi	ÇP	G	4.02	3.6	14.472	0.7	25	253.26	253.26
Genel Müdür Yardımcısı Ofisi	ÇP	G	4.77	3.6	17.172	0.7	25	300.51	609.21
	ÇP	B	4.9	3.6	17.64	0.7	25	308.7	
Satın Alma Ofisi	ÇP	B	6	3.6	21.6	0.7	25	378	378
Lojistik Ofisi	ÇP	B	6	3.6	21.6	0.7	25	378	378
Proje Ofisi	ÇP	G	7.3	3.6	26.28	0.7	25	459.9	459.9
Proje Müdürü Ofisi	ÇP	B	3.8	3.6	13.68	0.7	25	239.4	355.52
	DD	K	6.72	3.6	24.192	1.6	3	116.12	
Fabrika Müdürü Ofisi	DD	K	5.6	3.6	20.16	1.6	3	96.76	170.89
	DD	D	4.29	3.6	15.444	1.6	3	74.13	
Kalite Müdürü Ofisi	DD	D	4.13	3.6	14.868	1.6	3	71.36	71.36

Çizelge 3.13. İdari bina ikinci katındaki mekanlara ait hesaplanmış ısı kaybı değerleri.

Kullanım Alanı	İşaret	Yön	Uzunluk (m)	Yükseklik (m)	Toplam alan (m ²)	Isı Geçiş Katsayısı U(W/m ² K)	Sıcaklık farkı ΔT (K)	Isı kaybı miktarı Q (W)	Toplam ısı kaybı Q _o (W)
Yönetici Ofisi (K2_003)	ÇP	G	5.17	3.6	18.612	0.7	25	325.71	845.31
	DD	D	7.5	3.6	27	1.6	3	129.6	
Yönetici Ofisi (K2_005)	ÇP	G	5.82	3.6	20.952	0.7	25	366.66	1269.16
	ÇP	B	7.5	3.6	27	0.7	25	472.5	
Yönetici Ofisi (K2_007)	ÇP	B	5.58	3.6	20.088	0.7	25	351.54	736.54
Yönetici Ofisi (K2_010)	ÇP	B	4.5	3.6	16.2	0.7	25	283.5	593.5

Bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen veriler kullanılarak klasik ısı kaybı hesaplama yöntemiyle her bir ofisin günlük ve saatlik zaman aralıklarıyla ısıtma enerjisi ihtiyaçları hesaplanmıştır.

3.8.2. Dinamik Simulasyon Yönteminde Modelleme Tekniği

Bir matematiksel model sistemin davranışını tanımlamaktadır. Matematiksel model,

- Sistem üzerinde etkisi olan girdi değişkenleri,
- Sistem yapısı ve parametreleri/özellikleri,
- Sistemin girdi değişkenlerine tepkisini tanımlayan çıktı değişkenleri

olmak üzere üç temel bileşene sahiptir. Fiziksel sistemlere uygulanan matematiksel modelleme tekniği, diğer iki bileşen verildiğinde veya belirtildiğinde, sistemin üçüncü bileşeninin belirlenmesini içermektedir (ASHRAE Fundamentals, 2001).

ASHRAE temel el kitabında bina enerji kullanımlarının hesaplanması için iki modelleme yaklaşımı tanımlanmıştır. Bunlar;

- a) İleri (Klasik) Yaklaşım,
- b) Ters (Veriye dayalı) Yaklaşım olarak adlandırılmıştır.

İleri yaklaşım ile modellemenin amacı; yapısı ve parametreleri bilinen belirli bir modelin belirli girdi değişkenlerine bağlı çıktı değişkenlerinin tahmin edilmesidir. Binaların ön tasarım ve analiz aşamasında sistemin davranışını tahmin etmek için kullanımı ideal bir yaklaşım olarak ifade edilmiştir.

Ters yaklaşım ile modellemenin amacı ise ölçülmüş ve bilinen girdi-çıkı değişkenlerine sahip sistemin matematiksel tanımının belirlenmesi, sistem parametrelerinin tahmin edilmesidir. Sistemin kurulu olduğu ve sisteme ait gerçek performans verilerinin elde mevcut olduğu durumlarda, var olan modeli geliştirmek veya tanımlamak için ters yaklaşım ile modelleme uygun olmaktadır.

EnergyPlus programıyla bina enerji kullanımının hesaplanması ve modellenmesi ASHRAE ısı denge (detaylı dinamik simülasyon) metodu temellerine dayanmaktadır.

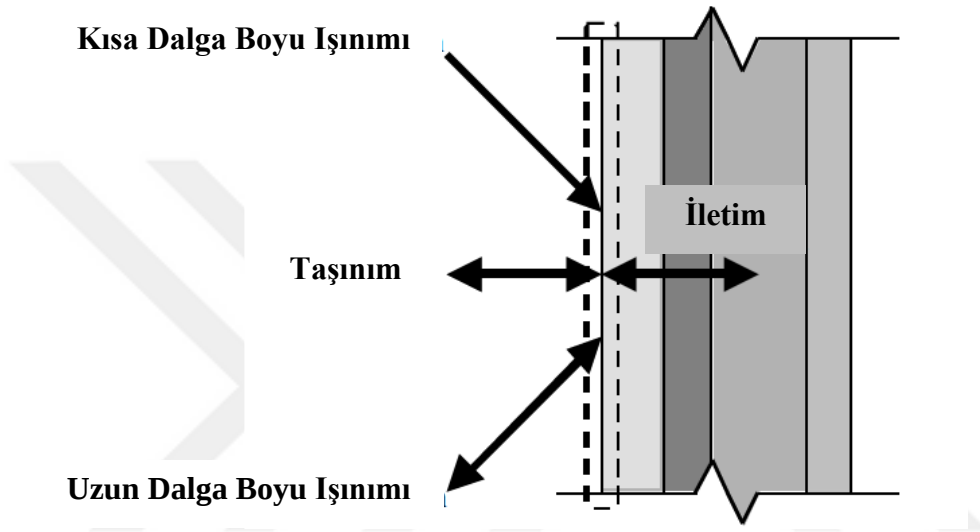
3.8.3. Isıl Denge Metodu

Binanın enerji ihtiyacının hesaplanmasındaki başlangıç noktası, ısı konforu sağlamak üzere mekana katılan veya mekandan çıkan ısı yükünün belirlenmesidir. Dinamik yöntemlerin kullanımıyla bina yapı elemanlarının özellikleri, konfor koşulları, iç ısı kayıp ve kazançları dikkate alınarak bina ısıtma/soğutma yüklerinin hesabı gerçekleştirilmektedir. Yapılan enerji analizlerinde binanın bulunduğu konumun gerçek iklim koşullarının ve ölçüm değerlerinin kullanılabilmesi gerçeğe yakın sonuçlara ulaşmada kolaylık sağlamaktadır. Isıtma-soğutma yükü hesaplamalarında günlük-saatlik gibi daha kısa zaman aralıklarıyla ve ayrıntılı sonuçlar elde edilebilmesi dinamik yöntemlerin en önemli ayrıcalıklarından biridir.

Isıl denge metodu, bina geometrisi içindeki önemli noktalara Termodinamiğin I. Yasası uygulanarak bina kabuğundaki tüm yüzeylere ve bina içindeki her bir ısı bölgeyi çevreleyen ortam havasına ait ısı denge denklemlerinin çözümlendiği detaylı dinamik bir yöntemdir.

Binanın her yüzeyinin dış yüzeyinde, binanın her yüzeyinin iç yüzeyinde ve binanın içinde tanımlanan her bir ısıl bölgeyi çevreleyen ortam havası için bir kontrol hacmi belirlenerek oluşturulan ısıl denge denklemleri Eşitlik (3.7)'den Eşitlik (3.10)'a kadar olan denklemlerde sunulmuştur.

Dış yüzey ısı dengesi için, her duvarın dış yüzeyindeki kontrol hacmine dört ısı kuvveti etki etmektedir. Şekil 3.38'de gösterilen bu kuvvetler enerjinin korunumuna göre dengelenmektedir.



Şekil 3.38. Dış yüzey ısı dengesi (Strand, Pederson & Crawley, 2001).

Duvar dış yüzey temel denge denklemi;

$$Q_{SWrad} + Q_{LWrad} + Q_{Conv} + Q_{Cond} = 0 \quad (3.3)$$

eşitlikle kurulmuştur. (Strand, 2001)

Eşitlikte;

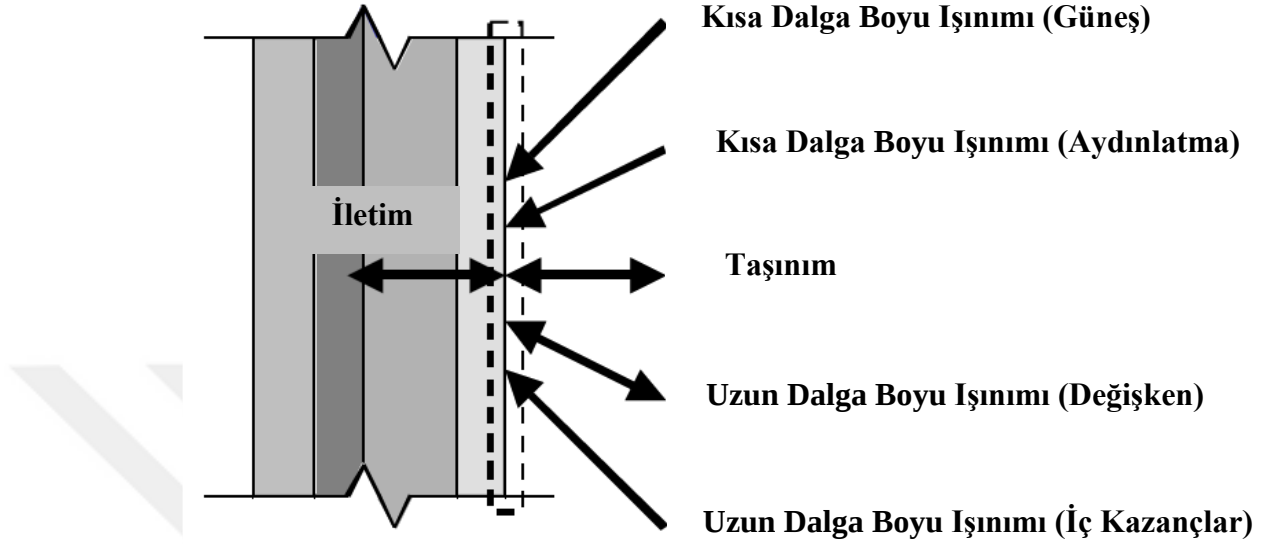
Q_{SWrad} : yüzey tarafından emilen güneş radyasyonu miktarını,

Q_{LWrad} : yüzey ve çevresi arasında değiştirilen termal radyasyon miktarını,

Q_{conv} : yüzey ile onu çevreleyen hava arasındaki konveksiyon miktarını

Q_{cond} : duvar malzemesine iletilen enerji miktarını ifade etmektedir.

İç yüzey ısı dengesi için, her duvarın iç yüzeyindeki kontrol hacmine altı ısı kuvveti etki etmektedir. Şekil 3.39’de gösterilen bu kuvvetler enerjinin korunumuna göre dengelenmektedir.



Şekil 3.39. İç yüzey ısı dengesi (Strand vd. 2001).

Duvar iç yüzey temel denge denklemi;

$$Q_{\text{Solar}} + Q_{\text{SWlight}} + Q_{\text{LWradExch}} + Q_{\text{LWradIntGains}} + Q_{\text{Conv}} + Q_{\text{Cond}} = 0 \quad (3.4)$$

eşitlikle kurulmuştur (Strand, 2001).

Eşitlikte;

Q_{Solar} : yüzeyin iç yüzü tarafından emilen güneş radyasyonu miktarını,

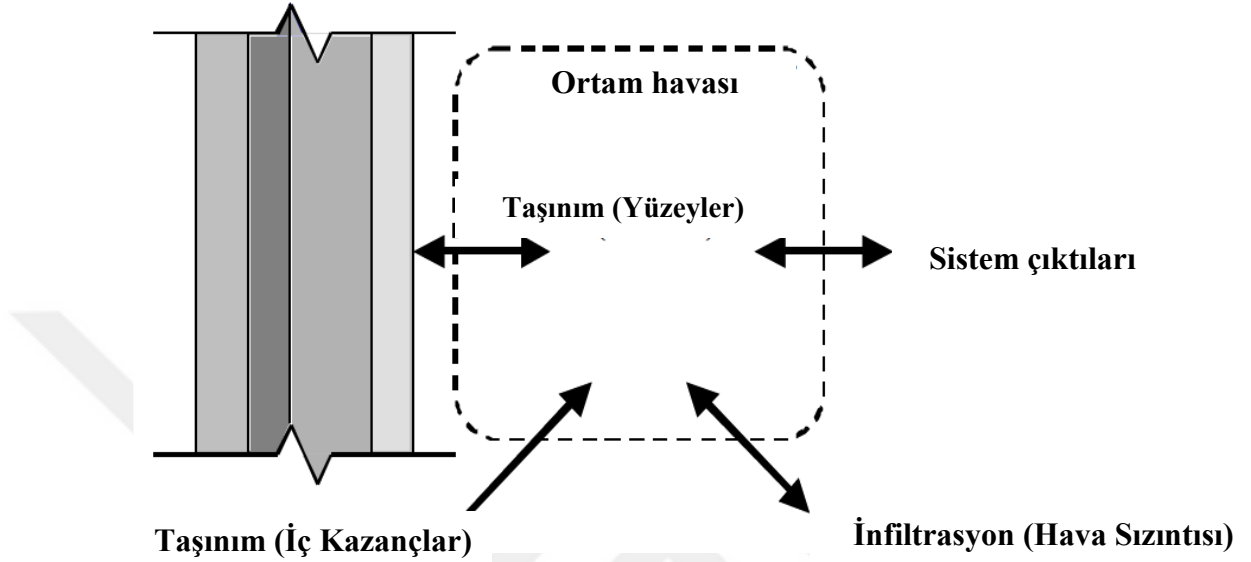
Q_{SWlights} : yüzey tarafından emilen ışıklardan gelen kısa dalga boylu radyasyon miktarı

$Q_{\text{LWradExch}}$: ortamdaki diğer yüzeylerden aktarılan net uzun dalga boylu (termal) radyasyon miktarı,

$Q_{\text{LWradIntGains}}$: insanlar, ışıklar ve ekipman gibi iç ısı kazançlarından kaynaklanan yüzey tarafından emilen uzun dalga boylu (termal) radyasyon miktarını ifade etmektedir.

Ortam havası ısı dengesi için, havanın içinde depolanan enerjinin göz önünde bulundurulup bulundurulmayacağına bağlı olarak iki olası eşitlik yazılmaktadır.

Her bir ısıl bölgeyi çevreleyen ortam havası içinde enerji depolanmaması durumunda, kontrol hacmine dört ısıl kuvvet etki etmektedir. Şekil 3.40’de gösterilen bu kuvvetler enerjinin korunumuna göre dengelenmektedir.



Şekil 3.40. Ortam havası ısı dengesi (Strand vd. 2001).

Ortam havası bünyesinde enerji depolaması olmadığı durumlar için kullanılan temel denge denklemi;

$$Q_{\text{conv}} + Q_{\text{convIntGains}} + Q_{\text{infil}} + Q_{\text{sys}} = 0 \quad (3.5)$$

eşitliğinde verilmiştir (Strand vs. 2001).

Eşitlikte;

Q_{conv} : ortamdaki tüm yüzeyler ile ortam havası arasındaki konveksiyon miktarını,

$Q_{\text{convIntGains}}$: insanlar, ışıklar ve ekipman gibi iç kazançlardan taşınan ısı miktarını,

Q_{infil} : hava sızıntısı nedeniyle kazanılan veya kaybedilen ısı miktarını,

Q_{sys} : iklimlendirme sistemi nedeniyle ortama katılan veya ortamdaki atılan ısı miktarını ifade etmektedir.

Bu çalışmada bina ısı yükü hesaplamalarında kullanılan bu denklemlerin saatlik zaman dilimlerinde ayrıntılı çözümlemesi EnergyPlus yazılım programı ile yapılmıştır.

Yüzey ısı dengesi yöneticisi, ortam havası ısı dengesi yöneticisi ve bina sistemi simülasyon yöneticisi olmak üzere birbirine bağlı, eş zamanlı çözüm getiren alt birimlere sahip EnergyPlus yazılımı simülasyon yöneticisi tarafından simülasyonlar gerçekleştirilmektedir.

Yüzey ısı dengesi birimi; iç ve dış yüzey ısı dengesini, ısı dengeleri ve sınır şartları arasındaki ara bağlantıları, iletim, taşınım, ışıınım ve kütle transferi (su buharı) etkilerini simüle etmektedir. Hava kütle dengesi birimi ise havalandırma havası, egzoz havası ve hava sızıntısı gibi çeşitli kütle akışlarıyla ilgilenmektedir. Ortam havasının ısı kütlesini hesaba katar ve doğrudan taşınım ile ısı kazançlarını değerlendirmektedir (Crawley vd. 2001).

Bu çalışmada binanın enerji modelinin çıkartılması amaçlı EnergyPlus simülasyon motorunun ara yüzü olan DesignBuilder programı seçilmiştir.

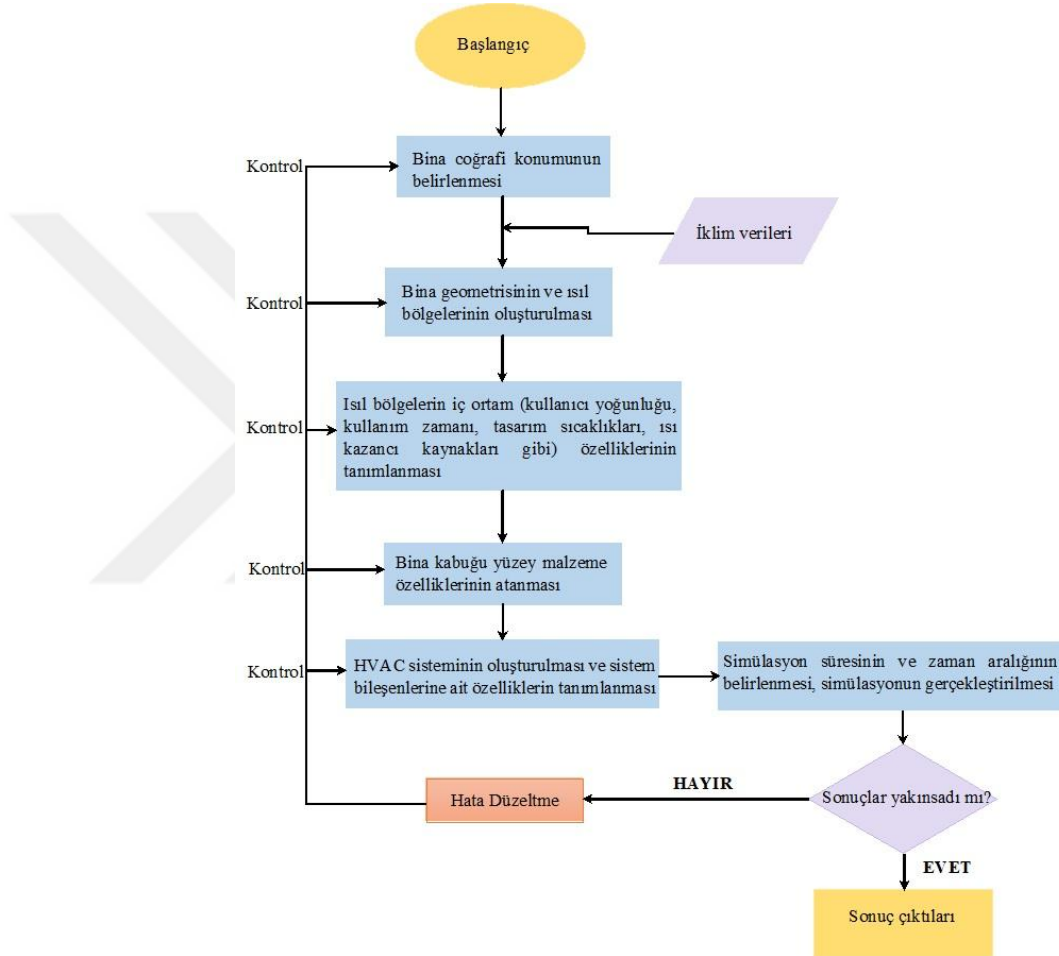
3.8.4. DesignBuilder ve HVAC Sisteminin Tanımlanması

Amerika Birleşik Devletleri Hükümeti DOE-2 (Department of Energy) ve BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) olmak üzere iki tane bina enerji simülasyon programının gelişimini desteklemektedir. BLAST programı Amerikan Savunma Bakanlığı tarafından, DOE-2 programı ise Amerikan Enerji Bakanlığı tarafından maddi olarak desteklenmektedir. DOE-2 programı bina yüklerinin hesaplanmasında oda ağırlık faktörü yaklaşımı metodunu kullanırken, BLAST programı ise ısı dengesi yaklaşımı metodunu kullanmaktadır (Ceyhan Zeren, 2010). EnergyPlus ise, DOE-2 ve BLAST programları temel alınarak Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı tarafından geliştirilmiş bina enerji simülasyon programlarından biridir. İleri yaklaşımla matematiksel modelleme yapan EnergyPlus programı detaylı dinamik simülasyon programı olarak tanımlanmaktadır.

Design Builder programı, EnergyPlus programının en etkili ara yüz programlarından biridir. Bir binanın enerji tüketimi, karbon salınımı, aydınlatması ve konfor denetimi için geliştirilmiş görsel simülasyon programıdır (Aktacir vs. 2011). DesignBuilder programında, üç boyutlu arayüzü ve meteorolojik veri tabanı kullanılarak analiz yapılmaktadır. Program yardımıyla bütün bir yıl boyunca saatlik-günlük-aylık zaman dilimlerinde bina enerji ihtiyacı miktarı, HVAC sistem tüketimleri, binanın ve her

bir mekanın ortalama iç ortam ve yüzey sıcaklıkları, binanın yakıt tüketimi gibi değerleri belirlenebilmektedir. DesignBuilder programı ile yapılan simülasyon çalışması doktora çalışmasının önemli bir ayağını oluşturmaktadır.

Doktora çalışmasında DesignBuilder yazılımı ile yapılan simülasyonda sonuç çıktılarına ulaşmak için uygulanan işlem basamaklarını gösteren akış şeması Şekil 3.41’de verilmiştir.



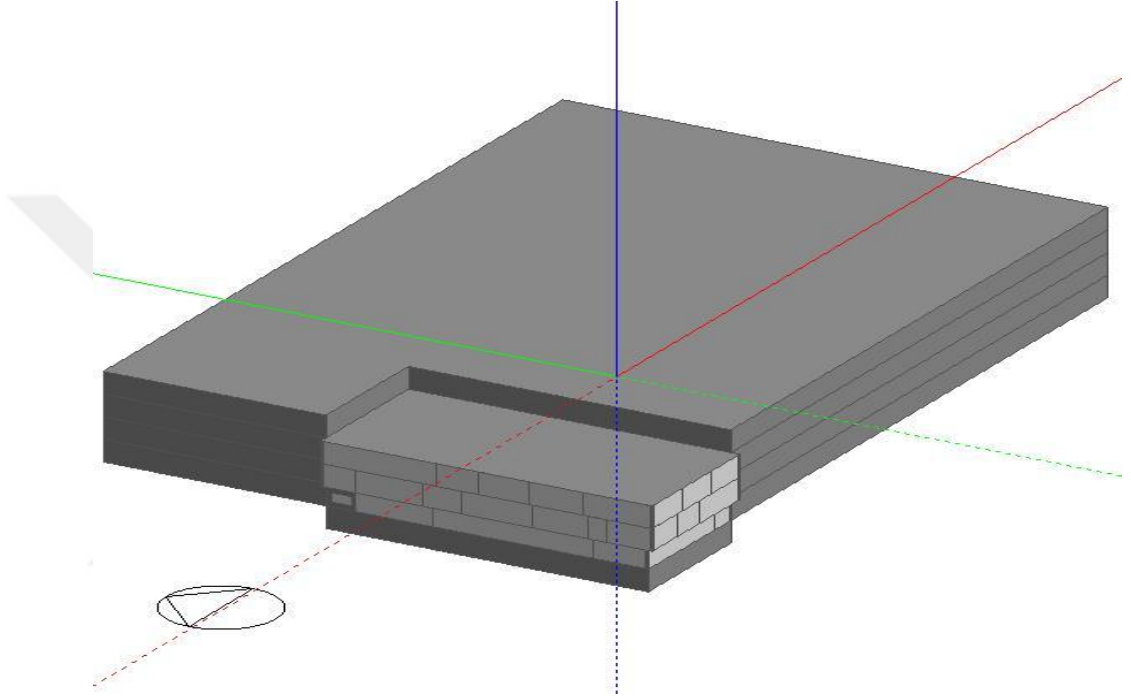
Şekil 3.41. DesignBuilder yazılımı ile yapılan simülasyonda sonuç çıktılarına ulaşmak için izlenen işlem basamakları akış şeması.

İleri modellemenin ilk aşamasında bina sistemi ve ilgili bileşenleri ayrıntılı bir şekilde fiziksel olarak tanımlanmaktadır.

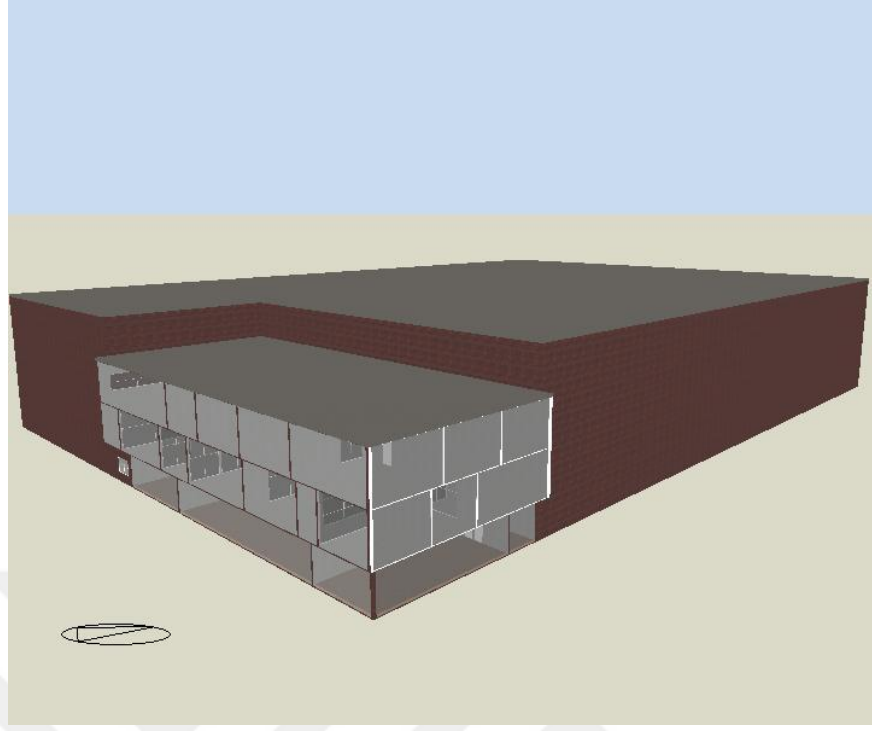
Çalışmada binaya ait bina geometrisi, binanın bulunduğu coğrafi konuma ait iklim özellikleri, bina yapı elemanlarının özellikleri, binanın ısıtma, soğutma, havalandırma

sistemi ve ekipman özellikleri gibi verilerin DesignBuilder programına girişı yapılarak tüm bina tanımlanmıştır.

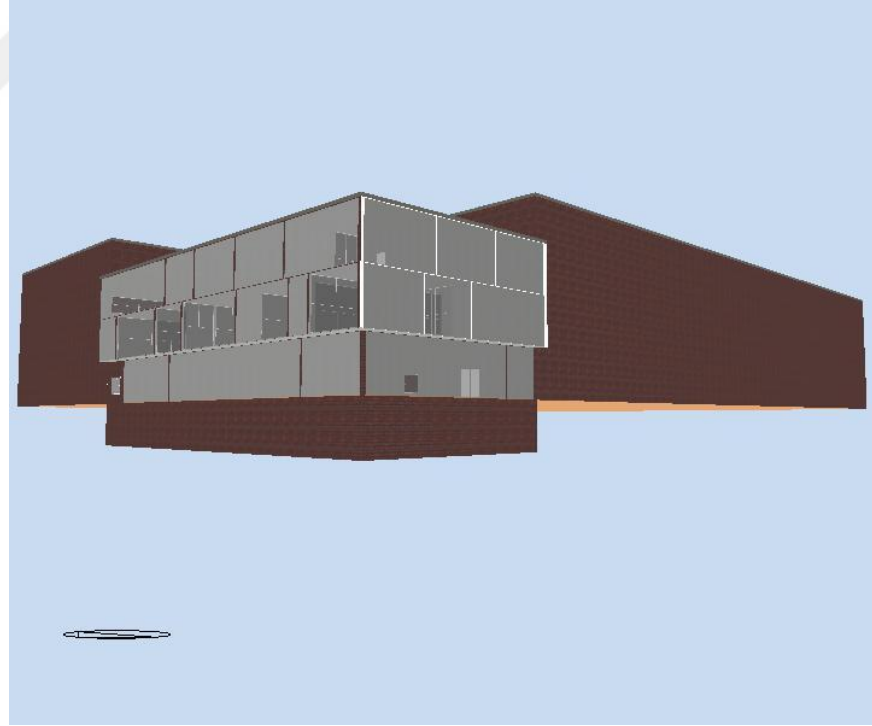
İlk olarak yazılım yardımıyla binanın üç boyutlu sanal modeli oluşturulmuştur. DesignBuilder programında ticari binanın üç boyutlu oluşturulmuş modeli Şekil 3.42, Şekil 3.43 ve Şekil 3.45’de gösterilmiştir.



Şekil 3.42. Binanın genel görünümünün DesignBuilder programı ile oluşturulmuş modeli.



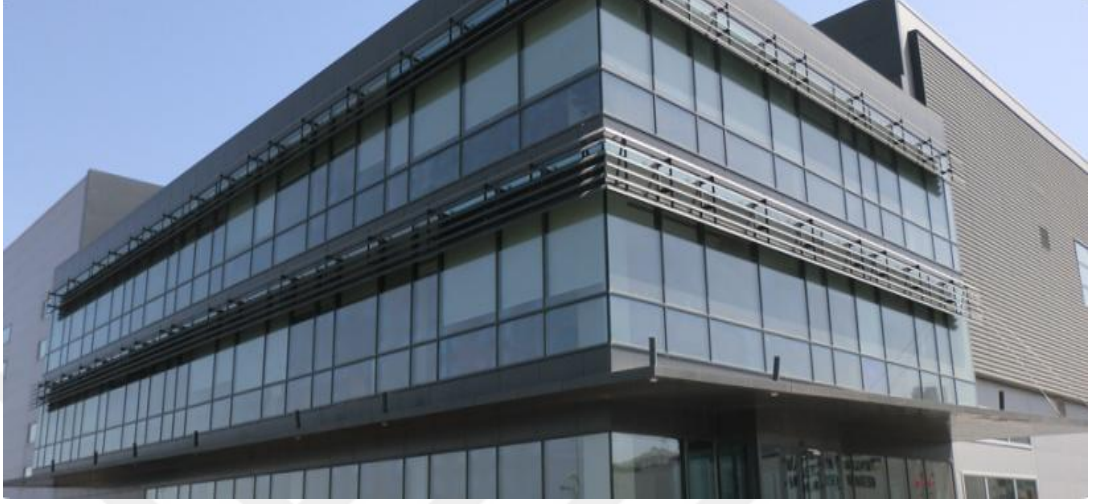
a)



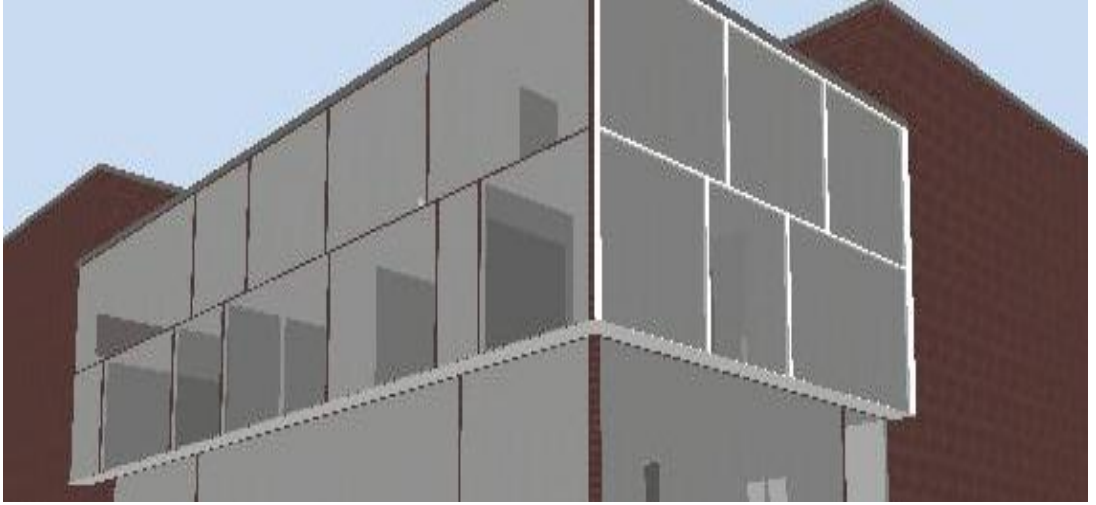
b)

Şekil 3.43. Binanın Güney-Batı cephesinin farklı açılardan sanal modeli.

Şekil 3.44 Binanın Güney-Batı cephesi görünüşünü vermektedir (www.pimsa.com.tr).

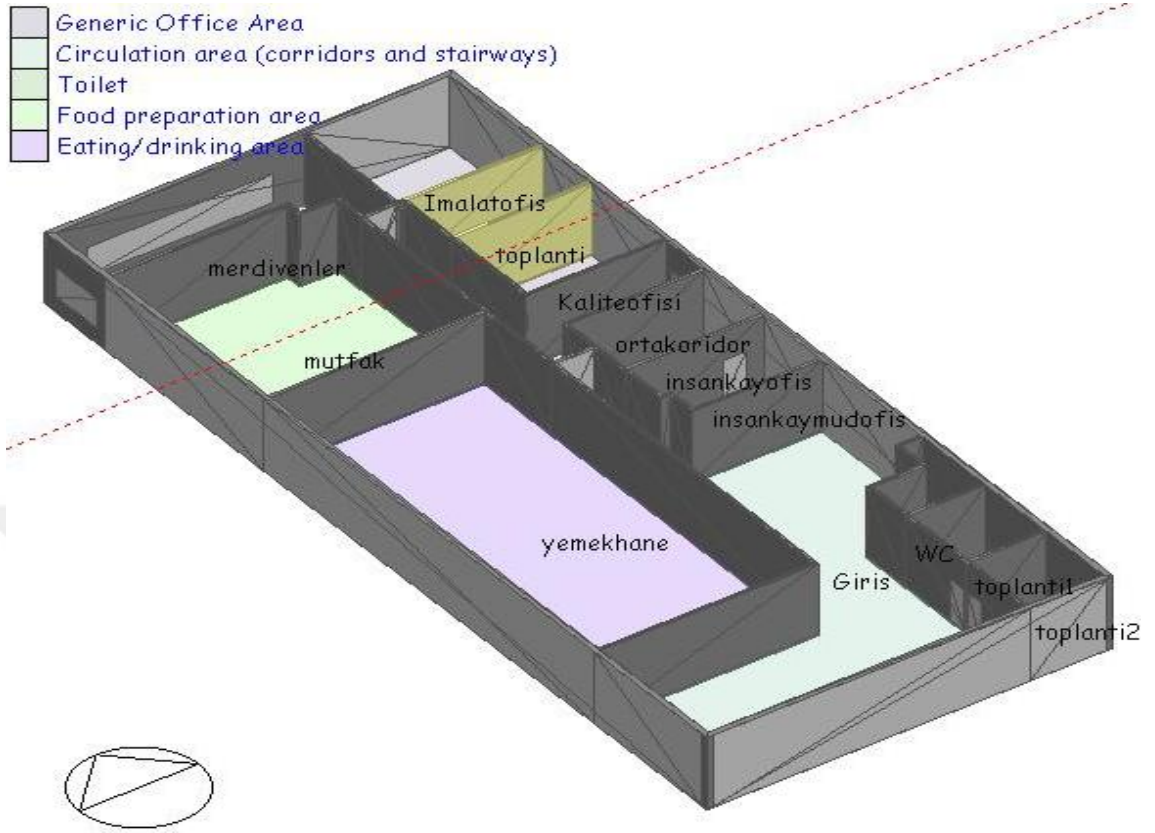


Şekil 3.44. Binanın Güney-Batı cephesi görüntüsü.

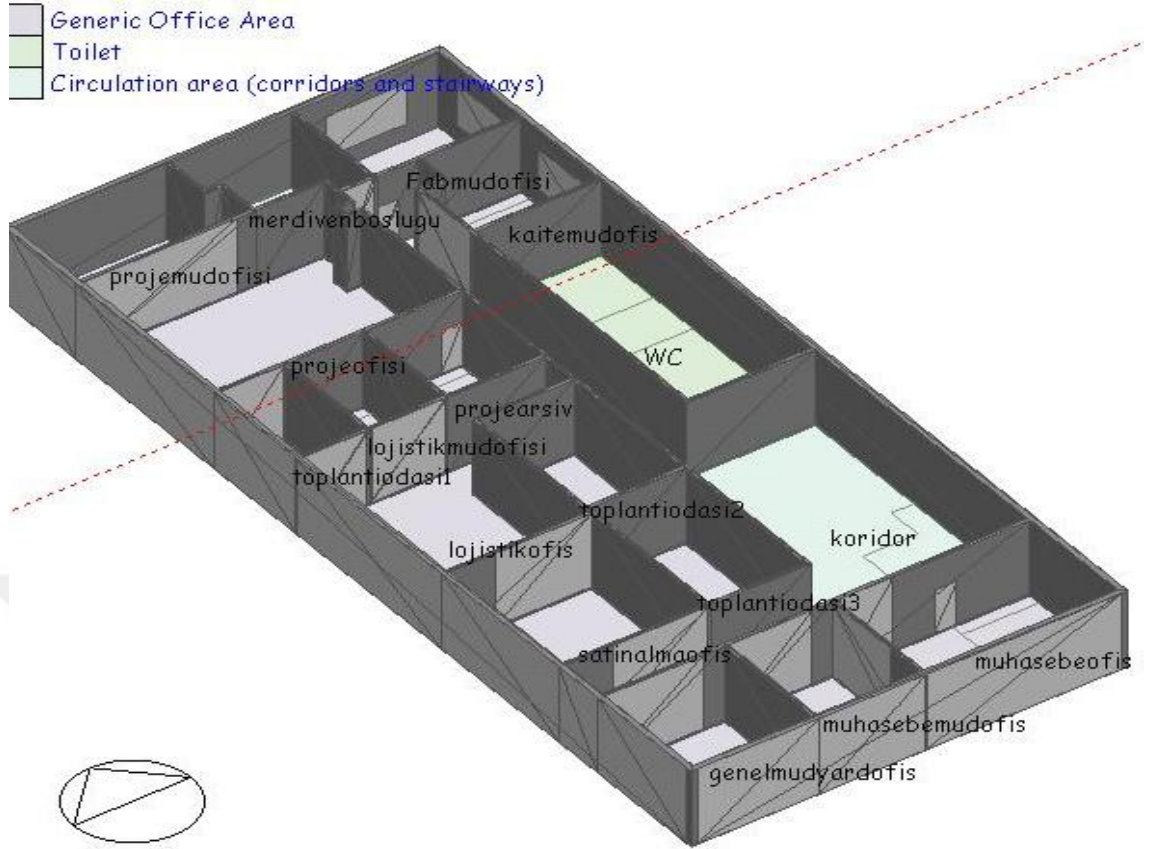


Şekil 3.45. Binanın Güney-Batı cephesi DesignBuilder modeli.

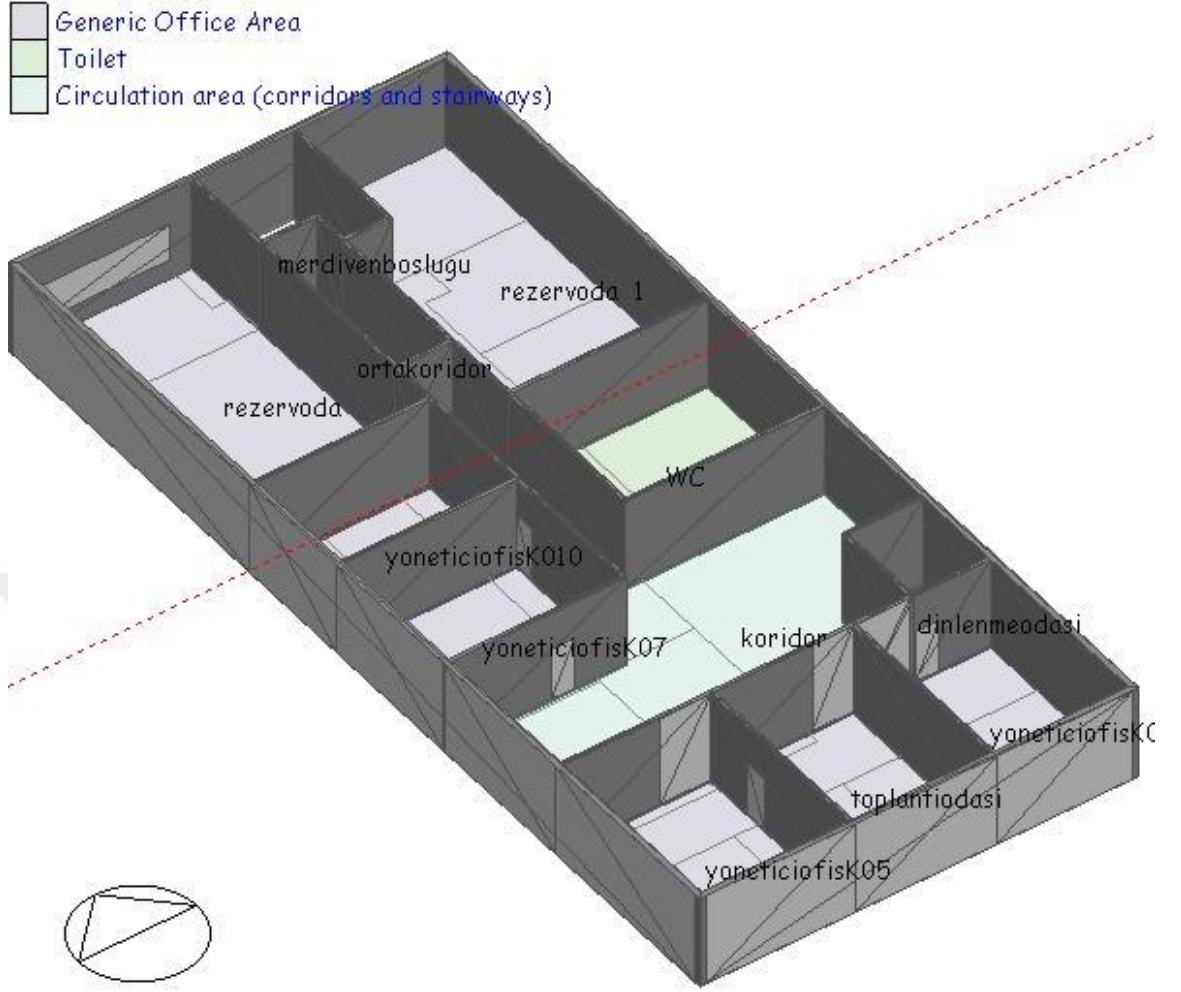
Bina içindeki ofislerin tanımlanması için her bir ofisi temsilen bina içi çeşitli boyutlarda ısııl zone (bölgelere) ayrılmıştır. Modellemede binaya ait her bir ofisin tek bir ısııl zone (bölge) olduğu kabul edilmiştir. Fabrika idari binasının zemin, birinci ve ikinci katının oluşturulmuş modelleri Şekil 3.46-3.47-3.48’de gösterilmiştir.



Şekil 3.46. Zemin katın DesignBuilder modeli.

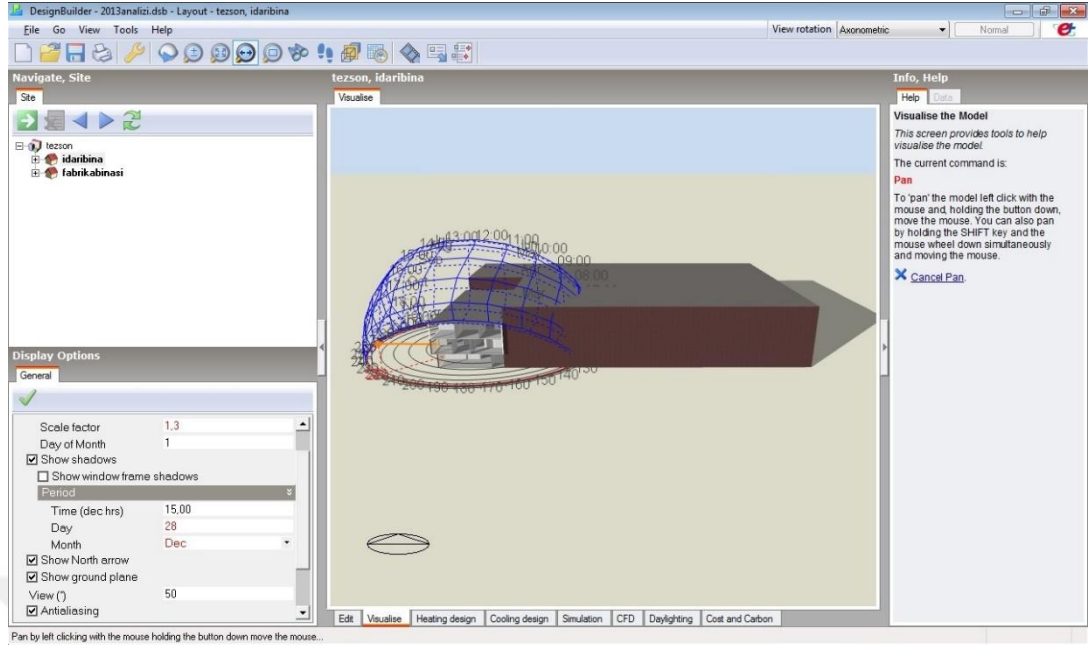


Şekil 3.47. Birinci katın DesignBuilder modeli.



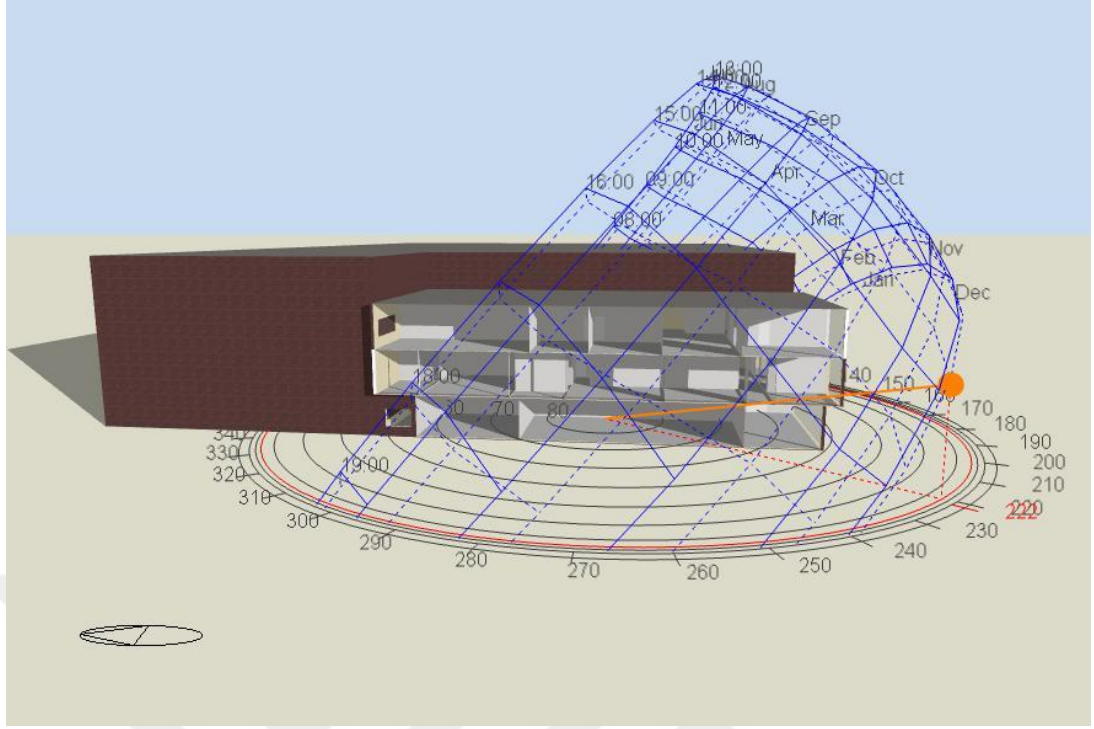
Şekil 3.48. İkinci katın DesignBuilder modeli.

Binanın bulunduğu coğrafi konuma ait dış iklim verileri olarak Kocaeli ili Gebze ilçesi Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait ölçüm istasyonundan alınan dış ortam iklim verileri ile oluşturulan EnergyPlus Hava Durumu (EPW) dosyası kullanılmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen günlük saatlik dış ortam sıcaklığı, basıncı, ortalama nemi ve rüzgar hızı değerleri kullanılarak simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.49'de 28 Aralık 2013 tarihinde saat 15:00'da binanın güneş ışınlamı yörüngesi gösterilmiştir.



Şekil 3.49. İdari binanın 28 Aralık 2013 tarihinde güneş ışınlamı yörüngesinin diyagramı DesignBuilder modeli.

Şekil 3. 50'de DesignBuilder çıktısı yer almaktadır.



Şekil 3.50. DesignBuilder çıktısı.

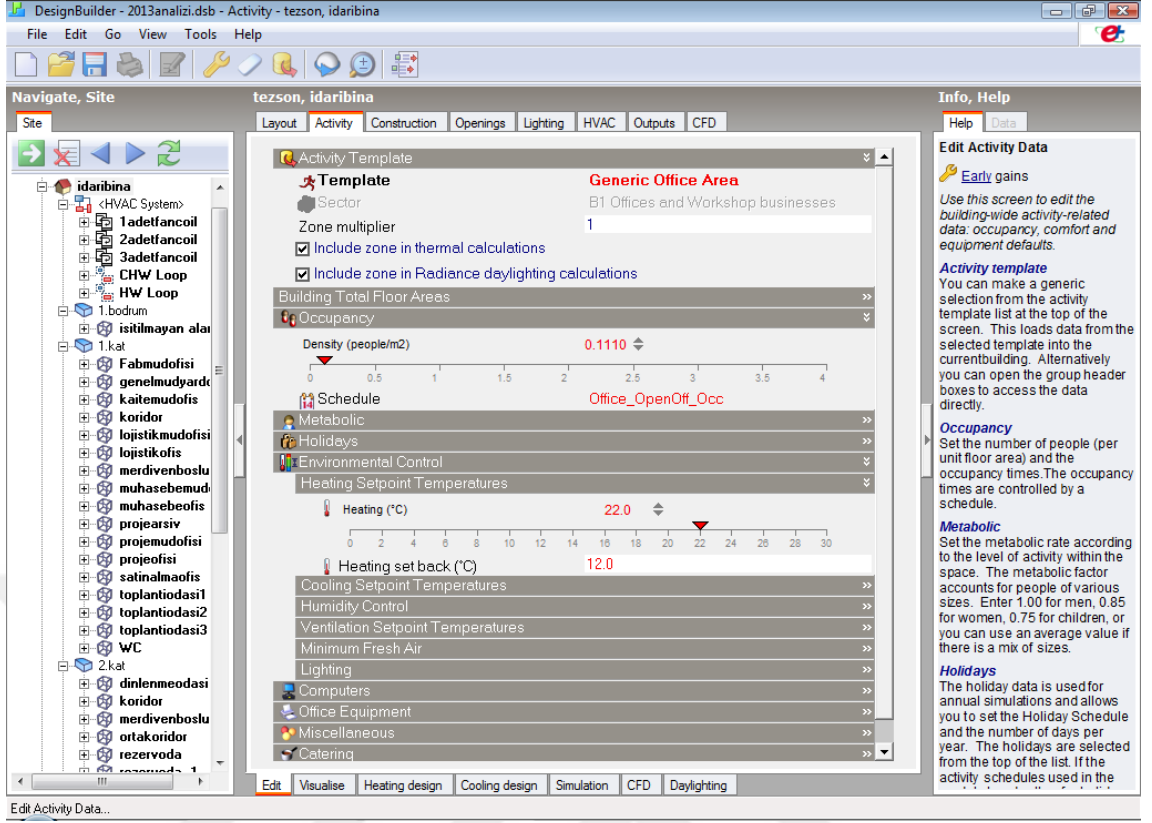
Simülasyonun yapıldığı bölgeye ait coğrafik veriler ve simülasyon verileri Çizelge 3.14’de verilmiştir.

Çizelge 3.14. Simülasyonda kullanılan veriler.

Program Versiyonu	Energy Plus 8.1.0
İl	Kocaeli/Gebze
Enlem [derece]	40.97
Boylam [derece]	28.82
Rakım [m]	37.00
Saat dilimi	2.00

Analizlerde; dış iklim verileri (kuru termometre sıcaklığı, atmosfer basıncı, bağıl nemi, rüzgar hızı, rüzgar yönü vb), her mekandaki faaliyetin niteliği, her mekanın yüzey malzeme özellikleri, aydınlatma seviyesi, fancoil ısıtma gücü kapasiteleri, gün ve saat olarak iç ortam set (ayar) sıcaklığı değerleri programa girilmiştir.

İç ortam ısı kazancı olarak ortamda bulunan çalışanlardan, ofis ekipmanlarından, aydınlatmadan ve varsa diğer ısı kaynaklarından ortama yayılan ısı miktarının hesaplanması için yapılan veri girişleri Şekil 3.51’de gösterilmiştir.

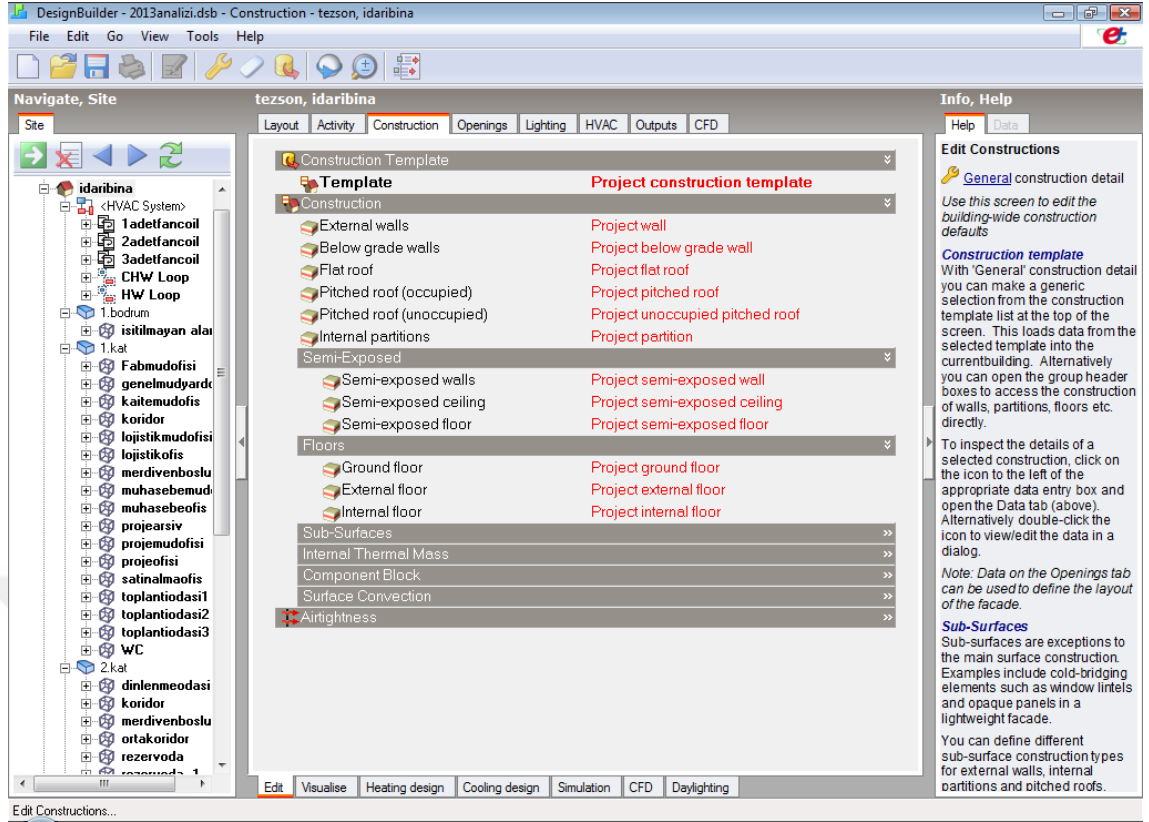


Şekil 3.51. Ofislerin temel özelliklerinin belirlenmesi.

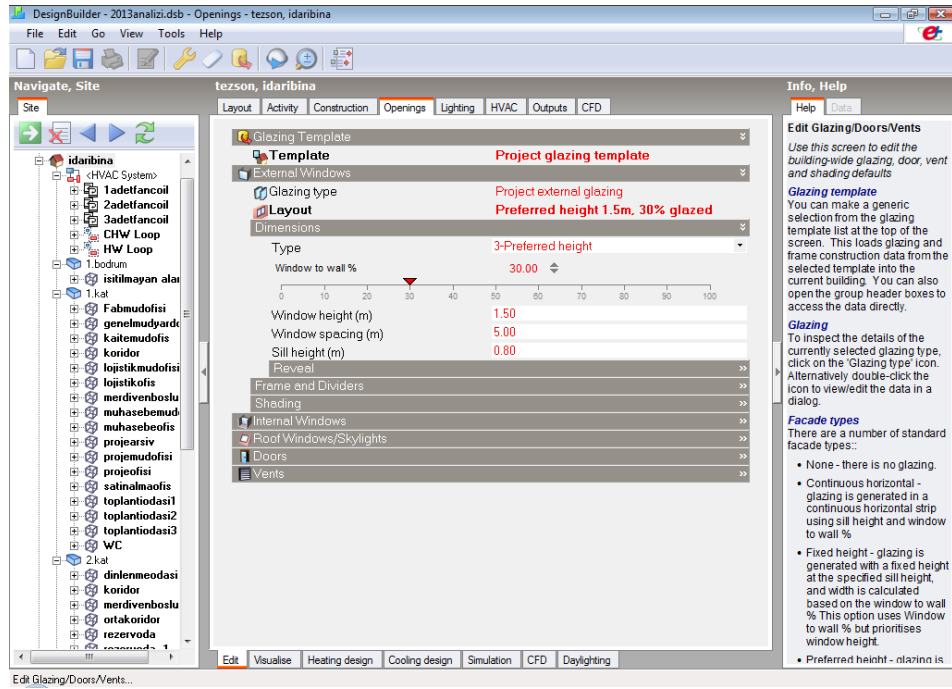
Her bir zon içerisindeki kullanıcı aktivite düzeyi ve ısıtma dönemi için kullanıcı giysi tipi belirlenmiştir.

Hesaplamalarda iç hava sıcaklığı konfor değeri ısıtma dönemi için 22°C olarak alınmıştır.

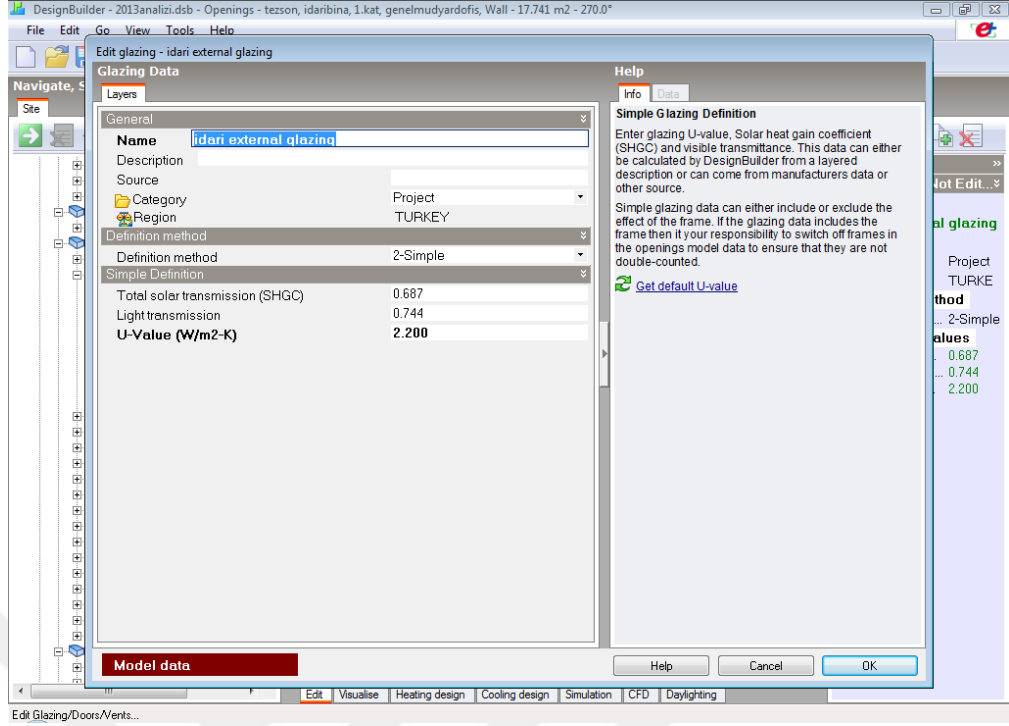
Binanın yüzey malzeme özelliklerinin veri girişleri Şekil 3.52 ve Şekil 3.53’de gösterilmiştir.



Şekil 3.52. Ofislerin yüzey malzeme özelliklerinin belirlenmesi.



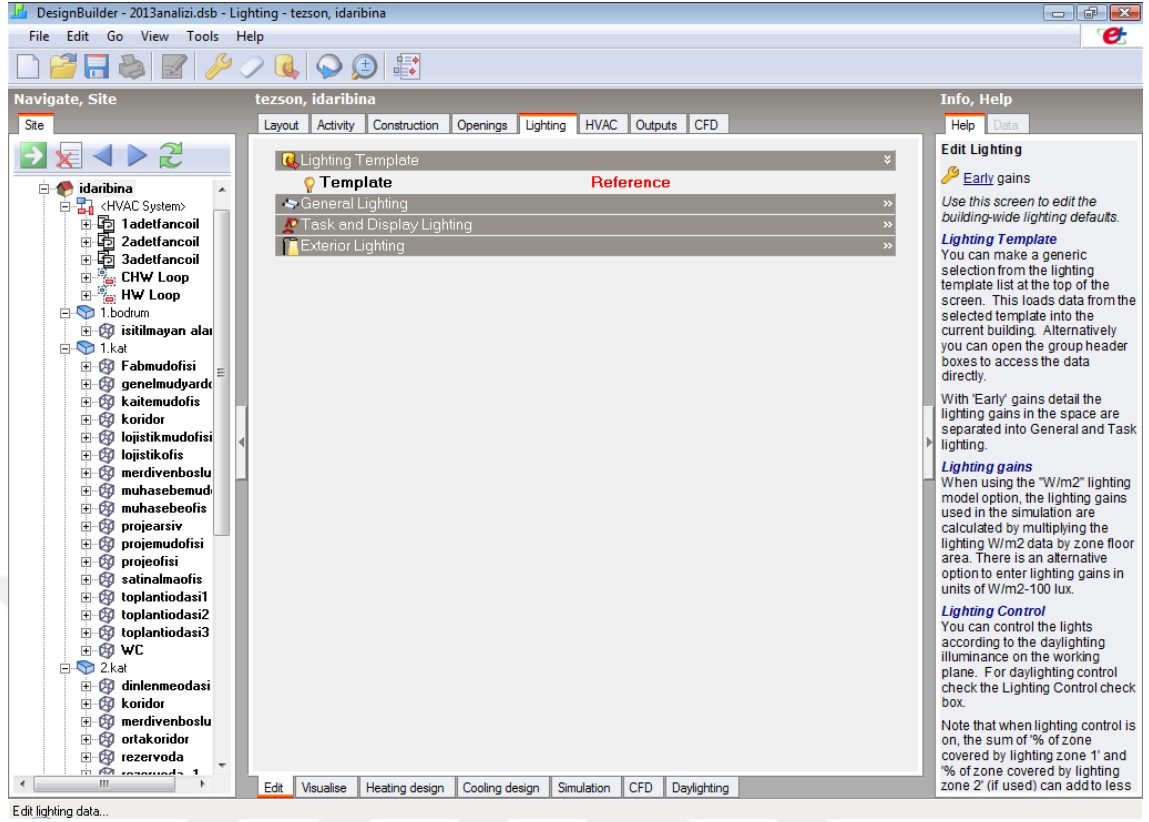
a)



b)

Şekil 3.53. Ofislerin dış ortam ile temasta cam yüzeylerinin özelliklerinin belirlenmesi.

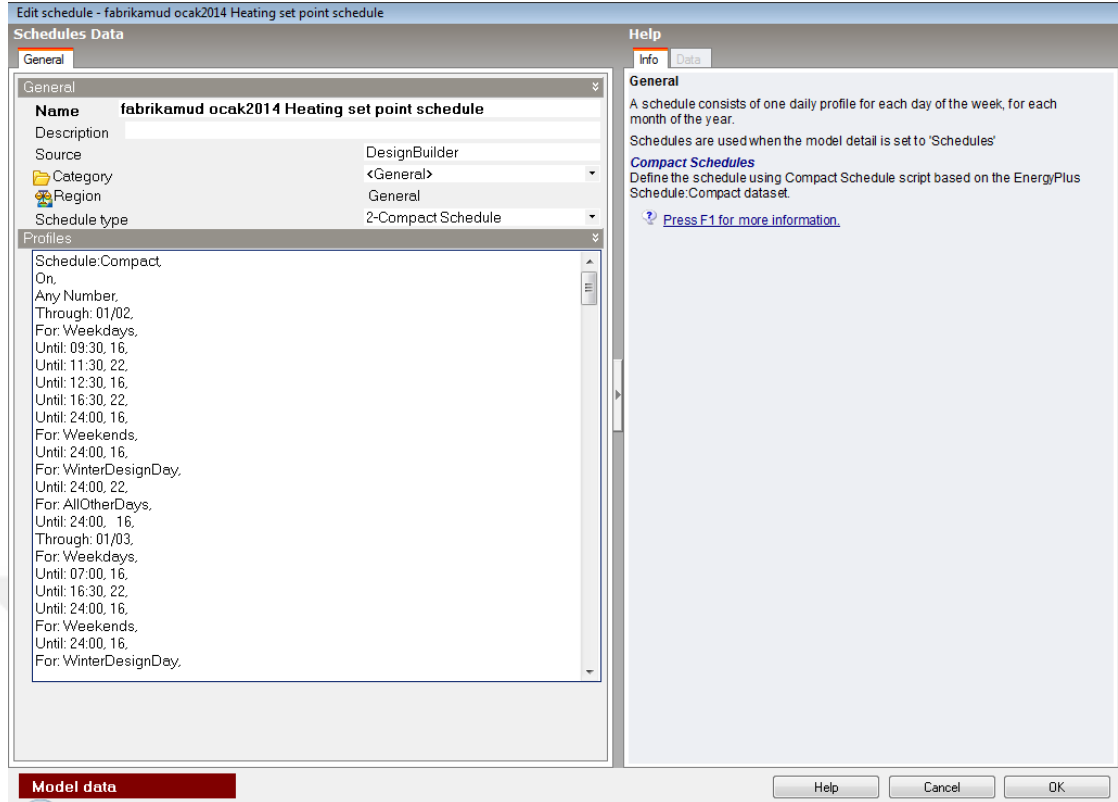
Her ofisin aydınlatma özelliklerinin belirlendiği programa ait aydınlatma sekmesine veri girişi Şekil 3.54’de gösterilmiştir.



Şekil 3.54. Ofislerdeki aydınlatma özelliklerinin belirlenmesi.

Isıtma dönemi için, bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen gerçek iç ortam sıcaklığı verileri günlük - saatlik oluşturulan takvimler içine yerleştirilmiştir. Bu değerler iç ortam set (ayar) sıcaklığı değerleri olarak kullanılmıştır. Her bir ofisin iç ortam sıcaklığının termostat kontrollü ayarlandığı tasarlanarak hesaplamalar yapılmıştır.

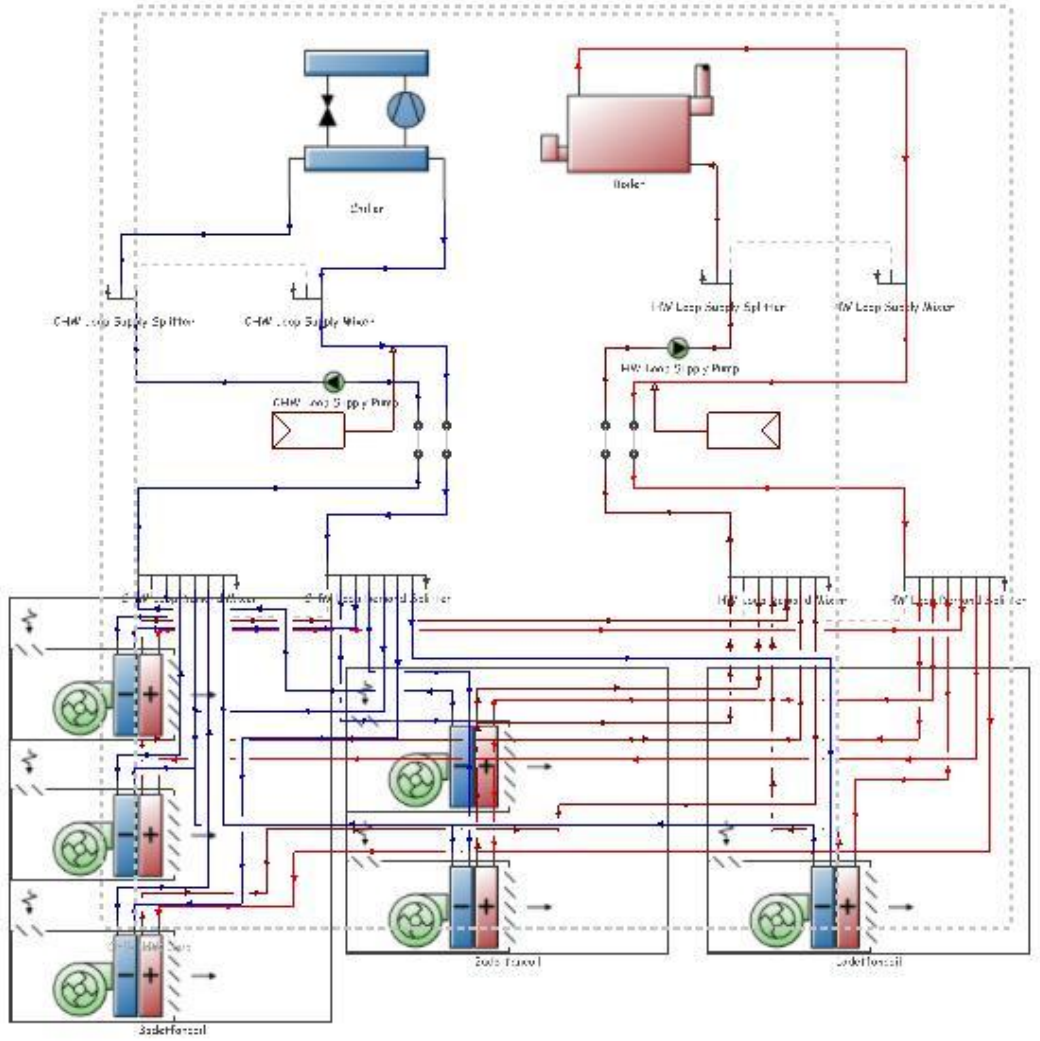
Şekil 3.55’de Fabrika Müdürü ofisinin 2014 yılı Ocak ayı takvimi örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.55. Fabrika Müdürü ofisinin 2014 yılı Ocak ayı takvimi.

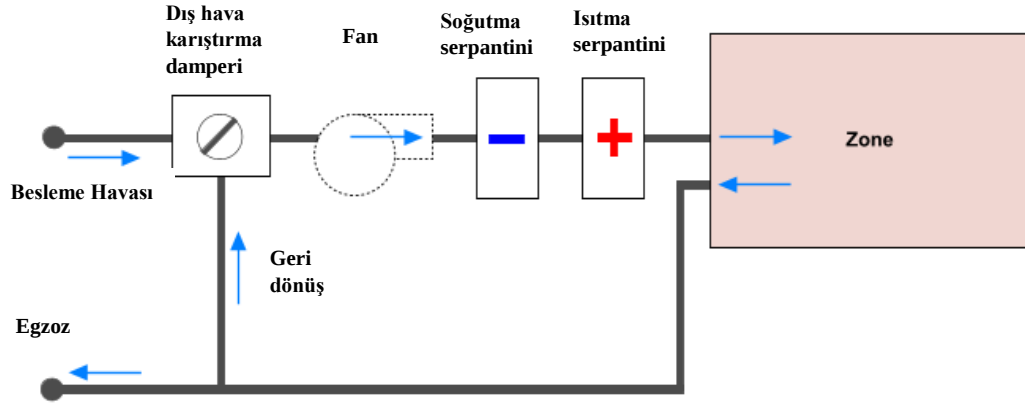
Binanın ısıtma, soğutma ve havalandırması merkezi sistem fancoil cihazları aracılığıyla yapılmaktadır. 2013 yılı Şubat-Mart-Aralık ayları, 2014 yılı Ocak-Şubat-Mart ayları için simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Sadece kış ayları dikkate alındığından analizlerde kış sezonu boyunca soğutma sisteminin çalışmadığı kabul edilmiştir. Bina'nın her bir ısıl bölgesinin ısı kaybı değerleri kararlı hal ve güneş enerjisinden ısı kazancı olmadığı kabul edilerek ısıtma tasarım hesapları yapılmıştır.

DesignBuilder programının veri tabanından oluşturulmuş tek bir kata ait HVAC sistemi modeli Şekil 3.56'da gösterilmiştir.



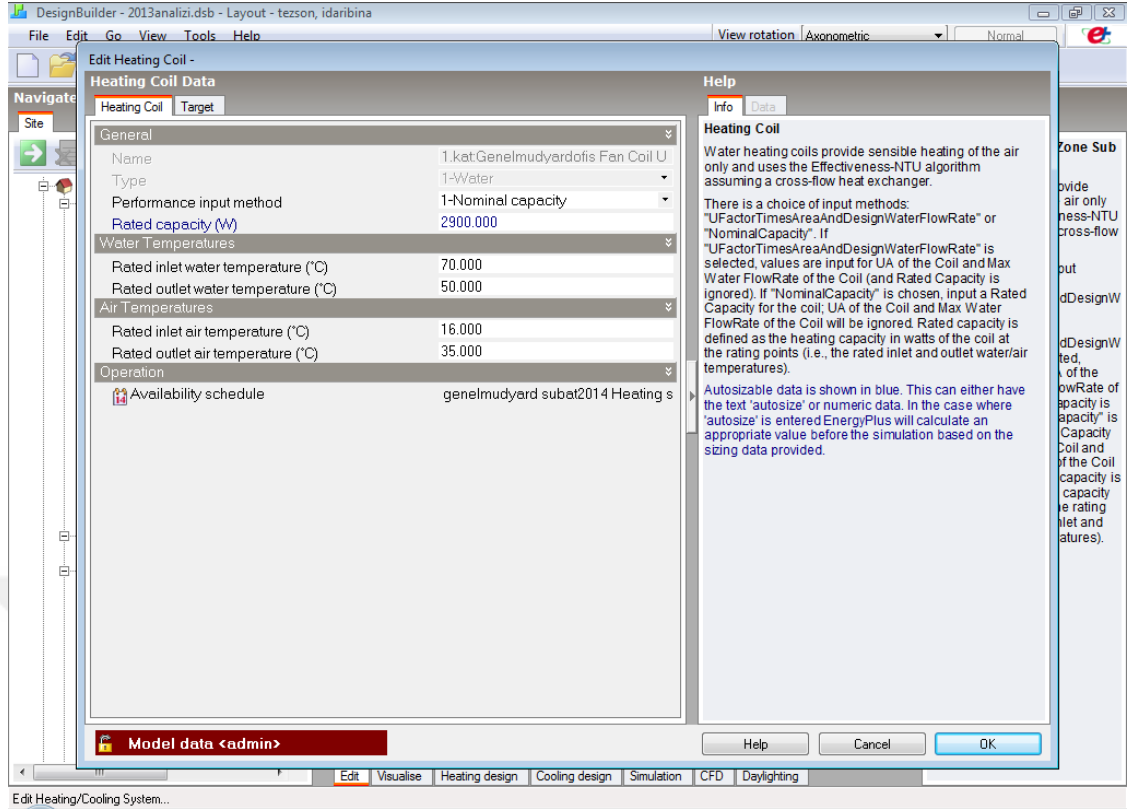
Şekil 3.56. DesignBuilder HVAC sistemi modeli.

Şekil 3.57’de DesignBuilder yazılımının kütüphanesinde yer alan ve yapılan analizlerde idari bina ofislerinde kullanılan fan coil cihazlarının çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 3.57. DesignBuilder fan coil cihazının şematik gösterimi (DesignBuilder Help V3.4).

Her bir ofisin ısıtma cihazı genel özellikleri DesignBuilder programında tanımlanmıştır. Genel müdür yardımcısı ofisinin fancoil cihazı genel özelliklerinin tanımlandığı program sekmesine veri girişi Şekil 3.58’de gösterilmiştir.



Şekil 3.58. Genel Müdür Yardımcısı ofisi fancoil cihazının ısıtma ve soğutma kapasitelerinin belirlenmesi.

3.9. İstatistiki Yöntemler ve Retscreen Plus Yazılımı

Teorik ve ölçüm değerleriyle yapılan analizlerden elde edilen verileri daha anlamlı kılmak adına yapılan değerlendirmelerde pek çok yöntem kullanılmaktadır. Bu çalışmada enerji performansını etkileyen faktörleri belirlemek ve bu faktörlerin enerji performansı üzerine etkinlik derecesini araştırmak amaçlı istatistiki yöntemler kullanılmıştır. Yaygın yöntemlerden biri olan regresyon çözümlemesi yoluyla değişkenler arasında neden sonuç ilişkisi kurulmuş, değişkenler arasındaki bağıntılar matematiksel modellerle açıklanmıştır.

Değişken gözlem ya da ölçüm yaptığımız gruptaki farklı bireyler veya örnekler için farklı değer alabilen özelliklerdir (Alpar,2012). İncelenen bir sürecin ortaya çıkardığı sonuç değerler bağımlı değişkenler, bu sürecin sonuç değerlerini etkilediği gözlenen değerler ise bağımsız değişkenler olarak tanımlanabilmektedir.

Değişkenler arasındaki neden sonuç ilişkisini kurmak amaçlı regresyon çözümlemesi yapılmaktadır. Regresyon analizini kullanarak bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki matematiksel modellerle açıklanmakta ve

değişkenler arasında bağıntılar elde edilmektedir. Bulunan regresyon denklemi yardımıyla kolay elde edilen bir ya da birden çok bağımsız değişken değeri (x_i) için elde edilmesi zor olan bir (y_i) bağımlı değişken değeri kestirilebilmektedir.

Birçok regresyon çözümlemesi yöntemi mevcuttur. Bunlardan en yaygın olanları basit ve çoklu doğrusal regresyon çözümlemeleridir. Basit doğrusal regresyon bir bağımlı bir de bağımsız değişken arasındaki ilişki, çoklu doğrusal regresyon yönteminde bir bağımlı birden çok bağımsız değişken arasındaki ilişki incelemeye alınmaktadır. Basit doğrusal ve çoklu doğrusal regresyonda bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki doğrusal bir yapı göstermektedir. Çözümleme sonucunda ortaya çıkan regresyon denklemiyle bağımsız değişkene farklı değerler verilerek bağımlı değişkenin değerleri tahmin edilebilmektedir.

Basit doğrusal regresyon denklemi gözlemler cinsinden;

$$y_i = \alpha_i + \beta x_i + \varepsilon_i \quad (i=1,2,3,\dots,n) \quad (3.6)$$

eşitliğinde verilmektedir (Çimen, 2015).

x değişkeni açıklayıcı değişken ya da etkileyen değişken, y değişkeni ise etkilenen değişken ya da açıklanan değişken olarak da adlandırılmaktadır. α_i regresyon doğrusunun y eksenini kestiği noktayı göstermektedir ve sabit adını almaktadır. β ise regresyon katsayısıdır, bağımsız değişkende artma ya da azalma şeklinde bir birimlik değişme olduğunda bağımsız değişkende meydana gelecek ortalama değişiklik miktarını vermektedir. ε hata terimidir, y 'deki değişimin regresyon modeli ile açıklanamayan bölümünü tanımlar.

Çoklu regresyon denklemi;

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_nx_n \quad (3.7)$$

eşitliğinde verilmektedir (Alpar, 2012).

Çoklu regresyon analizinde her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki kısmi etkisinin ölçülmesi amaçlanmaktadır (Alpar, 2012).

Regresyon çözümlemesini yapmak için RetScreen Plus istatistiksel enerji performans değerlendirme yazılımı kullanılmıştır (www.etscreen.net). Kanada Hükümetine bağlı CanmetENERGY Varennes Doğal Kaynaklar Araştırma Merkezi'nin

liderliği ve finansal desteği ile yönetilmekte olup NASA'ya bağlı Langley Araştırma Merkezi, Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Ortaklığı (Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership, REEEP), Ontario'nun Bağımsız Elektrik Sistem İşleticisi (Ontario's Independent Electricity System Operator IESO), UNEP'in Teknoloji, Endüstri ve Ekonomi Bölümüne bağlı olan Enerji Birimi (UNEP's Energy Unit of the Division of Technology, Industry and Economics), Küresel Çevre Teşkilatı (Global Environment Facility GEF), Dünya Bankasının Prototip Karbon Fonu (World Bank's Prototype Carbon Fund) ve York Üniversitesinin Devam ettirilebilir Enerji Girişimi (Sustainable Energy Initiative) ortaklığında geliştirilmiş bir programdır (Wikipedia, 2020). Kullanıcıların bu programı resmi internet sitesinden ücretsiz olarak indirme ve kullanma imkanı mevcuttur. Enerji Performansını etkileyen faktörleri belirlemek ve bu faktörlerin enerji performansı üzerine etkinlik derecesini araştırmak amaçlı geliştirilmiş istatistiki analiz programıdır. Program regresyon analizi yöntemini kullanarak bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesini sağlamaktadır.

Yazılımda üretilen ya da tüketilen enerji bağımlı değişken olarak ele alınmakta, etkileyen faktörler bağımsız değişken olarak kabul edilmektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler bir denklem ile açıklanmaktadır. Bağımsız değişkenlerdeki artmanın ya da azalmanın bağımlı değişkende ne kadar artıma ya da azalıma sebep olduğu sayısal olarak bulunabilmektedir.

Tez çalışmasında ölçüm yoluyla alınan veriler ile yapılan hesaplardan elde edilen enerji tüketim miktarları, ölçülen iç ortam sıcaklığı, dış ortam iklim koşulları gibi enerji performansını etkileyen parametrelerin arasındaki ilişkiler, istatistiki analiz sonucunda bir denklem ile açıklanmıştır.

BÖLÜM 4

STATİK YÖNTEM ANALİZLERİ

4.1. Giriş

Binalarda enerji performansı değerlendirmelerinde aylık/mevsimlik zaman aralıklarıyla ısıtma enerjisi miktarı temelde statik yöntemlerle hesaplanmaktadır. Ülkemizdeki yeni inşa edilecek binaların ve mevcut binaların tamamının ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasında klasik ısı kaybı hesaplama yöntemi kullanılmaktadır. Klasik ısı kaybı hesaplama yönteminin kullanılmasının amacı, ülkemizdeki binaların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplamak ve ısıtma enerjisi değerlerini sınırlandırmaktır.

Bina enerji performansını etkileyen parametrelerin tespitine yönelik Kocaeli ili Gebze ilçesi iklim koşullarında bir binanın idari binasında bulunan farklı fiziksel özelliğe sahip ofislerin iç ortam konfor koşulları ve ısı kaybı değerleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Yapılan enerji hesaplamalarında statik yöntemlerin kullanımının sonuçlar üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Bina Yönetim Sistemi üzerinden ölçülen gerçek iç ortam sıcaklığı, iç ortam ayar (set) sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığı değerleri ile analizlerden elde edilen sıcaklık değerleri karşılaştırmıştır.

Ayrıca statik yöntem kullanılarak hesaplanan ısı kaybı değerleri arasındaki farklılıklar karşılaştırmalı grafiklerle açıklanmıştır.

İdari binanın analizinde farklı yöntemlerin kullanılmasının, ofislerdeki ısı kaybı değerlerini ve iç ortam konfor koşullarını önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir.

İdari bina ofislerinin enerji performansını belirlemek amaçlı;

- a) Klasik ısı kaybı hesaplama yöntemiyle 22°C sabit iç ortam sıcaklığı ve Gebze ilçesi iklim verileri kullanılarak yapılan sistem analizlerinden,
 - b) Statik yöntem ile bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen günlük - saatlik iç ortam sıcaklığı ve Gebze ilçesi dış ortam sıcaklığı verileri kullanılarak yapılan sistem analizlerinden yapılan sistem analizlerinden sonuçlar elde edilmiştir.
- Bu sonuçlar grafikler halinde sunulmuştur.

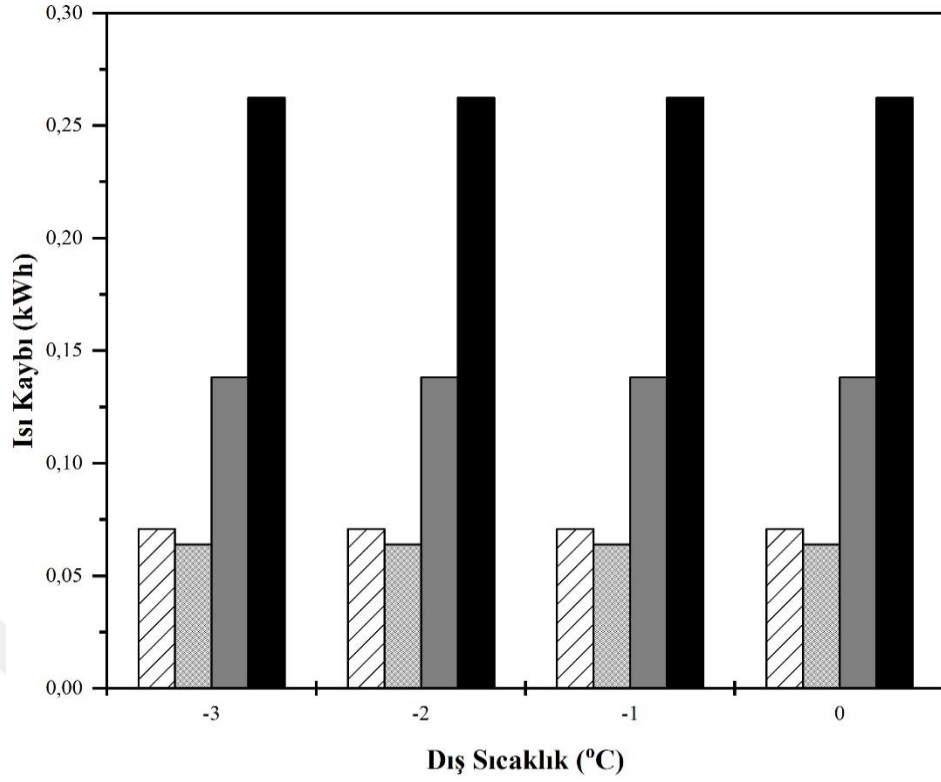
4.2. Klasik Yönteme Göre Sistem Analiz Sonuçları

Klasik ısı kaybı hesaplama yöntemi ile yapılan analizlerde temelde iç ortam sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı, ofisin binadaki konumu, yapı elemanlarının ısı iletim katsayısı ve ofis kullanım alanı gibi parametreler enerji performansını etkilemektedir.

Günümüzde Türkiye’de başvuru alan klasik ısı kaybı hesaplama yöntemine göre ısı yükü hesabında etkili parametre sıcaklık farkı değeridir ve ısıtılan mahallerle bitişik olan iç duvar, iç kapı, tavan, taban gibi yapı elemanlarından ısı geçişleri ihmal edilmektedir.

Klasik ısı kaybı hesaplama yöntemine göre her bir ofise ait ısı kaybı değerleri hesaplanmış, yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

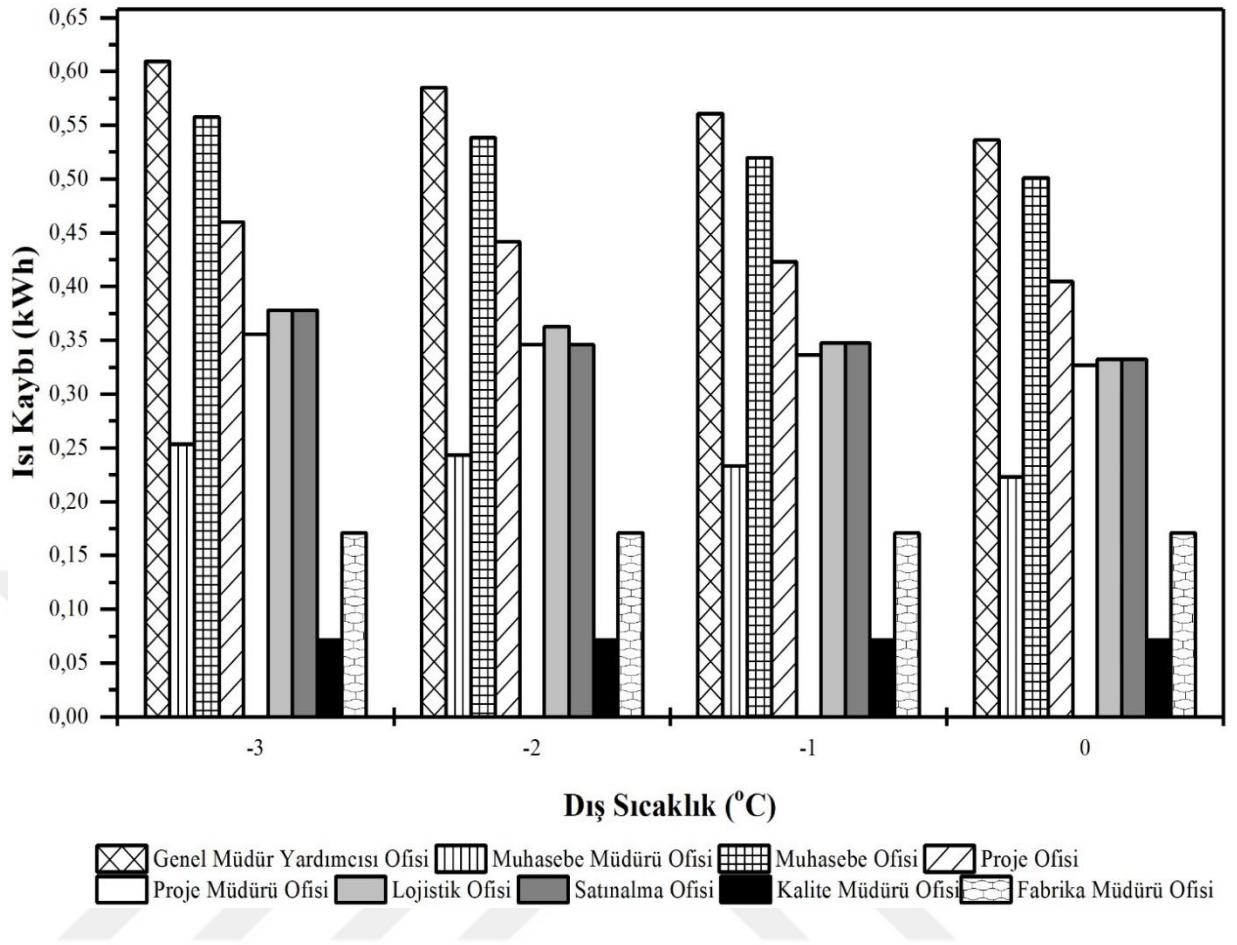
Ofis iç ortam sıcaklığı +22°C, üretim alanı bölümünün +18°C ve dış ortam iklim sıcaklığının -3°C olduğu kabulü doğrultusunda idari bina zemin katındaki ofislerin klasik ısı kaybı hesaplama yöntemiyle bulunmuş ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Zemin kat ofislerinin farklı dış hava sıcaklıkları için hesaplanmış ısı kayıpları.

İdari bina zemin kat ofislerinin tamamı fabrika üretim alanına açılmaktadır. İdari binanın Kuzey-Doğu cephelerinde yer almaktadırlar. Dış ortam ile doğrudan bağlantılı bir cepheleri yoktur, sadece fabrika üretim alanı ile zemin kat ofisleri arasında ısı geçişi olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca zemin katın alt katı depolama alanı olarak kullanılmaktadır. Isı kaybı hesaplamalarında ofislerin iç ortam sıcaklığı +22°C, fabrika üretim alanı yani dış ortam sıcaklığı yine +18°C olarak kabul edilmiştir. Klasik ısı kaybı hesaplama yöntemine göre elde edilen sonuçlarda zemin katta en fazla ısı kaybının İmalat Ofisinde, en az ısı kaybının Kalite Ofisinde gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

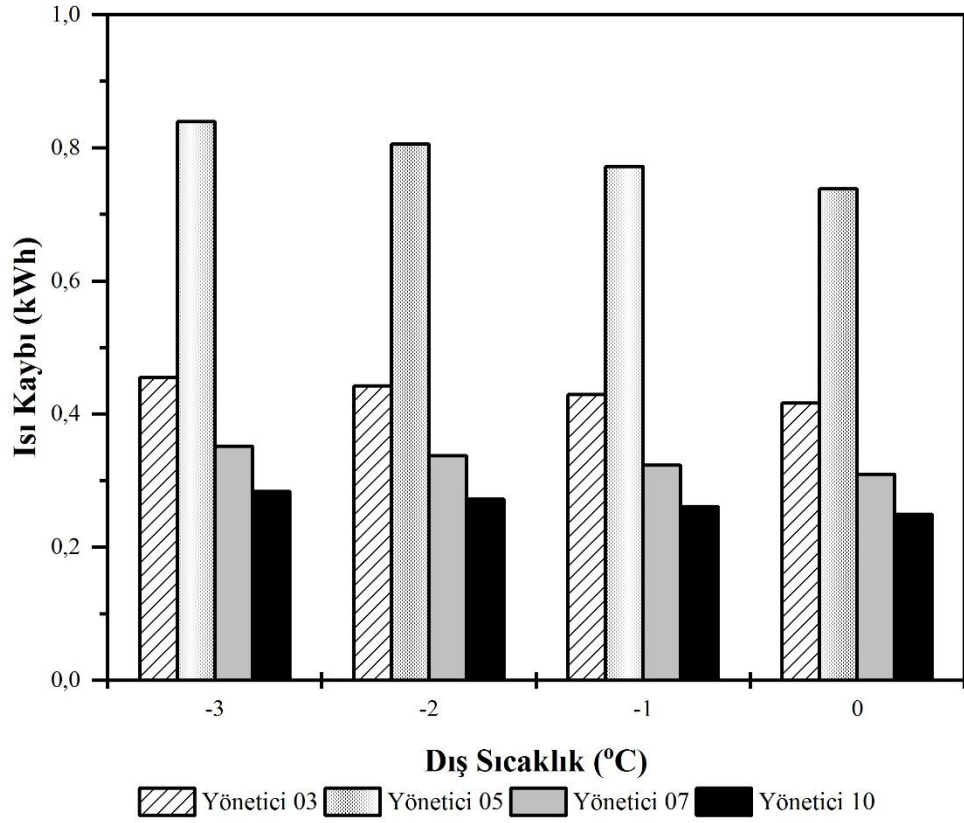
Ofis iç ortam sıcaklığı +22°C, üretim alanı bölümünün +18°C ve dış ortam iklim sıcaklığının -3°C olduğu kabulü doğrultusunda idari bina birinci katındaki ofislerin klasik ısı kaybı hesaplama yöntemiyle bulunmuş ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Birinci kat ofislerinin farklı dış hava sıcaklıkları için hesaplanmış ısı kayıpları.

Klasik ısı kaybı hesaplama yöntemine göre elde edilen sonuçlarda birinci katta en fazla ısı kaybının Genel Müdür Yardımcısı Ofisinde, en az ısı kaybının Fabrika Müdürü Ofisinde gerçekleştiği sonucuna varılmıştır. Diğer ofislerde dış ortam sıcaklığın artırılmasıyla ısı kaybı değerlerinin düştüğü belirlenmiştir. Fabrika müdürü ofisinin binadaki konumu incelendiğinde iki cephesinin fabrika üretim alanına açıldığı, diğer iki cephesinin idari bina içinde kaldığı mimari plandan görülmektedir. Bu ofisin dış ortam ile bağlantısı bulunmadığından, hesaplamalarda dış ortam sıcaklığının değişimiyle ısı kaybı değerinin sabit kaldığı tespit edilmiştir.

Ofis iç ortam sıcaklığı +22°C, üretim alanı bölümünün +18°C ve dış ortam iklim sıcaklığının -3°C olduğu kabulü doğrultusunda idari bina ikinci katındaki ofislerin klasik ısı kaybı hesaplama yöntemiyle bulunmuş ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. İkinci kat ofislerinin farklı dış hava sıcaklıkları için hesaplanmış ısı kayıpları.

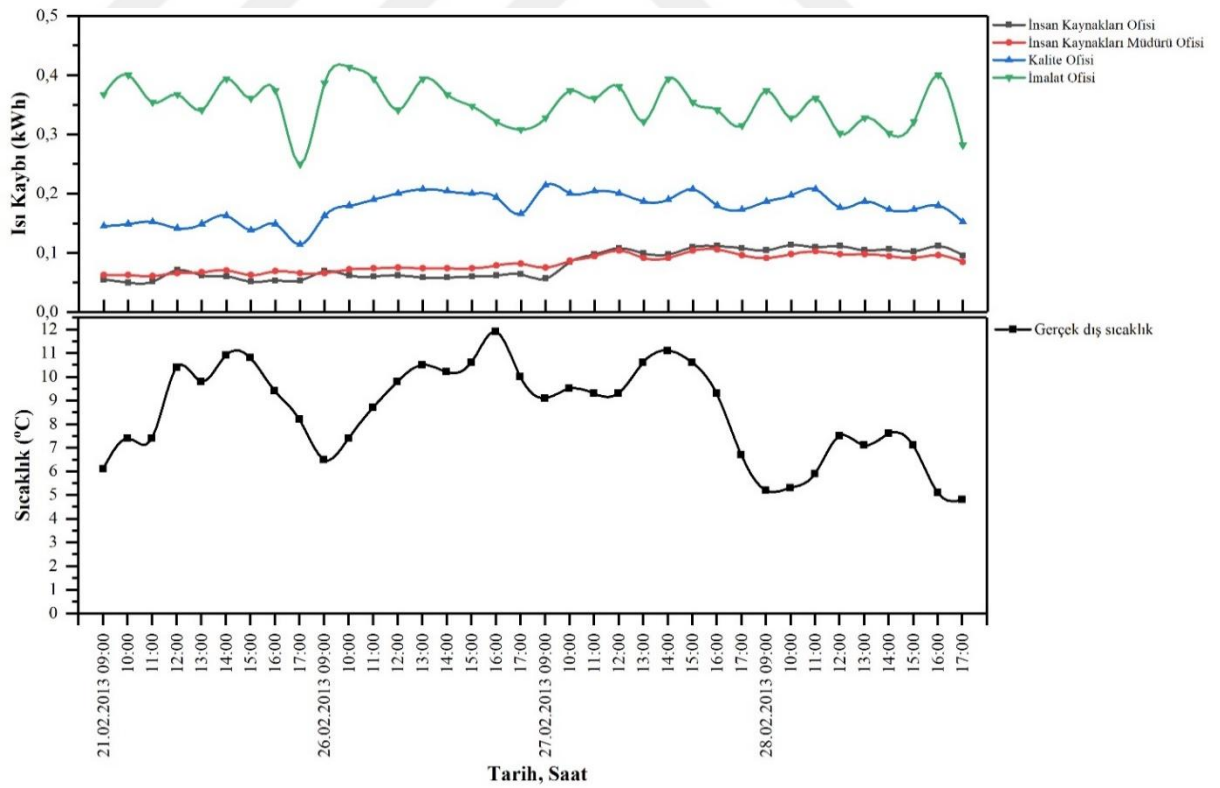
Klasik ısı kaybı hesaplama yöntemine göre elde edilen sonuçlarda ikinci katta en fazla ısı kaybının Yönetici 05 Ofisinde, en az ısı kaybının Yönetici 10 Ofisinde gerçekleştiği sonucuna varılmıştır. Dış ortam sıcaklığının artmasıyla bu kattaki tüm ofislerin ısı kaybı değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Yönetici 05 Ofisinin dış ortama bakan cepheleri Güney-Batı yönelimlidir. Bu ofis birinci katta bulunan Genel Müdür Yardımcısı Ofisi ile yatayda aynı hizadadır. Bu iki ofisin de iç ortam ısı davranışı birbirine benzemektedir. Yönetici 10 Ofisinin dış ortam ile bağlantılı tek cephesi Batı yönünde kalmaktadır. Statik yöntem ile yapılan hesaplamada bu cephedeki cam yüzeyi ısı kaybına yol açmaktadır.

4.3. Statik Yönteme Göre Sistem Analiz Sonuçları

Statik yöntemlerle yapılan analizlerde mekana ait bütün yüzeylerin etkisi hesaplamalara dahil edilememektedir. Ayrıca statik yöntem kullanılarak yapılan hesaplamalarda detaylı dinamik simülasyon yöntemi kadar ayrıntılı sonuçlara ulaşmak mümkün değildir.

Çalışmanın bu kısmında idari bina ofislerinin ısı kaybı değerleri belirlenirken statik yönteme göre hesaplamalar yapılmış ve hesaplamalardan elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Statik yöntem ile yapılan ofis bazında ısı kaybı değerlerinin hesaplanmasında bina yönetim sistemi üzerinden eş zamanlı ölçülmüş gerçek dış ortam sıcaklığı ve ofis iç ortam sıcaklığı değerleri kullanılmıştır.

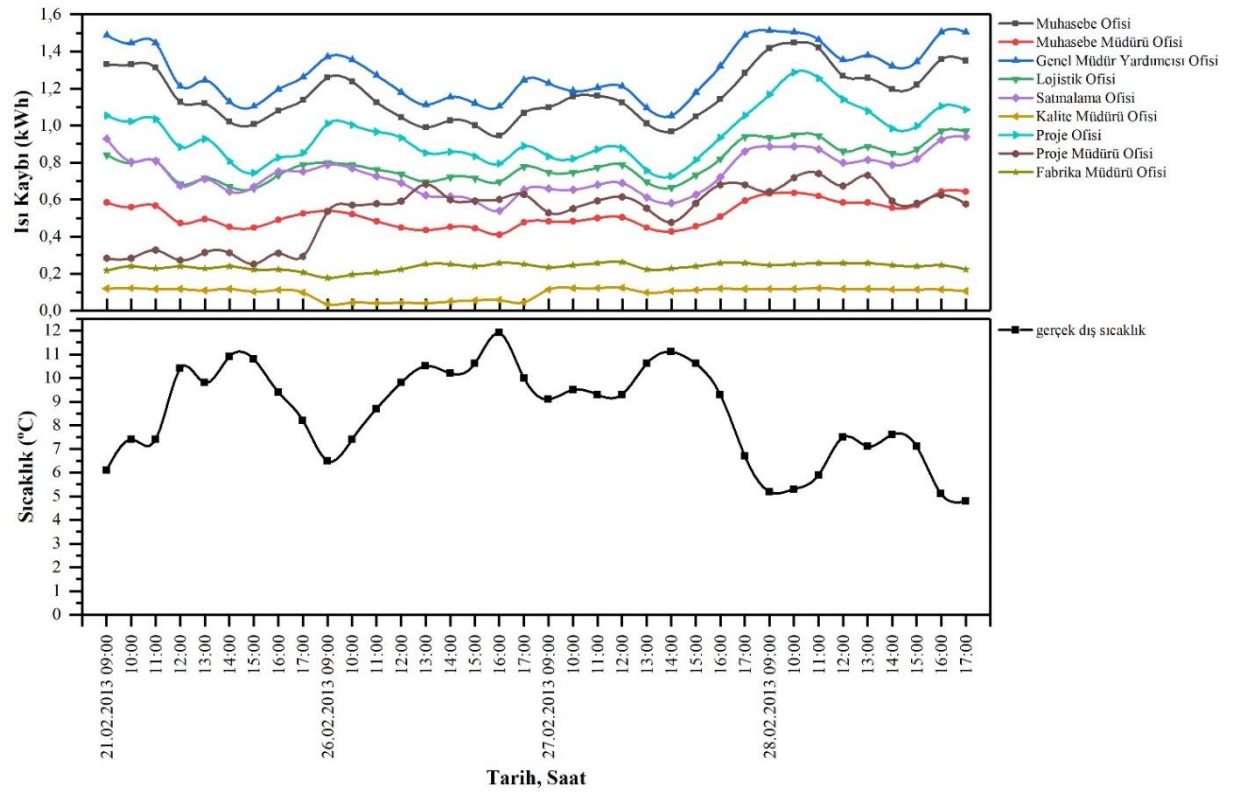
İdari bina zemin katındaki ofislerin 2013 yılı Şubat ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Şubat 2013 için zemin kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Şubat ayında zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Zemin kat ofislerinin tamamı binanın iç kısmında kalmaktadır. Bu kattaki tüm ofisler fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dış ortam ile bağlantılı ofis bulunmamaktadır. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle tüm hesaplamalar yapılmıştır. Dolayısıyla ofislerin ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir.

İdari bina birinci katındaki ofislerin 2013 yılı Şubat ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntem ile hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



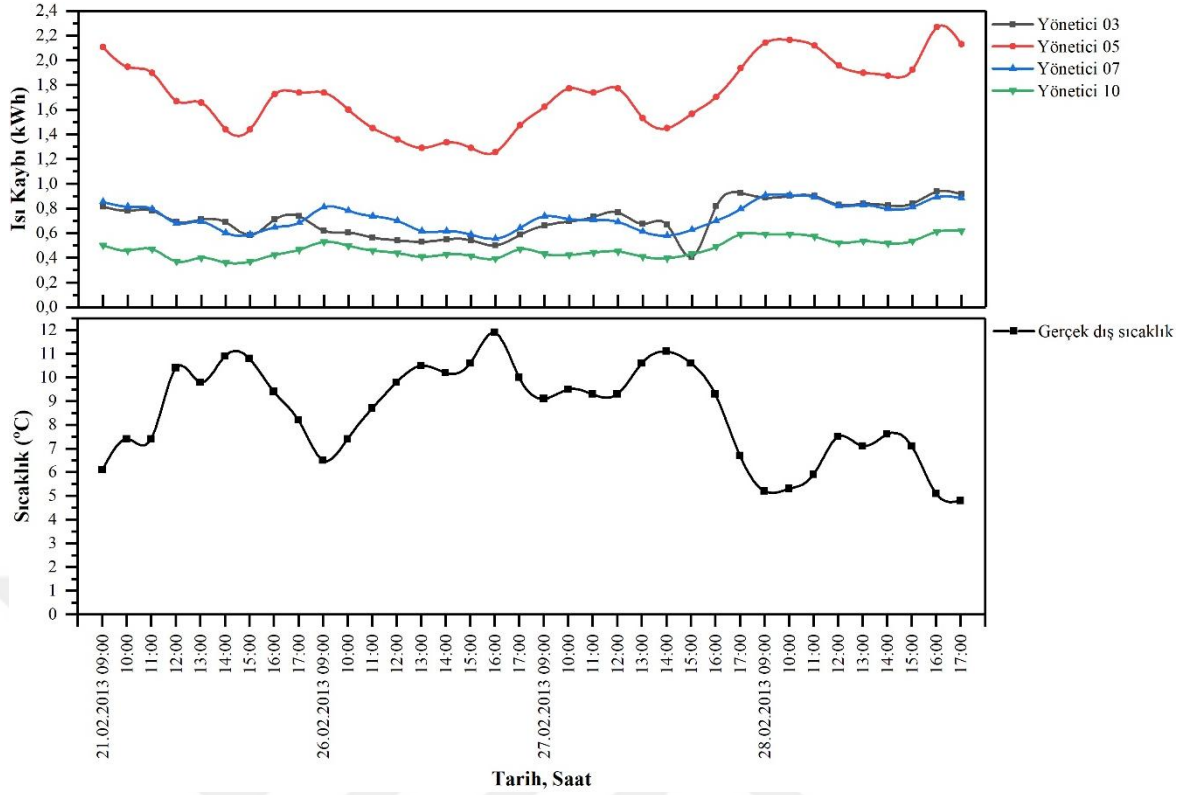
Şekil 4.5. Şubat 2013 için birinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Şubat ayında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Genel Müdür Yardımcısı Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Birinci kat ofislerinden Kalite Müdürü Ofisi binanın iç kısmında kalmaktadır.

Kalite Müdürü Ofisi fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla bu ofis ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle tüm hesaplamalar yapılmıştır. Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin Güney ve Batı yönündeki cepheleri dış ortam ile bağlantılı olup dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden etkilenmektedir.

İdari bina ikinci katındaki ofislerin 2013 yılı Şubat ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

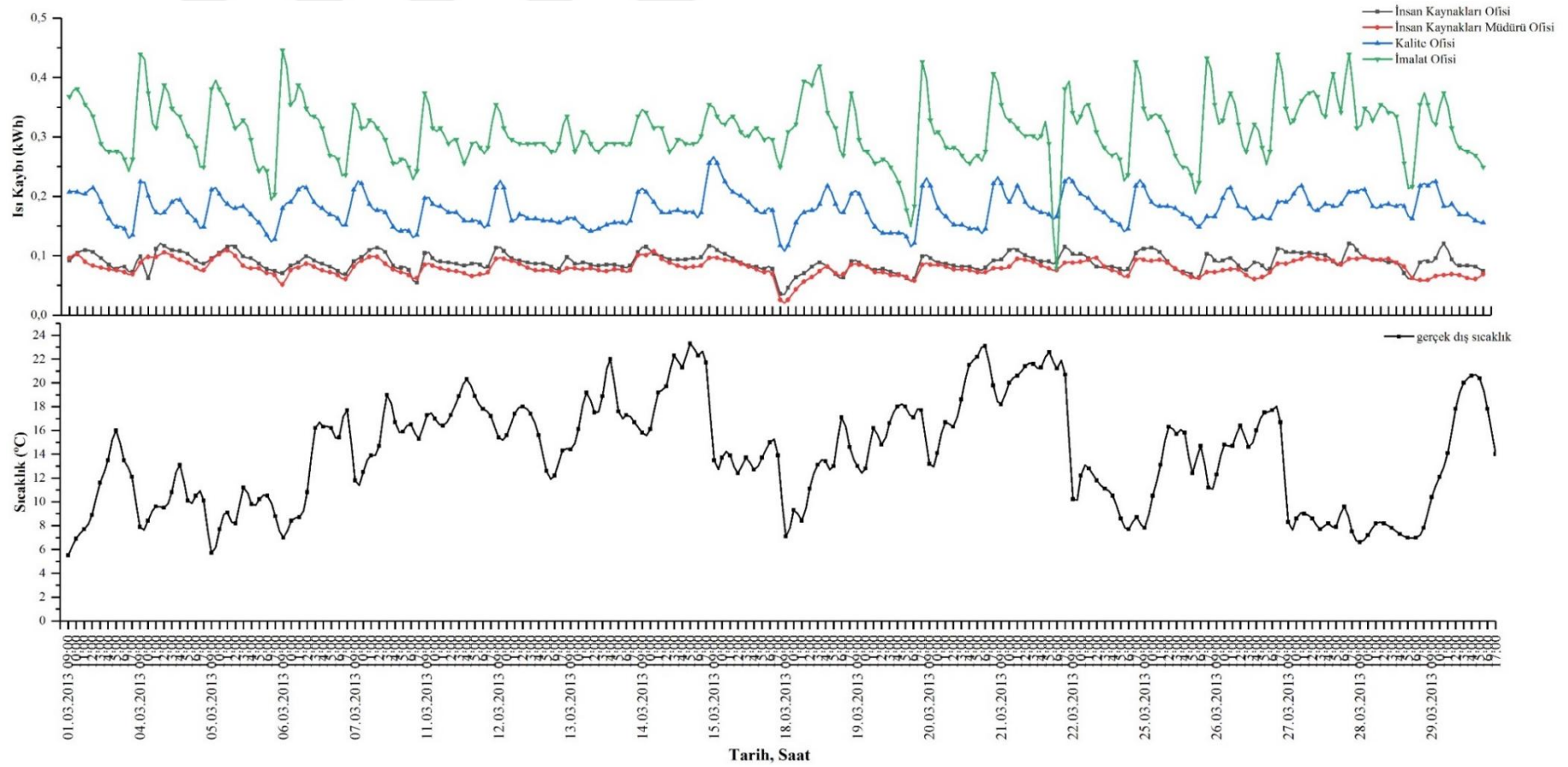




Şekil 4.6. Şubat 2013 için ikinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Şubat ayında ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Yönetici 05 Ofisinde, en az ısı kaybı ise Yönetici 10 Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. İkinci kat ofislerinden Yönetici 05 Ofisi binanın Güney-Batı cephesinde ve Genel Müdür Yardımcısı ofisinin üst katında yer almaktadır Yönetici 10 Ofisinin dış ortama bakan cephesi Batı yönelimlidir. Her iki ofisin de ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmektedir.

İdari bina zemin katındaki ofislerin 2013 yılı Mart ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntem ile hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

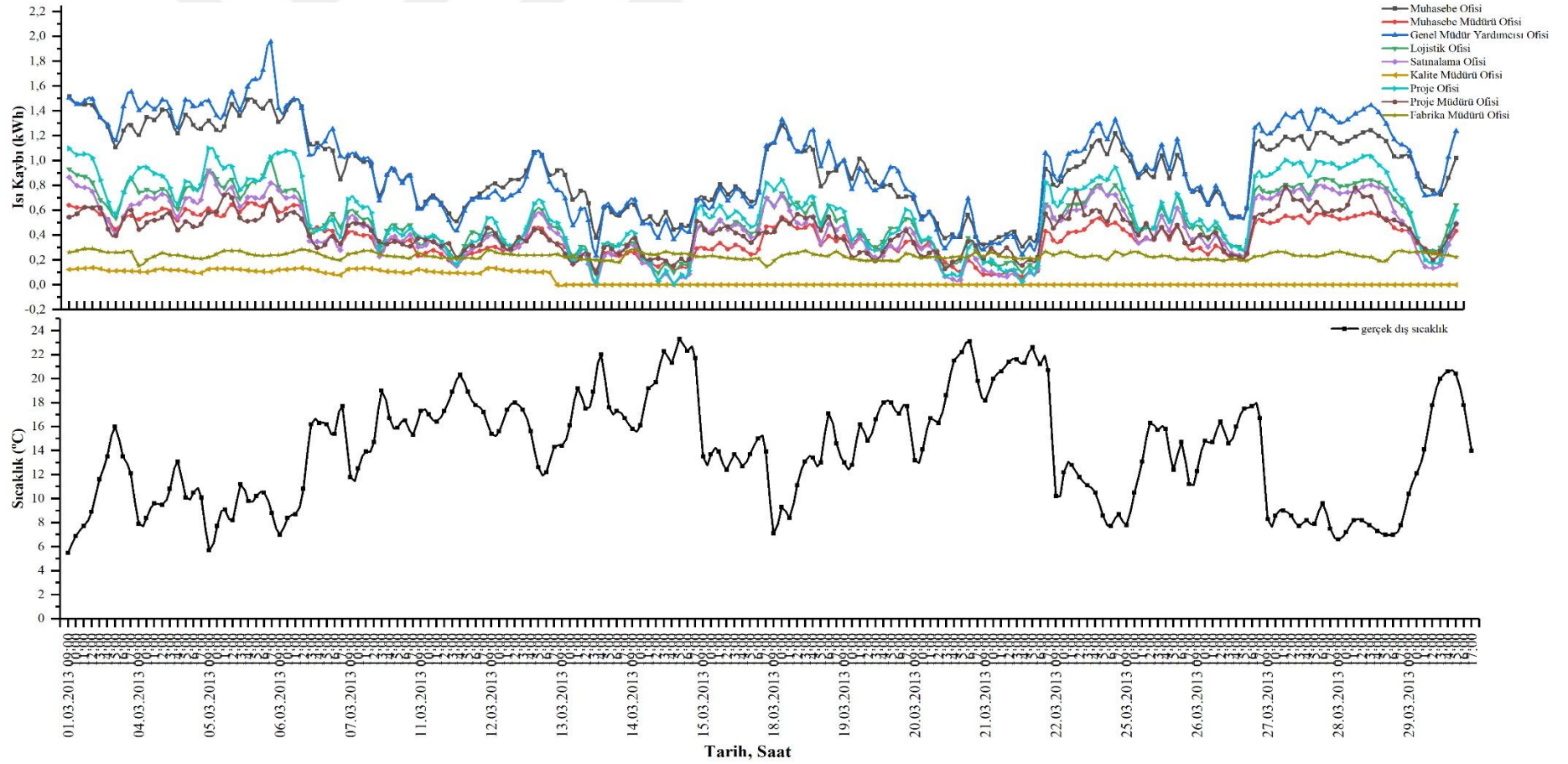


Şekil 4.7. Mart 2013 için zemin kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Mart ayında zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Zemin kat ofislerinin tamamı binanın iç kısmında kalmaktadır. Bu kattaki tüm ofisler fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dış ortam ile bağlantılı ofis bulunmamaktadır. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle tüm hesaplamalar yapılmıştır. Dolayısıyla ofislerin ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir.

İdari bina birinci katındaki ofislerin 2013 yılı Mart ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği şekil 4.8’de gösterilmiştir.

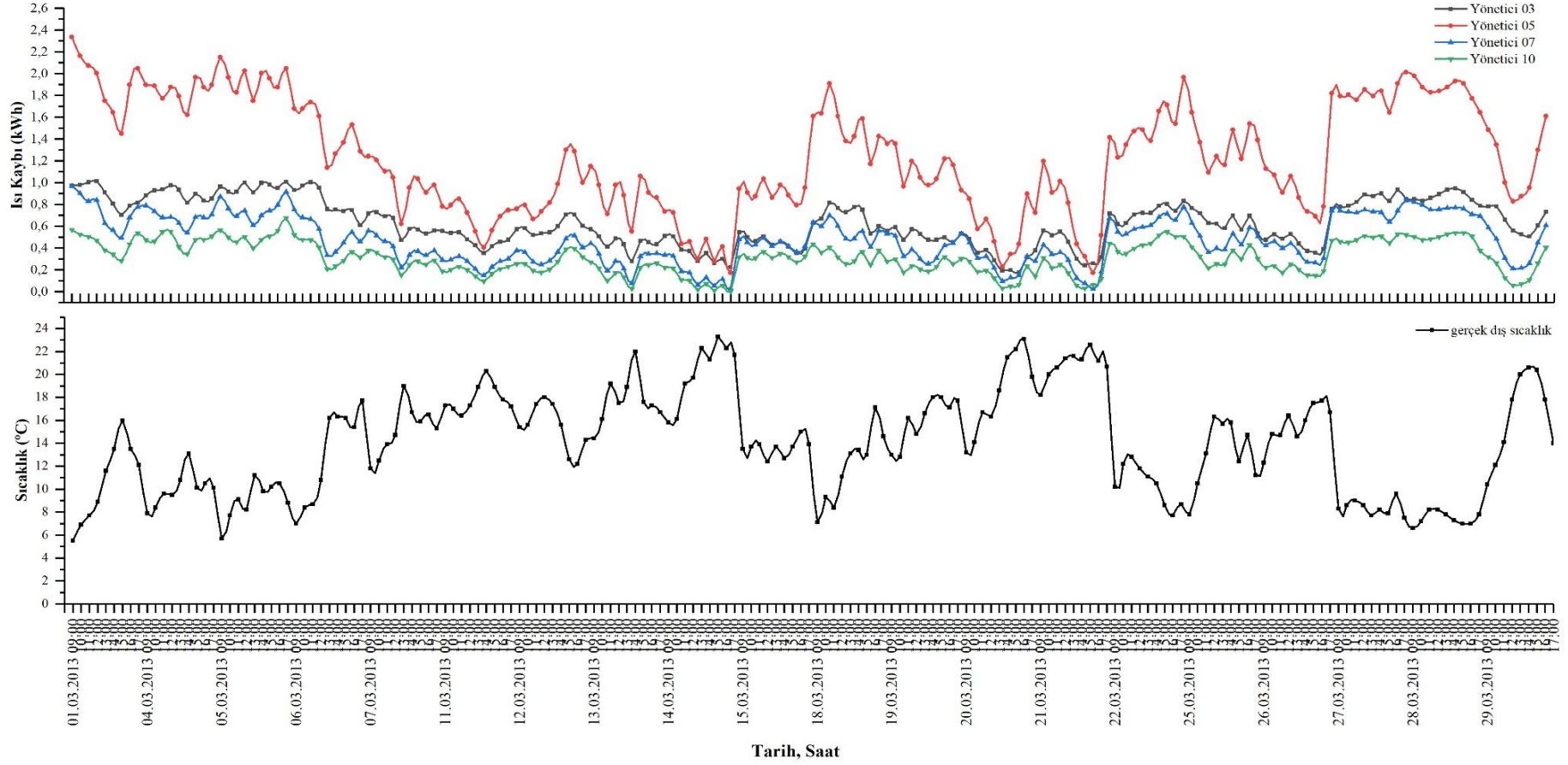




Şekil 4.8. Mart 2013 için birinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Mart ayında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Genel Müdür Yardımcısı Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Birinci kat ofislerinden Kalite Müdürü Ofisi binanın iç kısmında kalmaktadır. Kalite Müdürü Ofisi fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla bu ofis ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle tüm hesaplamalar yapılmıştır. Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin Güney ve Batı yönündeki cepheleri dış ortam ile bağlantılı olup dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden etkilenmektedir.

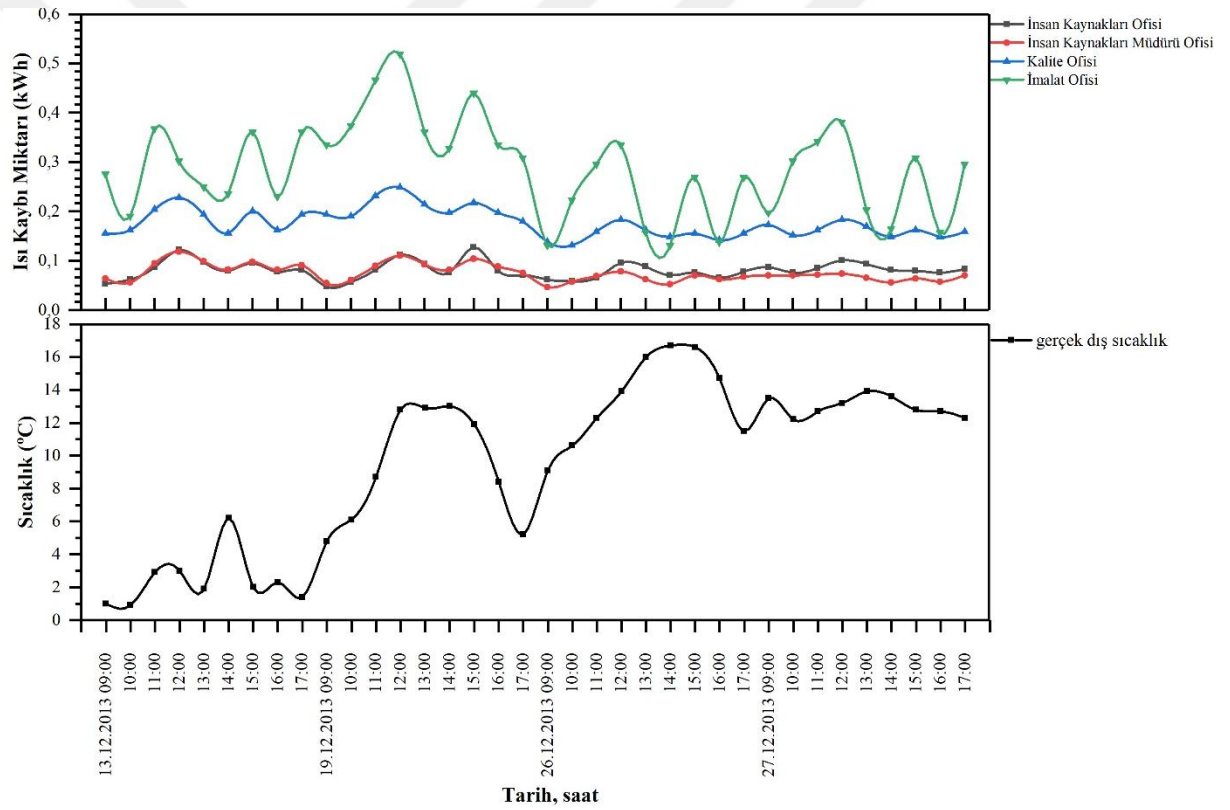
İdari bina ikinci katındaki ofislerin 2013 yılı Mart ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Mart 2013 için ikinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Mart ayında ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Yönetici 05 Ofisinde, en az ısı kaybı ise Yönetici 10 Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. İkinci kat ofislerinden Yönetici 05 Ofisi binanın Güney-Batı cephesinde ve Genel Müdür Yardımcısı ofisinin üst katında yer almaktadır Yönetici 10 Ofisinin dış ortama bakan cephesi Batı yönelimlidir. Her iki ofisin de ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmektedir.

İdari bina zemin katındaki ofislerin 2013 yılı Aralık ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

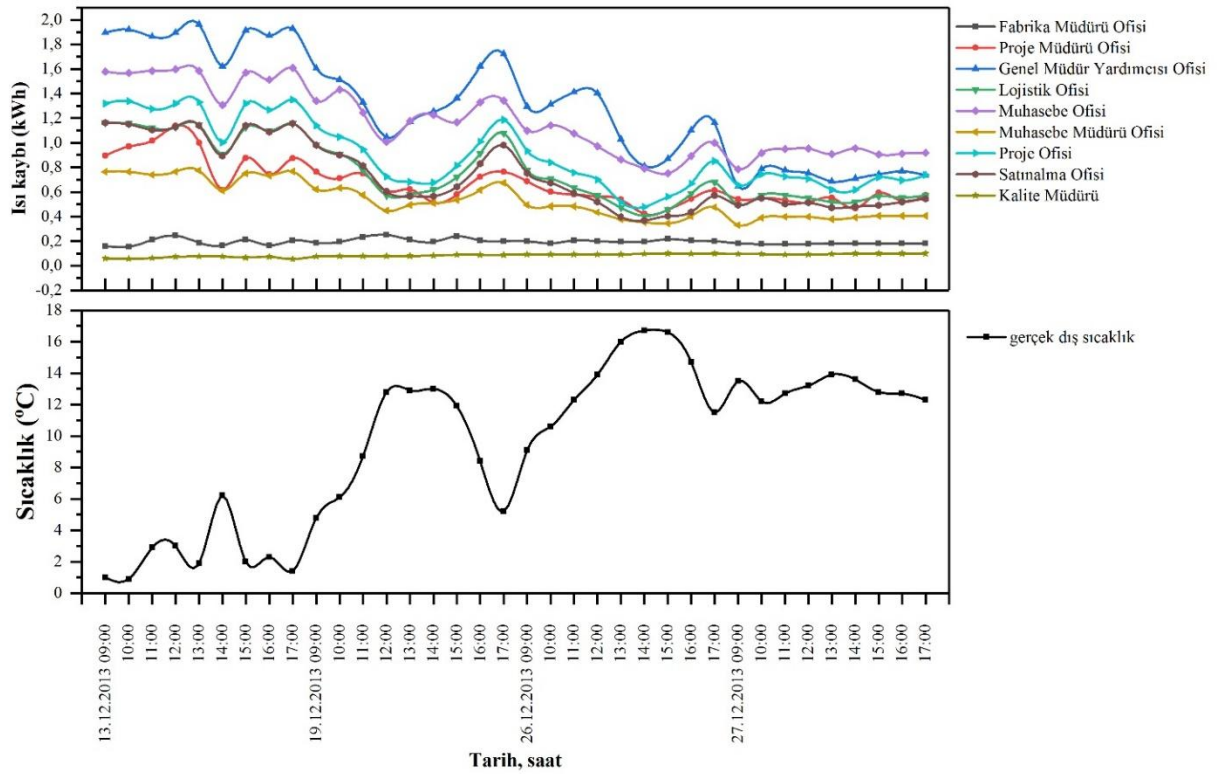


Şekil 4.10. Aralık 2013 için zemin kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Aralık ayında zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Müdürü Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu kattaki tüm ofisler binanın iç kısmında kalmaktadır. Dolayısıyla bu kattaki tüm ofisler dış ortam sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Diğer

yandan İmalat Ofisinin Kuzey ve Doğu cepheleri fabrika üretim alanına açılmaktadır. Bu ofis hariç tüm ofislerin tek cepheleri fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Fabrika üretim alanının iç ortam sıcaklığı +18°C kabulüyle hesaplamalar yapılmıştır.

İdari bina birinci katındaki ofislerin 2013 yılı Aralık ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



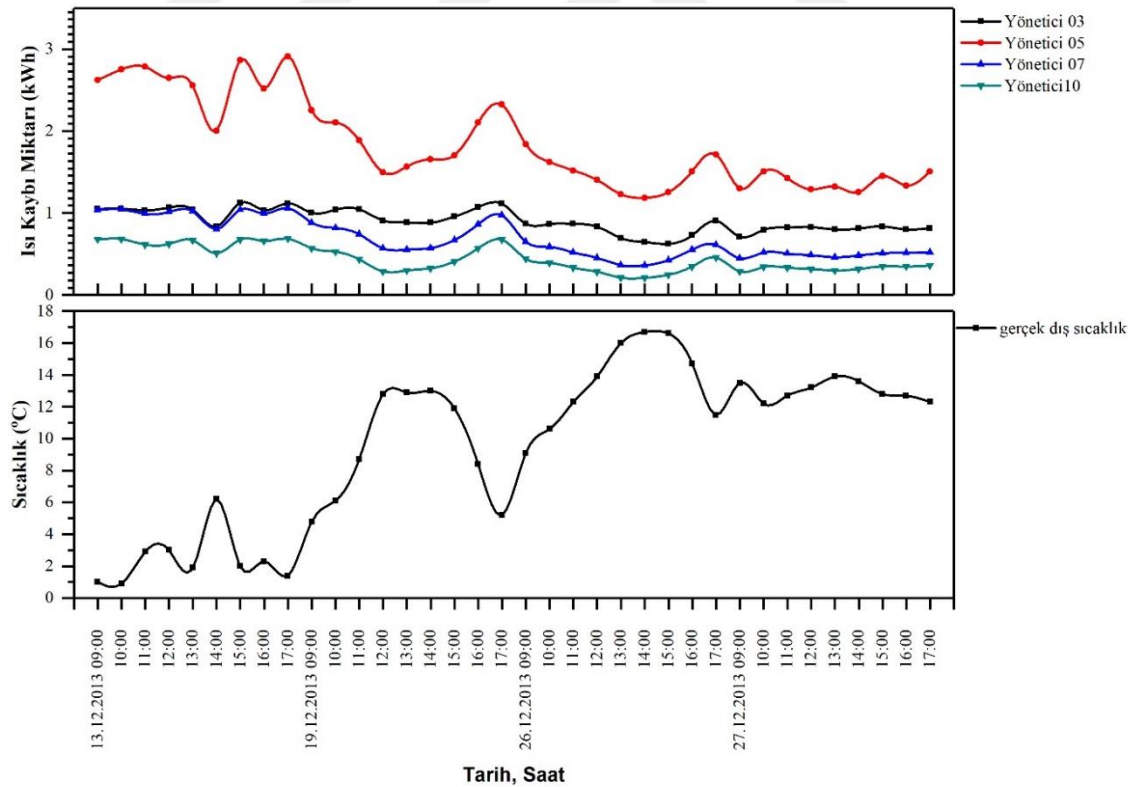
Şekil 4.11. Aralık 2013 için birinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

Isı kaybı değerlerinin dış ortam sıcaklığıyla ters orantılı bir salınım yaptığı grafikten görülmektedir. Dış ortam sıcaklığının artmasıyla ofislerdeki ısı kaybının azaldığı yapılan analiz sonucunda belirlenmiştir. Statik yöntemle yapılan analizde ısı yükünü aynı anda etkileyen iki değişken parametre vardır. Bu parametrelerden birinin iç ortam sıcaklığı diğerinin ise dış ortam sıcaklığı olduğu tespit edilmiştir. Güney-Batı yönelimli bir ofis olmasından kaynaklı gün boyu güneş ışınımından etkilenmesi, gün içinde ısıtma sisteminin çalışma saatlerindeki değişkenliği ve sisteme kullanıcının

müdahale edebilmesi ısı kaybı değerlerinin Genel Müdür Yardımcısı ofisinde diğer ofislerden farklı salınım göstermesine sebep olmuştur.

2013 yılı Aralık ayında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Genel Müdür Yardımcısı Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Birinci kat ofislerinden Kalite Müdürü Ofisi binanın iç kısmında kalmaktadır. Kalite Müdürü Ofisi fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla bu ofis ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı $+18^{\circ}\text{C}$ kabulüyle tüm hesaplamalar yapılmıştır. Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin Güney ve Batı yönündeki cepheleri dış ortam ile bağlantılı olup dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden etkilenmektedir.

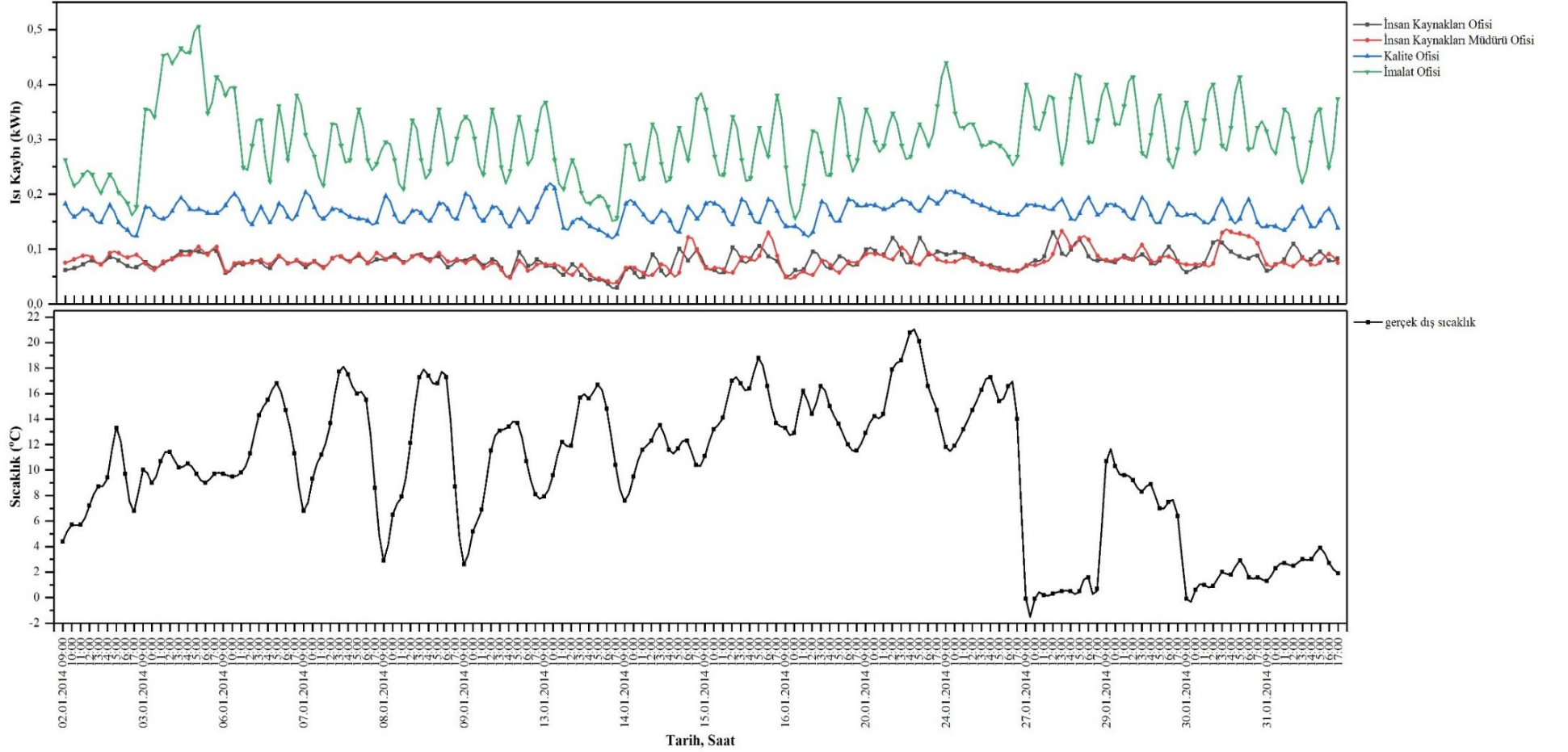
İdari bina ikinci katındaki ofislerin 2013 yılı Aralık ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



2013 yılı Aralık ayında ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Yönetici 05 Ofisinde, en az ısı kaybı ise Yönetici 10 Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. İkinci kat ofislerinden Yönetici 05 Ofisi binanın Güney-Batı cephesinde ve Genel Müdür Yardımcısı ofisinin üst katında yer almaktadır Yönetici 10 Ofisinin dış ortama bakan cephesi Batı yönelimlidir. Her iki ofisin de ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmektedir.

İdari bina zemin katındaki ofislerin 2014 yılı Ocak ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



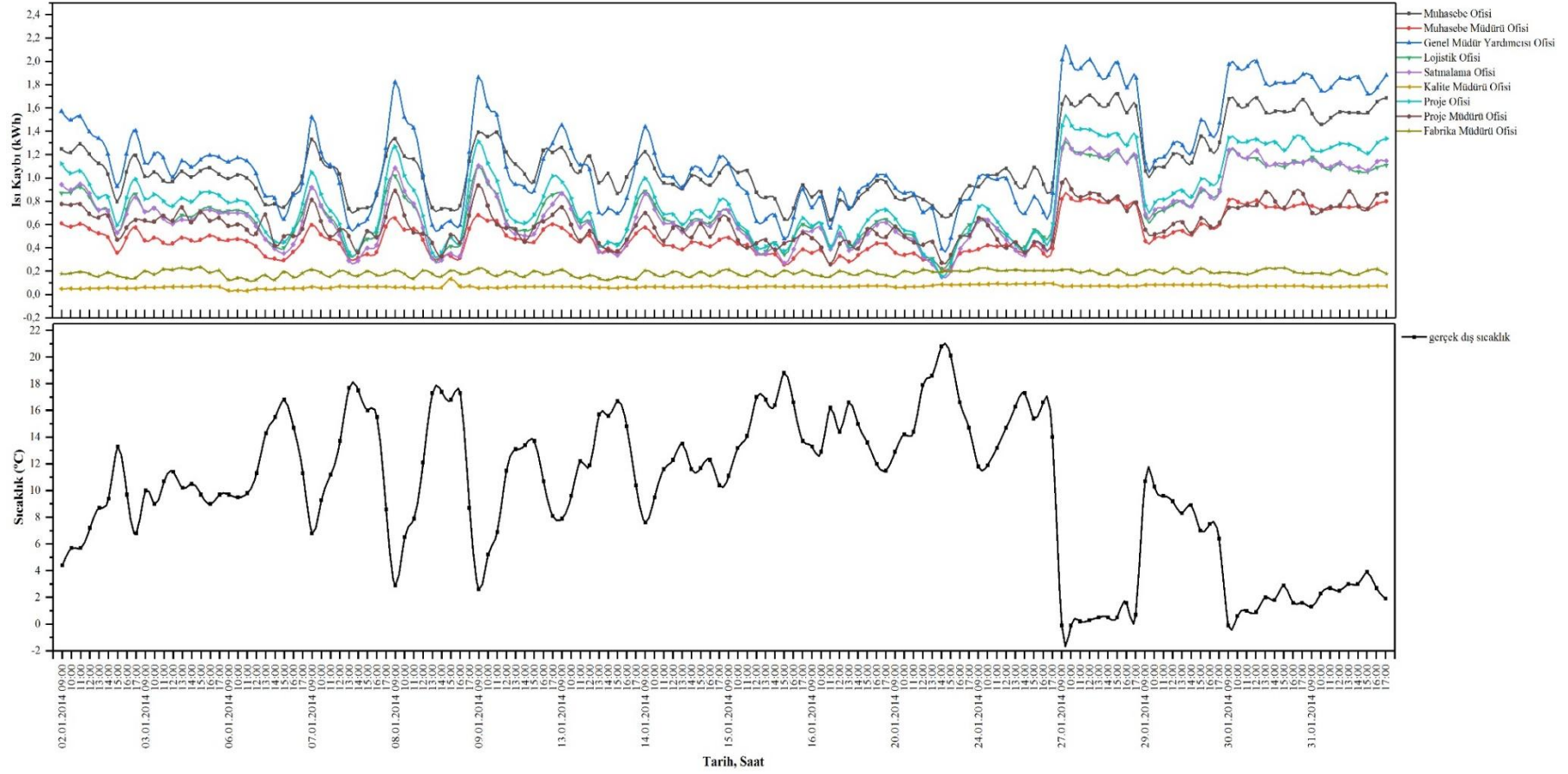


Şekil 4.13. Ocak 2014 için zemin kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Ocak ayında zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu kattaki tüm ofisler binanın iç kısmında kalmaktadır. Dolayısıyla bu kattaki tüm ofisler dış ortam sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Diğer yandan İmalat Ofisinin Kuzey ve Doğu cepheleri fabrika üretim alanına açılmaktadır. Bu ofis hariç tüm ofislerin tek cepheleri fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Fabrika üretim alanının iç ortam sıcaklığı +18°C kabulüyle hesaplamalar yapılmıştır.

İdari bina birinci katındaki ofislerin 2014 yılı Ocak ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.14’de gösterilmiştir.

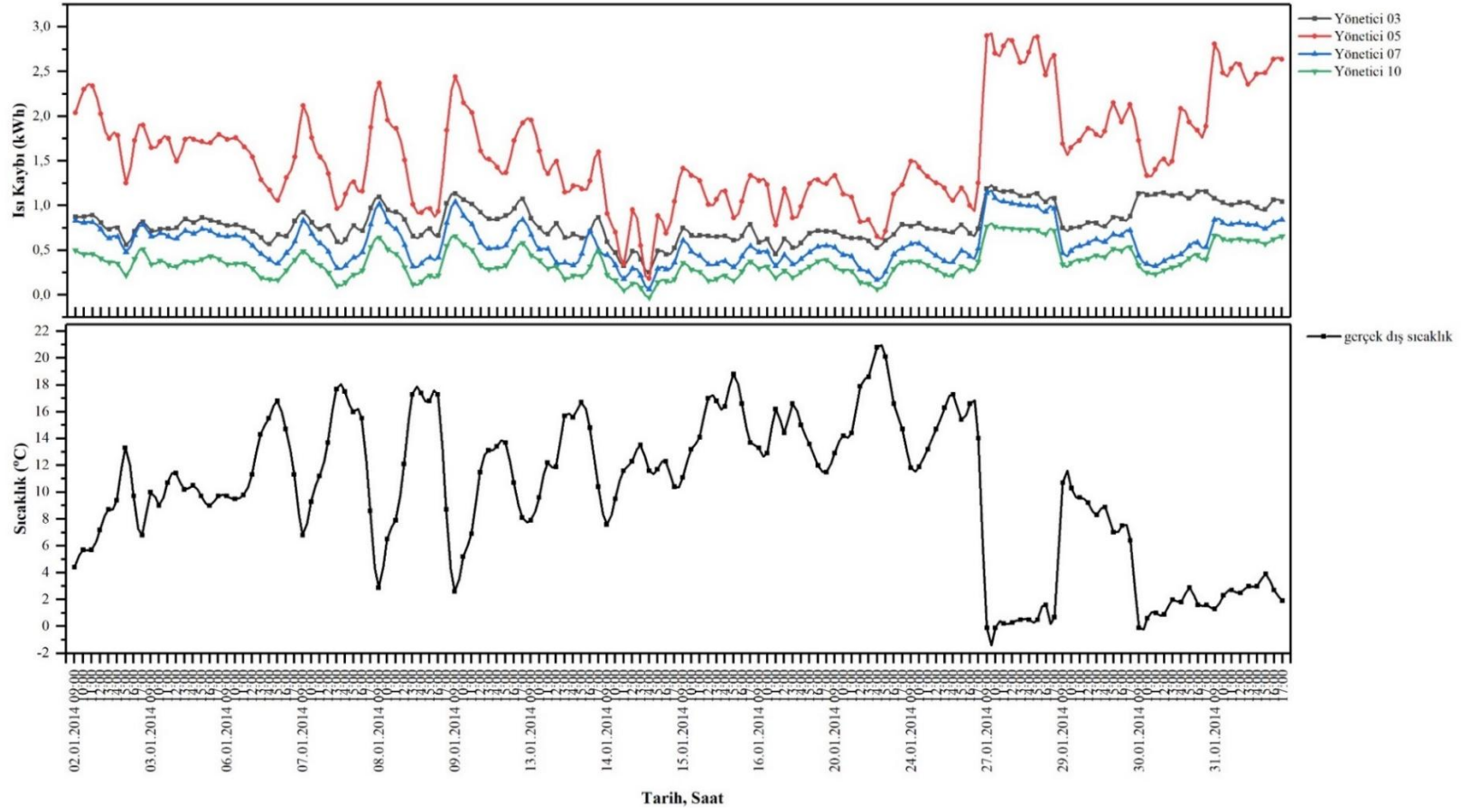




Şekil 4.14. Ocak 2014 için birinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Ocak ayında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Genel Müdür Yardımcısı Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Birinci kat ofislerinden Kalite Müdürü Ofisi binanın iç kısmında kalmaktadır. Kalite Müdürü Ofisi fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla bu ofis ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle tüm hesaplamalar yapılmıştır. Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin Güney ve Batı yönündeki cepheleri dış ortam ile bağlantılı olup dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden etkilenmektedir.

İdari bina ikinci katındaki ofislerin 2014 yılı Ocak ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.15’de gösterilmiştir.

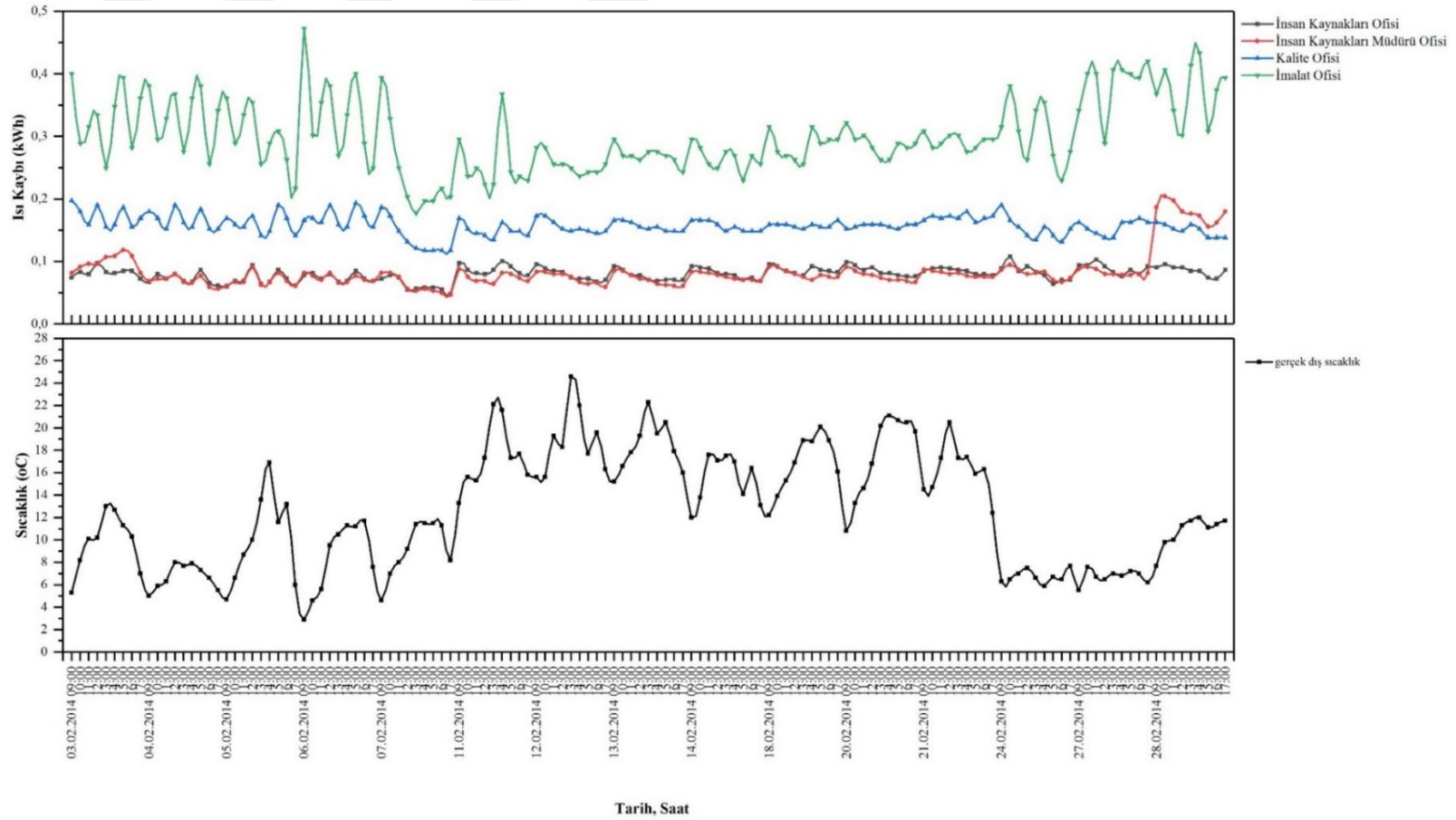


Şekil 4.15. Ocak 2014 için ikinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Ocak ayında ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Yönetici 05 Ofisinde, en az ısı kaybı ise Yönetici 10 Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. İkinci kat ofislerinden Yönetici 05 Ofisi binanın Güney-Batı cephesinde ve Genel Müdür Yardımcısı ofisinin üst katında yer almaktadır Yönetici 10 Ofisinin dış ortama bakan cephesi Batı yönelimlidir. Her iki ofisin de ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmektedir.

İdari bina zemin katındaki ofislerin 2014 yılı Şubat ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



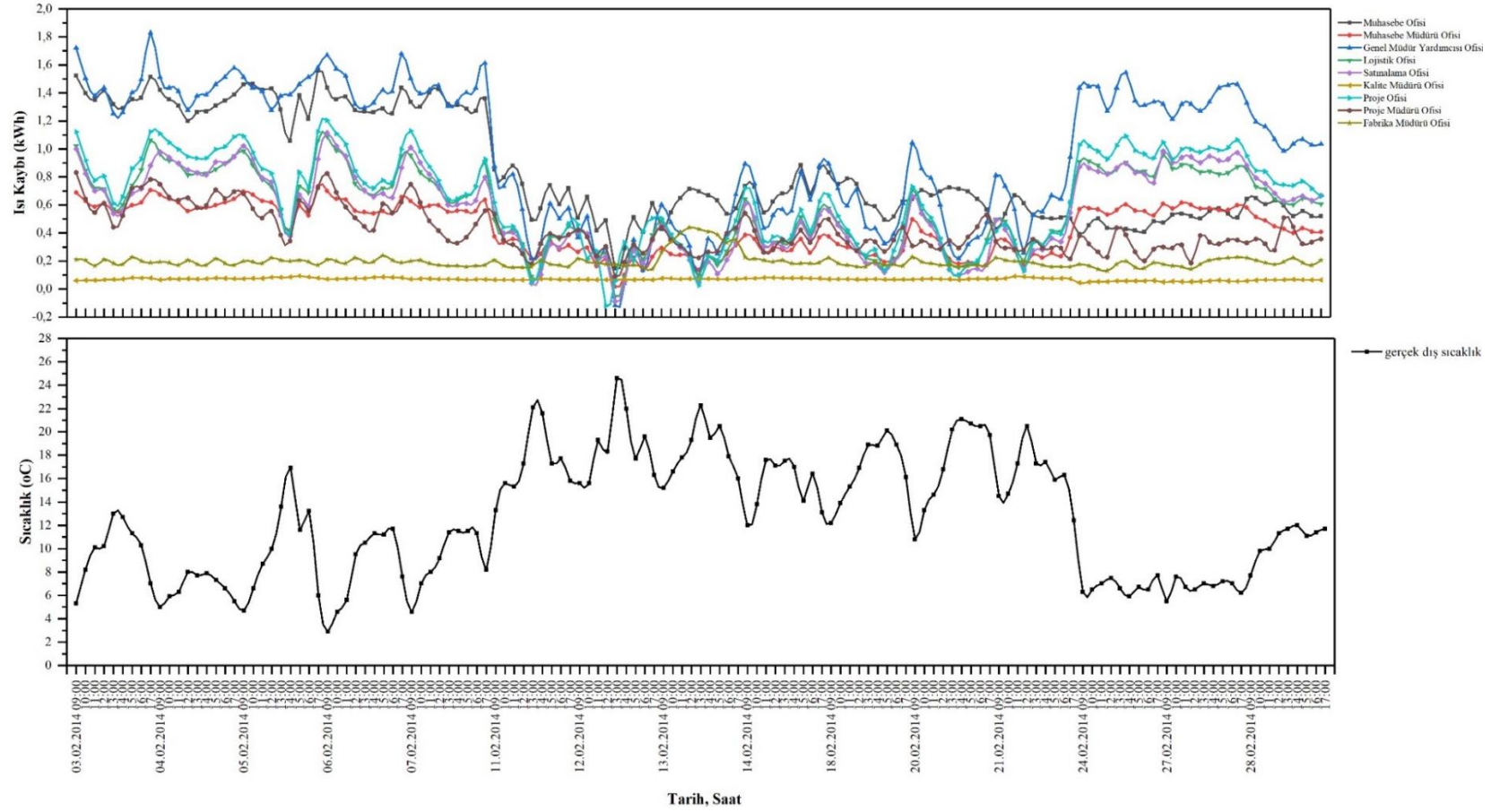


Şekil 4.16. Şubat 2014 için zemin kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Şubat ayında zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Müdürü Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu kattaki tüm ofisler binanın iç kısmında kalmaktadır. Dolayısıyla bu kattaki tüm ofisler dış ortam sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Diğer yandan İmalat Ofisinin Kuzey ve Doğu cepheleri fabrika üretim alanına açılmaktadır. Bu ofis hariç tüm ofislerin tek cepheleri fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Fabrika üretim alanının iç ortam sıcaklığı +18°C kabulüyle hesaplamalar yapılmıştır.

İdari bina birinci katındaki ofislerin 2014 yılı Şubat ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.17’de gösterilmiştir.

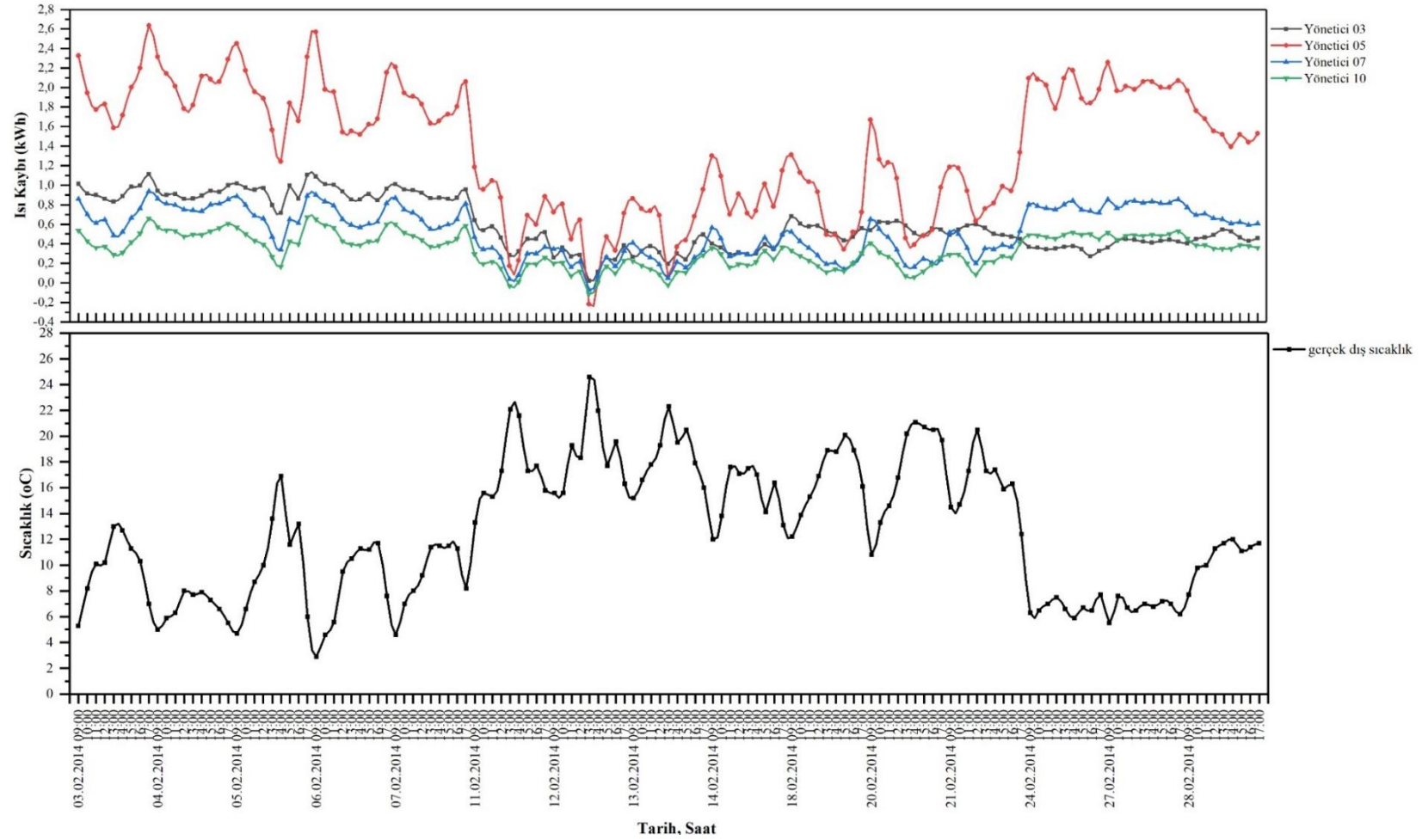




Şekil 4.17. Şubat 2014 için birinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Şubat ayında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Genel Müdür Yardımcısı Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Birinci kat ofislerinden Kalite Müdürü Ofisi binanın iç kısmında kalmaktadır. Kalite Müdürü Ofisi fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla bu ofis ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle tüm hesaplamalar yapılmıştır. Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin Güney ve Batı yönündeki cepheleri dış ortam ile bağlantılı olup dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden etkilenmektedir.

İdari bina ikinci katındaki ofislerin 2014 yılı Şubat ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.18’de gösterilmiştir.

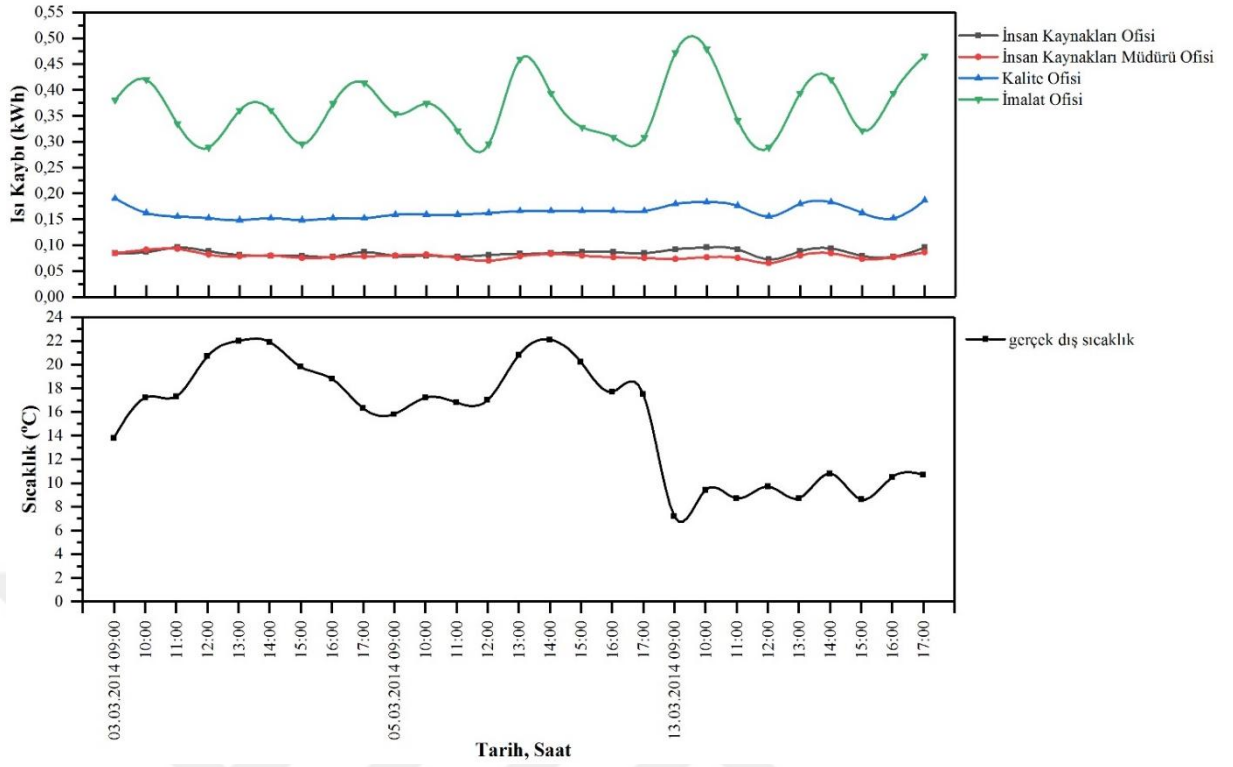


Şekil 4.18. Şubat 2014 için ikinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Şubat ayında ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Yönetici 05 Ofisinde, en az ısı kaybı ise Yönetici 10 Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. İkinci kat ofislerinden Yönetici 05 Ofisi binanın Güney-Batı cephesinde ve Genel Müdür Yardımcısı ofisinin üst katında yer almaktadır Yönetici 10 Ofisinin dış ortama bakan cephesi Batı yönelimlidir. Her iki ofisin de ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmektedir.

İdari bina zemin katındaki ofislerin 2014 yılı Mart ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.19'da gösterilmiştir.

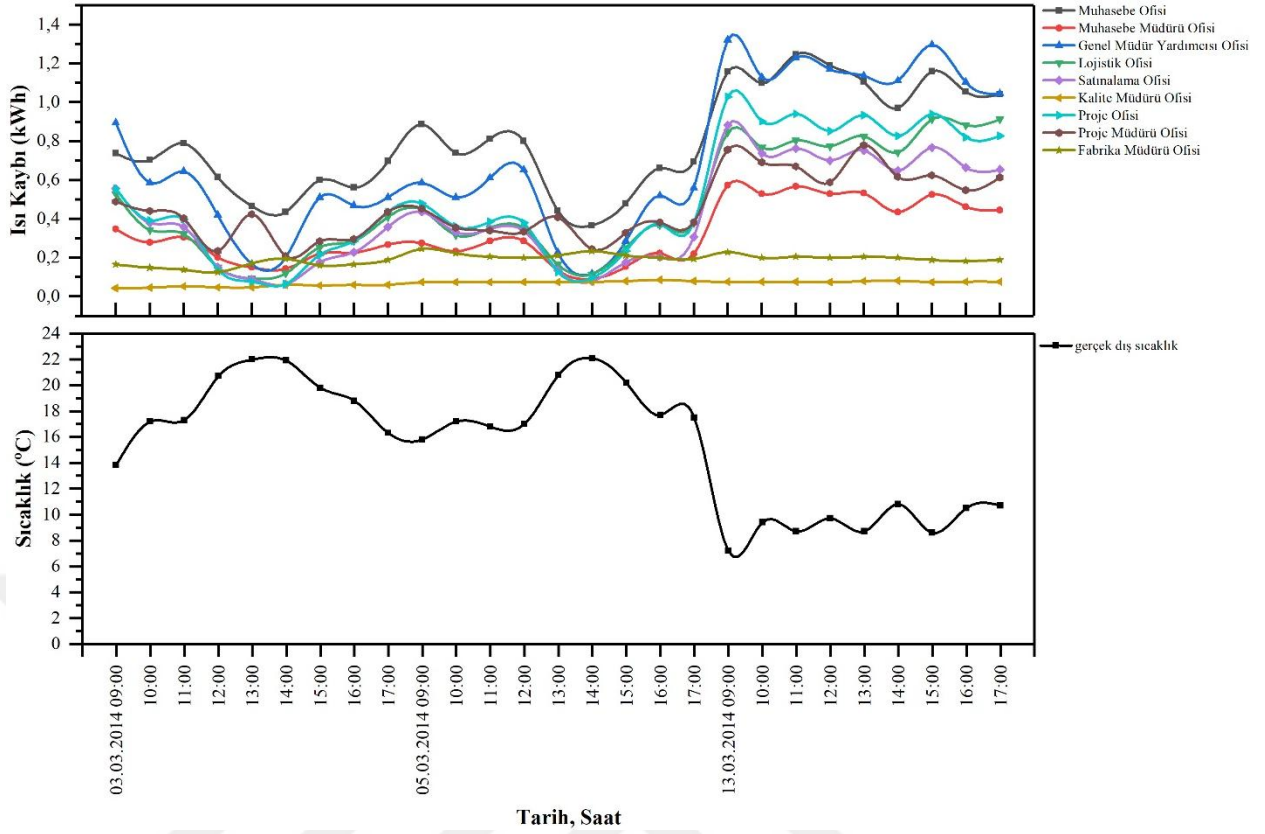




Şekil 4.19. Mart 2014 için zemin kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Mart ayında zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Müdürü Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu kattaki tüm ofisler binanın iç kısmında kalmaktadır. Dolayısıyla bu kattaki tüm ofisler dış ortam sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Diğer yandan İmalat Ofisinin Kuzey ve Doğu cepheleri fabrika üretim alanına açılmaktadır. Bu ofis hariç tüm ofislerin tek cepheleri fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Fabrika üretim alanının iç ortam sıcaklığı +18°C kabulüyle hesaplamalar yapılmıştır.

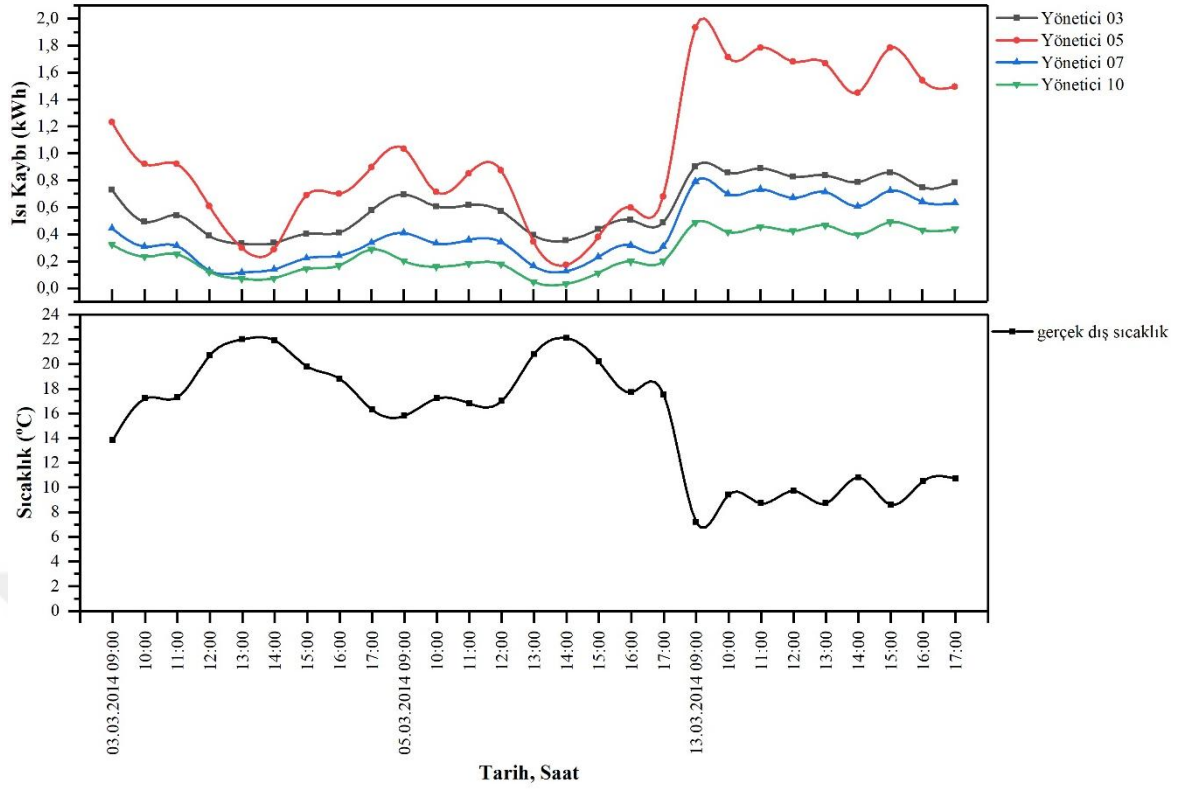
İdari bina birinci katındaki ofislerin 2014 yılı Mart ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.20’de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Mart 2014 için birinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Mart ayında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Genel Müdür Yardımcısı Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Birinci kat ofislerinden Kalite Müdürü Ofisi binanın iç kısmında kalmaktadır. Kalite Müdürü Ofisi fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla bu ofis ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle tüm hesaplamalar yapılmıştır. Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin Güney ve Batı yönündeki cepheleri dış ortam ile bağlantılı olup dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden etkilenmektedir.

İdari bina ikinci katındaki ofislerin 2014 yılı Mart ayı gerçek iç ortam sıcaklığına ve gerçek dış ortam iklim sıcaklığına bağlı statik yöntemle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 4.21’de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Mart 2014 için ikinci kat ofislerinin statik yöntem ile hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Mart ayında ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Yönetici 05 Ofisinde, en az ısı kaybı ise Yönetici 10 Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. İkinci kat ofislerinden Yönetici 05 Ofisi binanın Güney-Batı cephesinde ve Genel Müdür Yardımcısı ofisinin üst katında yer almaktadır Yönetici 10 Ofisinin dış ortama bakan cephesi Batı yönelimlidir. Her iki ofisin de ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmektedir.

Bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen ofis iç ortam sıcaklığı ve dış ortam iklim sıcaklıkları kullanılarak statik yöntem ile hesaplanan ısı kaybı değerlerinin ortalaması ve en yüksek değerlerinin aylık kat bazında değerlendirilmesi çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Binaya ait aylık gerçek ortalama ve maksimum sonuçlar ve bu değerler ile referans değerler arasındaki fark değerler tablosu.

Yıl	Ay	Ortalama Dış Ortam Sıcaklığı, $T_{dış}$ (°C)	Ortalama İç Ortam sıcaklığı, T_{ort} (°C)			Ortalama Isı Kaybı Değeri, Q_{ort} (kWh)			En Yüksek İç ortam Sıcaklığı, T_{maks} (°C)			En Yüksek Isı Kaybı Değeri, Q_{maks} (kWh)			Maksimum ort sıcaklık-referans oda ort.sıcaklığı farkı ($T_{maks} - T_{ort}$)			Maksimum ort. ısı kaybı - referans oda ort. ısı kaybı farkı ($Q_{maks} - Q_{ort}$)		
			Zemin Kat	1. Kat	2. Kat	Zemin Kat	1. Kat	2. Kat	Zemin Kat	1. Kat	2. Kat	Zemin Kat	1. Kat	2. Kat	Zemin Kat	1. Kat	2. Kat	Zemin Kat	1. Kat	2. Kat
2013	Şubat	8.531	23.040	22.958	22.675	0.173	0.701	0.909	24.6	25.8	24.9	0.413	1.512	2.2672	1.833	2.242	1.5	0.131	0.784	0.709
	Mart	13.957	22.946	23.610	23.439	0.165	0.508	0.666	25.4	32.2	30	0.446	1.955	2.336	2.213	4.642	4.362	-0.078	0.698	0.614
	Aralık	9.547	22.69	23.58	23.54	0.155	0.702	0.968	25.425	30.7	27.8	0.253	1.963	2.912	3.05	2.706	2.128	-0.034	0.389	0.762
2014	Ocak	10.549	22.714	23.195	22.905	0.157	0.654	0.829	26.3	27.9	25.85	0.505	2.014	1.499	2.906	2.881	2.816	-0.057	0.497	0.926
	Şubat	12.584	22.598	23.192	23.119	0.155	0.528	0.709	25.4	28.9	29.9	0.472	1.830	2.635	2.087	3.705	4.101	0.166	0.572	0.745
	Mart	15.452	23.028	23.327	23.228	0.174	0.436	0.571	25.3	28.3	26	0.479	1.320	1.933	1.241	1.807	1.195	0.050	0.329	0.423

En düşük ortalama dış ortam iklim sıcaklığının; 2013 yılında 8.531°C değeriyle Şubat ayında, 2014 yılı için ise 10.549°C değeriyle Ocak ayında yaşandığı görülmüştür. En düşük ortalama iç ortam sıcaklığı 2014 yılı Şubat ayında zemin katta gerçekleştiği tespit edilmiştir. En yüksek iç ortam sıcaklığı 2013 yılı Mart ayında birinci katta gerçekleştiği belirlenmiştir.

2013 yılı Mart ayında maksimum ortalama oda sıcaklığı, referans ortalama oda sıcaklığından en fazla birinci katta yaklaşık %21'lik artış gösterdiği gözlemlenmiştir. 2014 yılı Şubat ayında maksimum ortalama oda sıcaklığı, referans ortalama oda sıcaklığından en fazla birinci katta yaklaşık %16.65'lik artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

En düşük ortalama ısı kaybı değeri 2013 yılı Aralık ayında ve 2014 yılı Şubat ayında zemin katta tespit edilmiştir. En yüksek ısı kaybı değeri ise 2014 yılı Şubat ayında ikinci katta tespit edilmiştir.

BÖLÜM 5

DİNAMİK ENERJİ SİMULASYONU

5.1. Giriş

Binaların enerji performansı değerlendirmelerinde; birbiriyle ilişkili birçok unsurun enerji miktarı hesaplamalarını etkilediği bilinmektedir. Dinamik simülasyon yöntemlerinin kullanımıyla bina yapı elemanlarının özellikleri, ısı konfor koşulları, iç ısı kayıp ve kazançları gibi unsurlar hesaba katılarak detaylı bir şekilde yıllık, aylık, günlük ve saatlik enerji miktarı hesapları yapılabilmektedir. Binaların enerji performansı belirlenirken birçok parametrenin göz önünde bulundurularak detaylı bir araştırmanın yapılması gerekmektedir.

Dinamik enerji simülasyonu, bina enerji performansını etkileyebilecek binanın fiziksel ve sistemsel özellikleri ile ilgili bütün verilerin bir bilgisayar programına girilmesiyle başlayan bir süreçtir. Bilgisayar programı aracılığıyla gerçeğe yakın bir sanal modelin oluşturulmasının ardından enerji simülasyonunun yapılması sonucunda binanın bütün enerji miktarları ortaya çıkarılmaktadır.

Bu çalışmada Kocaeli ili Gebze ilçesi iklim koşullarında ticari bir binanın sanal modeli DesignBuilder yazılım programında oluşturulmuştur. Binada bulunan farklı fiziksel özelliğe sahip ofislerin iç ortam konfor koşulları ve ısı kaybı değerleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

Bina enerji performansını etkileyen parametrelerin tespitine yönelik yapılan sistem analizlerinden elde edilen sonuçlar ortaya koyulmuştur. Yapılan enerji hesaplamalarında detaylı dinamik simülasyon yöntemi kullanımının sonuçlar üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Bina Yönetim Sistemi üzerinden ölçülen gerçek iç ortam sıcaklığı, iç ortam ayar (set) sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığı değerleri ile analizlerden elde edilen sıcaklık değerleri karşılaştırmıştır. Ayrıca detaylı dinamik simülasyon yöntemleri kullanılarak hesaplanan ısı kaybı değerleri arasındaki farklılıklar karşılaştırmalı grafiklerle açıklanmıştır. İdari binanın analizinde farklı yöntemlerin kullanılmasının, ofislerdeki hesaplanmış ısı kaybı değerlerini ve iç ortam konfor koşullarını önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir.

Detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle ele alınan bina modelinin simülasyonunda BYS üzerinden elde edilen ayar (set) sıcaklığı değerleri ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Gebze ilçesi iklim koşulları değerleriyle oluşturulan veri dosyasındaki değerler kullanılarak yapılan sistem analizlerinden sonuçlar elde edilmiştir.

Bu sonuçlar grafikler halinde sunulmuştur.

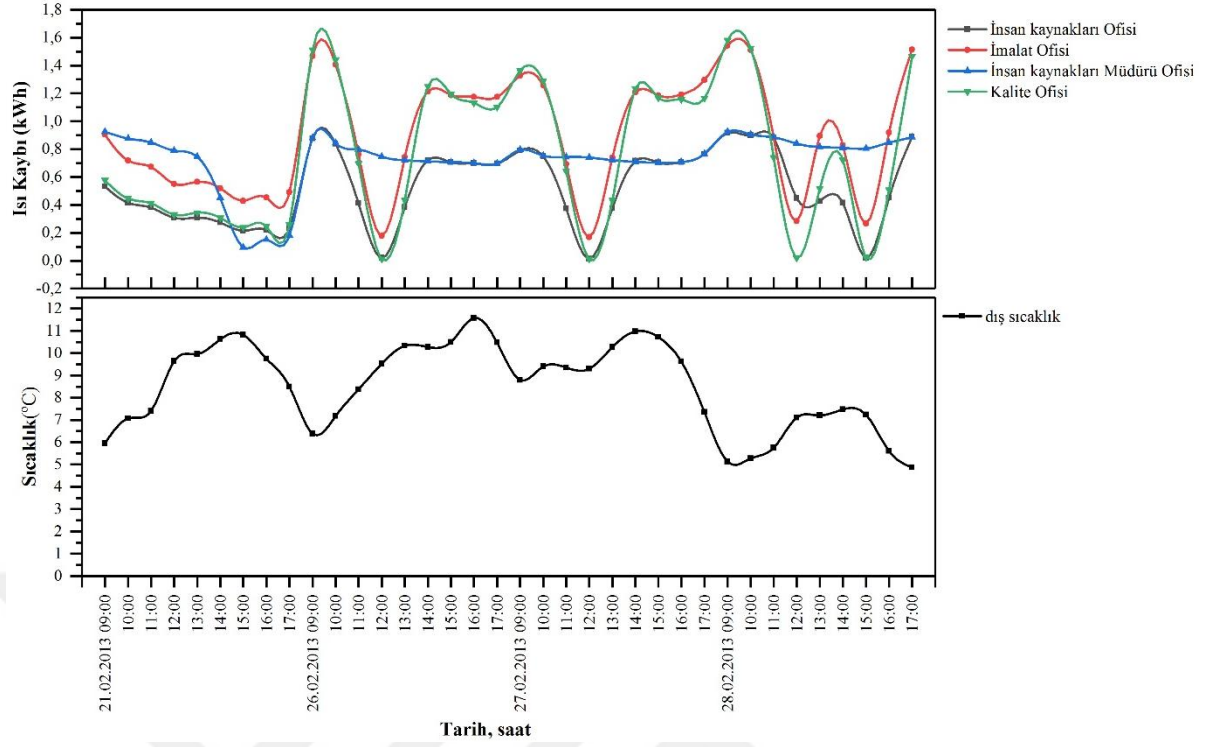
5.2. Dinamik Yönteme Göre Sistem Analiz Sonuçları

Dinamik simülasyon yöntemi ile yapılan analizlerde bütün yüzeylerin ortam koşullarına etkisi hesaba katılarak, tüm ısı kayıp ve kazançların kaynakları göz önünde bulundurularak gerekli ısıtma gücü değerleri hesaplanmaktadır. Ayrıca elde edilen sonuç çıktılarında ısı kaybı ihtiyacı değeri üzerine etkisi olan parametreler belirlenebilmektedir. Simülasyon diğer adıyla benzetim ile gerçek ortam koşullarına yakın sanal bir ortamın oluşturulabilmesi dinamik yöntemlerin güvenilirliğini arttırmaktadır.

EnergyPlus yazılım programının dinamik ara yüzü olan DesignBuilder programı aracılığıyla çalışma ofislerine detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak sistem analizleri gerçekleştirilmiştir.

Binanın bulunduğu coğrafi konuma ait dış iklim verileri olarak Kocaeli ili Gebze ilçesi Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait ölçüm istasyonundan alınan dış ortam iklim verileri ile bina yönetim sisteminden alınan set (ayar) sıcaklığı değerleri kullanılarak yapılan simülasyonlardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

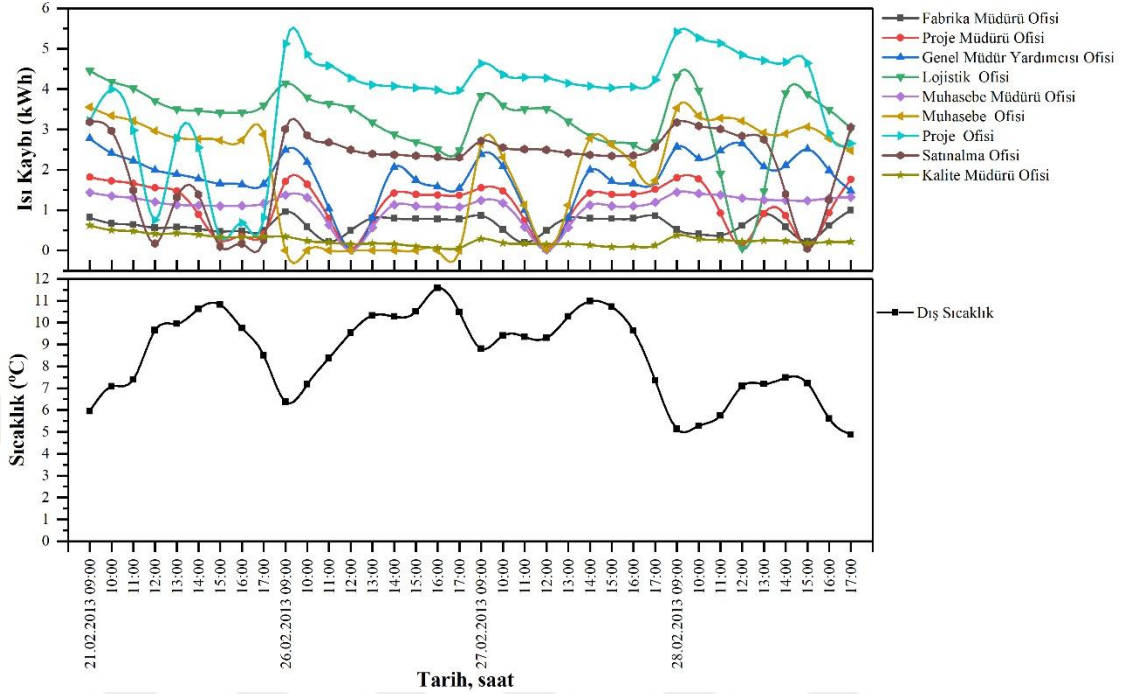
İdari bina zemin katındaki ofislerin 2013 yılı Şubat ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Şubat 2013 için zemin kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Şubat ayında zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Müdürü Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu kattaki tüm ofisler binanın iç kısmında kalmaktadır. Dolayısıyla bu kattaki tüm ofisler dış ortam sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Diğer yandan İmalat Ofisinin Kuzey ve Doğu cepheleri fabrika üretim alanına açılmaktadır. Bu ofis hariç tüm ofislerin tek cepheleri fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Fabrika üretim alanının iç ortam sıcaklığı $+18^{\circ}\text{C}$ kabulüyle hesaplamalar yapılmıştır.

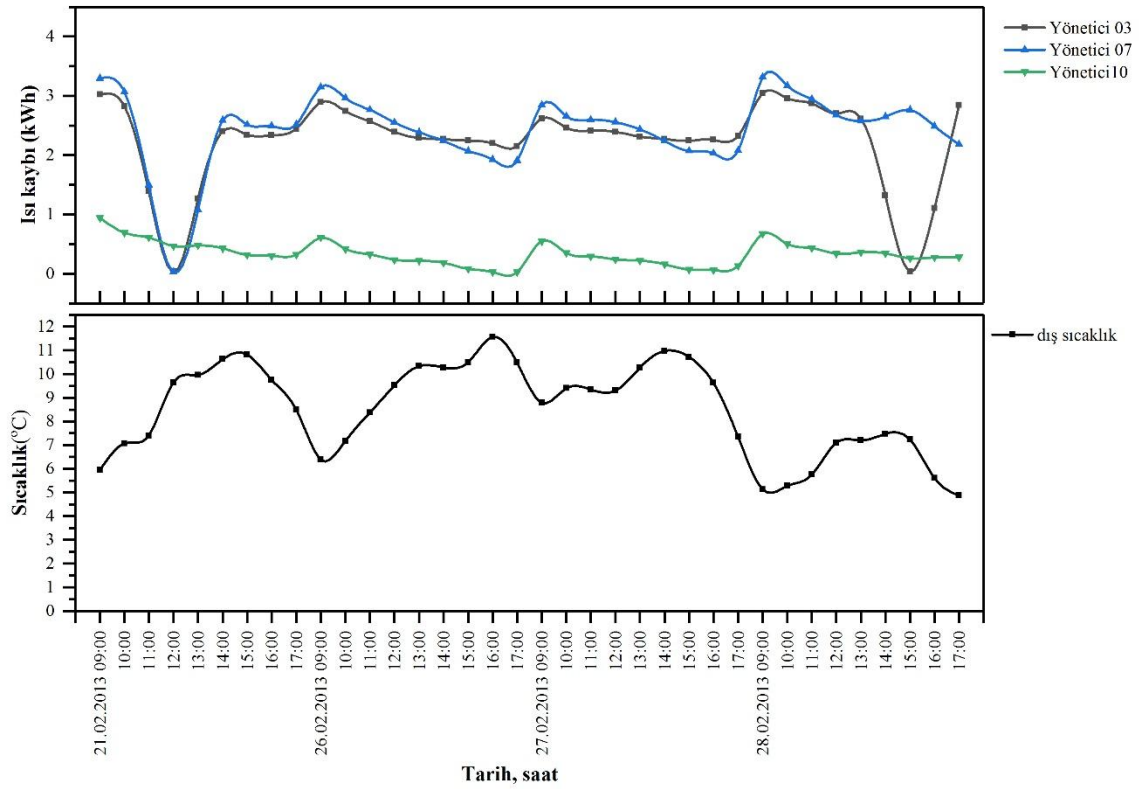
İdari bina birinci katındaki ofislerin 2013 yılı Şubat ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Şubat 2013 için birinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Şubat ayında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Proje Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Birinci kat ofislerinden Kalite Müdürü Ofisi binanın iç kısmında kalmaktadır. Kalite Müdürü Ofisi fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla bu ofis ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle analizler yapılmıştır. Proje Ofisinin Batı yönündeki cephesi dış ortam ile bağlantılı olup dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden etkilenmektedir.

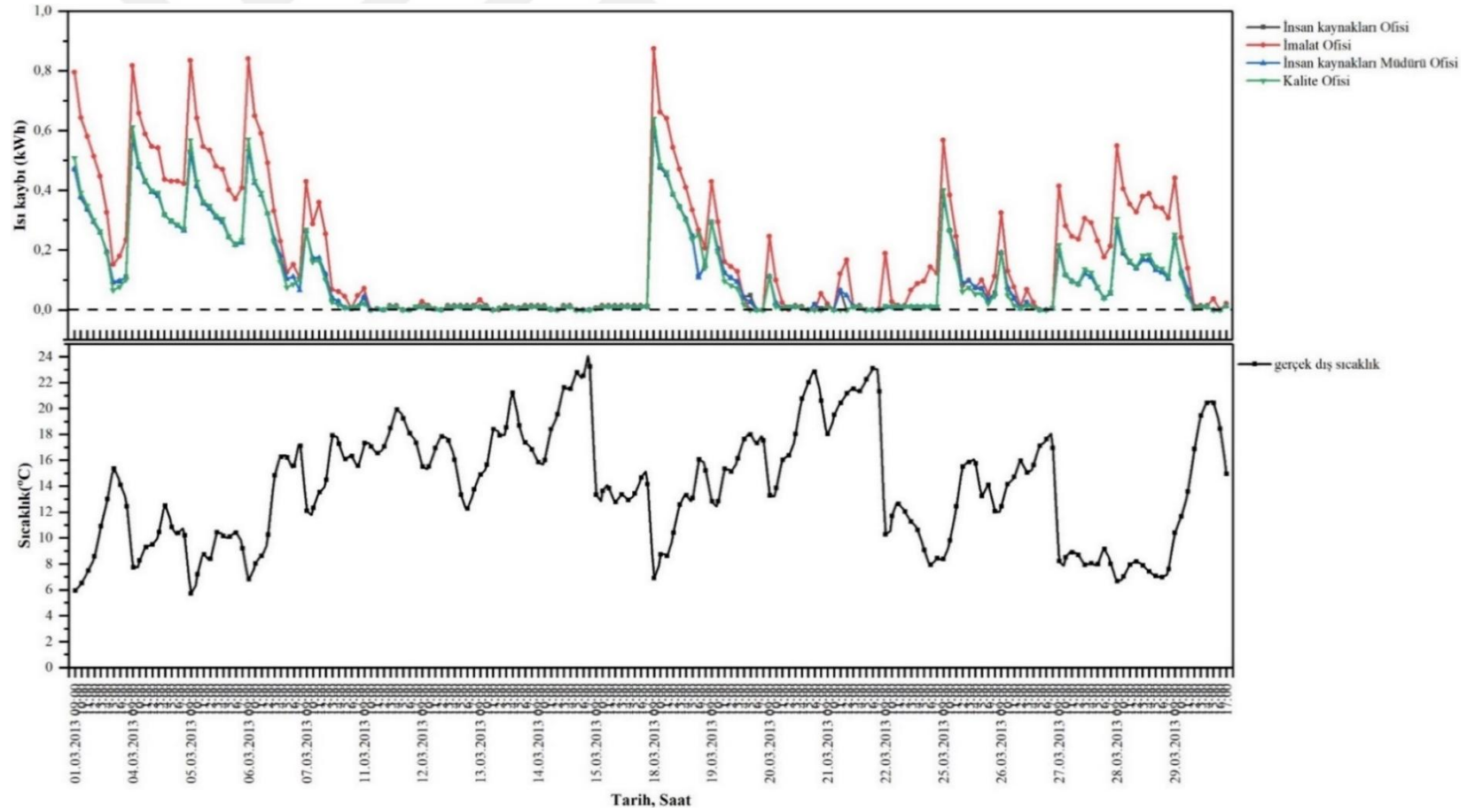
İdari bina ikinci katındaki ofislerin 2013 yılı Şubat ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.3’de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Şubat 2013 için ikinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Şubat ayında ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Yönetici 07 Ofisinde, en az ısı kaybı ise Yönetici 10 Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. İkinci kat ofislerinden Yönetici 07 Ofisi binanın Batı cephesinde ve Lojistik Ofisinin üst katında yer almaktadır. Yönetici 10 Ofisinin dış ortama bakan cephesi Batı yönelimlidir. Her iki ofisin de ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmektedir.

İdari bina zemin katındaki ofislerin 2013 yılı Mart ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.4'de gösterilmiştir.

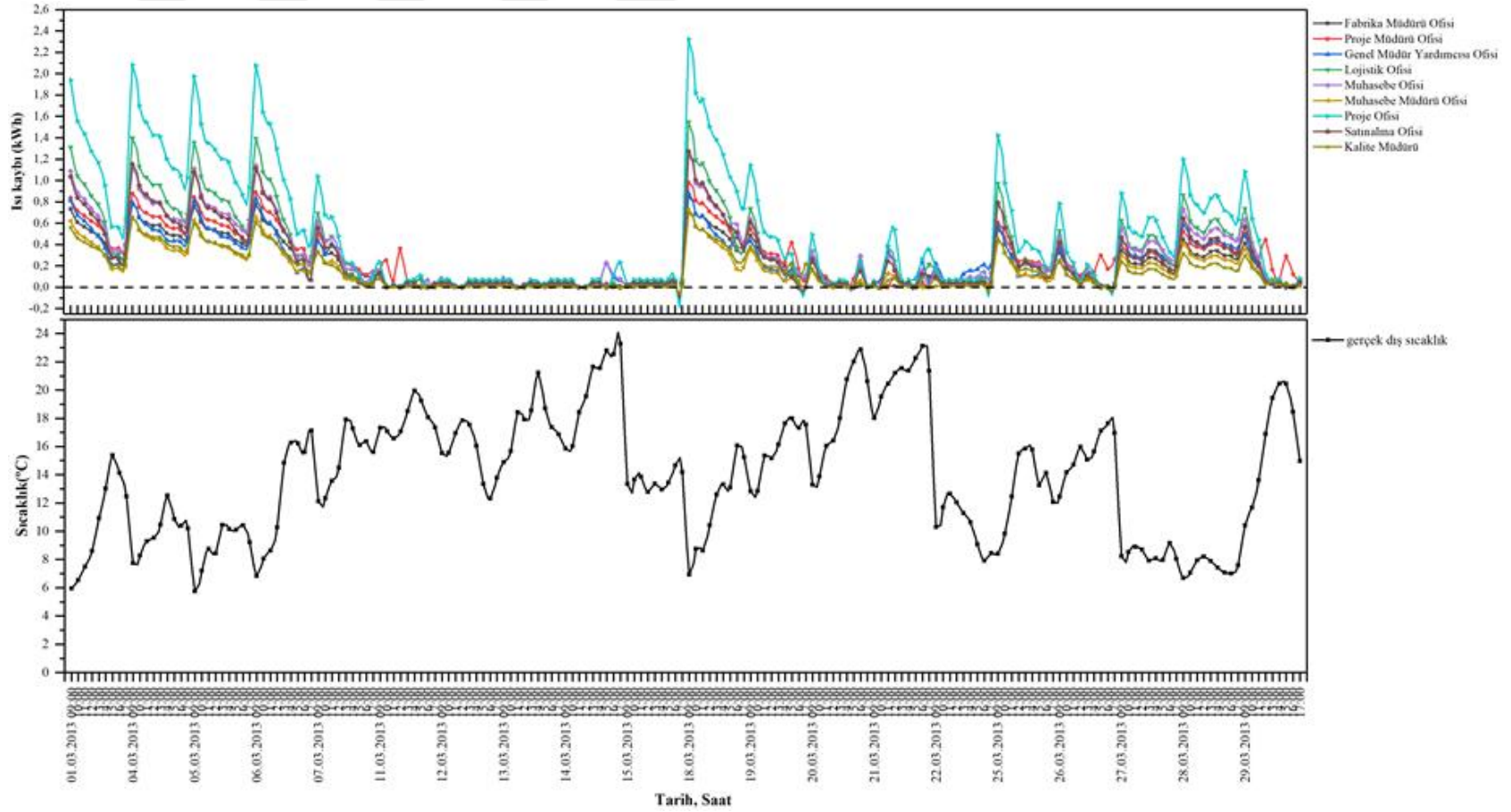


Şekil 5.4. Mart 2013 için zemin kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Mart ayında zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu kattaki tüm ofisler binanın iç kısmında kalmaktadır. Dolayısıyla bu kattaki tüm ofisler dış ortam sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Diğer yandan İmalat Ofisinin Kuzey ve Doğu cepheleri fabrika üretim alanına açılmaktadır. Bu ofis hariç tüm ofislerin tek cepheleri fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Fabrika üretim alanının iç ortam sıcaklığı +18°C kabulüyle analizler yapılmıştır.

İdari bina birinci katındaki ofislerin 2013 yılı Mart ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.5’de gösterilmiştir.

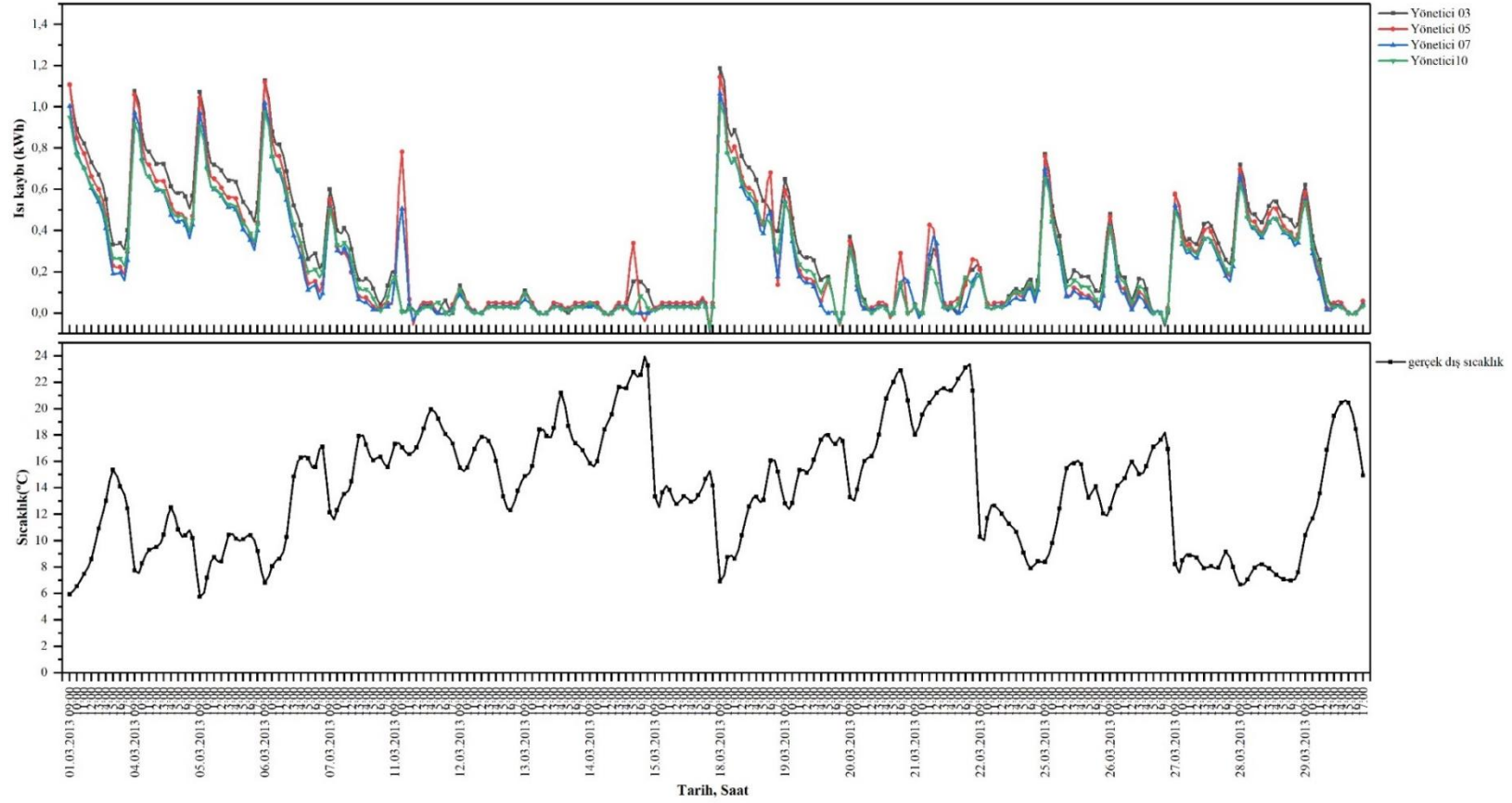




Şekil 5.5. Mart 2013 için birinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Mart ayında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Proje Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Birinci kat ofislerinden Kalite Müdürü Ofisi binanın iç kısmında kalmaktadır. Kalite Müdürü Ofisi fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla bu ofis ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle analizler yapılmıştır. Proje Ofisinin Batı yönündeki cephesi dış ortam ile bağlantılı olup dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden etkilenmektedir.

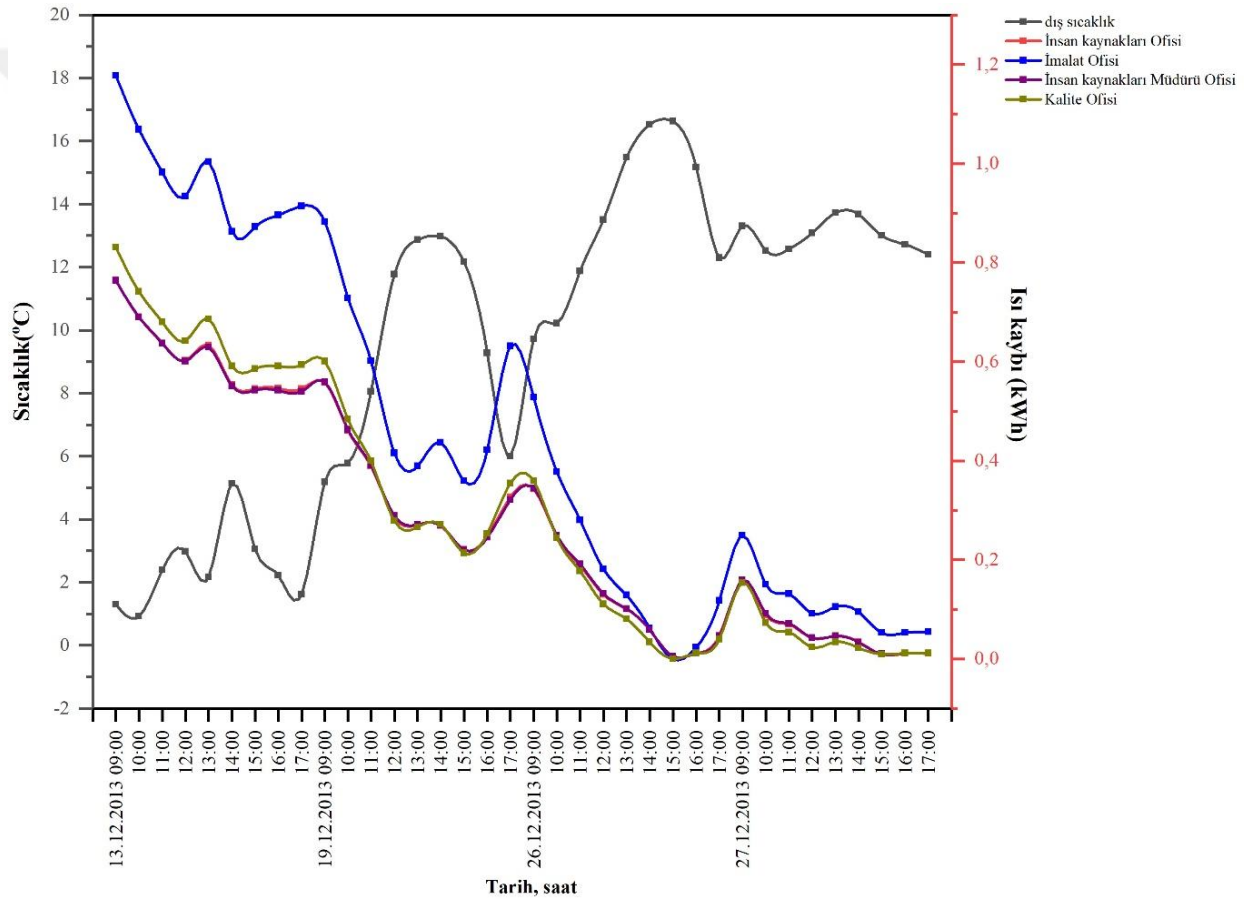
İdari bina ikinci katındaki ofislerin 2013 yılı Mart ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Mart 2013 için ikinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Mart ayında ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Yönetici 03 Ofisinde, en az ısı kaybı ise Yönetici 10 Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. İkinci kat ofislerinden Yönetici 03 Ofisi binanın Güney-Doğu cephesinde ve Muhasebe Ofisinin üst katında yer almaktadır. Yönetici 10 Ofisinin dış ortama bakan cephesi Batı yönelimlidir. Her iki ofisin de ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmektedir.

İdari bina zemin katındaki ofislerin 2013 yılı Aralık ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.7’de gösterilmiştir.



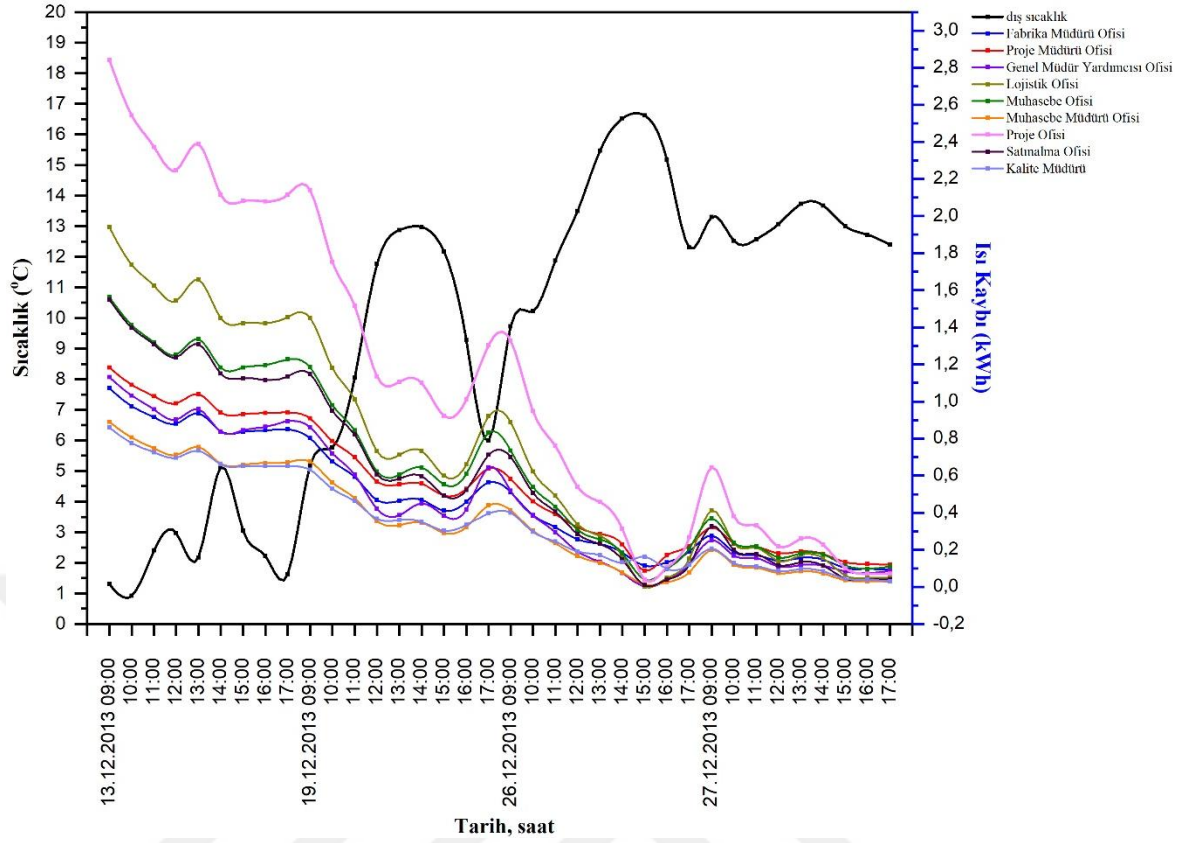
Şekil 5.7. Aralık 2013 için zemin kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Mart ayında zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu kattaki tüm ofisler binanın iç kısmında kalmaktadır. Dolayısıyla bu kattaki tüm ofisler dış ortam sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Diğer yandan

İmalat Ofisinin Kuzey ve Doğu cepheleri fabrika üretim alanına açılmaktadır. Bu ofis hariç tüm ofislerin tek cepheleri fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Fabrika üretim alanının iç ortam sıcaklığı +18°C kabulüyle analizler yapılmıştır.

İdari bina birinci katındaki ofislerin 2013 yılı Aralık ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.8’de gösterilmiştir.

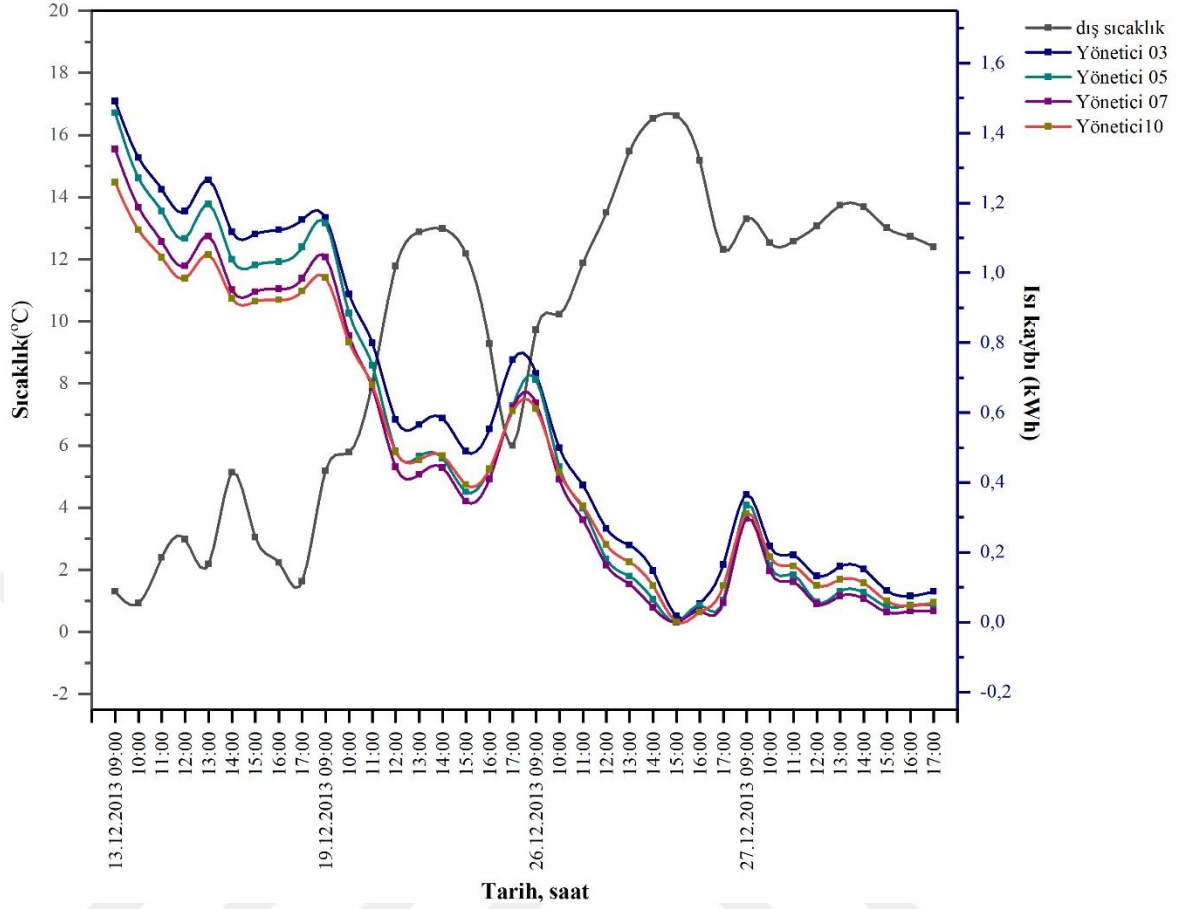




Şekil 5.8. Aralık 2013 için birinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Aralık ayında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Proje Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Birinci kat ofislerinden Kalite Müdürü Ofisi binanın iç kısmında kalmaktadır. Kalite Müdürü Ofisi fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla bu ofis ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle analizler yapılmıştır. Proje Ofisinin Batı yönündeki cephesi dış ortam ile bağlantılı olup dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden etkilenmektedir.

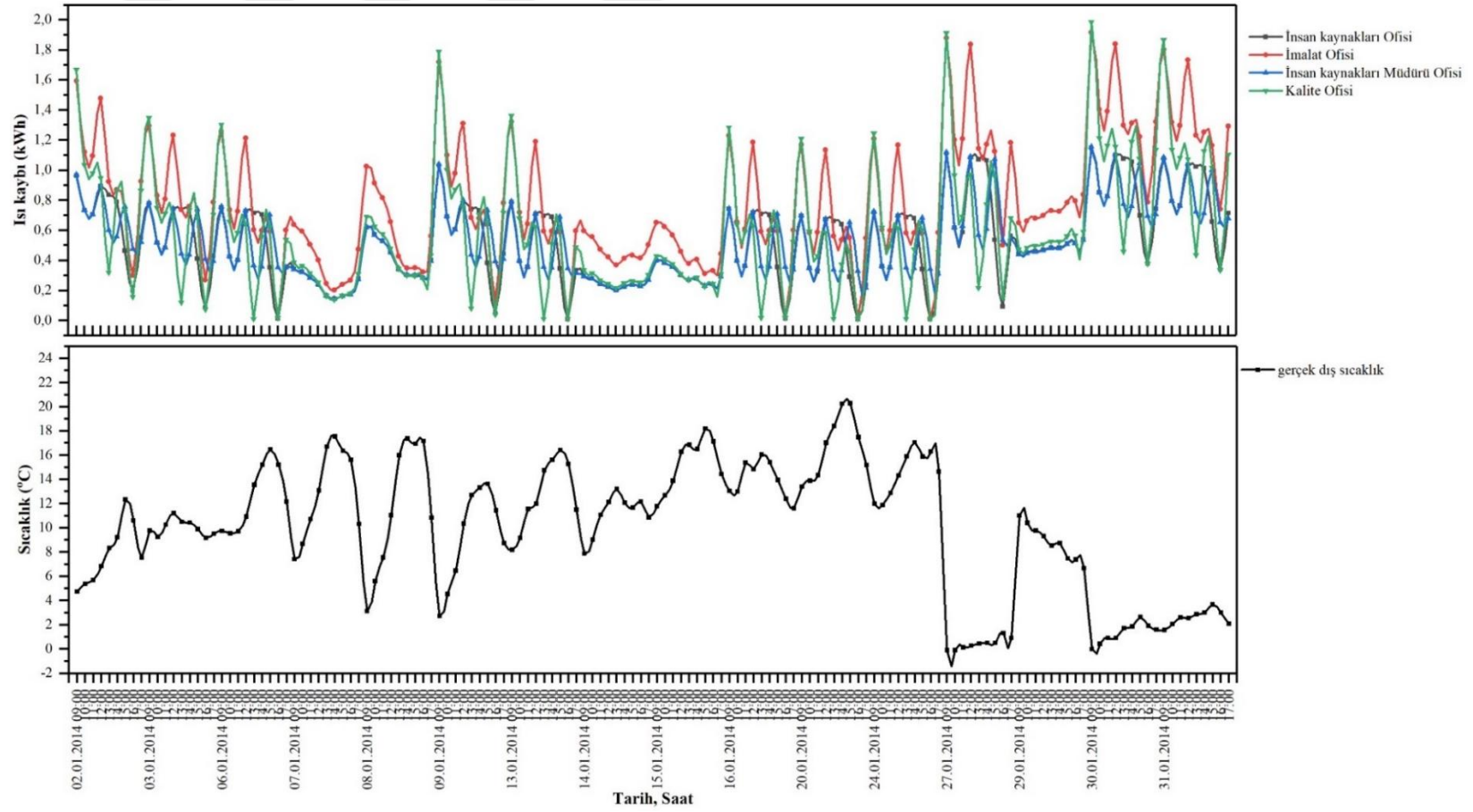
İdari bina ikinci katındaki ofislerin 2013 yılı Aralık ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Aralık 2013 için ikinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2013 yılı Aralık ayında ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Yönetici 03 Ofisinde, en az ısı kaybı ise Yönetici 07 Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. İkinci kat ofislerinden Yönetici 03 Ofisi binanın Güney-Doğu cephesinde ve Muhasebe Ofisinin üst katında yer almaktadır. Yönetici 07 Ofisinin dış ortama bakan cephesi Batı yönelimlidir. Her iki ofisin de ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmektedir.

İdari bina zemin katındaki ofislerin 2014 yılı Ocak ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.10'da gösterilmiştir.

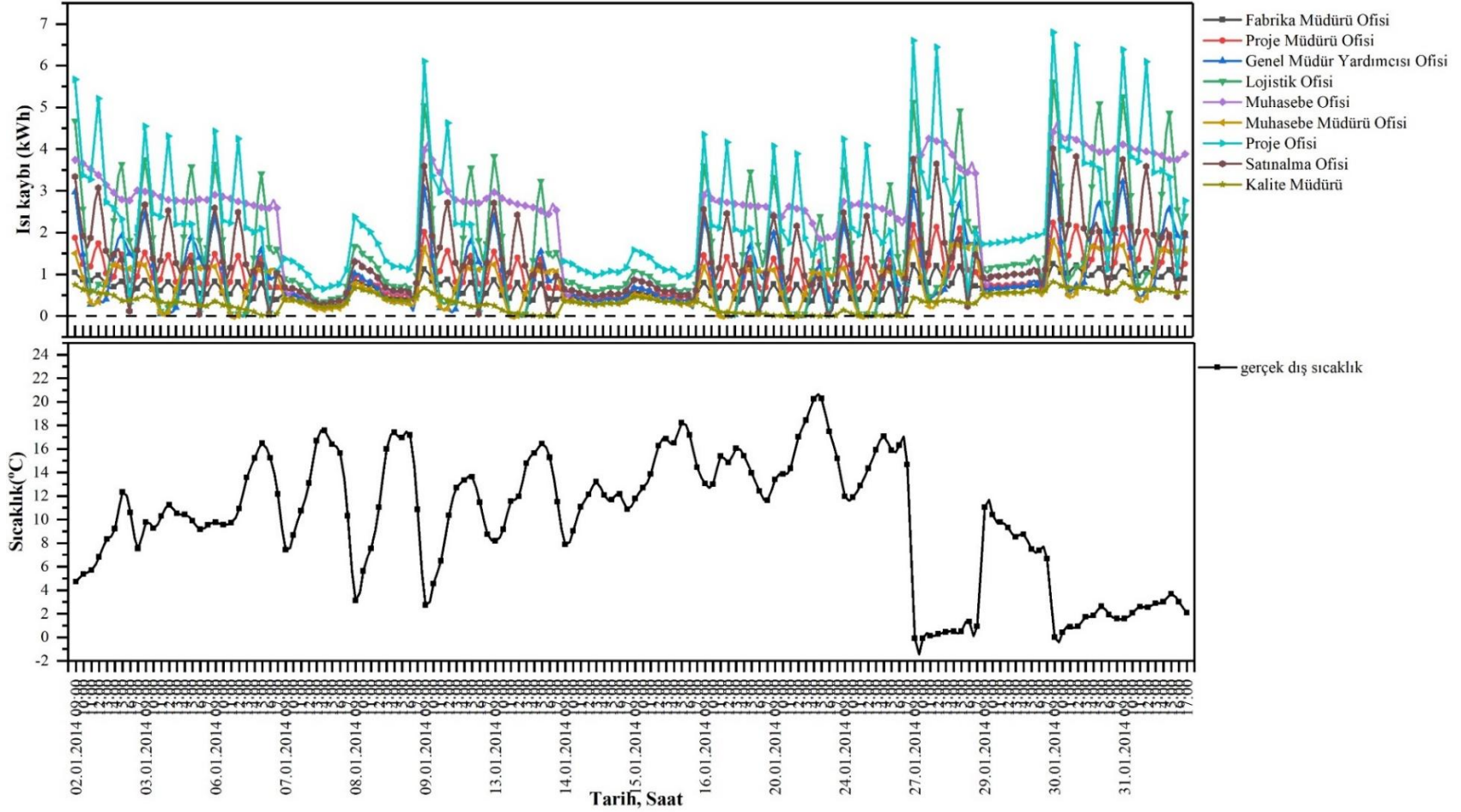


Şekil 5.10. Ocak 2014 için zemin kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Ocak ayında zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu kattaki tüm ofisler binanın iç kısmında kalmaktadır. Dolayısıyla bu kattaki tüm ofisler dış ortam sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Diğer yandan İmalat Ofisinin Kuzey ve Doğu cepheleri fabrika üretim alanına açılmaktadır. Bu ofis hariç tüm ofislerin tek cepheleri fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Fabrika üretim alanının iç ortam sıcaklığı +18°C kabulüyle analizler yapılmıştır.

İdari bina birinci katındaki ofislerin 2014 yılı Ocak ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.11'de gösterilmiştir.



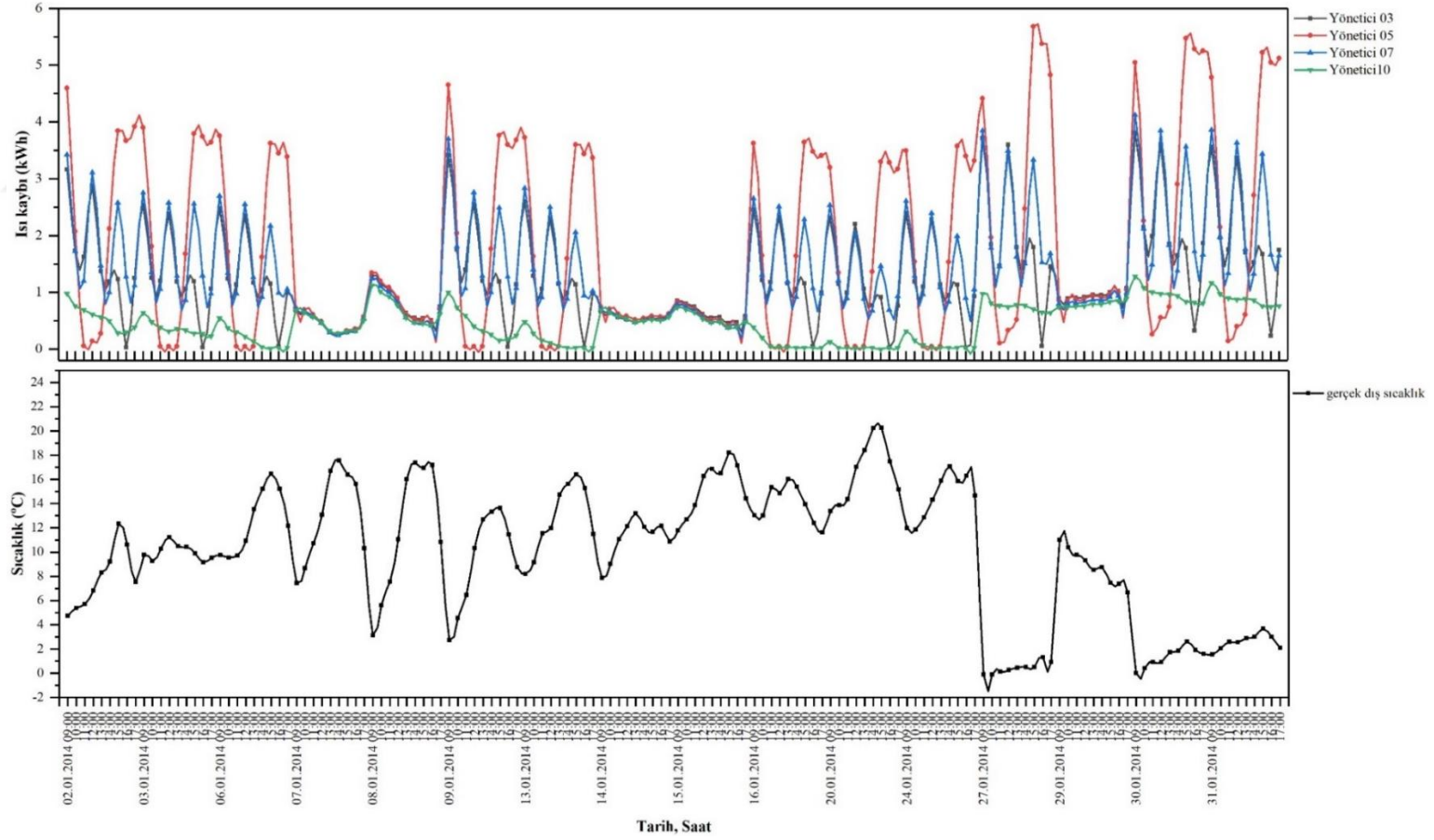


Şekil 5.11. Ocak 2014 için birinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Ocak ayında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Proje Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Birinci kat ofislerinden Kalite Müdürü Ofisi binanın iç kısmında kalmaktadır. Kalite Müdürü Ofisi fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla bu ofis ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle analizler yapılmıştır. Proje Ofisinin Batı yönündeki cephesi dış ortam ile bağlantılı olup dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden etkilenmektedir.

İdari bina ikinci katındaki ofislerin 2014 yılı Ocak ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.12’de gösterilmiştir.



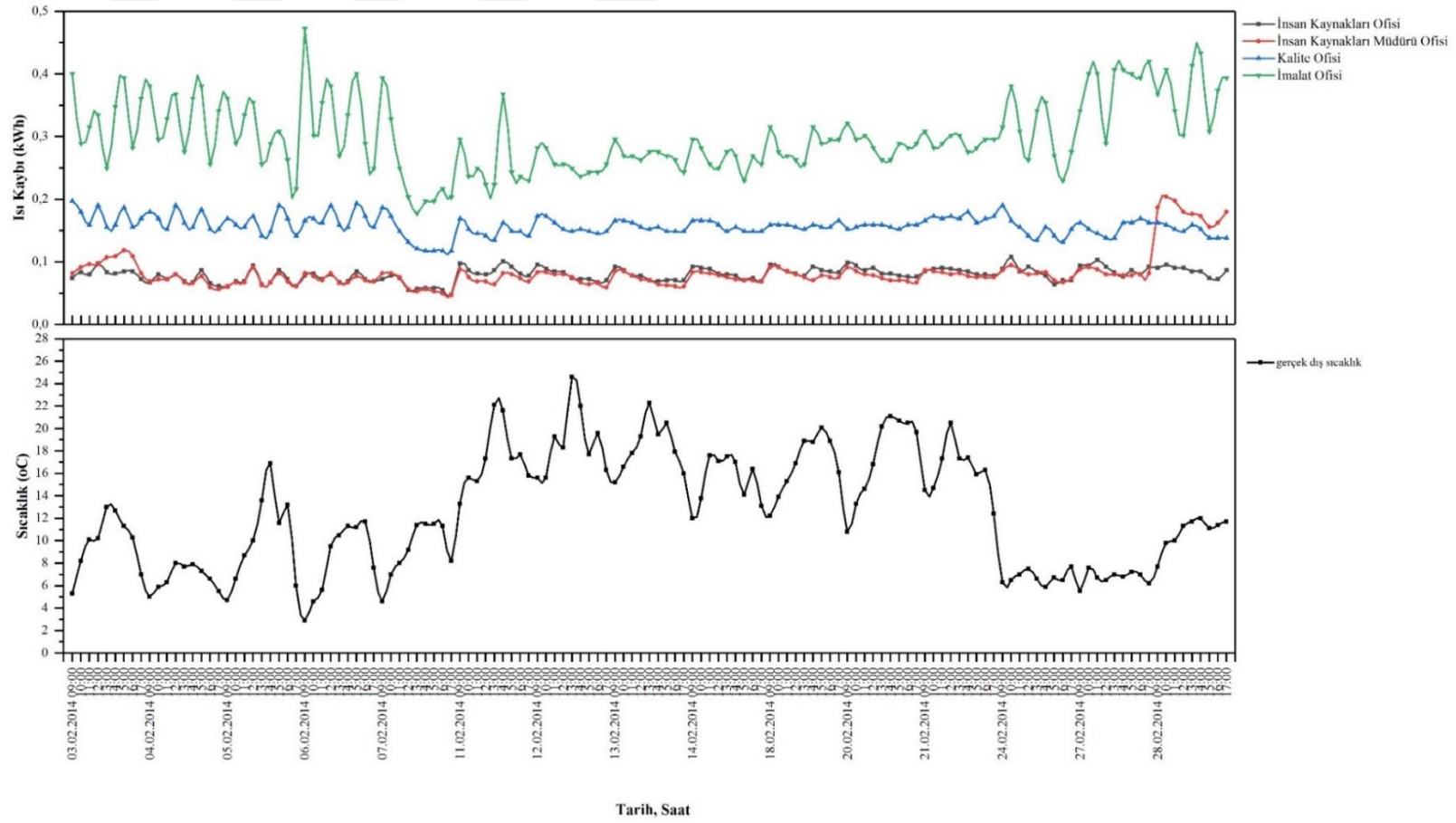


Şekil 5.12. Ocak 2014 için ikinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Ocak ayında ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Yönetici 05 Ofisinde, en az ısı kaybı ise Yönetici 10 Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. İkinci kat ofislerinden Yönetici 05 Ofisi binanın Güney-Batı cephesinde ve Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin üst katında yer almaktadır. Yönetici 10 Ofisinin dış ortama bakan cephesi Batı yönelimlidir. Her iki ofisin de ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmektedir.

İdari bina zemin katındaki ofislerin 2014 yılı Şubat ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.13’de gösterilmiştir.



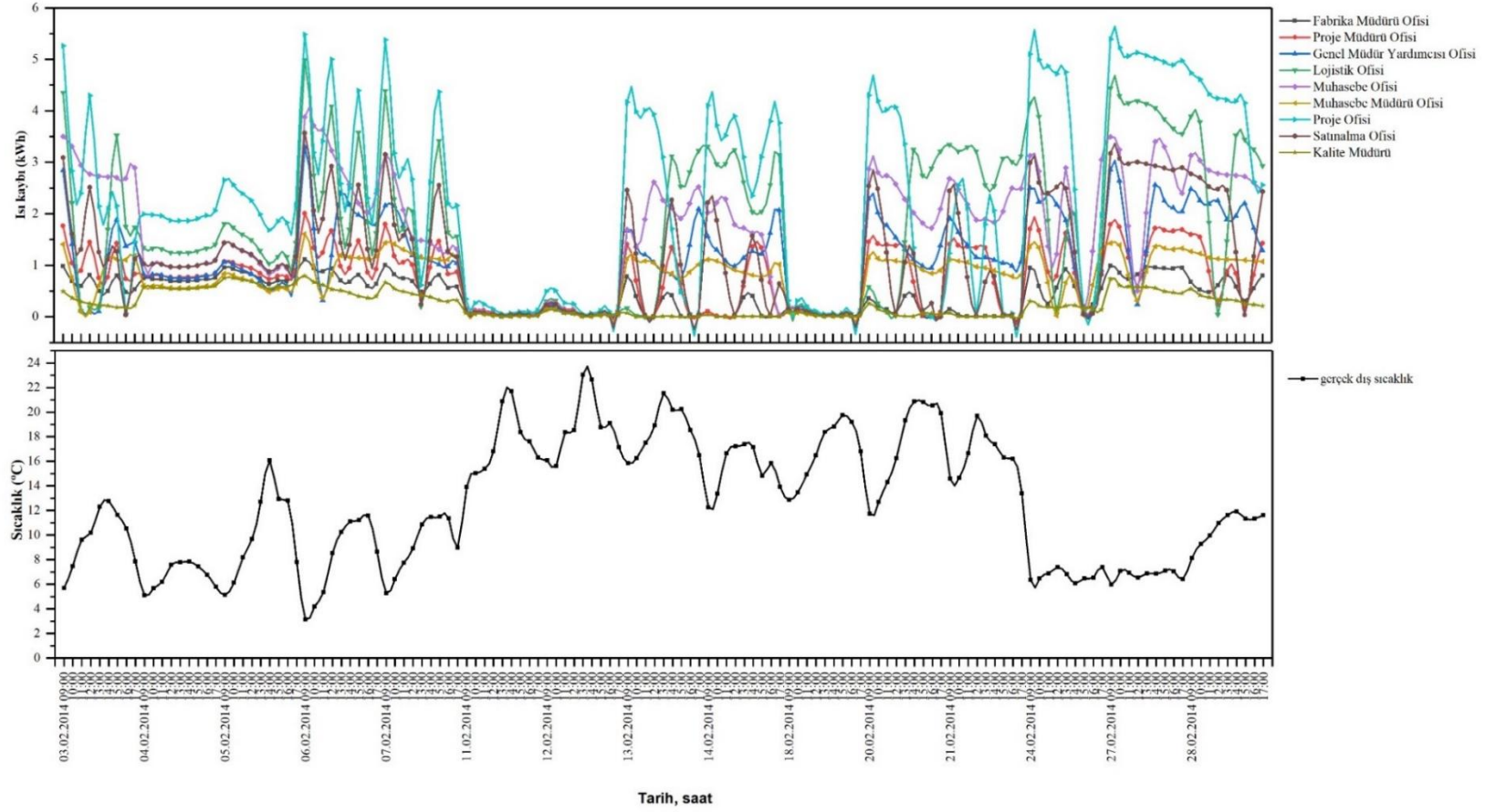


Şekil 5.13. Şubat 2014 için zemin kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Şubat ayında zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu kattaki tüm ofisler binanın iç kısmında kalmaktadır. Dolayısıyla bu kattaki tüm ofisler dış ortam sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Diğer yandan İmalat Ofisinin Kuzey ve Doğu cepheleri fabrika üretim alanına açılmaktadır. Bu ofis hariç tüm ofislerin tek cepheleri fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Fabrika üretim alanının iç ortam sıcaklığı +18°C kabulüyle analizler yapılmıştır.

İdari bina birinci katındaki ofislerin 2014 yılı Şubat ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.14'te gösterilmiştir.

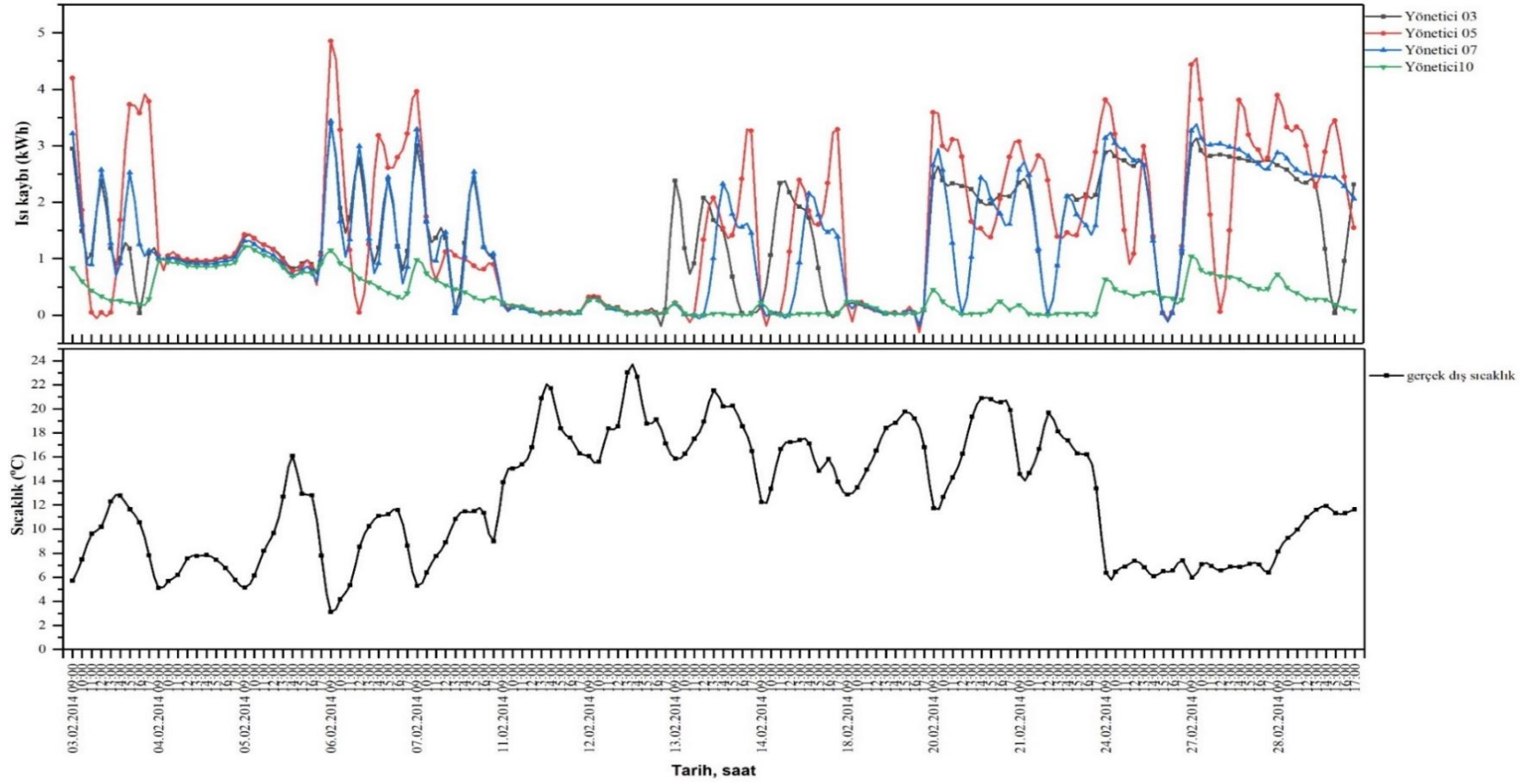




Şekil 5.14. Şubat 2014 için birinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Şubat ayında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Proje Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Birinci kat ofislerinden Kalite Müdürü Ofisi binanın iç kısmında kalmaktadır. Kalite Müdürü Ofisi fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla bu ofis ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle analizler yapılmıştır. Proje Ofisinin Batı yönündeki cephesi dış ortam ile bağlantılı olup dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden etkilenmektedir.

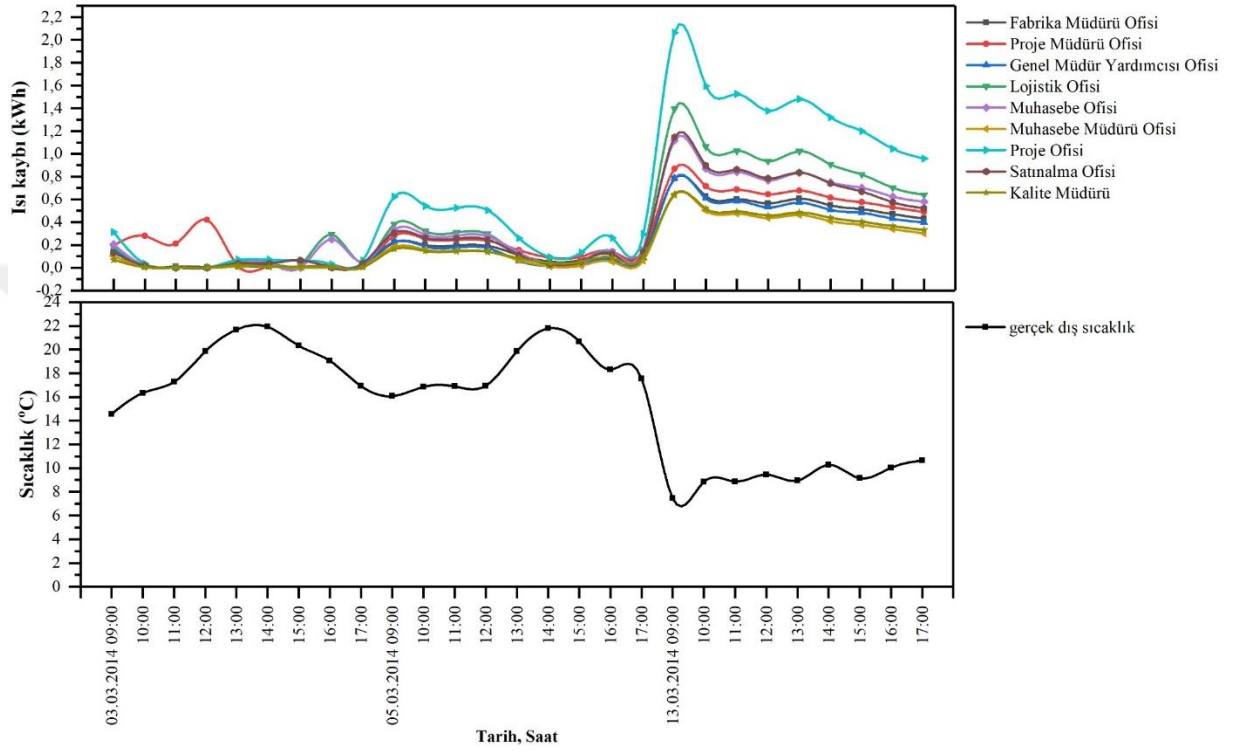
İdari bina ikinci katındaki ofislerin 2014 yılı Şubat ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.15’de gösterilmiştir.



Şekil 5.15. Şubat 2014 için ikinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

hariç tüm ofislerin tek cepheleri fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Fabrika üretim alanının iç ortam sıcaklığı +18°C kabulüyle analizler yapılmıştır.

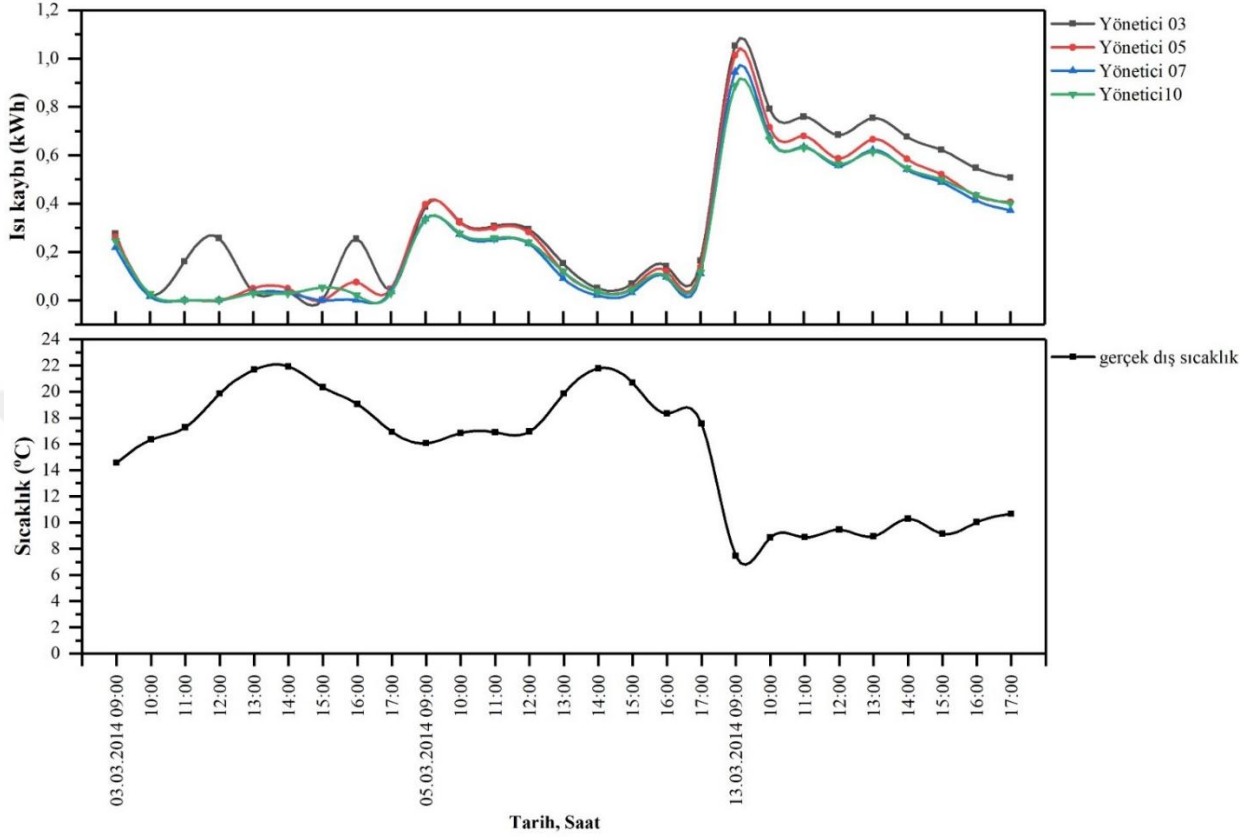
İdari bina birinci katındaki ofislerin 2014 yılı Mart ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.17’de gösterilmiştir.



Şekil 5.17. Mart 2014 için birinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Mart ayında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Proje Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Birinci kat ofislerinden Kalite Müdürü Ofisi binanın iç kısmında kalmaktadır. Kalite Müdürü Ofisi fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla bu ofis ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle analizler yapılmıştır. Proje Ofisinin Batı yönündeki cephesi dış ortam ile bağlantılı olup dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden etkilenmektedir.

İdari bina ikinci katındaki ofislerin 2014 yılı Mart ayı için detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kaybı değerlerinin değişimi grafiği Şekil 5.18’de gösterilmiştir.



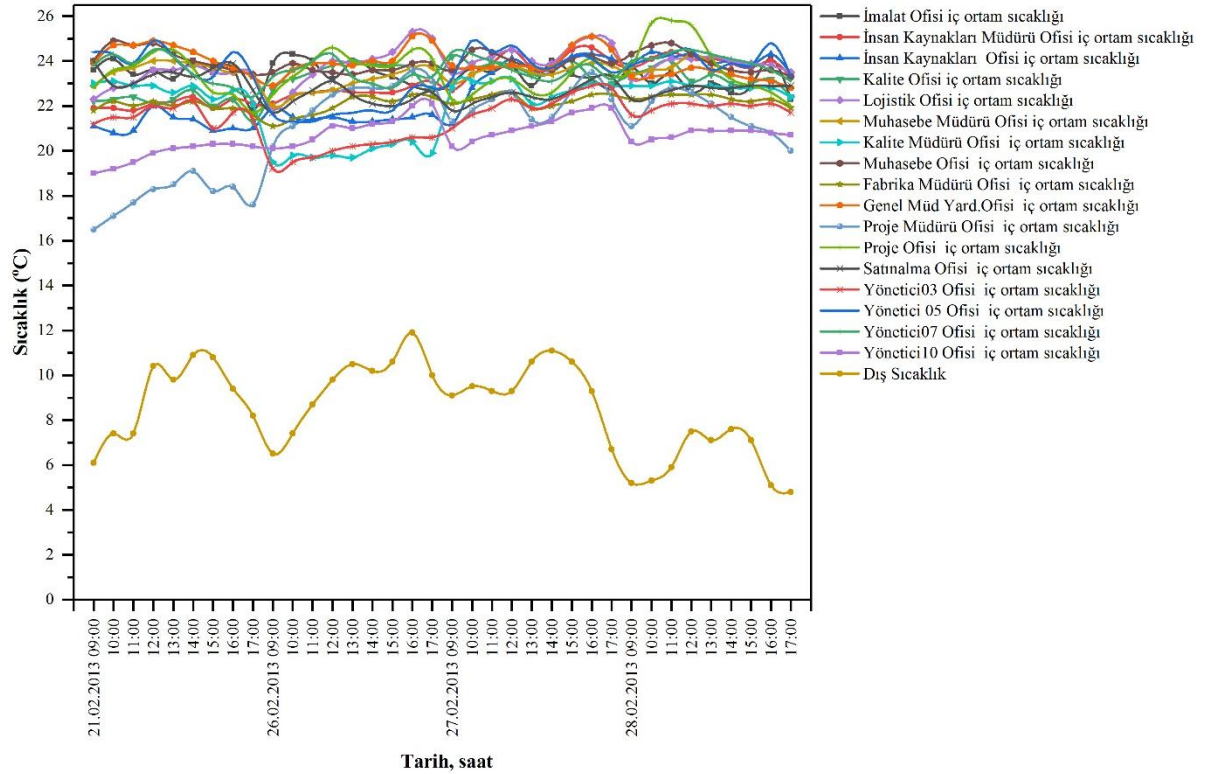
Şekil 5.18. Mart 2014 için ikinci kat ofislerinin detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle hesaplanmış ısı kayıpları.

2014 yılı Mart ayında ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Yönetici 03 Ofisinde, en az ısı kaybı ise Yönetici 10 Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir. İkinci kat ofislerinden Yönetici 03 Ofisi binanın Güney-Doğu cephesinde ve Muhasebe Ofisinin üst katında yer almaktadır. Yönetici 10 Ofisinin dış ortama bakan cephesi Batı yönelimlidir. Her iki ofisin de ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmektedir.

5.3. Ticari Binaya ait Ofislerin Sıcaklık Değişimlerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde ticari binaya ait ofislerin bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen anlık iç ortam sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığı değerleriyle, detaylı dinamik simülasyon yöntemi kullanılarak yapılan analizlerden elde edilen sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır. Detaylı dinamik simülasyon yöntemiyle yapılan analizlerde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Kocaeli ili Gebze ilçesine ait günlük saatlik dış ortam iklim verileri ve bina yönetim sisteminden elde edilen yine günlük saatlik ofis set (ayar) sıcaklığı verileri kullanılmıştır. Sonuçlar 2013 ve 2014 yılları için aylık grafikler halinde sunulmuştur.

İdari bina ofislerinden 2013 yılı Şubat ayında bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen gerçek iç ortam sıcaklık değerlerinin ve gerçek dış ortam sıcaklığının değişimi grafiği Şekil 5.19'da gösterilmiştir.

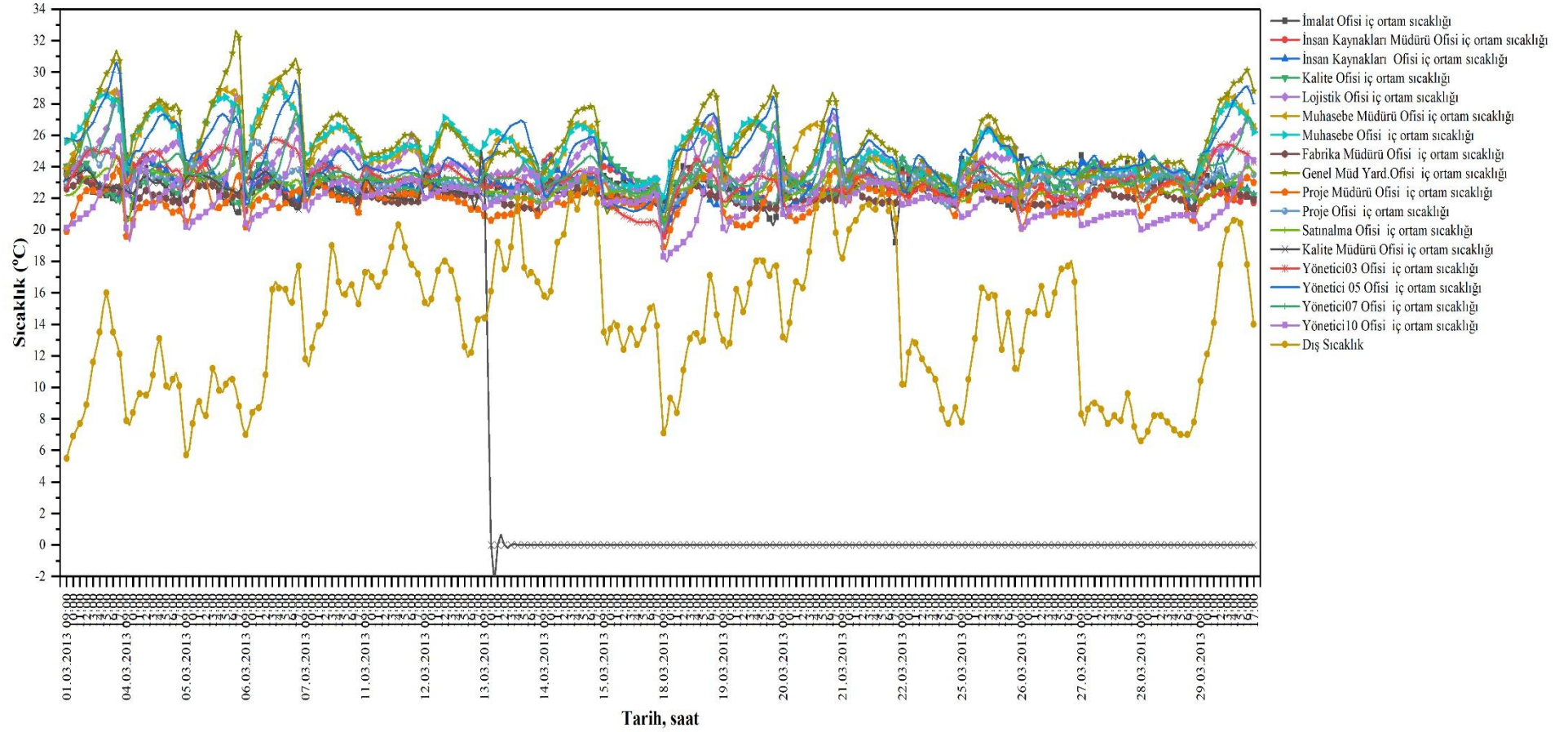


Şekil 5.19. Şubat 2013 için tüm ofislerin gerçek iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının eş zamanlı değişimi.

2013 yılı Şubat ayında binanın zemin katında İnsan Kaynakları Ofisi 22.54°C, birinci katında Kalite Müdürü Ofisi 22.069°C ve ikinci katında ise Yönetici 10 Ofisi 22.01°C ortalama iç ortam sıcaklığı değerleri ile +22°C ideal sıcaklık değerine yakınsamışlardır.

İdari bina ofislerinden 2013 yılı Mart ayında bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen gerçek iç ortam sıcaklık değerlerinin ve gerçek dış ortam sıcaklığının değişimi grafiği Şekil 5.20’de gösterilmiştir.

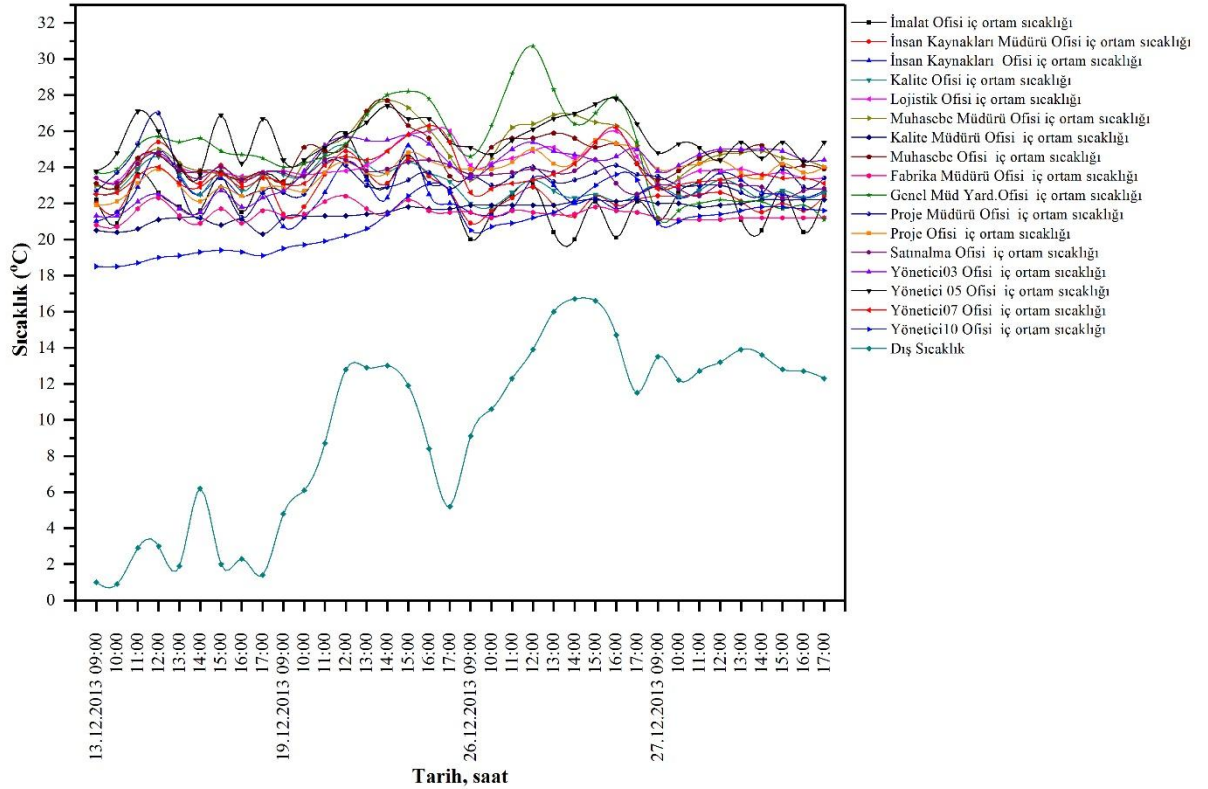




Şekil 5.20. Mart 2013 için tüm ofislerin gerçek iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının eş zamanlı değişimi.

2013 yılı Mart ayında binanın zemin katında İmalat Ofisi 22.74°C, birinci katında Fabrika Müdürü Ofisi 22.11°C ve ikinci katında ise Yönetici 03 Ofisi 23.16°C iç ortam ortalama sıcaklığı değerleri ile +22°C ideal sıcaklık değerine yakınsamışlardır.

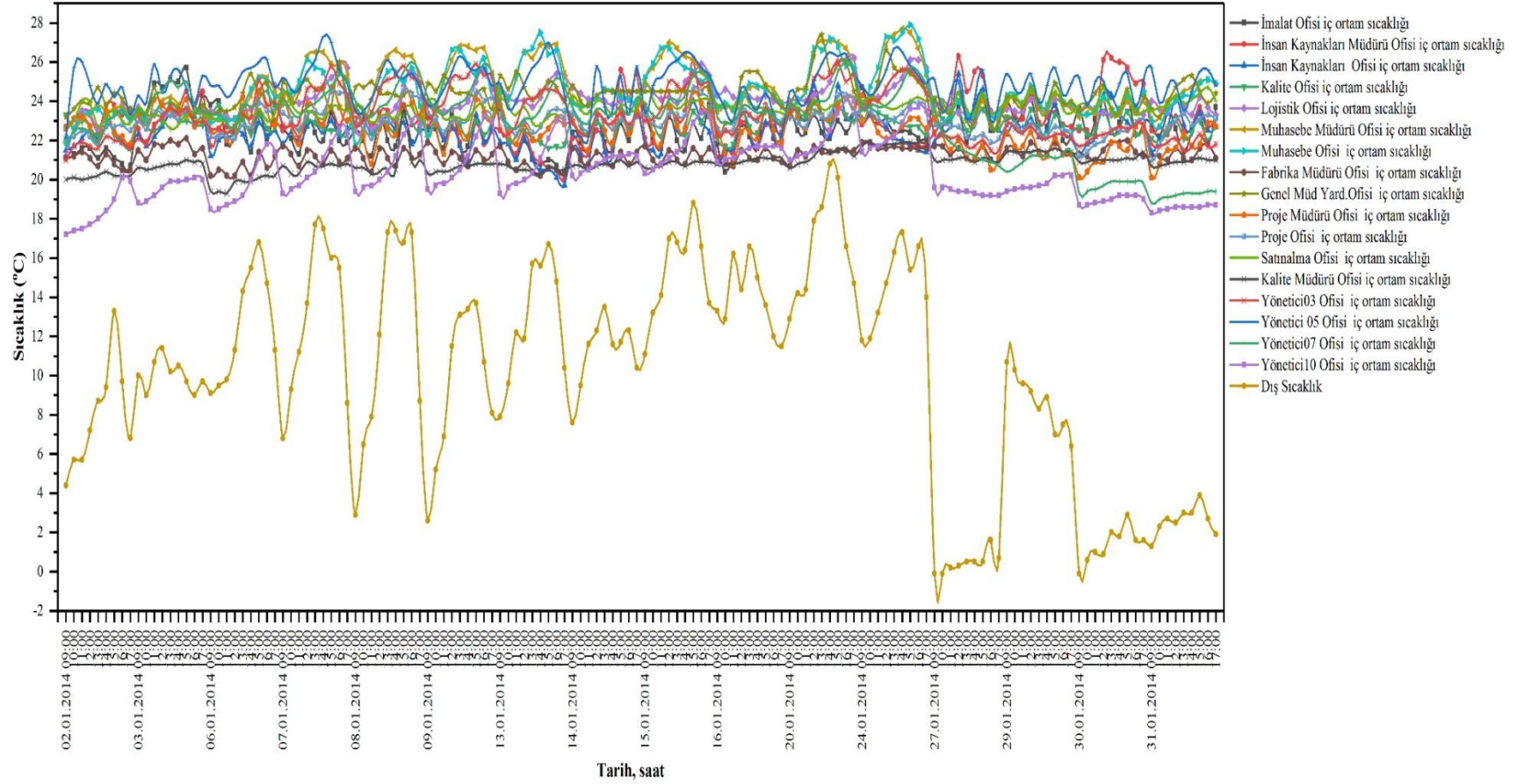
İdari bina ofislerinden 2013 yılı Aralık ayında bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen gerçek iç ortam sıcaklık değerlerinin ve gerçek dış ortam sıcaklığının değişimi grafiği Şekil 5.21’de gösterilmiştir.



Şekil 5.21. Aralık 2013 için tüm ofislerin gerçek iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının eş zamanlı değişimi.

2013 yılı Aralık ayında binanın zemin katında İmalat Ofisi 22.375°C, birinci katında Proje Müdürü Ofisi 23.29°C ve ikinci katında ise Yönetici 07 Ofisi 23.74°C iç ortam ortalama sıcaklığı değerleri ile +22°C ideal sıcaklık değerine yakınsamışlardır.

İdari bina ofislerinden 2014 yılı Ocak ayında bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen gerçek iç ortam sıcaklık değerlerinin ve gerçek dış ortam sıcaklığının değişimi grafiği Şekil 5.22’da gösterilmiştir.

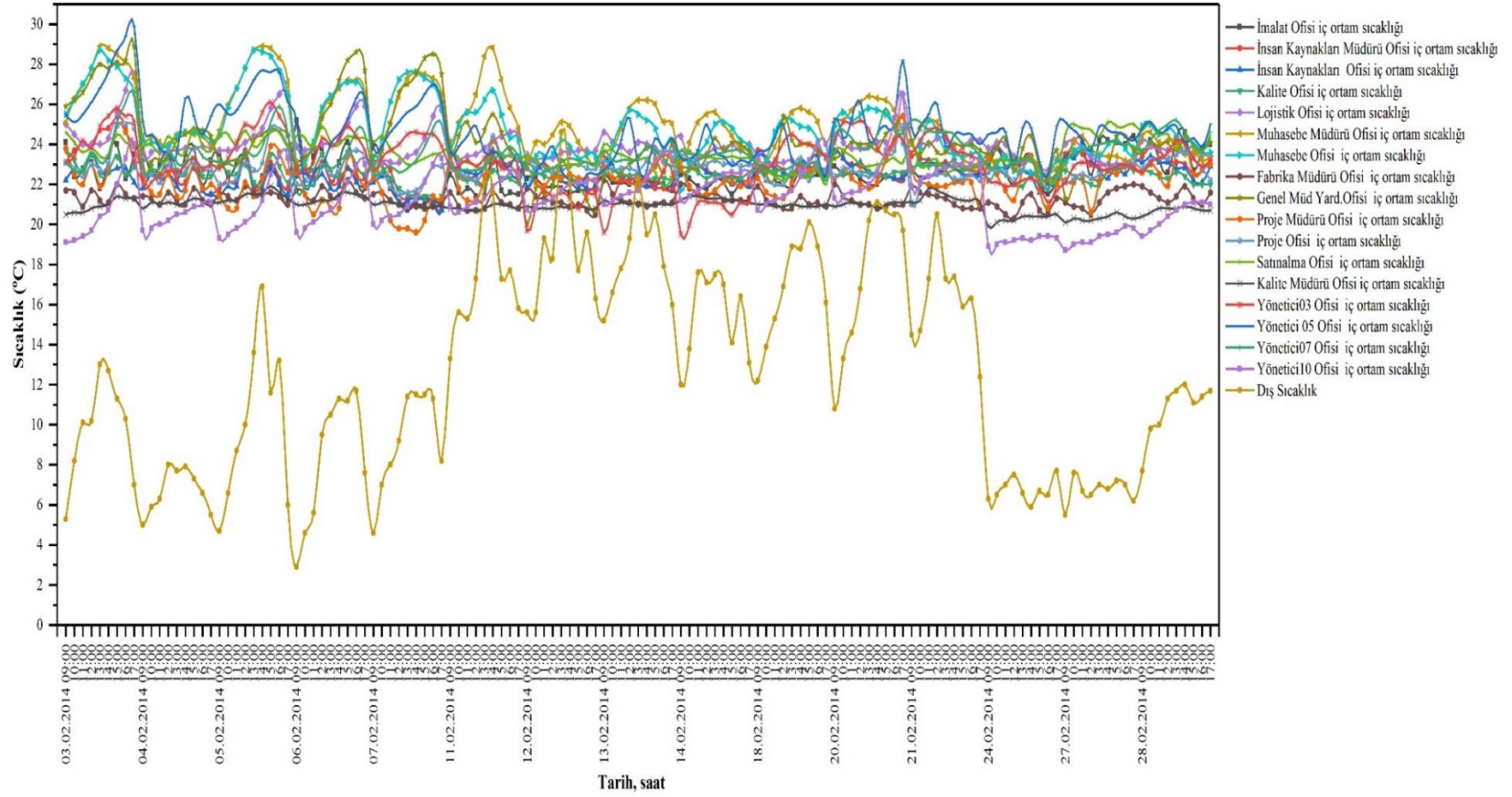


Şekil 5.22. Ocak 2014 için tüm ofislerin gerçek iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının eş zamanlı değişimi.

2014 yılı Ocak ayında binanın zemin katında İnsan Kaynakları Ofisi 22.649°C, birinci katında Proje Müdürü Ofisi 22.59°C ve ikinci katında ise Yönetici 07 Ofisi 23.03°C iç ortam ortalama sıcaklığı değerleri ile +22°C ideal sıcaklık değerine yakınsamışlardır.

İdari bina ofislerinden 2014 yılı Şubat ayında bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen gerçek iç ortam sıcaklık değerlerinin ve gerçek dış ortam sıcaklığının değişimi grafiği Şekil 5.23'te gösterilmiştir.

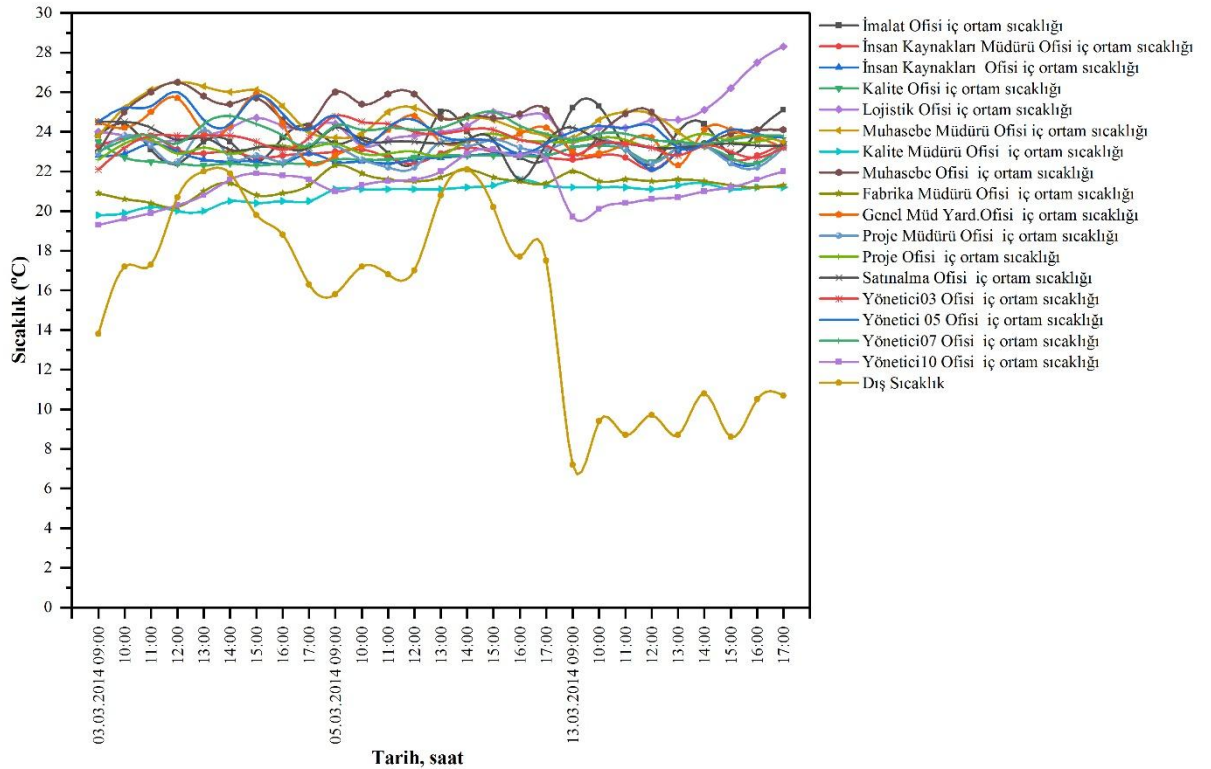




Şekil 5.23. Şubat 2014 için tüm ofislerin gerçek iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının eş zamanlı değişimi.

2014 yılı Şubat ayında binanın zemin katında İnsan Kaynakları Ofisi 22.51°C, birinci katında Proje Müdürü Ofisi 22.25°C ve ikinci katında ise Yönetici 03 Ofisi 23.09°C iç ortam ortalama sıcaklığı değerleri ile +22°C ideal sıcaklık değerine yakınsamışlardır.

İdari bina ofislerinden 2014 yılı Mart ayında bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen gerçek iç ortam sıcaklık değerlerinin ve gerçek dış ortam sıcaklığının değişimi grafiği Şekil 5.24’de gösterilmiştir.



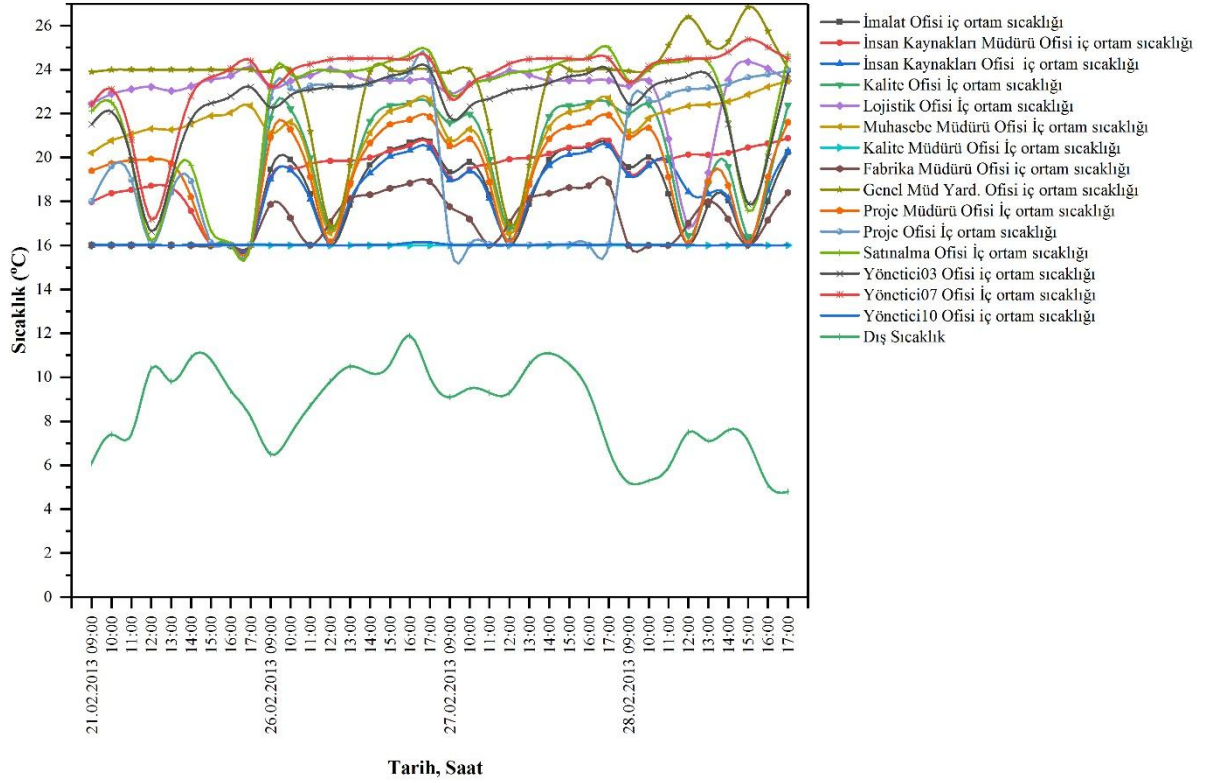
Şekil 5.24. Mart 2014 için tüm ofislerin gerçek iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının eş zamanlı değişimi.

2014 yılı Mart ayında binanın zemin katında Kalite Ofisi 22.51°C, birinci katında Proje Müdürü Ofisi 23.03°C ve ikinci katında ise Yönetici 03 Ofisi 23.52°C iç ortam ortalama sıcaklığı değerleri ile +22°C ideal sıcaklık değerine yakınsamışlardır.

Binaya ait konumdaki dış ortam iklim sıcaklığının Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden edinilen bilgiler doğrultusunda 2013 yılı Şubat ayında ve 2014 yılı Ocak ayında en düşük ortalama değere ulaştığı ortaya çıkmıştır. En düşük ortalama dış ortam iklim sıcaklığı görülen 2013 yılı Şubat ve 2014 yılı Ocak ayları için çalışma ofislerinin

sıcaklık dağılımları detaylı dinamik simülasyon yöntemi kullanılarak tespit edilmiş, sonuçlar grafikler halinde sunulmuştur.

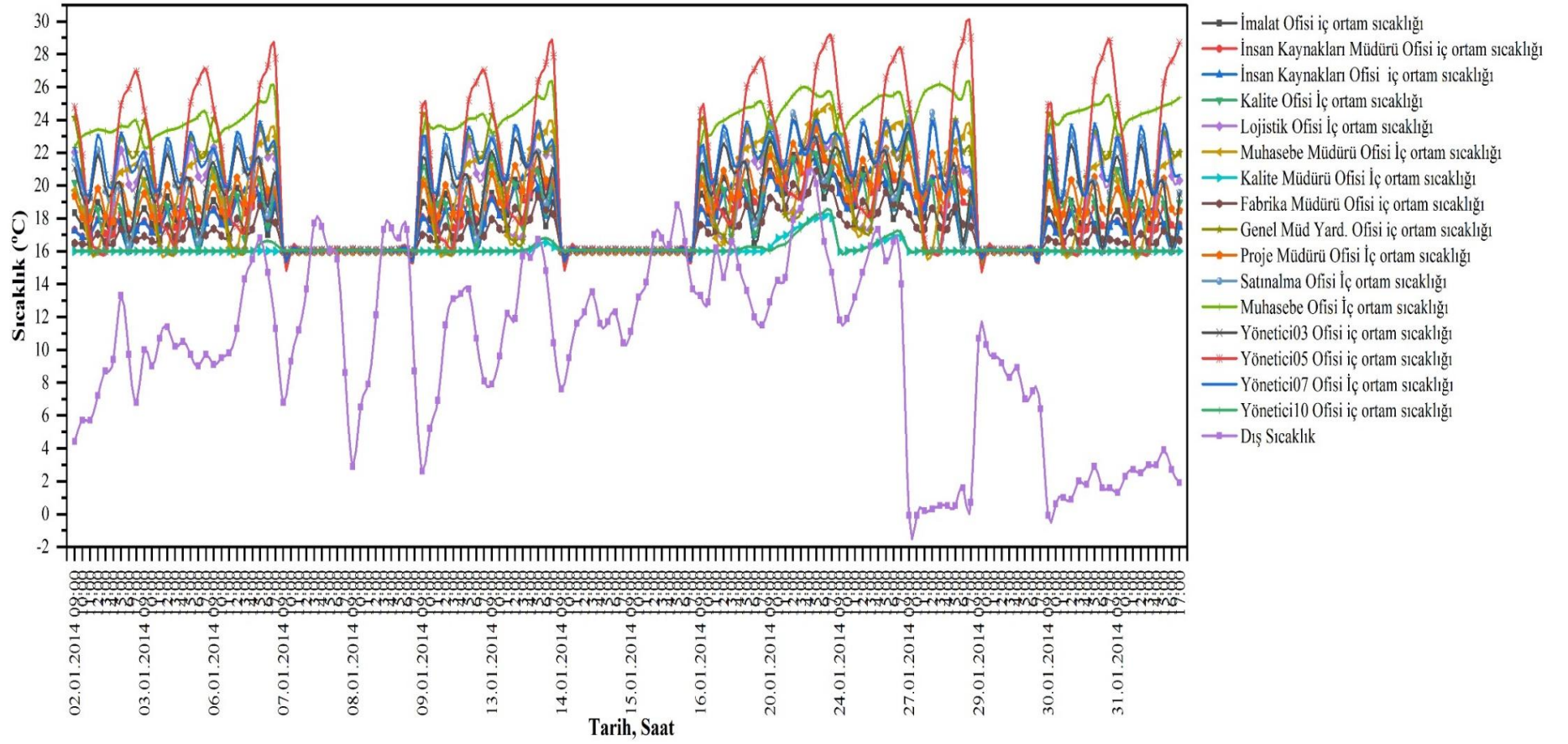
İdari bina ofislerine detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak 2013 yılı Şubat ayı için yapılan analiz sonucunda elde edilen iç ortam sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığı değerlerinin değişimi Şekil 5.25’de verilmiştir.



Şekil 5.25. Şubat 2013 için tüm bina ofislerine detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak elde edilen sıcaklık değişimleri.

2013 yılı Şubat ayında ortalama oda sıcaklığı, 22.36°C değeri ile birinci kat Satın Alma Ofisi +22°C ideal oda sıcaklığına yakınsamıştır. Yine aynı tarih aralığında maksimum ortalama oda sıcaklığı, referans ortalama oda sıcaklığından en fazla zemin katta yaklaşık % 9’luk artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

İdari bina ofislerine detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak 2014 yılı Ocak ayı için yapılan analiz sonucunda elde edilen iç ortam sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığı değerlerinin değişimi Şekil 5.26’da verilmiştir.



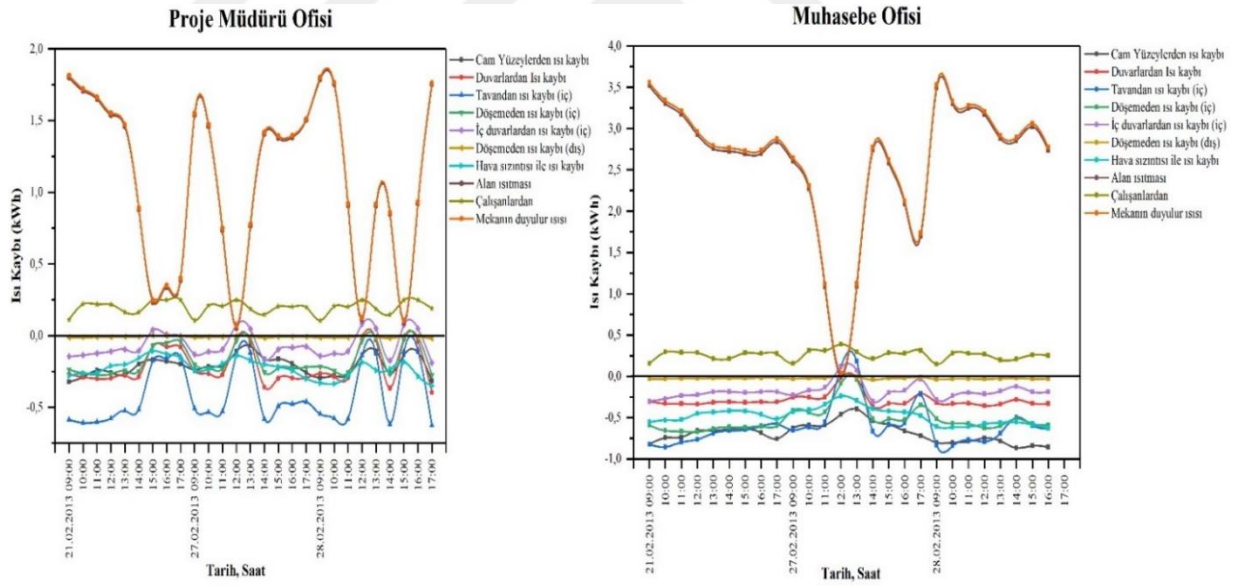
Şekil 5.26. Ocak 2014 için tüm bina ofislerine detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak elde edilen sıcaklık değişimleri.

2014 yılı Ocak ayında ortalama oda sıcaklığı, 21.73°C değeri ile birinci kat Muhasebe Ofisi +22°C ideal oda sıcaklığına yakınsamıştır. Yine aynı zaman diliminde maksimum ortalama oda sıcaklığı, referans ortalama oda sıcaklığından en fazla zemin katta yaklaşık %23.8’lik artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

5.4. Ticari Binaya ait Ofislerin Isı Kaybı Değişimlerinin Karşılaştırılması

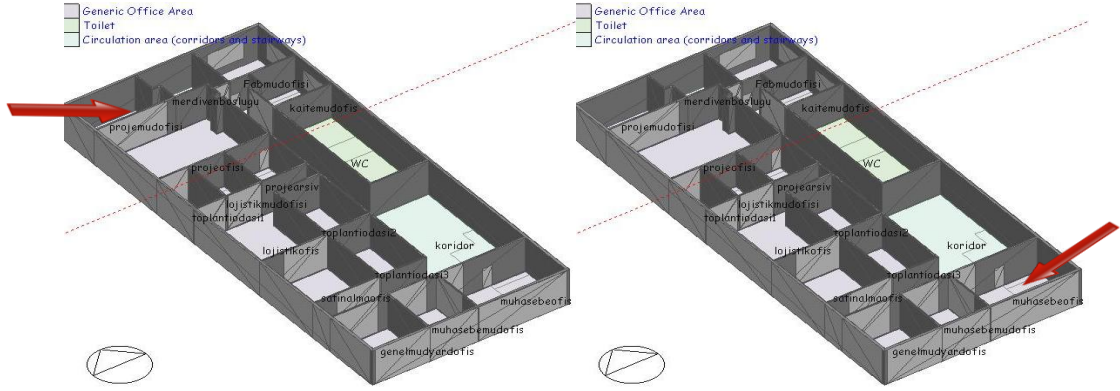
Binaya ait konumdaki dış ortam iklim sıcaklığının hem ölçüm yoluyla hem de Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden edinilen bilgiler doğrultusunda 2013 yılı Şubat ayında ve 2014 yılı Ocak ayında en düşük ortalama değere ulaştığı ortaya çıkmıştır. En düşük dış ortam iklim sıcaklığında bina ofislerinin ısıl davranışını tespit etmek amacıyla 2013 yılı Şubat ayı ve 2014 yılı Ocak ayları için sonuçlar grafikler halinde sunulmuştur.

İdari binanın aynı katta yatay olarak farklı konumlardaki ofislerin detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak 2013 yılı Şubat ayı için yapılan analiz sonucunda elde edilen kayıp/kazanç ısı kaybı değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.27’de gösterilmiştir.



Şekil 5.27. Şubat 2013 için aynı katta yatay olarak farklı konumlardaki ofislerin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırması.

Şekil 5.28’de birinci kat Desigbuilder modeli üzerinde Proje Müdürü Ofisinin ve Muhasebe Ofisinin kattaki konumu gösterilmiştir.



a)

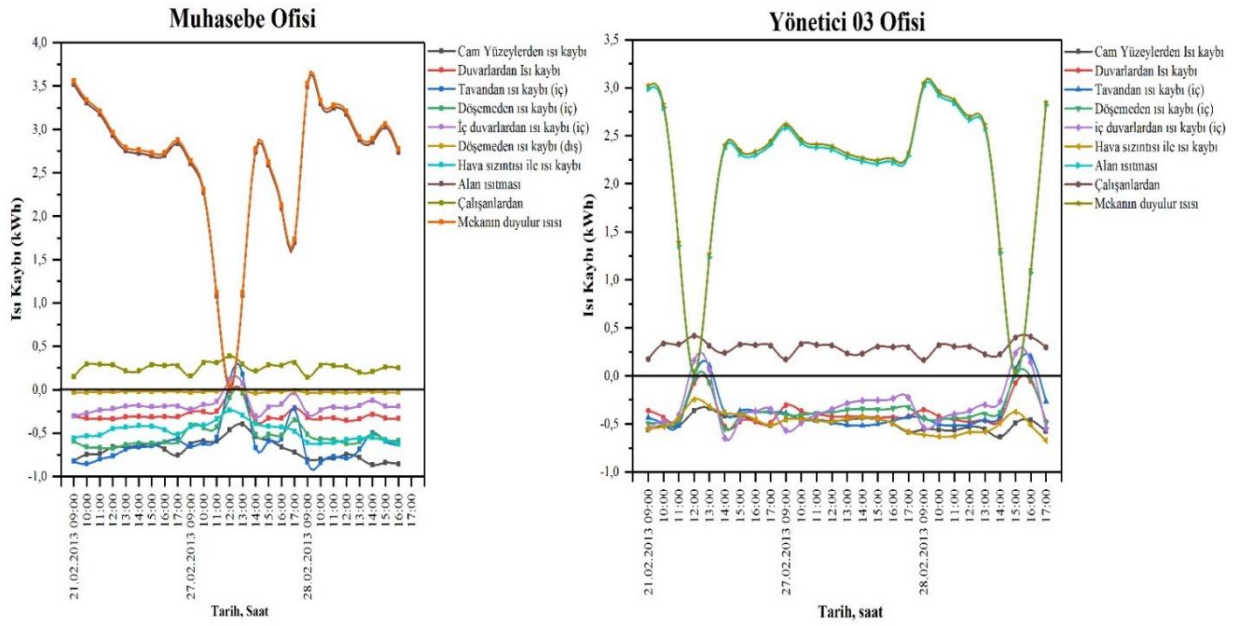
b)

Şekil 5.28. a) DesignBuilder birinci kat Proje Müdürü Ofisi modeli b) DesignBuilder birinci kat Muhasebe Ofisi modeli.

2013 yılı Şubat ayı için aynı katta yatay olarak farklı konumda olan Proje Müdürü Ofisi ve Muhasebe Ofisi ısı kaybı dağılımları karşılaştırılmıştır. Proje Müdürü Ofisinin alt katı yemekhane olarak kullanılmaktadır. Muhasebe ofisi alt katında toplantı odaları bulunmaktadır. Proje Müdürü Ofisinin üst katı sosyal alan olarak kullanılmakta, Muhasebe ofisinin üst katında ise başka bir ofis bulunmaktadır. Her iki ofisin konumu itibariyle idari bina Güney-Doğu ve Kuzey-Doğu cephelerinde yer almaktadırlar. Güney cephesi dış ortam ile bağlantılıdır.

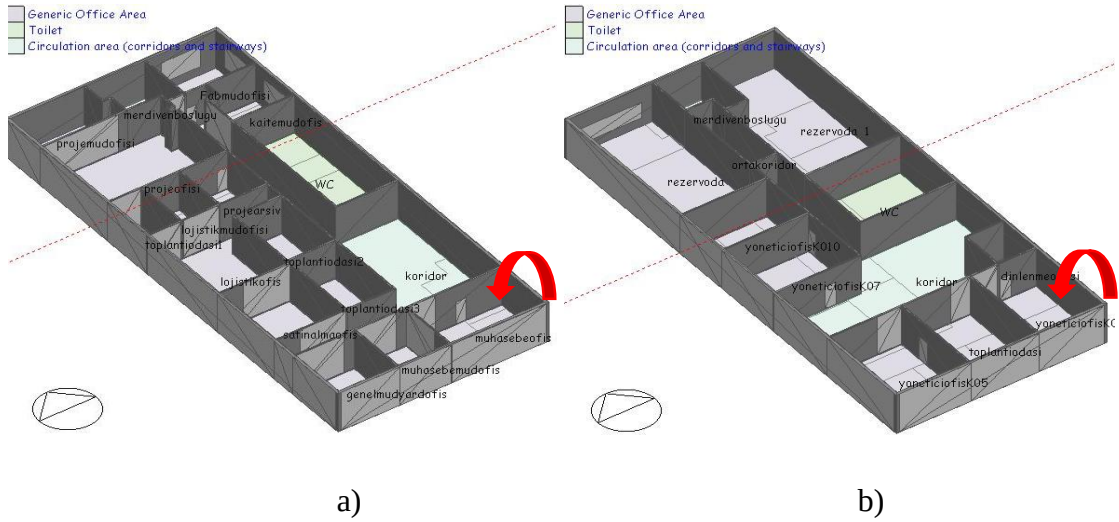
2013 yılı Şubat ayı için birinci katta bulunan Proje Müdürü ofisinin ısı kaybı değeri yatay aynı konumda olan birinci kattaki Muhasebe Ofisinin ısı kaybı değerinden fazla olduğu tespit edilmiştir. Her iki ofis için de kullanılan fan coil cihaz kapasiteleri, ofis ısı kaybı değerlerini karşılamaktadır. Diğer yandan her iki ofiste yapı elemanlarından olan ısı kaybı karakteri birbirinden farklılık gösterdiği belirlenmiştir. 2013 yılı Şubat ayı için yapılan simulasyonda Proje Müdürü Ofisinde ısı kaybının yüksek oranda tavan yüzeyinden gerçekleştiği, Muhasebe Ofisinde ise ısı kaybının yüksek oranda cam yüzeylerinden gerçekleştiği ortaya çıkmıştır.

İdari binanın farklı katlarda aynı konumdaki (hizadaki) iki ofisine detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak 2013 yılı Şubat ayı için yapılan analiz sonucunda elde edilen kayıp/kazanç ısı kaybı değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.29'da gösterilmiştir.



Şekil 5.29. Şubat 2013 için farklı katlarda düşey olarak aynı konumdaki iki ofisin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırılması.

Şekil 5.30'da birinci ve ikinci kat Designbuilder modelleri üzerinde Muhasebe Ofisinin ve Yönetici 03 Ofisinin kattaki konumu gösterilmiştir.



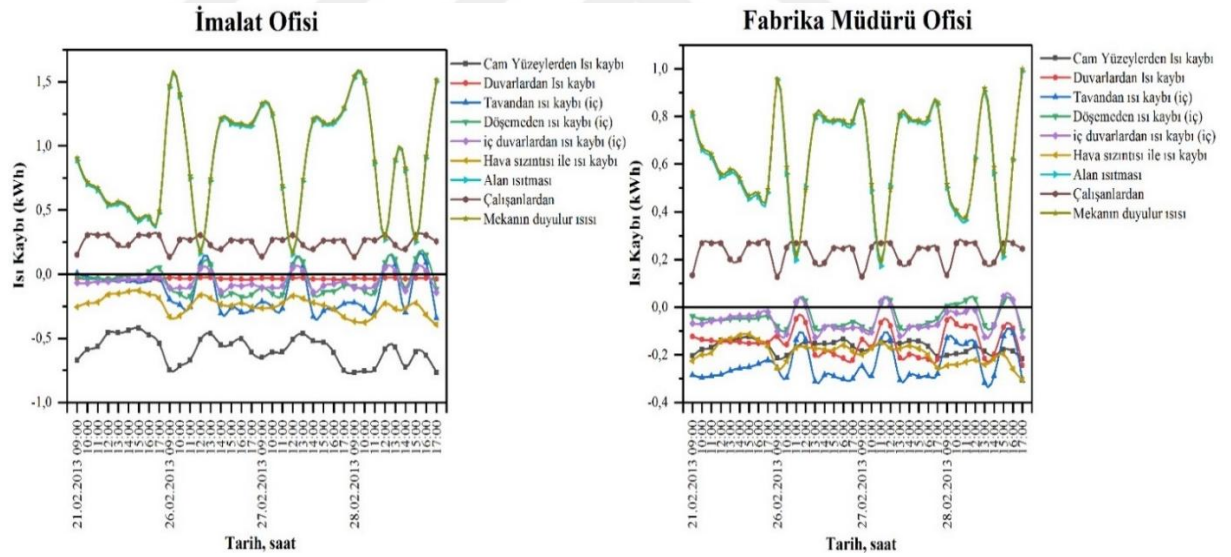
Şekil 5.30. a) DesignBuilder birinci kat Muhasebe ofisi modeli. b) DesignBuilder ikinci kat Yönetici 03 ofisi modeli.

2013 yılı Şubat ayı için farklı katlarda düşey olarak aynı konumda olan Muhasebe Ofisi ve Yönetici 03 ofisi ısı kaybı dağılımları karşılaştırılmıştır. Muhasebe ofisi birinci

kattadır ve alt katında toplantı odaları bulunmaktadır. Yönetici 03 Ofisi ikinci kattadır ve üst katında teras katı bulunmaktadır. Her iki ofisin konumu itibariyle idari bina Güney-Doğu cephesinde yer almaktadırlar ve Güney cephesi dış ortam ile bağlantılıdır.

2013 yılı Şubat ayı için birinci katta bulunan Muhasebe ofisinin ısı kaybı değerinin düşey aynı konumda olan ikinci kattaki Yönetici 03 Ofisinin ısı kaybı değerine yakın olduğu tespit edilmiştir. Her iki ofis için de kullanılan fan coil cihaz kapasiteleri, ofis ısı kaybı değerlerini karşılamaktadır. Diğer yandan her iki ofiste yapı elemanlarından olan ısı kaybı karakteri birbirinden farklılık gösterdiği belirlenmiştir. 2013 yılı Şubat ayı için yapılan simülasyonda Muhasebe Ofisinde ısı kaybının yüksek oranda cam yüzeylerinden gerçekleştiği, Yönetici 03 Ofisinde ise ısı kaybının yüksek oranda hava sızıntısı ile ve cam yüzeylerinden gerçekleştiği ortaya çıkmıştır.

İdari binanın farklı katlarda aynı konumdaki (hizadaki) iki ofisine detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak 2013 yılı Şubat ayı için yapılan analiz sonucunda elde edilen kayıp/kazanç ısı kaybı değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.31’de gösterilmiştir.

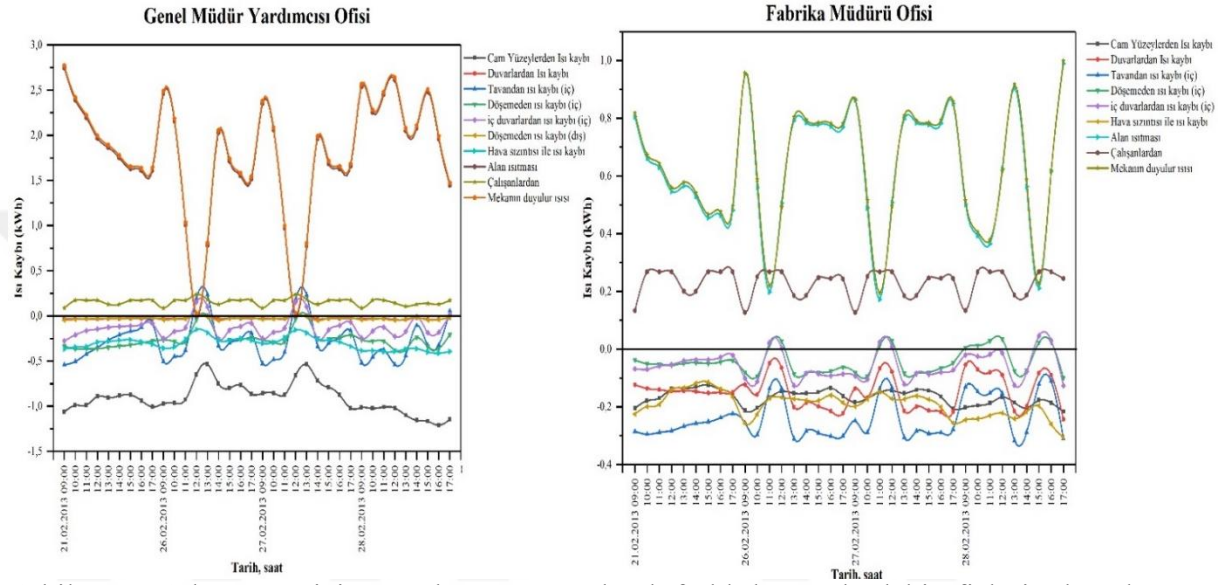


Şekil 5.31. Şubat 2013 için farklı katlarda düşey olarak aynı konumdaki iki ofisin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırılması.

Şekil 5.32’de zemin ve birinci kat Desigbuilder modelleri üzerinde İmalat Ofisinin ve Fabrika Müdürü Ofisinin kattaki konumu gösterilmiştir.

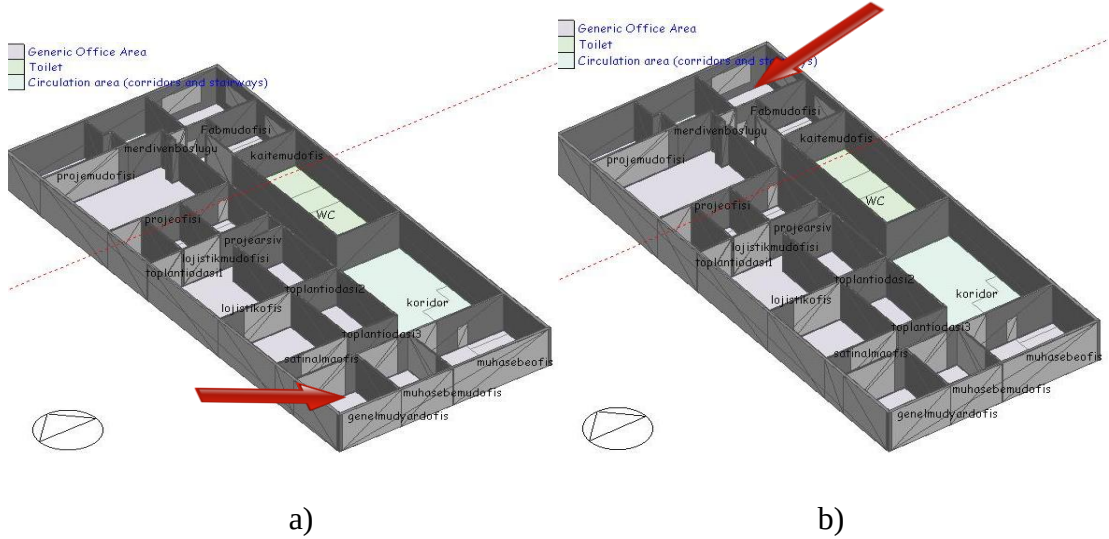
Fabrika Müdürü Ofisine yapılan analiz sonucunda ısıtma gücü üzerine en etkili parametrenin tavandan ısı kaybı değeri olduğu belirlenmiştir. Üst katta ısıtılmayan bir hacmin varlığı ısı geçişinin tavan yönünde gelişmesine sebep olmuştur.

İdari binanın aynı katta yatay olarak farklı konumlardaki ofislerin detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak 2013 yılı Şubat ayı için yapılan analiz sonucunda elde edilen kayıp/kazanç ısı kaybı değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.33'te gösterilmiştir.



Şekil 5.33. Şubat 2013 için aynı katta yatay olarak farklı konumlardaki ofislerin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırılması.

Şekil 5.34'de birinci ve ikinci kat Desigbuilder modelleri üzerinde Muhasebe Ofisinin ve Yönetici 03 Ofisinin kattaki konumu gösterilmiştir.



Şekil 5.34. a) DesignBuilder birinci kat Genel Müdür Yardımcısı ofisi modeli. b) DesignBuilder birinci kat Fabrika Müdürü Ofisi modeli.

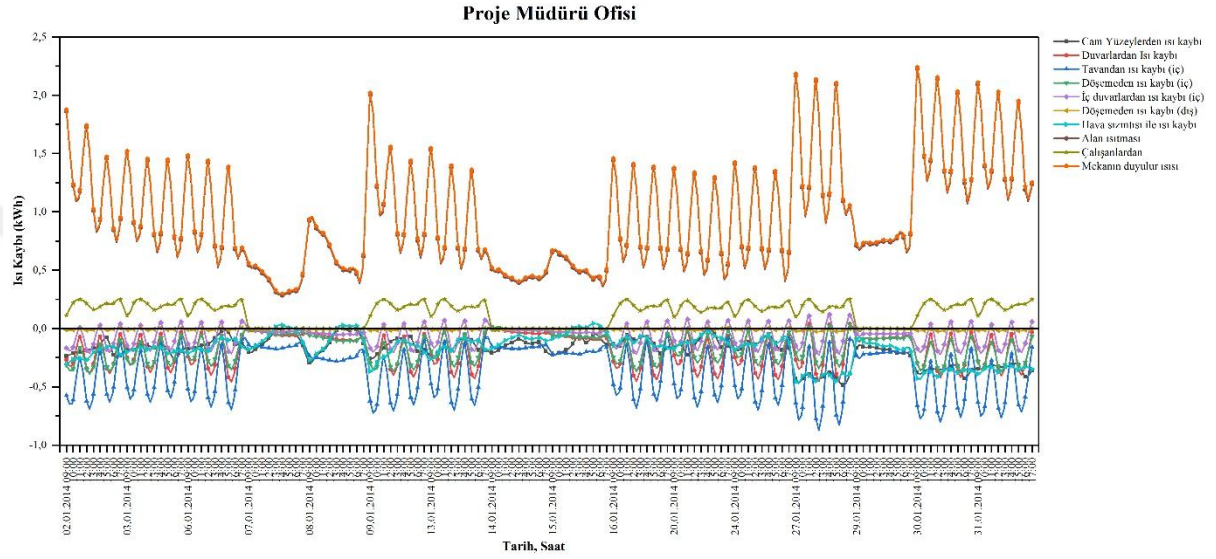
2013 yılı Şubat ayı için aynı katta yatay olarak farklı konumda olan Genel Müdür Yardımcısı Ofisi ve Fabrika Müdürü ofisi ısı kaybı dağılımları karşılaştırılmıştır. Genel Müdür Yardımcısı Ofisi birinci kattadır ve alt katı idari bina giriş bölümü olarak kullanılmaktadır. Fabrika Müdürü Ofisi birinci kattadır ve üst katında başka bir ofis bulunmaktadır. Fabrika Müdürü Ofisi idari bina iç kısmında yer almakta ve Genel Müdür Yardımcısı ofisinin dış ortam ile bağlantılı cepheleri bulunmaktadır.

2013 yılı Şubat ayı için zemin katta bulunan Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin ısı kaybı değeri düşey aynı konumda olan birinci kattaki Fabrika Müdürü Ofisinden fazla olduğu tespit edilmiştir. Her iki ofis için de kullanılan fan coil cihaz kapasiteleri, ofis ısı kaybı değerlerini karşılamaktadır. Diğer yandan her iki ofiste yapı elemanlarından olan ısı kaybı karakteri birbirinden farklılık gösterdiği belirlenmiştir. 2013 yılı Şubat ayı için yapılan simulasyonda Genel Müdür Yardımcısı Ofisinde ısı kaybının yüksek oranda cam yüzeylerinden gerçekleştiği, Fabrika Müdürü Ofisinde ise ısı kaybının yüksek oranda tavan yüzeyinden gerçekleştiği ortaya çıkmıştır.

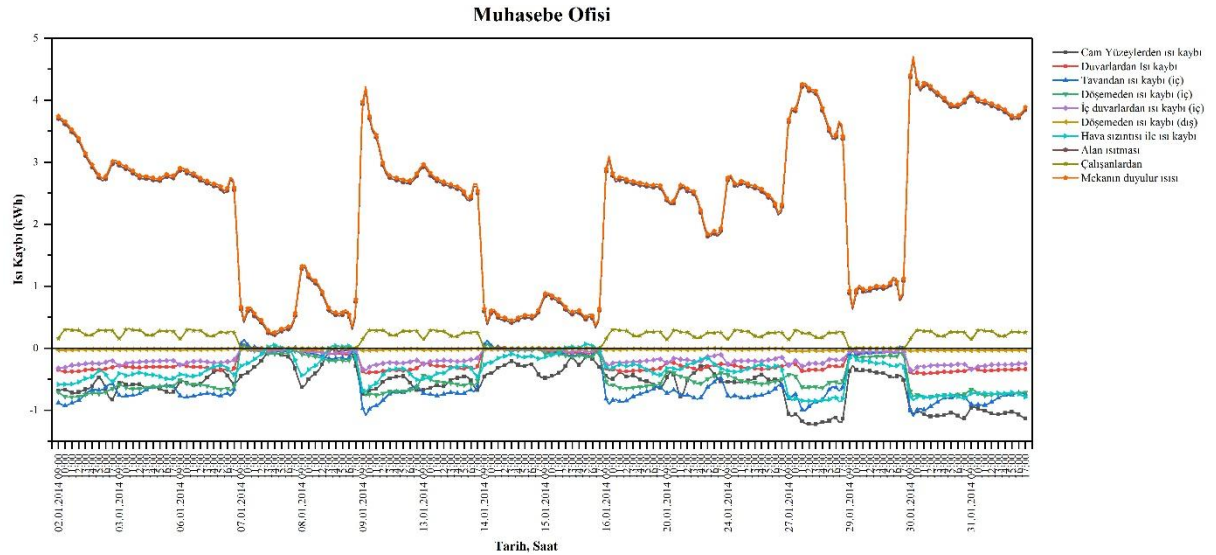
Genel Müdür Yardımcısı ofisinin Güney ve Batı cepheleri tamamen cam yüzeyi ile kaplı olup aynı zamanda dış ortam ile bağlantılı cepheleridir. Grafiğe bakılacak olursa cam yüzeylerinden olan ısı kaybı değeri arttıkça mekan için gerekli konfor sıcaklığını sağlayacak ısı kaybı değeri de artmaktadır.

Fabrika Müdürü Ofisine yapılan analiz sonucunda ısıtma gücü üzerine en etkili parametrenin tavandan ısı kaybı değeri olduğu belirlenmiştir. Üst katta ısıtılmayan bir hacmin varlığı ısı geçişinin tavan yönünde gelişmesine sebep olmuştur.

İdari binanın aynı katta yatay olarak farklı konumlardaki ofislerin detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak 2014 yılı Ocak ayı için yapılan analiz sonucunda elde edilen kayıp/kazanç ısı kaybı değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.35’de gösterilmiştir.



a)



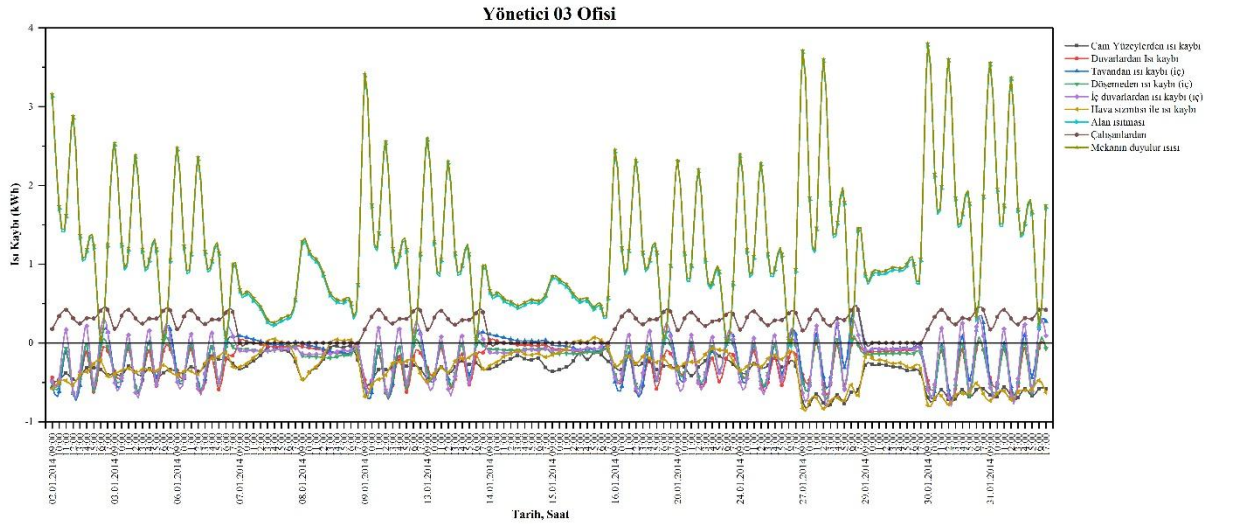
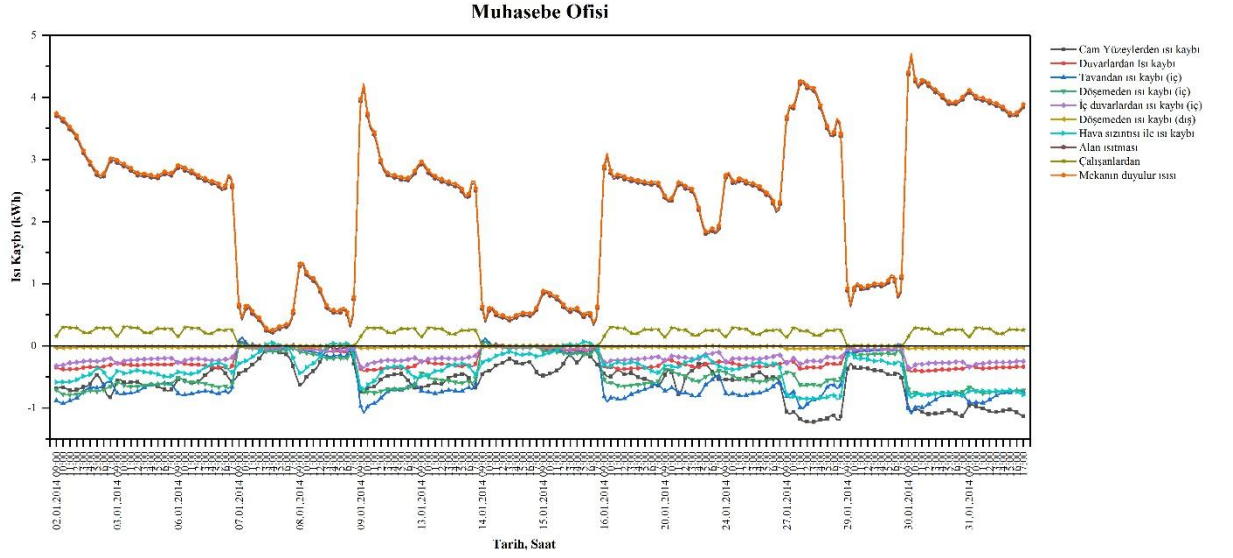
b)

Şekil 5.35. Ocak 2014 için aynı katta yatay olarak farklı konumlardaki ofislerin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırması.

2014 yılı Ocak ayı için aynı katta yatay olarak farklı konumda olan Proje Müdürü Ofisi ve Muhasebe Ofisi ısı kaybı dağılımları karşılaştırılmıştır. Proje Müdürü Ofisinin alt katı mutfak olarak kullanılmaktadır. Muhasebe ofisi alt katında toplantı odaları bulunmaktadır. Proje Müdürü Ofisinin üst katı sosyal alan olarak kullanılmakta, Muhasebe Ofisinin üst katında ise başka bir ofis bulunmaktadır. Her iki ofisin konumu itibarıyla idari bina Güney-Doğu ve Kuzey-Doğu cephelerinde yer almaktadırlar. Güney cephesi dış ortam ile bağlantılıdır.

2014 yılı Ocak ayı için birinci katta bulunan Muhasebe Ofisinin ısı kaybı değeri yatay aynı konumda olan birinci kattaki Proje Müdürü Ofisinin ısı kaybı değerinden fazla olduğu tespit edilmiştir. Her iki ofis için de kullanılan fan coil cihaz kapasiteleri, ofis ısı kaybı değerlerini karşılamaktadır. Diğer yandan her iki ofiste yapı elemanlarından olan ısı kaybı karakteri birbirinden farklılık gösterdiği belirlenmiştir. 2014 yılı Ocak ayı için yapılan simulasyonda Proje Müdürü Ofisinde ısı kaybının yüksek oranda tavan yüzeyinden gerçekleştiği, Muhasebe Ofisinde ise ısı kaybının yüksek oranda cam yüzeylerinden ve hava sızıntısı ile pencerelerden gerçekleştiği ortaya çıkmıştır. Proje Müdürü Ofisinin üst katında ısıtılmayan bir hacmin varlığı ısı geçişinin tavan yönünde gelişmesine sebep olmuştur.

İdari binanın farklı katlarda aynı konumdaki (hizadaki) iki ofisine detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak 2014 yılı Ocak ayı için yapılan analiz sonucunda elde edilen kayıp/kazanç ısı kaybı değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.36'da gösterilmiştir.



Şekil 5.36. Ocak 2014 için farklı katlarda düşey olarak aynı konumdaki iki ofisin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırılması.

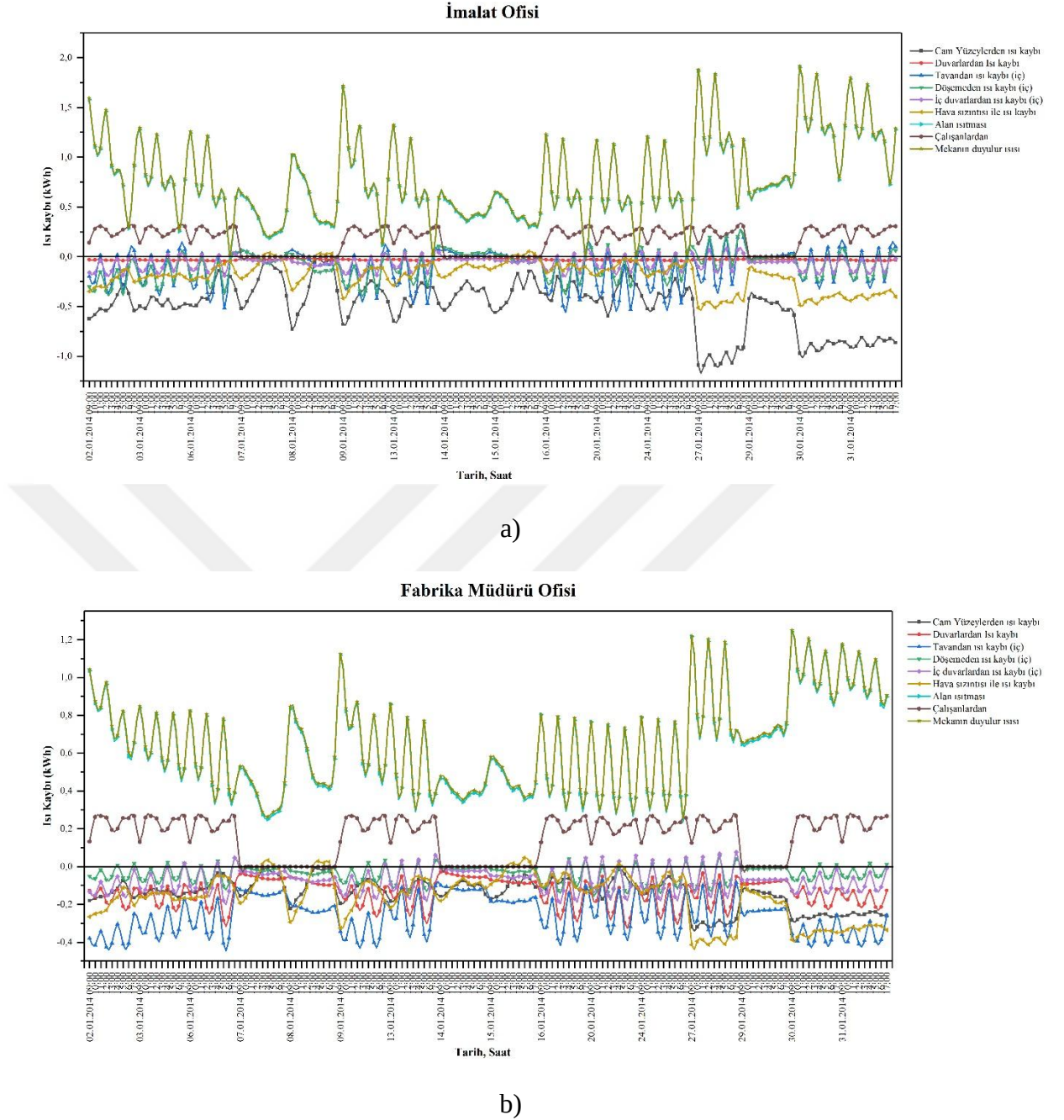
2014 yılı Ocak ayı için farklı katlarda düşey olarak aynı konumda olan Muhasebe Ofisi ve Yönetici 03 ofisi ısı kaybı dağılımları karşılaştırılmıştır. Muhasebe Ofisi birinci kattadır ve alt katında toplantı odaları bulunmaktadır. Yönetici 03 Ofisi ikinci kattadır ve üst katında teras katı bulunmaktadır. Her iki ofisin konumu itibarıyla idari bina Güney-Doğu cephesinde yer almaktadırlar ve Güney cephesi dış ortam ile bağlantılıdır.

2014 yılı Ocak ayı için birinci katta bulunan Muhasebe Ofisinin ısı kaybı değerinin düşey aynı konumda olan ikinci kattaki Yönetici 03 Ofisinin ısı kaybı değerine

yakın olduğu tespit edilmiştir. Her iki ofis için de kullanılan fan coil cihaz kapasiteleri, ofis ısı kaybı değerlerini karşılamaktadır. 2014 yılı Ocak ayı için yapılan simulasyonda Muhasebe Ofisinde ve Yönetici 03 Ofisinde ısı kaybının yüksek oranda cam yüzeylerinden ve hava sızıntısı ile pencerelerden gerçekleştiğı ortaya çıkmıştır. Bu iki ofisin yapı elemanlarından olan ısı kaybı karakteri birbiriyle örtüşmektedir.

İdari binanın farklı katlarda aynı konumdaki (hizadaki) iki ofisine detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak 2014 yılı Ocak ayı için yapılan analiz sonucunda elde edilen kayıp/kazanç ısı kaybı değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.37’de gösterilmiştir.





Şekil 5.37. Ocak 2014 için farklı katlarda düşey olarak aynı konumdaki iki ofisin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırılması.

2014 yılı Ocak ayı için farklı katlarda düşey olarak aynı konumda olan İmalat Ofisi ve Fabrika Müdürü Ofisi ısı kaybı dağılımları karşılaştırılmıştır. İmalat ofisi zemin kattadır ve alt katı fabrika depolama alanı olarak kullanılmaktadır. Fabrika Müdürü Ofisi birinci kattadır ve üst katında başka bir ofis bulunmaktadır. Her iki ofisin konumu

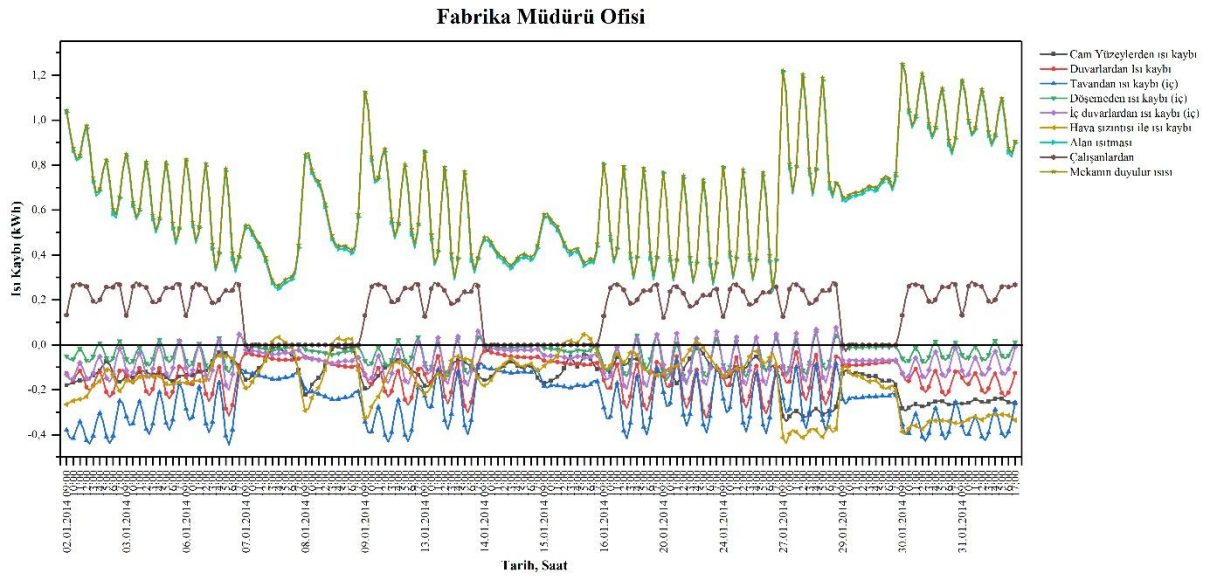
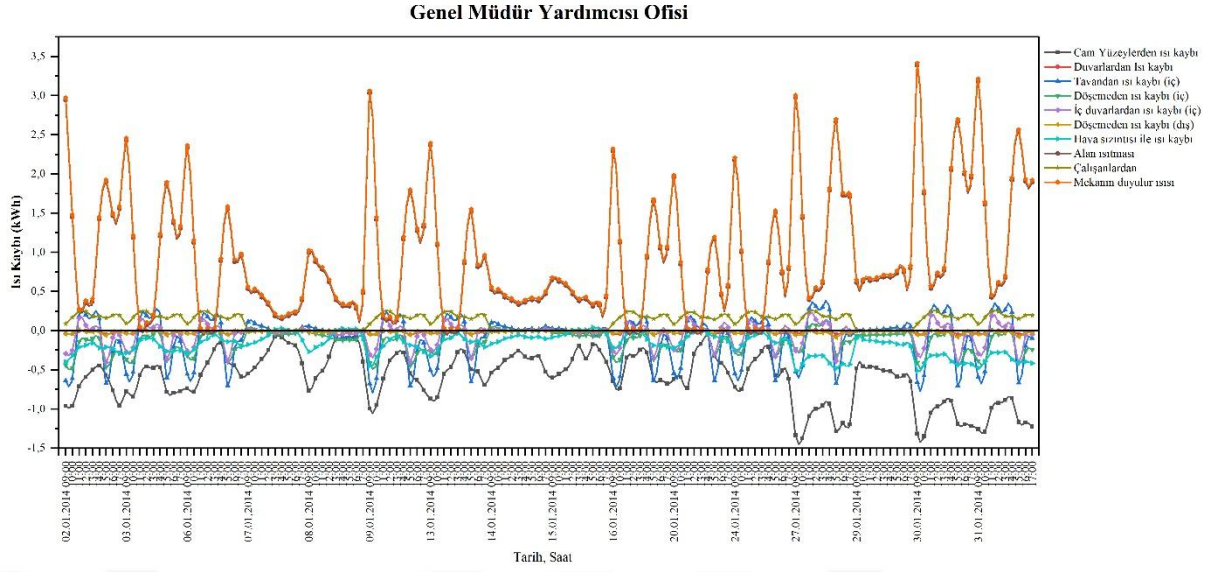
itibariyle idari bina iç kısmında yer almaktadırlar ve dış ortam ile bağlantılı cepheleri bulunmamaktadır.

2014 yılı Ocak ayı için zemin katta bulunan İmalat Ofisinin ısı kaybı değeri düşey aynı konumda olan birinci kattaki Fabrika Müdürü Ofisinden fazla olduğu tespit edilmiştir. Her iki ofis için de kullanılan fan coil cihaz kapasiteleri, ofis ısı kaybı değerlerini karşılamaktadır. Diğer yandan her iki ofiste yapı elemanlarından olan ısı kaybı karakteri birbirinden farklılık gösterdiği belirlenmiştir. 2014 yılı Ocak ayı için yapılan simülasyonda İmalat Ofisinde ısı kaybının yüksek oranda cam yüzeylerinden gerçekleştiği, Fabrika Müdürü Ofisinde ise ısı kaybının yüksek oranda tavan yüzeyinden ve hava sızıntısı ile pencerelerden gerçekleştiği ortaya çıkmıştır.

İmalat Ofisinde yapılan analiz sonucunda ısıtma gücü üzerine en etkili parametrenin cam yüzeylerinden ısı kaybı olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca bağlı olarak, pencerelerden hava sızıntısı ile ısı kaybının da aynı oranda yüksek olduğu öngörüsünde bulunulabilmektedir.

Fabrika Müdürü Ofisine yapılan analiz sonucunda ısıtma gücü üzerine en etkili parametrenin tavandan ısı kaybı değeri olduğu belirlenmiştir. Üst katta ısıtılmayan bir hacmin varlığı ısı geçişinin tavan yönünde gelişmesine sebep olmuştur. İkinci etkili parametre ise hava sızıntısı ile ısı kaybı olduğu görülmüştür. Isı kaybının yoğun olarak gerçekleştiği diğer bir yapı elemanı da pencerelerdir. Bu iki yapı elemanı, Fabrika Müdürü ofisi ile fabrika üretim alanı arasındaki bağlantı bölgeleridir. Fabrika üretim alanındaki iç sıcaklığın düşmesi, hava sızıntısıyla ısı geçişi değerinin artmasına yol açmaktadır.

İdari binanın aynı katta yatay olarak farklı konumlardaki ofislerin detaylı dinamik simülasyon yöntemi uygulanarak 2014 yılı Ocak ayı için yapılan analiz sonucunda elde edilen kayıp/kazanç ısı kaybı değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.38’de gösterilmiştir.



Şekil 5.38. Ocak 2014 için aynı katta yatay olarak farklı konumlardaki ofislerin detaylı dinamik simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değişimlerinin karşılaştırması.

2014 yılı Ocak ayı için aynı katta yatay olarak farklı konumda olan Genel Müdür Yardımcısı Ofisi ve Fabrika Müdürü Ofisi ısı kaybı dağılımları karşılaştırılmıştır. Genel Müdür Yardımcısı Ofisi birinci kattadır ve alt katı idari bina giriş bölümü olarak kullanılmaktadır. Fabrika Müdürü Ofisi birinci kattadır ve üst katında başka bir ofis

bulunmaktadır. Fabrika Müdürü Ofisi idari bina iç kısmında yer almakta ve Genel Müdür Yardımcısı ofisinin dış ortam ile bağlantılı cepheleri bulunmaktadır.

2014 yılı Ocak ayı için zemin katta bulunan Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin ısı kaybı değeri düşey aynı konumda olan birinci kattaki Fabrika Müdürü Ofisinden fazla olduğu tespit edilmiştir. Her iki ofis için de kullanılan fan coil cihaz kapasiteleri, ofis ısı kaybı değerlerini karşılamaktadır. Diğer yandan her iki ofiste yapı elemanlarından olan ısı kaybı karakteri birbirinden farklılık gösterdiği belirlenmiştir. 2014 yılı Ocak ayı için yapılan simulasyonda Genel Müdür Yardımcısı Ofisinde ısı kaybının yüksek oranda cam yüzeylerinden gerçekleştiği, Fabrika Müdürü Ofisinde ise ısı kaybının yüksek oranda tavan yüzeyinden gerçekleştiği ortaya çıkmıştır.

Genel Müdür Yardımcısı ofisinin Güney ve Batı cepheleri tamamen cam yüzeyi ile kaplı olup aynı zamanda dış ortam ile bağlantılı cepheleridir. Grafiğe bakılacak olursa cam yüzeylerinden olan ısı kaybı değeri arttıkça mekan için gerekli konfor sıcaklığını sağlayacak ısı kaybı değeri de artmaktadır.

Fabrika Müdürü Ofisine yapılan analiz sonucunda ısıtma gücü üzerine en etkili parametrenin tavandan ısı kaybı değeri olduğu belirlenmiştir. Üst katta ısıtılmayan bir hacmin varlığı ısı geçişinin tavan yönünde gelişmesine sebep olmuştur. İkinci etkili parametre ise hava sızıntısı ile ısı kaybı olduğu görülmüştür. Isı kaybının yoğun olarak gerçekleştiği diğer bir yapı elemanı da pencerelerdir. Bu iki yapı elemanı, Fabrika Müdürü ofisi ile fabrika üretim alanı arasındaki bağlantı bölgeleridir. Fabrika üretim alanındaki iç sıcaklığın düşmesi, hava sızıntısıyla ısı geçişi değerinin artmasına yol açmaktadır.

Bu ofiste iklimsel parametrelerden olan dış ortam sıcaklığı ile ısı kaybı değerlerinin arasında direkt bir ilişki bulunmadığı sonucu istatistiksel analizlerden de elde edilmiştir. Yapı elemanlarından ısı kaybı değeri düştükçe hacim için gerekli ısı kaybı değerinin de azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu ofise ait konfor sıcaklığını sağlayabilmek amacıyla yapı elemanlarından oluşan ısı kayıplarını azaltmak gerekmektedir.

BÖLÜM 6

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

6.1. Giriş

Bu bölümde istatistiki bir yöntem olan regresyon çözümlemesiyle enerji performansını etkileyen parametreler arasında ilişkiler denklemlerle açıklanmaktadır. Enerji Performansını etkileyen faktörleri belirlemek ve bu faktörlerin enerji performansı üzerine etkinlik derecesini araştırmak amaçlı regresyon analizi yapılmıştır. Analizi yapmak üzere RetScreen Plus yazılım programı kullanılmıştır.

Binaya ait ofislerin bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen anlık iç ortam sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığı değerleriyle, klasik ısı kaybı yöntemi kullanılarak hesaplanmış ısı kaybı değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için istatistiksel bir çalışma yapılmıştır.

Bağımsız değişkenler iç ortam ve dış ortam sıcaklıkları, bağımlı değişken ise ısı kaybı değeri olarak kabul edilmiştir. Bu değişkenler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Birbiri ile etkileşimde bulunan sistem parametreleri hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

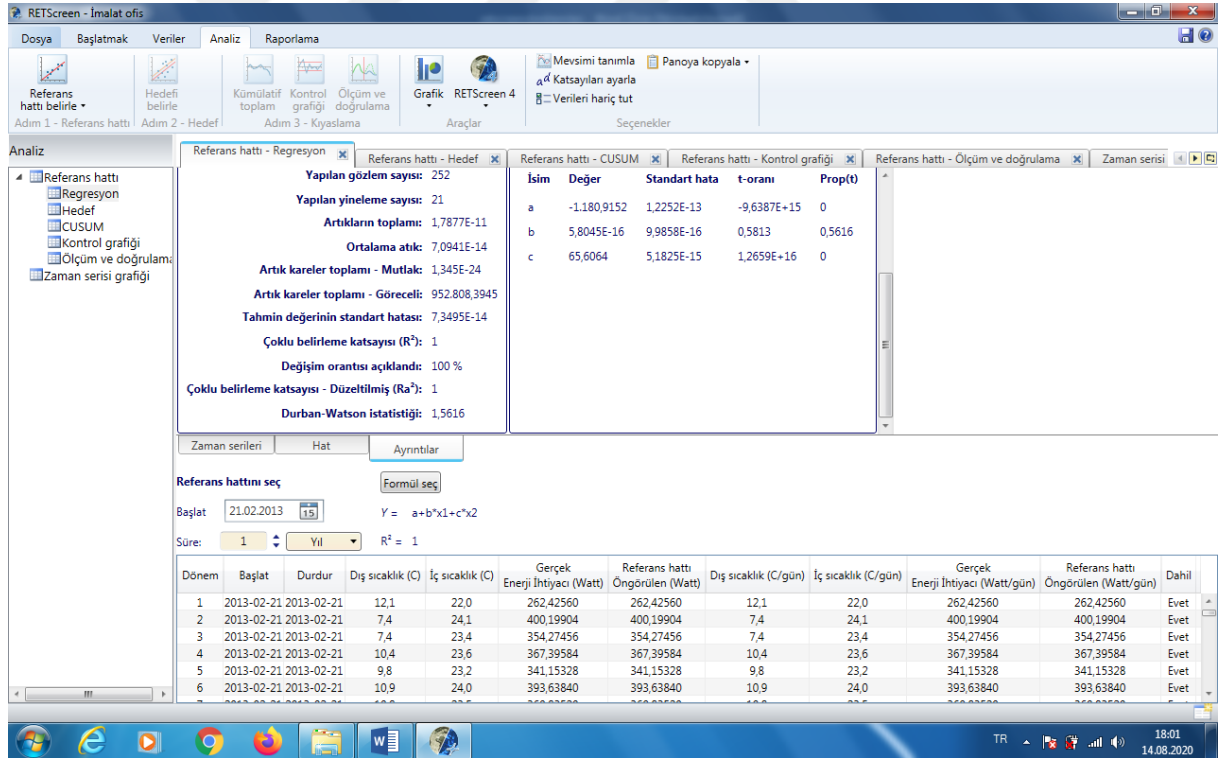
6.2. İstatistiksel Analiz Sonuçları

İdari bina ofislerine ait 2013 yılı Şubat, Mart ve Aralık aylarında ve 2014 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarında ölçüm yoluyla elde edilen veriler kullanılarak RetScreen Plus yazılım programı ile yapılan istatistik analiz sonuçları incelenmiştir. Enerji performansını etkileyen parametrelerin birbiriyle etkileşimini ortaya koyan denklemler oluşturulmuştur.

6.2.1. İmalat Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları

Bu kısımda İmalat Ofisine ait 2013 yılı Şubat, Mart ve Aralık aylarında ve 2014 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarında ölçüm yoluyla elde edilen veriler kullanılarak yapılan istatistik analiz sonuçları incelenmiştir.

2013 yılı İmalat Ofisine ait RetScreen Plus yazılımı analiz sonucu Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1. 2013 yılı İmalat Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Fabrika idari binası İmalat Ofisi 2013 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı değerinin %100 olduğu regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. İç sıcaklık

ve dış sıcaklık bağımsız değişkenlerinin, ısı kaybı bağımlı değişkeni ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir. Basit doğrusal regresyon çözümlemesi yapılmıştır.

Çizelge 6.1 İmalat Ofisinin 2013 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.1. İmalat Ofisinin 2013 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları		Katsayı sonuçları				
Yapılan gözlem sayısı:	252	İsim	Değer	Standart hata	t-oranı	Prop(t)
Yapılan yinleme sayısı:	33	a	-1,1809	1,3052E-16	-9,0481E+15	0
Artıkların toplamı:	4,9724E-14	b	0,0656	5,5208E-18	1,1884E+16	0
Ortalama atık:	1,9732E-16	c	-2,558E-18	1,0638E-18	-2,4047	0,0169
Artık kareler toplamı - Mutlak:	1,5263E-30					
Artık kareler toplamı - Göreceli:	0,9528					
Tahmin değerinin standart hatası:	7,8293E-17					
Çoklu belirleme katsayısı (R ²):	1					
Değişim oranısı açıklandı:	100 %					
Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltilmiş (Ra ²):	1					
Durban-Watson istatistiği:	1,6305					

Çözümlemedeki x_1 ve x_2 değişkenlerine ait Prob(t) değerleri sırasıyla “0”ve “0,0169” olduğuna göre ısı kaybındaki değişimin iç sıcaklık ve dış sıcaklık değişkenlerince açıklandığı görülmektedir.

Çözümleme sonucunda ortaya çıkan regresyon denklemi;

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (6.1)$$

şeklinde program tarafından tanımlanmıştır.

Bağımlı değişken (y) ısı kaybı, bağımsız değişken (x_1) iç sıcaklığı, bağımsız değişken (x_2) dış sıcaklığı ifade etmektedir. Programın hesapladığı a, b ve c değerleri sabit sayılardır. Yapılan istatistiki çalışmadan elde edilen denklemde a, b ve c gibi değerlerin ısı kaybı değeri ile her tahmin değişkeni arasındaki pozitif ya da negatif yöndeki ilişkisini göstermektedir.

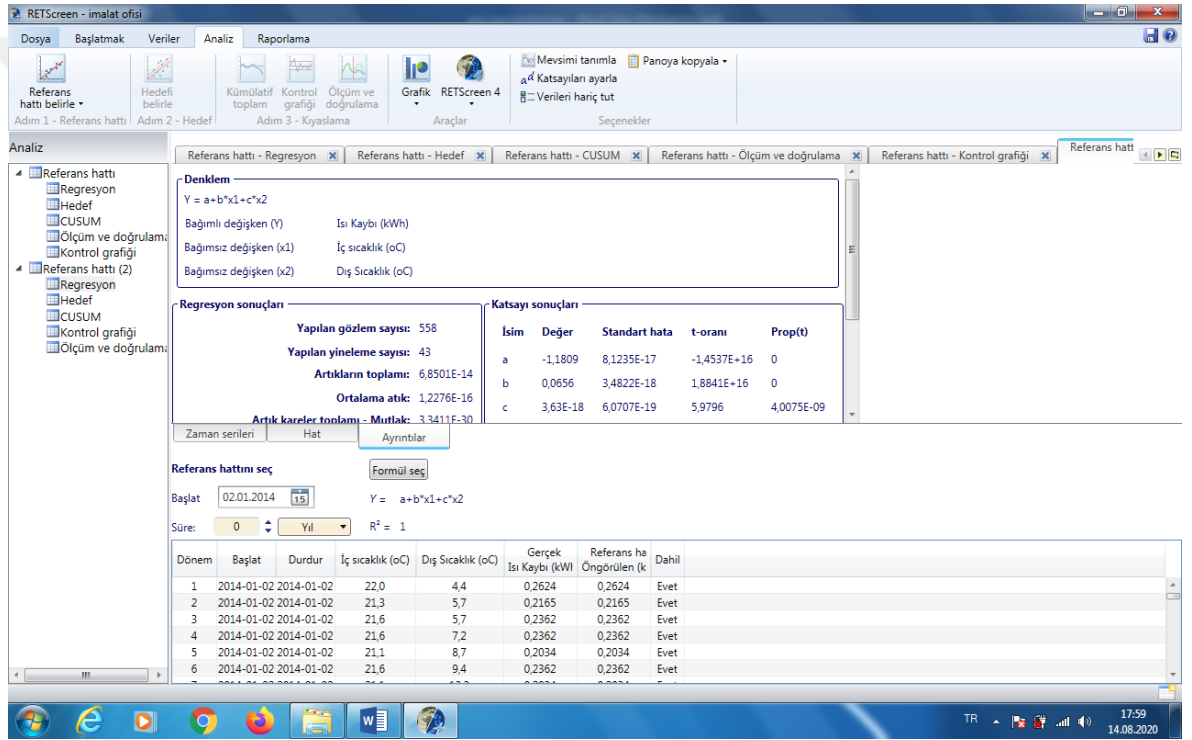
İmalat Ofisi için oluşturulmuş tablodan elde edilen regresyon denklemi;

$$\dot{Q} = (-1.1809) + (0.0656).T_1 + (-2.558.10^{-18}).T_0 \quad (6.2)$$

şeklinde bulunmuştur.

İç ortam sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0656'lık artmaya, dış ortam iklim sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde $2.558.10^{-18}$ 'lik bir azalmaya neden olduğunu göstermektedir.

2014 yılı İmalat Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.2'de verilmiştir.



Şekil 6.2. 2014 yılı İmalat Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

İmalat ofisi 2014 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı değerinin %100 olduğu regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir. Basit doğrusal regresyon çözümlemesi yapılmıştır.

Çizelge 6.2 İmalat Ofisinin 2014 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.2. İmalat Ofisinin 2014 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları		Katsayı sonuçları				
Yapılan gözlem sayısı:	558	İsim	Değer	Standart hata	t-oranı	Prop(t)
Yapılan yineleme sayısı:	43	a	-1,1809	8,1235E-17	-1,4537E+16	0
Artıkların toplamı:	6,8501E-14	b	0,0656	3,4822E-18	1,8841E+16	0
Ortalama atık:	1,2276E-16	c	3,63E-18	6,0707E-19	5,9796	4,0075E-09
Artık kareler toplamı - Mutlak:	3,3411E-30					
Artık kareler toplamı - Göreceli:	2,2947					
Tahmin değerinin standart hatası:	7,7589E-17					
Çoklu belirleme katsayısı (R ²):	1					
Değişim orantısı açıklandı:	100 %					
Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltilmiş (Ra ²):	1					
Durban-Watson istatistiği:	1,9271					

Çözümlemedeki x_1 ve x_2 değişkenlerine ait Prob(t) değerleri sırasıyla “0” ve “4.0075.10⁻⁹” olduğuna göre ısı kaybındaki değişimin iç sıcaklık ve dış sıcaklık değişkenlerince açıklandığı görülmektedir.

Çözümleme sonucunda ortaya çıkan regresyon denklemi;

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (6.3)$$

denklemleri elde edilmiştir.

İmalat Ofisi için oluşturulmuş tablodan elde edilen regresyon denklemi;

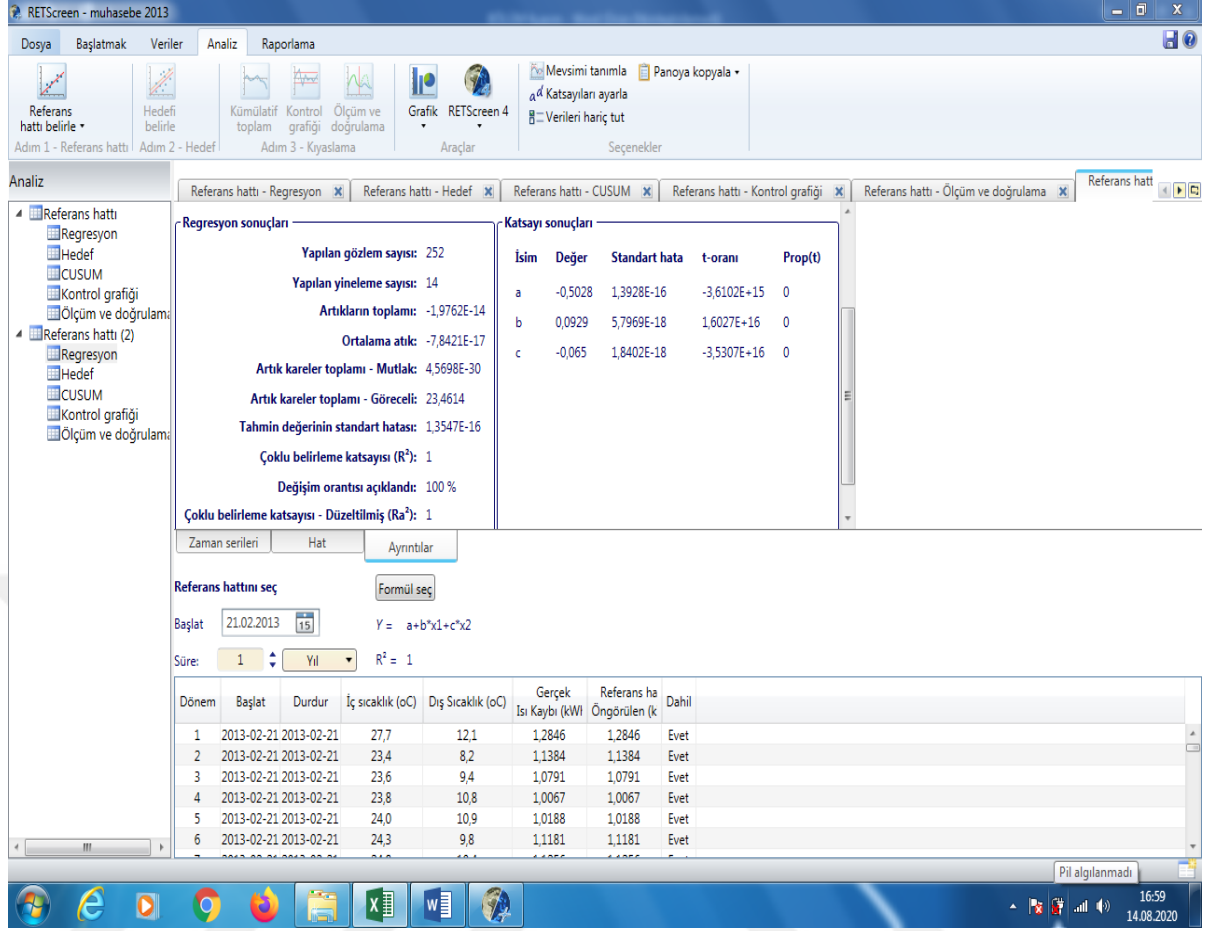
$$\dot{Q} = (-1.1809) + (0.0656).T_1 + (3.63.10^{-18}).T_0 \quad (6.4)$$

şeklinde bulunmuştur.

6.2.2. Muhasebe Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları

Muhasebe Ofisine ait 2013 yılı Şubat, Mart ve Aralık aylarından ve 2014 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarından ölçüm yoluyla elde edilen veriler kullanılarak yapılan istatistik analiz sonuçları incelenmiştir.

2013 yılı Muhasebe Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.3’de verilmiştir.



Şekil 6.3. 2013 yılı Muhasebe Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Muhasebe Ofisi 2013 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı değerinin %100 olduğu regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir. Basit doğrusal regresyon çözümlemesi yapılmıştır.

Çizelge 6.3. Muhasebe Ofisinin 2013 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.3. Muhasebe Ofisinin 2013 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları		Katsayı sonuçları				
Yapılan gözlem sayısı:	252	İsim	Değer	Standart hata	t-oranı	Prop(t)
Yapılan yineleme sayısı:	14	a	-0,5028	1,3928E-16	-3,6102E+15	0
Artıkların toplamı:	-1,9762E-14	b	0,0929	5,7969E-18	1,6027E+16	0
Ortalama atık:	-7,8421E-17	c	-0,065	1,8402E-18	-3,5307E+16	0
Artık kareler toplamı - Mutlak:	4,5698E-30					
Artık kareler toplamı - Göreceli:	23,4614					
Tahmin değerinin standart hatası:	1,3547E-16					
Çoklu belirleme katsayısı (R ²):	1					
Değişim orantısı açıklandı:	100 %					
Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltilmiş (Ra ²):	1					
Durban-Watson istatistiği:	1,559					

Çözümlemedeki x_1 ve x_2 değişkenlerine ait Prob(t) değerleri sırasıyla “0”ve “0” olduğuna göre ısı kaybındaki değişimin iç sıcaklık ve dış sıcaklık değişkenlerince açıklandığı görülmektedir.

Çözümleme sonucunda ortaya çıkan regresyon denklemi;

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (6.5)$$

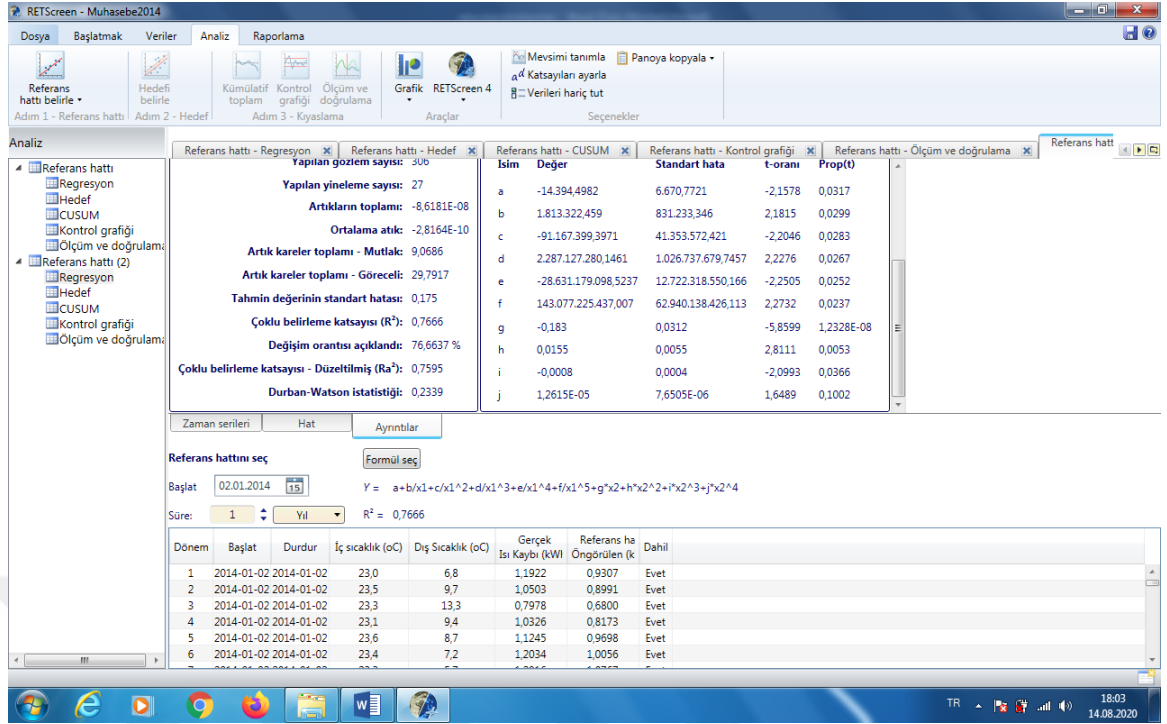
denklemleri elde edilmiştir.

Muhasebe Ofisi için oluşturulmuş tablodan elde edilen regresyon denklemi;

$$\hat{Q} = (-0.5028) + (0.0929).T_1 + (-0.065).T_0 \quad (6.6)$$

şeklinde bulunmuştur.

2014 yılı Muhasebe Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.4’de verilmiştir.



Şekil 6.4. 2014 yılı Muhasebe Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Muhasebe Ofisi 2014 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı değerinin %76.6 olduğu yapılan regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir.

Çizelge 6.4. Muhasebe Ofisinin 2014 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.4. Muhasebe Ofisinin 2014 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları		Katsayı sonuçları				
Yapılan gözlem sayısı: 306		İsim	Değer	Standart hata	t-oranı	Prop(t)
Yapılan yineleme sayısı: 27		a	-14.394,4982	6.670,7721	-2,1578	0,0317
Artıkların toplamı: -8,6181E-08		b	1.813.322,459	831.233,346	2,1815	0,0299
Ortalama atık: -2,8164E-10		c	-91.167.399,3971	41.353.572,421	-2,2046	0,0283
Artık kareler toplamı - Mutlak: 9,0686		d	2.287.127.280,1461	1.026.737.679,7457	2,2276	0,0267
Artık kareler toplamı - Göreceli: 29,7917		e	-28.631.179.098,5237	12.722.318.550,166	-2,2505	0,0252
Tahmin değerinin standart hatası: 0,175		f	143.077.225.437,007	62.940.138.426,113	2,2732	0,0237
Çoklu belirlenim katsayısı (R^2): 0,7666		g	-0,183	0,0312	-5,8599	1,2328E-08
Değişim oranısı açıklandı: 76,6637 %		h	0,0155	0,0055	2,8111	0,0053
Çoklu belirlenim katsayısı - Düzeltilmiş (R_a^2): 0,7595		i	-0,0008	0,0004	-2,0993	0,0366
Durban-Watson istatistiği: 0,2339		j	1,2615E-05	7,6505E-06	1,6489	0,1002

Çözümleme sonucunda,

$$y = a + \frac{b}{x_1} + \frac{c}{x_1^2} + \frac{d}{x_1^3} + \frac{e}{x_1^4} + \frac{f}{x_1^5} + g \cdot x_2 + h \cdot x_2^2 + i \cdot x_2^3 + j \cdot x_2^4 \quad (6.7)$$

denklemini elde edilmiştir.

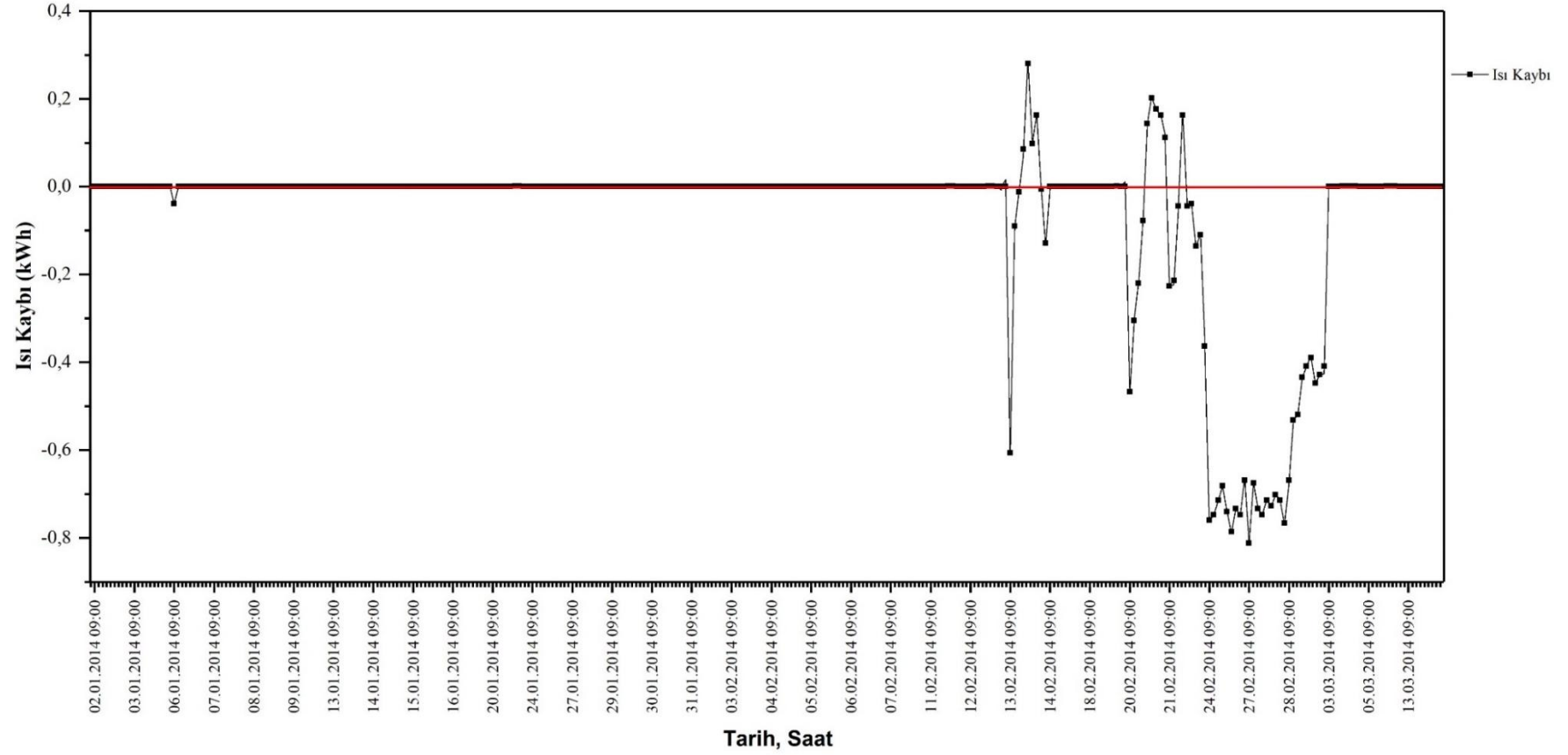
Çözümleme sonucu oluşturulan denklem ise,

$$\begin{aligned} \dot{Q} = & -14394.498 + \frac{(1813322.459)}{T_1} + \frac{(-9116399.3971)}{T_1^2} \\ & + \frac{(2287127280.1461)}{T_1^3} + \frac{(-28631179098.5237)}{T_1^4} \\ & + \frac{(143077225437.007)}{T_1^5} + (-0.183) \cdot T_0 + 0.0155 \cdot T_0^2 \\ & + (-0.0008) \cdot T_0^3 + (1.2615 \cdot 10^{-5}) \cdot T_0^4 \end{aligned} \quad (6.8)$$

şeklindedir.

Muhasebe Ofisi 2013 ve 2014 yılları için yapılan istatistik analizlerin birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı için yapılan istatistik çözümleme sonucu elde edilen denkleme 2014 yılı verileri uygulanarak, 2014 yılı ısı kaybı değerleri tahmin edilmiştir. Şekil 6.5. 2014 yılı Muhasebe Ofisi için tahmin edilen ısı kaybı değerleri ile gerçek ısı kaybı değerleri arasındaki farkı göstermektedir.

Muhasebe Ofisi 2014



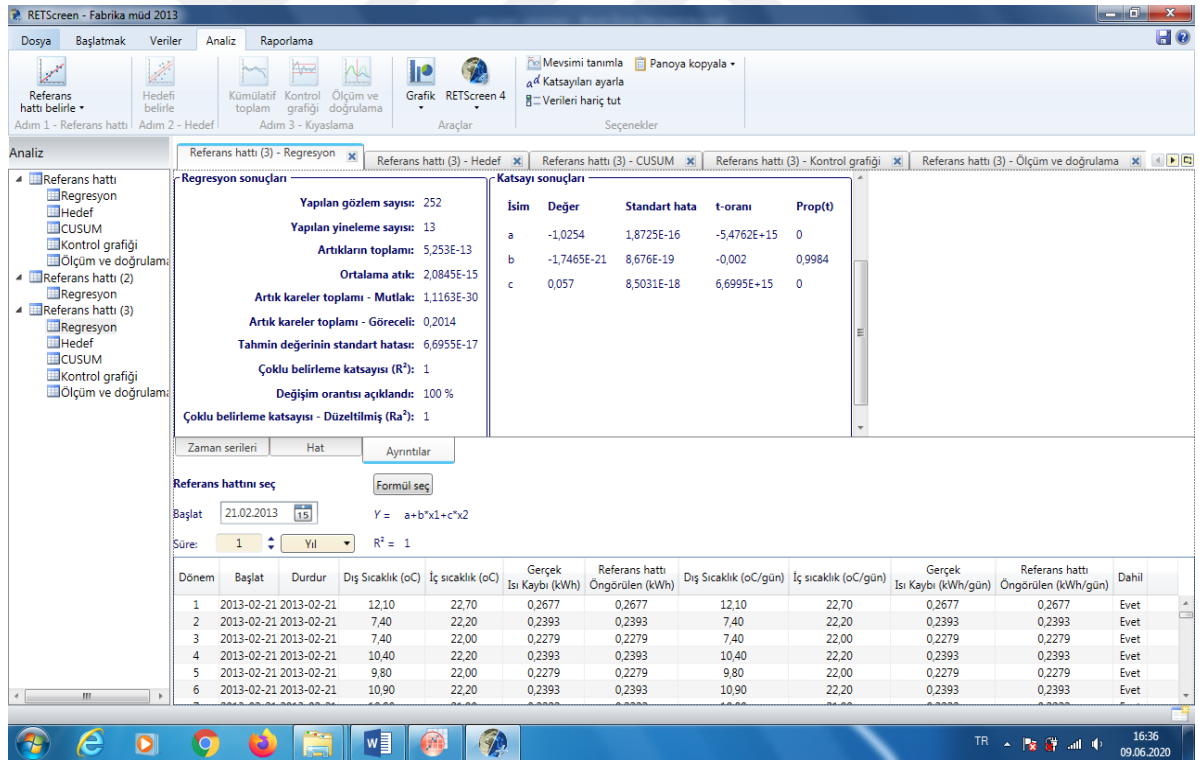
Şekil 6.5. 2014 yılı Muhasebe Ofisine ait hesaplanan ısı kaybı değerleri ile gerçek ısı kaybı değerleri arasındaki fark değerler grafiği.

Grafikte enerji tüketimi analizi açısından bakıldığında referans “0” çizgisinden pozitif sapma tahmin edilenden daha fazla enerji tüketimi olduğunu, negatif sapma ise daha az enerji tüketimi olduğunu göstermektedir. Grafiğin geneline bakıldığında Muhasebe Ofisi için ihtiyaç duyulan ısı kaybından daha az enerji harcanmış olduğu söylenebilmektedir.

6.2.4. Fabrika Müdürü Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları

Fabrika Müdürü Ofisine ait 2013 yılı Şubat, Mart ve Aralık aylarından ve 2014 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarından ölçüm yoluyla elde edilen veriler kullanılarak yapılan istatistik analiz sonuçları incelenmiştir.

2013 yılı Fabrika Müdürü Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.6’da verilmiştir.



Şekil 6.6. 2013 yılı Fabrika Müdürü Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Fabrika Müdürü Ofisi 2013 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı değerinin %100 olduğu yapılan regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir.

Çizelge 6.5. Fabrika Müdürü Ofisinin 2013 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.5. Fabrika Müdürü Ofisi 2013 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları		Katsayı sonuçları				
Yapılan gözlem sayısı:	252	İsim	Değer	Standart hata	t-oranı	Prop(t)
Yapılan yineleme sayısı:	13	a	-1,0254	1,8725E-16	-5,4762E+15	0
Artıkların toplamı:	5,253E-13	b	-1,7465E-21	8,676E-19	-0,002	0,9984
Ortalama atık:	2,0845E-15	c	0,057	8,5031E-18	6,6995E+15	0
Artık kareler toplamı - Mutlak:	1,1163E-30					
Artık kareler toplamı - Göreceli:	0,2014					
Tahmin değerinin standart hatası:	6,6955E-17					
Çoklu belirleme katsayısı (R^2):	1					
Değişim orantısı açıklandı:	100 %					
Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltilmiş (R_a^2):	1					
Durban-Watson istatistiği:	1,7191					

Çözümlemedeki x_1 ve x_2 değişkenlerine ait Prob(t) değerleri sırasıyla “0,9984”ve “0” olduğuna göre ısı kaybındaki değişimin iç sıcaklık ve dış sıcaklık değişkenlerince açıklandığı görülmektedir.

Çözümleme sonucunda,

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (6.9)$$

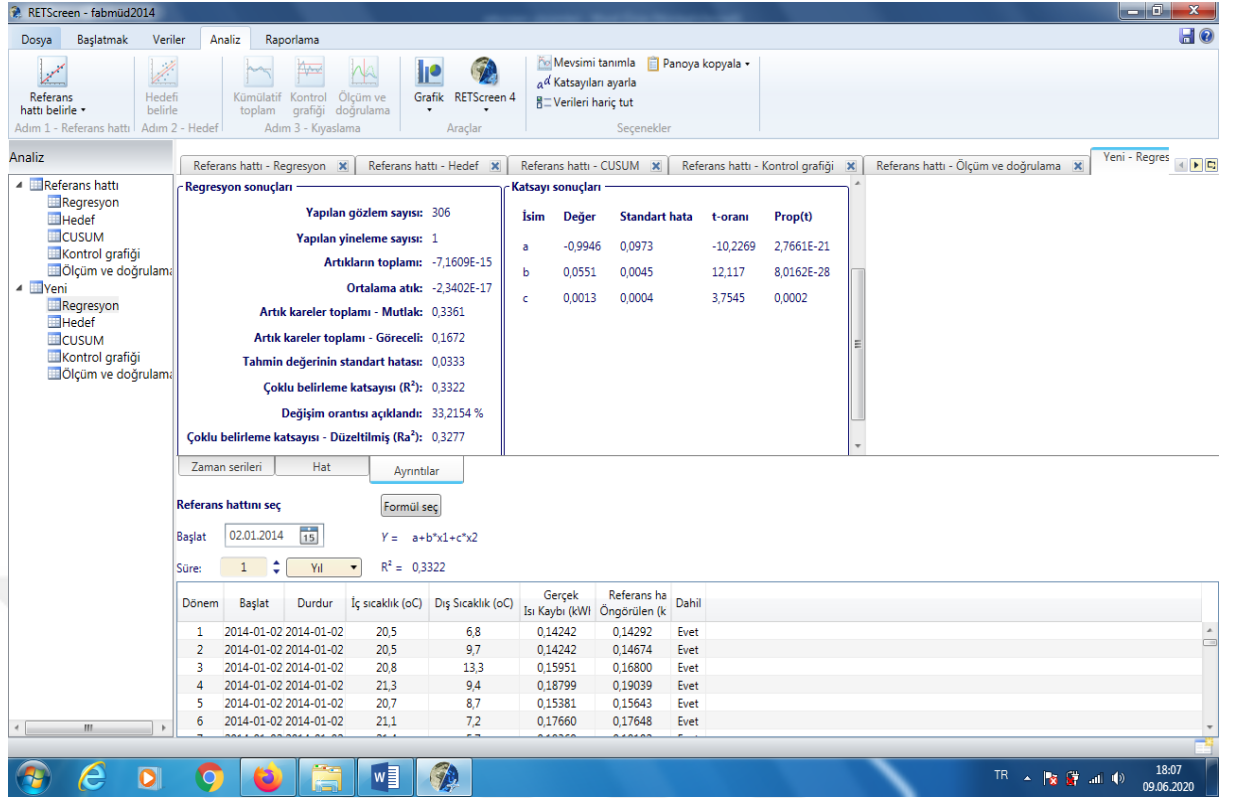
denklemini elde edilmiştir.

Çözümleme sonucu oluşturulan denklem ise,

$$\dot{Q} = -1.0254 + (-1.7465 \cdot 10^{-21}) \cdot T_0 + (0.057) \cdot T_1 \quad (6.10)$$

şeklindedir.

2014 yılı Fabrika Müdürü Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.7’de verilmiştir.



Şekil 6.7. 2014 yılı Fabrika Müdürü Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Fabrika Müdürü Ofisi 2014 yılı verilerine ait modelin R² korelasyon katsayısı değerinin %37,16 olduğu yapılan regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çözümleme sonucunda,

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (6.11)$$

denklemini elde edilmiştir.

Çözümleme sonucu oluşturulan denklem ise,

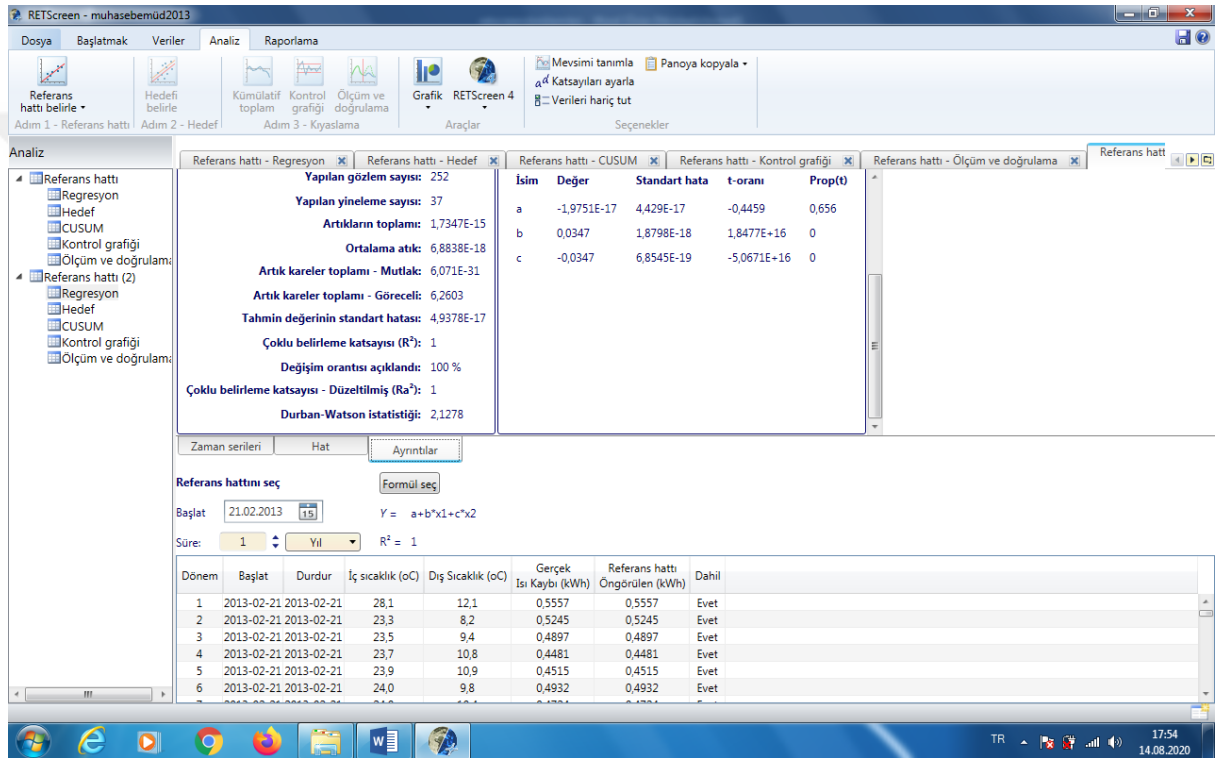
$$\dot{Q} = -0.9946 + (0.0551).T_1 + (0.0013).T_0 \quad (6.12)$$

şeklinde dir.

6.2.5. Muhasebe Müdürü Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları

Muhasebe Müdürü Ofisine ait 2013 yılı Şubat, Mart ve Aralık aylarından ve 2014 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarından ölçüm yoluyla elde edilen veriler kullanılarak yapılan istatistik analiz sonuçları incelenmiştir.

2013 yılı Muhasebe Müdürü Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.8’de verilmiştir.



Şekil 6.8. 2013 yılı Muhasebe Müdürü Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Çizelge 6.6. Muhasebe Müdürü Ofisinin 2013 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.6. Muhasebe Müdürü Ofisi 2013 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları		Katsayı sonuçları				
Yapılan gözlem sayısı:	252	İsim	Değer	Standart hata	t-oranı	Prop(t)
Yapılan yineleme sayısı:	37	a	-1,9751E-17	4,429E-17	-0,4459	0,656
Artıkların toplamı:	1,7347E-15	b	0,0347	1,8798E-18	1,8477E+16	0
Ortalama atık:	6,8838E-18	c	-0,0347	6,8545E-19	-5,0671E+16	0
Artık kareler toplamı - Mutlak:	6,071E-31					
Artık kareler toplamı - Göreceli:	6,2603					
Tahmin değerinin standart hatası:	4,9378E-17					
Çoklu belirleme katsayısı (R ²):	1					
Değişim orantısı açıklandı:	100 %					
Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltilmiş (Ra ²):	1					
Durban-Watson istatistiği:	2,1278					

Çözümlemedeki x_1 ve x_2 değişkenlerine ait Prob(t) değerleri sırasıyla “0”ve “0” olduğuna göre ısı kaybındaki değişimin iç sıcaklık ve dış sıcaklık değişkenlerince açıklandığı görülmektedir.

Çözümleme sonucunda,

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (6.13)$$

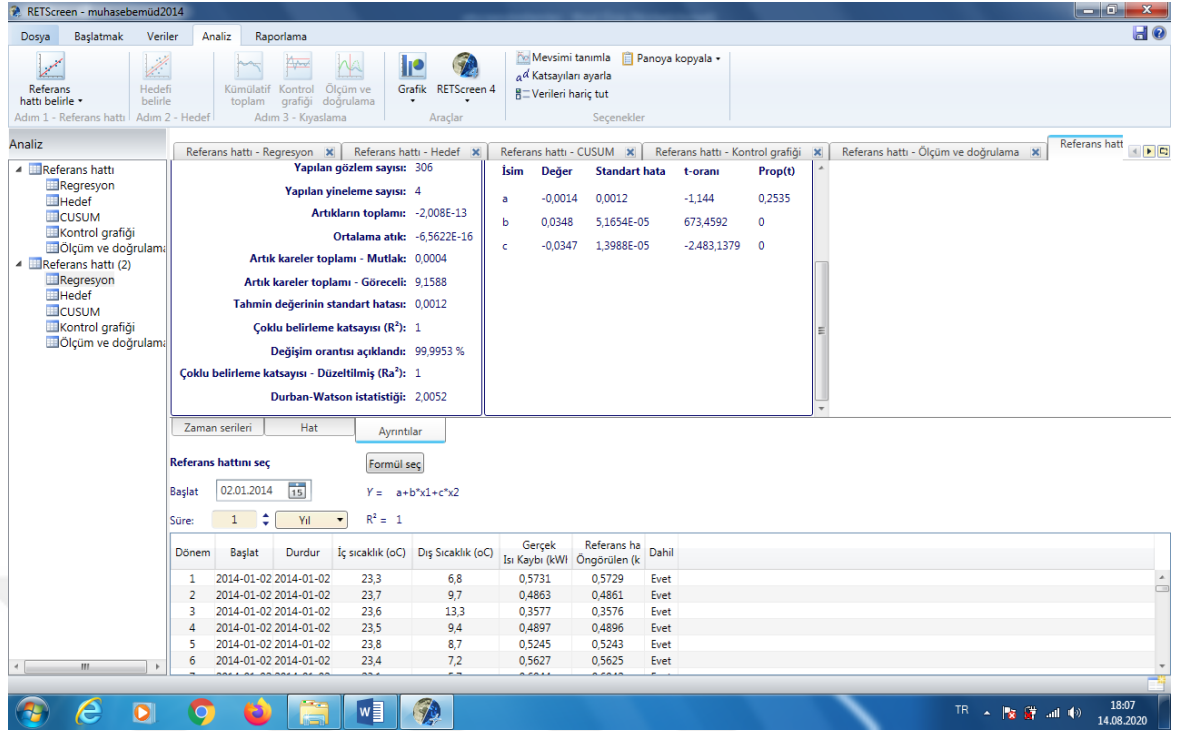
denklemini elde edilmiştir.

Çözümleme sonucu oluşturulan denklem ise,

$$\dot{Q} = (-1.975.10^{-17})+(0.0347).T_1+ (-0.0347).T_0 \quad (6.14)$$

şeklindedir.

2014 yılı Muhasebe Müdürü Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.9’da verilmiştir.



Şekil 6.9. 2014 yılı Muhasebe Müdürü Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Muhasebe Müdürü Ofisi 2014 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı değerinin %100 olduğu yapılan regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir.

Çizelge 6.7. Muhasebe Müdürü Ofisinin 2014 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.7. Muhasebe Müdürü Ofisi 2014 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları		Katsayı sonuçları			
Yapılan gözlem sayısı:	306	İsim	Değer	Standart hata	t-oranı
Yapılan yineleme sayısı:	4				Prop(t)
Artıkların toplamı:	-2,008E-13	a	-0,0014	0,0012	-1,144
Ortalama atık:	-6,5622E-16	b	0,0348	5,1654E-05	673,4592
Artık kareler toplamı - Mutlak:	0,0004	c	-0,0347	1,3988E-05	-2,483,1379
Artık kareler toplamı - Göreceli:	9,1588				0
Tahmin değerinin standart hatası:	0,0012				0
Çoklu belirleme katsayısı (R ²):	1				
Değişim orantısı açıklandı:	99,9953 %				
Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltilmiş (Ra ²):	1				
Durban-Watson istatistiği:	2,0052				

Çözümlemedeki x_1 ve x_2 değişkenlerine ait Prob(t) değerleri sırasıyla “0” ve “0” olduğuna göre ısı kaybındaki değişimin iç sıcaklık ve dış sıcaklık değişkenlerince açıklandığı görülmektedir.

Çözümleme sonucunda,

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (6.15)$$

denklemini elde edilmiştir.

Çözümleme sonucu oluşturulan denklem ise,

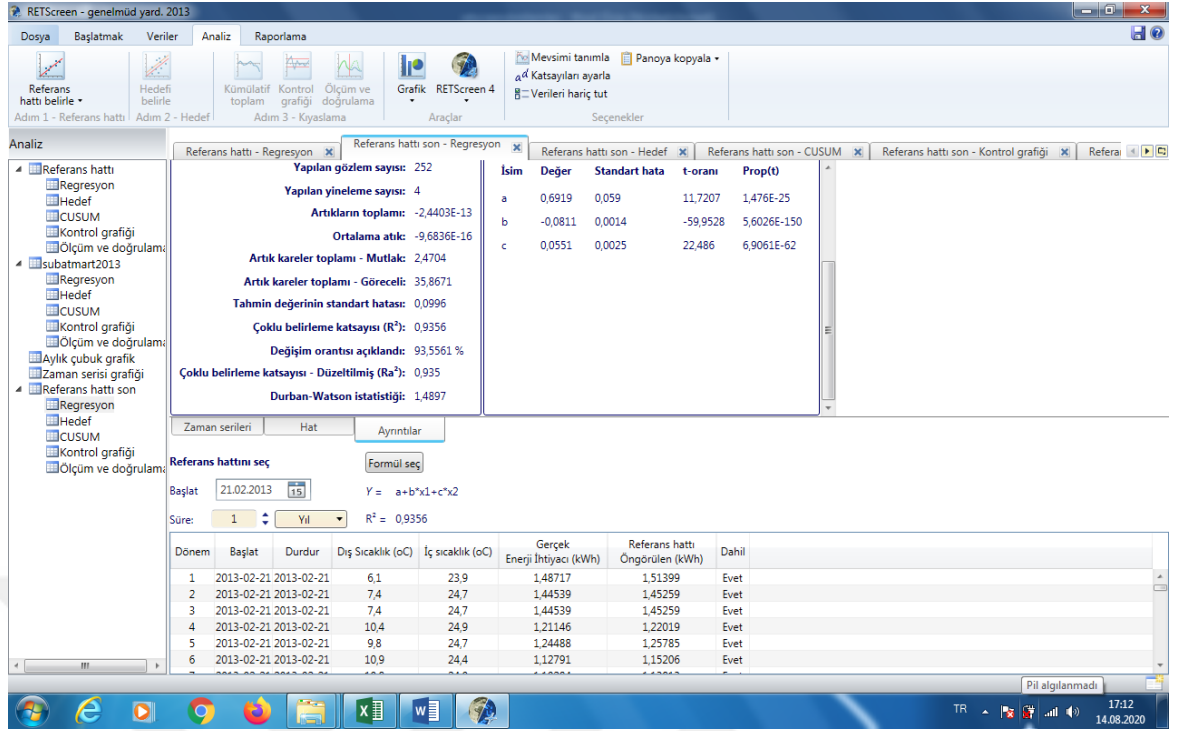
$$\dot{Q} = (-0.0014) + (0.0348).T_1 + (-0.0347).T_0 \quad (6.16)$$

şeklindedir.

6.2.6. Genel Müdür Yardımcısı Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları

Genel Müdür Yardımcısı Ofisine ait 2013 yılı Şubat, Mart ve Aralık aylarından ve 2014 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarından ölçüm yoluyla elde edilen veriler kullanılarak yapılan istatistik analiz sonuçları incelenmiştir.

2013 yılı Genel Müdür Yardımcısı Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.10’da verilmiştir.



Şekil 6.10. 2013 yılı Genel Müdür Yardımcısı Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Genel Müdür Yardımcısı Ofisi 2013 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı değerinin %97.63 olduğu yapılan regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir.

Çizelge 6.8. Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin 2013 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.8. Genel Müdür Yardımcısı Ofisi 2013 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları

Yapılan gözlem sayısı: 252

Yapılan yineleme sayısı: 4

Artıkların toplamı: -2,4403E-13

Ortalama atık: -9,6836E-16

Artık kareler toplamı - Mutlak: 2,4704

Artık kareler toplamı - Göreceli: 35,8671

Tahmin değerinin standart hatası: 0,0996

Çoklu belirleme katsayısı (R^2): 0,9356

Değişim orantısı açıklandı: 93,5561 %

Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltilmiş (R_a^2): 0,935

Durban-Watson istatistiği: 1,4897

Katsayı sonuçları

İsim	Değer	Standart hata	t-oranı	Prop(t)
a	0,6919	0,059	11,7207	1,476E-25
b	-0,0811	0,0014	-59,9528	5,6026E-150
c	0,0551	0,0025	22,486	6,9061E-62

Çözümlemedeki x_1 ve x_2 değişkenlerine ait Prob(t) değerleri sırasıyla “5.6026.10⁻¹⁵⁰” ve “6.9061.10⁻⁶²” olduğuna göre ısı kaybındaki değişimin iç sıcaklık ve dış sıcaklık değişkenlerince açıklandığı görülmektedir.

Çözümleme sonucunda,

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (6.17)$$

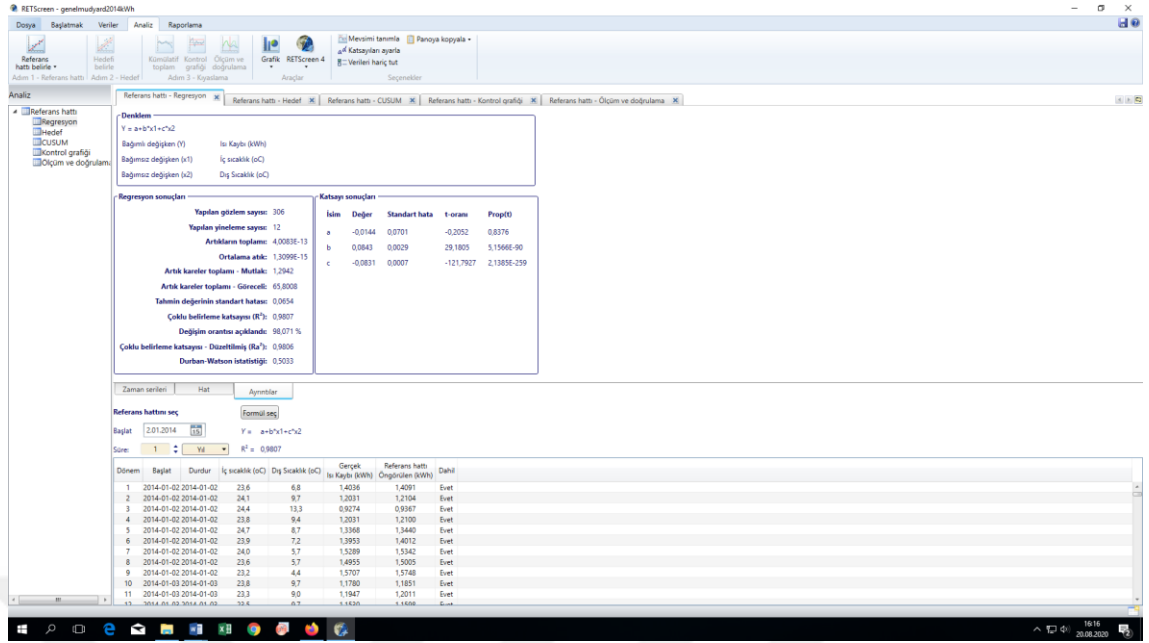
denklemini elde edilmiştir.

Çözümleme sonucu oluşturulan denklem ise,

$$\dot{Q} = (0.6919) + (-0.0811).T_1 + (0.0551).T_0 \quad (6.18)$$

şeklindedir.

2014 yılı Genel Müdür Yardımcısı Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.11’de verilmiştir.



Şekil 6.11. 2014 yılı Genel Müdür Yardımcısı Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Genel Müdür Yardımcısı Ofisi 2014 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı değerinin %98.07 olduğu yapılan regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir.

Tablo 6.9. Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin 2014 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.9. Genel Müdür Yardımcısı Ofisi 2014 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları		Katsayı sonuçları				
Yapılan gözlem sayısı:	306	İsim	Değer	Standart hata	t-oranı	Prop(t)
Yapılan yineleme sayısı:	12	a	-0,0144	0,0701	-0,2052	0,8376
Artıkların toplamı:	4,0083E-13	b	0,0843	0,0029	29,1805	5,1566E-90
Ortalama atık:	1,3099E-15	c	-0,0831	0,0007	-121,7927	2,1385E-259
Artık kareler toplamı - Mutlak:	1,2942					
Artık kareler toplamı - Göreceli:	65,8008					
Tahmin değerinin standart hatası:	0,0654					
Çoklu belirleme katsayısı (R ²):	0,9807					
Değişim oranısı açıklandı:	98,071 %					
Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltilmiş (Ra ²):	0,9806					
Durban-Watson istatistiği:	0,5033					

Çözümlemedeki x_1 ve x_2 değişkenlerine ait Prob(t) değerleri sırasıyla “5.1566.10⁻⁹⁰”ve “2.1385.10⁻²⁵⁹” olduğuna göre ısı kaybındaki değişimin iç sıcaklık ve dış sıcaklık değişkenlerince açıklandığı görülmektedir.

Çözümleme sonucunda,

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (6.19)$$

denklemini elde edilmiştir.

Çözümleme sonucu oluşturulan denklem ise,

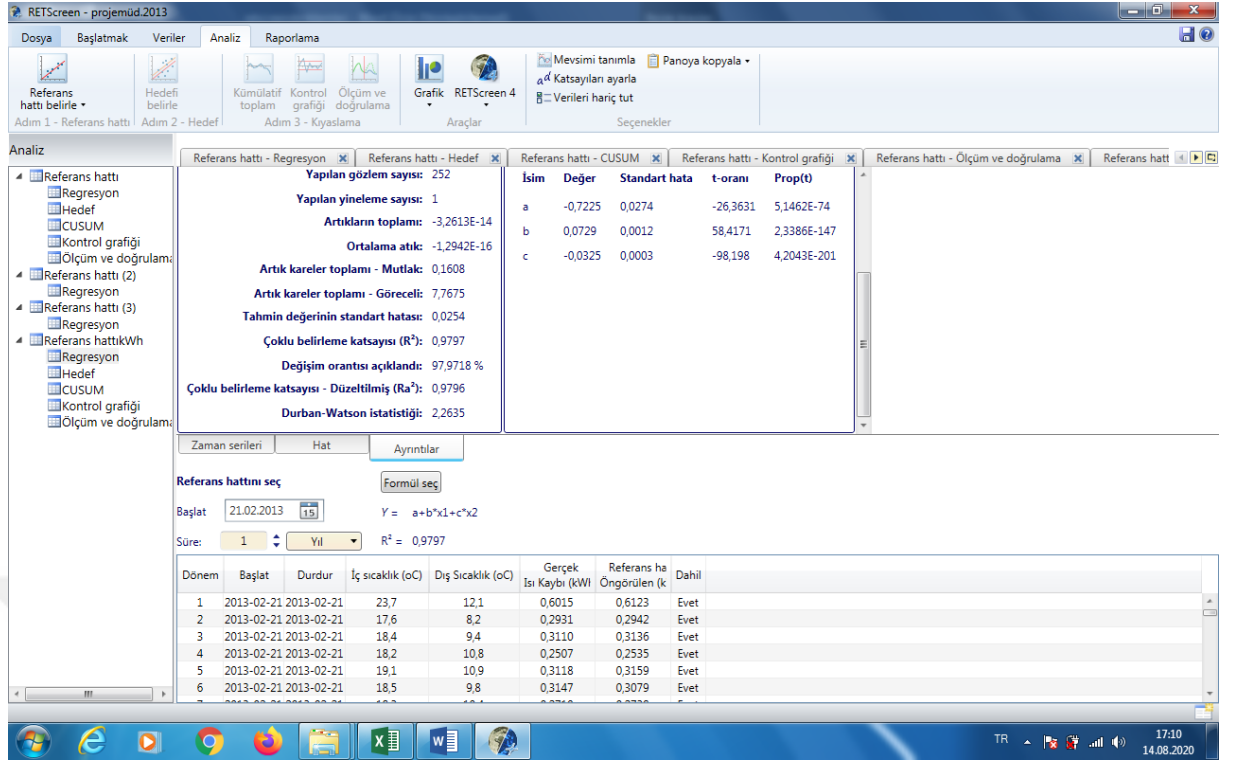
$$\dot{Q} = (-0.0144) + (0.0843).T_1 + (-0.0831).T_0 \quad (6.20)$$

şeklindedir.

6.2.3. Proje Müdürü Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları

Proje Müdürü Ofisine ait 2013 yılı Şubat, Mart ve Aralık aylarından ve 2014 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarından ölçüm yoluyla elde edilen veriler kullanılarak yapılan istatistik analiz sonuçları incelenmiştir.

2013 yılı Proje Müdürü Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.12’de verilmiştir.



Şekil 6.12. 2013 yılı Proje Müdürü Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Proje Müdürü Ofisi 2013 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı değerinin %97.97 olduğu yapılan regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir.

Çizelge 6.10. Proje Müdürü Ofisinin 2013 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.10. Proje Müdürü Ofisi 2013 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları

Yapılan gözlem sayısı: 252

Yapılan yineleme sayısı: 1

Artıkların toplamı: -3,2613E-14

Ortalama atık: -1,2942E-16

Artık kareler toplamı - Mutlak: 0,1608

Artık kareler toplamı - Göreceli: 7,7675

Tahmin değerinin standart hatası: 0,0254

Çoklu belirleme katsayısı (R²): 0,9797

Değişim orantısı açıklandı: 97,9718 %

Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltilmiş (Ra²): 0,9796

Durban-Watson istatistiği: 2,2635

Katsayı sonuçları

İsim

Değer

Standart hata

t-oranı

Prop(t)

a

-0,7225

0,0274

-26,3631

5,1462E-74

b

0,0729

0,0012

58,4171

2,3386E-147

c

-0,0325

0,0003

-98,198

4,2043E-201

Çözümlemedeki x_1 ve x_2 değişkenlerine ait Prob(t) değerleri sırasıyla “2.3386.10⁻¹⁴⁷” ve “4.2043.10⁻²⁰¹” olduğuna göre ısı kaybındaki değişimin iç sıcaklık ve dış sıcaklık değişkenlerince açıklandığı görülmektedir.

Çözümleme sonucunda,

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (6.21)$$

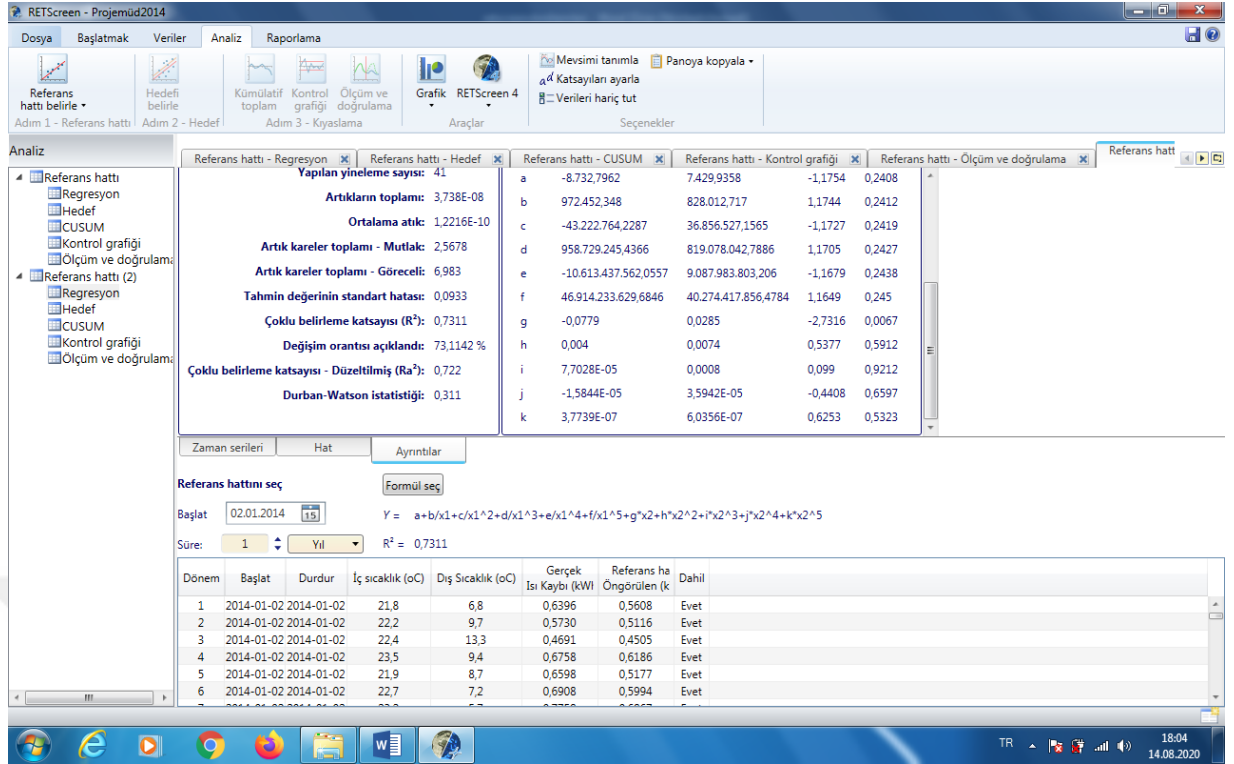
denklemini elde edilmiştir.

Çözümleme sonucu oluşturulan denklem ise,

$$\dot{Q} = -0.7225 + (0.0729).T_1 + (-0.0325).T_0 \quad (6.22)$$

şeklindedir.

2014 yılı Proje Müdürü Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.13’de verilmiştir.



Şekil 6.13. 2014 yılı Proje Müdürü Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Proje Müdürü Ofisi 2014 yılı verilerine ait modelin R² korelasyon katsayısı değerinin %73.11 olduğu yapılan regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir.

Çizelge 6.11. Proje Müdürü Ofisinin 2014 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.11. Proje Müdürü Ofisi 2014 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları		Katsayı sonuçları				
Yapılan gözlem sayısı:	306	İsim	Değer	Standart hata	t-oranı	Prop(t)
Yapılan yinleme sayısı:	41	a	-8.732,7962	7.429,9358	-1,1754	0,2408
Artıkların toplamı:	3,738E-08	b	972.452,348	828.012,717	1,1744	0,2412
Ortalama atık:	1,2216E-10	c	-43.222.764,2287	36.856.527,1565	-1,1727	0,2419
Artık kareler toplamı - Mutlak:	2,5678	d	958.729.245,4366	819.078.042,7886	1,1705	0,2427
Artık kareler toplamı - Göreceli:	6,983	e	-10.613.437.562,0557	9.087.983.803,206	-1,1679	0,2438
Tahmin değerinin standart hatası:	0,0933	f	46.914.233.629,6846	40.274.417.856,4784	1,1649	0,245
Çoklu belirleme katsayısı (R ²):	0,7311	g	-0,0779	0,0285	-2,7316	0,0067
Değişim orantısı açıklandı:	73,1142 %	h	0,004	0,0074	0,5377	0,5912
Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltilmiş (Ra ²):	0,722	i	7,7028E-05	0,0008	0,099	0,9212
Durban-Watson istatistiği:	0,311	j	-1,5844E-05	3,5942E-05	-0,4408	0,6597
		k	3,7739E-07	6,0356E-07	0,6253	0,5323

Çözümleme sonucunda,

$$y = a + \frac{b}{x_1} + \frac{c}{x_1^2} + \frac{d}{x_1^3} + \frac{e}{x_1^4} + \frac{f}{x_1^5} + g \cdot x_2 + h \cdot x_2^2 + i \cdot x_2^3 + j \cdot x_2^4 + k \cdot x_2^5 \quad (6.23)$$

denklemini elde edilmiştir.

Çözümleme sonucu oluşturulan denklem ise,

$$\begin{aligned} \dot{Q} = & (-8732.7962) + \frac{(972452.348)}{T_1} + \frac{(-43222764.2287)}{T_1^2} \\ & + \frac{(958729245.4366)}{T_1^3} + \frac{(-10613437562.0557)}{T_1^4} \\ & + \frac{(46914233629.6846)}{T_1^5} + (-0.0779) \cdot T_0 + (0.004) \cdot T_0^2 \\ & + (7.7028 \cdot 10^{-5}) \cdot T_0^3 + (-1.5844 \cdot 10^{-5}) \cdot T_0^4 \\ & + (3.7739 \cdot 10^{-7}) \cdot T_0^5 \end{aligned} \quad (6.24)$$

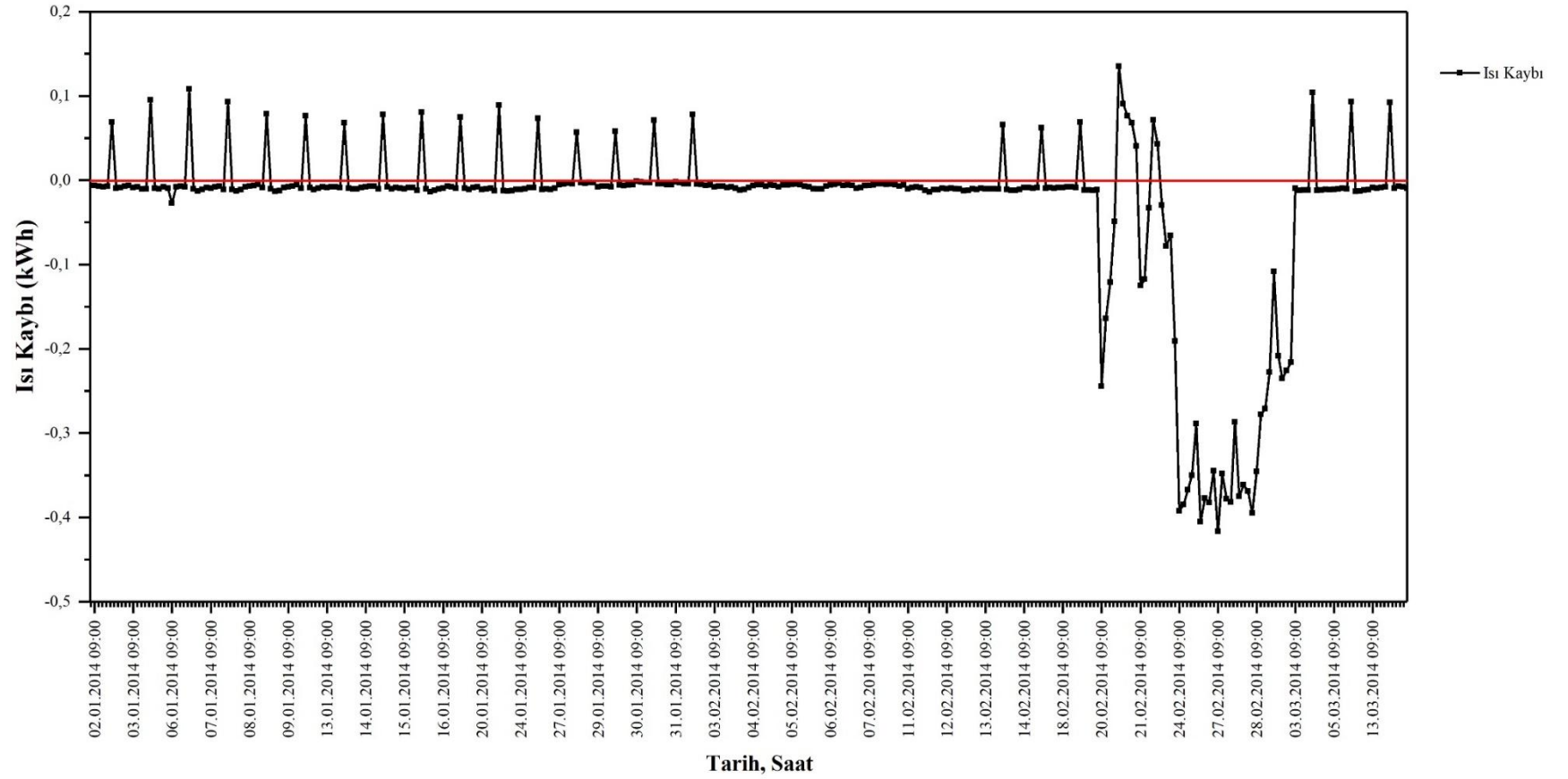
şeklinde.

Proje Müdürü Ofisi 2013 ve 2014 yılları için yapılan istatistik analizlerin birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı için yapılan istatistik çözümleme sonucu elde edilen denkleme 2014 yılı verileri uygulanarak, 2014 yılı ısı kaybı değerleri

tahmin edilmiştir. Şekil 6.14, 2014 yılı Proje Müdürü Ofisi için tahmin edilen ısı kaybı değerleri ile gerçek ısı kaybı değerleri arasındaki farkı göstermektedir.



Proje Müdürü 2014



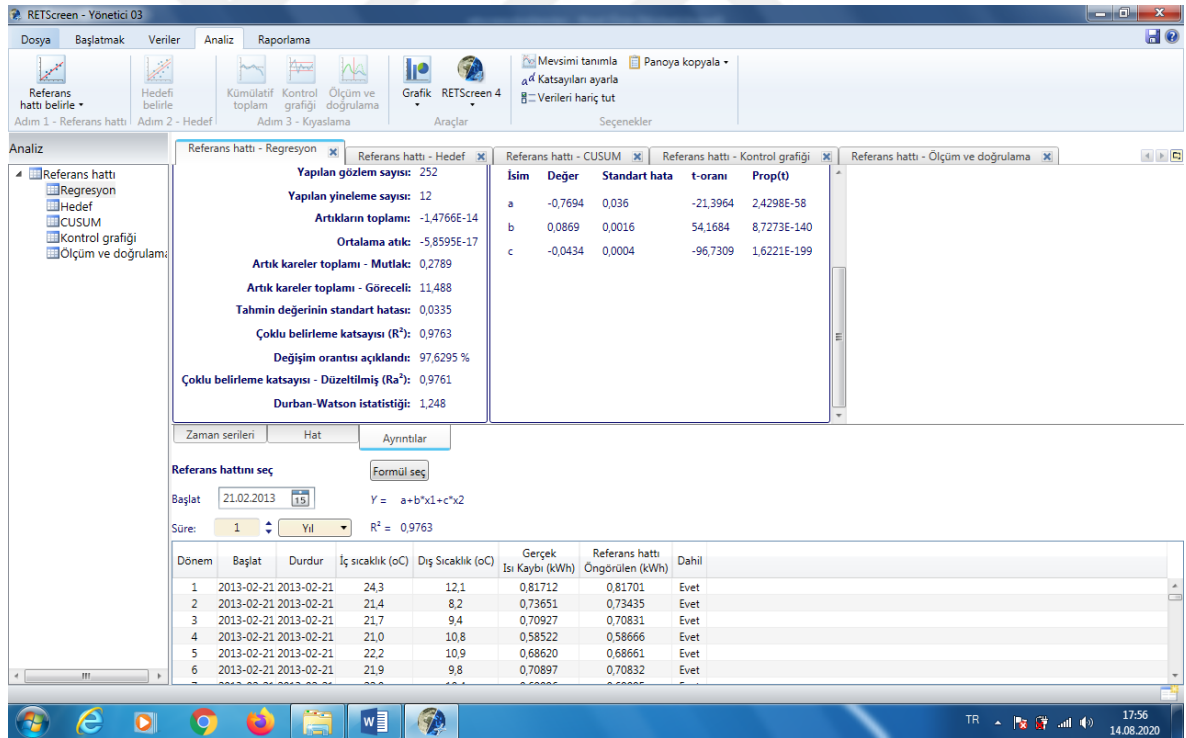
Şekil 6.14. 2014 yılı Proje Müdürü Ofisine ait hesaplanan ısı kaybı değerleri ile gerçek ısı kaybı değerleri arasındaki fark değerler grafiği.

Şekil 6.14'deki grafiğe enerji tüketimi analizi açısından bakıldığında referans "0" çizgisinden pozitif sapma tahmin edilenden daha fazla enerji tüketimi olduğunu, negatif sapma ise daha az enerji tüketimi olduğunu göstermektedir. Grafiğin geneline bakıldığında Proje Müdürü Ofisi için ihtiyaç duyulan ısı kaybından daha fazla enerji harcanmış olduğu söylenebilmektedir.

6.2.7. Yönetici 03 Ofisi İstatistik Analizsel Sonuçları

Yönetici 03 Ofisine ait 2013 yılı Şubat, Mart ve Aralık aylarından ve 2014 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarından ölçüm yoluyla elde edilen veriler kullanılarak yapılan istatistik analiz sonuçları incelenmiştir.

2013 yılı Yönetici 03 Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.15'de verilmiştir.



Şekil 6.15. 2013 yılı Yönetici 03 Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Yönetici 03 Ofisi 2013 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı değerinin %97.63 olduğu yapılan regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu

durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir.

Çizelge 6.12. Yönetici 03 Ofisinin 2013 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.12. Yönetici 03 Ofisi 2013 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları		Katsayı sonuçları				
Yapılan gözlem sayısı: 252		İsim	Değer	Standart hata	t-oranı	Prop(t)
Yapılan yineleme sayısı: 12		a	-0,7694	0,036	-21,3964	2,4298E-58
Artıkların toplamı: -1,4766E-14		b	0,0869	0,0016	54,1684	8,7273E-140
Ortalama atık: -5,8595E-17		c	-0,0434	0,0004	-96,7309	1,6221E-199
Artık kareler toplamı - Mutlak: 0,2789						
Artık kareler toplamı - Göreceli: 11,488						
Tahmin değerinin standart hatası: 0,0335						
Çoklu belirleme katsayısı (R ²): 0,9763						
Değişim orantısı açıklandı: 97,6295 %						
Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltmiş (Ra ²): 0,9761						
Durban-Watson istatistiği: 1,248						

Çözümlemedeki x_1 ve x_2 değişkenlerine ait Prob(t) değerleri sırasıyla “8.7273.10⁻¹⁴⁰” ve “1.6221.10⁻¹⁹⁹” olduğuna göre ısı kaybındaki değişimin iç sıcaklık ve dış sıcaklık değişkenlerince açıklandığı görülmektedir.

Çözümleme sonucunda,

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (6.25)$$

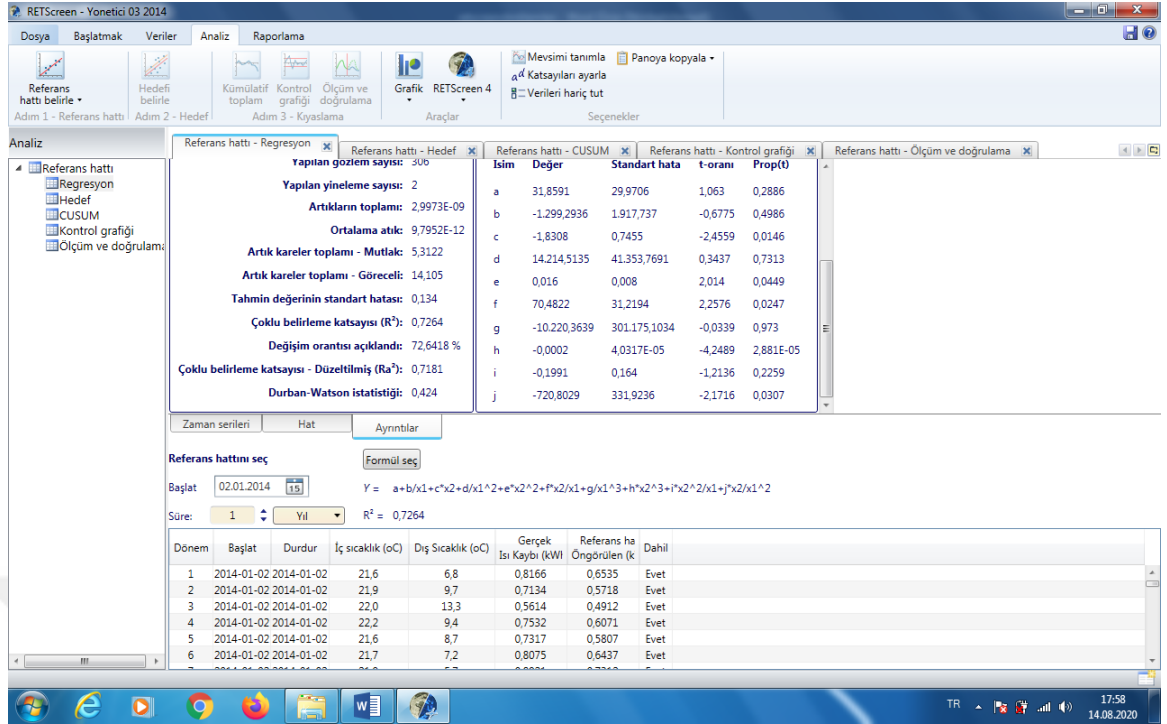
denklemini elde edilmiştir.

Çözümleme sonucu oluşturulan denklem ise,

$$\dot{Q} = (-0.7694) + (0.0859).T_1 + (-0.0434).T_0 \quad (6.26)$$

şeklindedir.

2014 yılı Yönetici 03 Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.16’da verilmiştir.



Şekil 6.16. 2014 yılı Yönetici 03 Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Yönetici 03 Ofisi 2014 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı değerinin %72.64 olduğu yapılan regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir.

Çizelge 6.13. Yönetici 03 Ofisinin 2014 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.13. Yönetici 03 Ofisi 2014 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları		Katsayı sonuçları				
Yapılan gözlem sayısı:	306	İsim	Değer	Standart hata	t-oranı	Prop(t)
Yapılan yineleme sayısı:	2	a	31,8591	29,9706	1,063	0,2886
Artıkların toplamı:	2,9973E-09	b	-1,299,2936	1,917,737	-0,6775	0,4986
Ortalama atık:	9,7952E-12	c	-1,8308	0,7455	-2,4559	0,0146
Artık kareler toplamı - Mutlak:	5,3122	d	14,214,5135	41,353,7691	0,3437	0,7313
Artık kareler toplamı - Göreceli:	14,105	e	0,016	0,008	2,014	0,0449
Tahmin değerinin standart hatası:	0,134	f	70,4822	31,2194	2,2576	0,0247
Çoklu belirleme katsayısı (R ²):	0,7264	g	-10,220,3639	301,175,1034	-0,0339	0,973
Değişim orantısı açıklandı:	72,6418 %	h	-0,0002	4,0317E-05	-4,2489	2,881E-05
Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltilmiş (Ra ²):	0,7181	i	-0,1991	0,164	-1,2136	0,2259
Durban-Watson istatistiği:	0,424	j	-720,8029	331,9236	-2,1716	0,0307

Çözümleme sonucunda,

$$y = a + \frac{b}{x_1} + c \cdot x_2 + \frac{d}{x_1^2} + e \cdot x_2^2 + f \cdot \frac{x_2}{x_1} + \frac{g}{x_1^3} + h \cdot x_2^3 + i \cdot \frac{x_2^2}{x_1} + j \cdot \frac{x_2}{x_1^2} \quad (6.27)$$

denklemini elde edilmiştir.

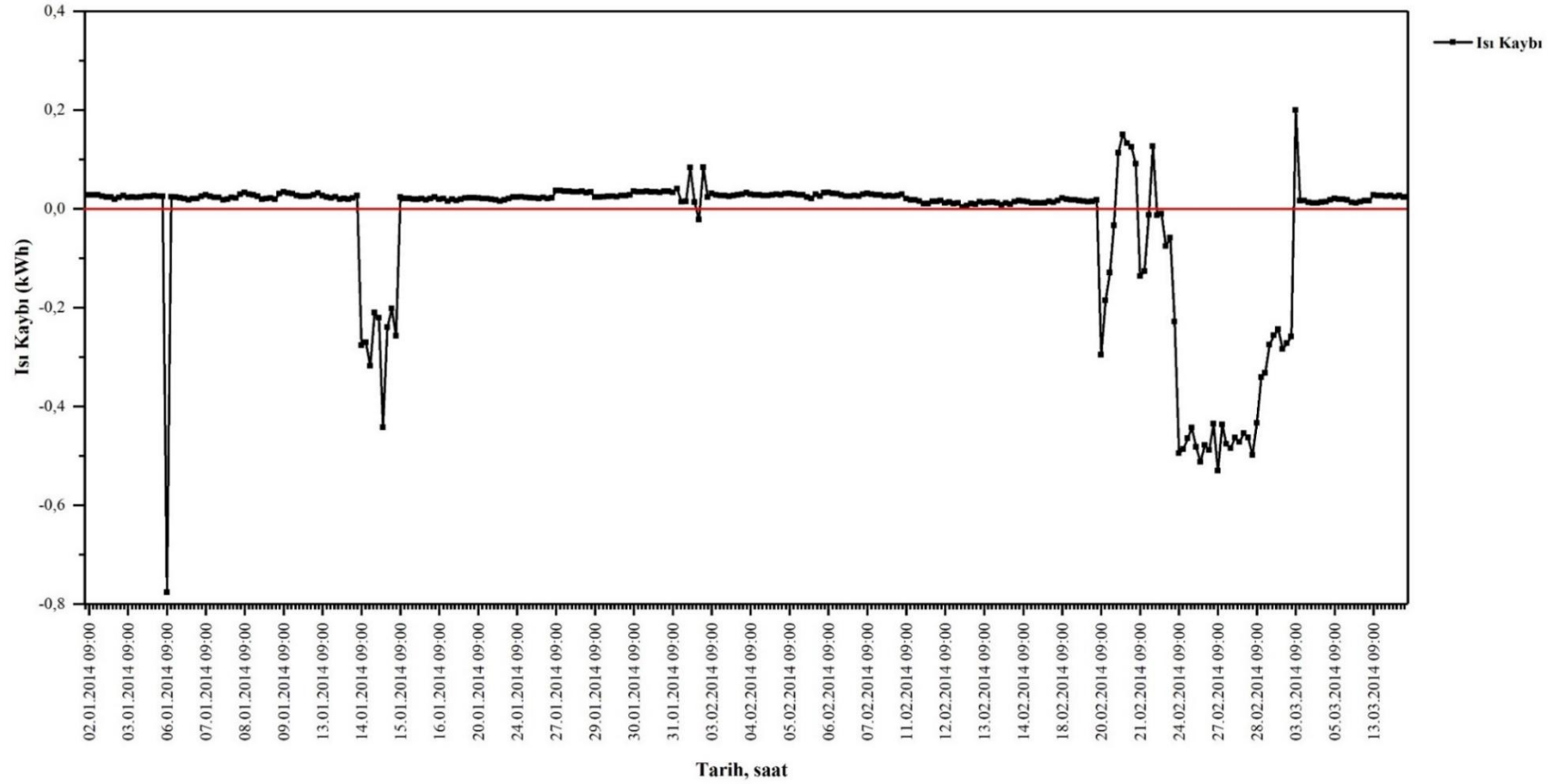
Çözümleme sonucu oluşturulan denklem ise,

$$\begin{aligned} \dot{Q} = & 31.8591 + \frac{(-1299.2936)}{x_1} + (-1.8308) \cdot x_2 + \frac{(14214.5135)}{x_1^2} + (0.016) \cdot x_2^2 \\ & + (70.4822) \cdot \frac{x_2}{x_1} + \frac{(-10220.3639)}{x_1^3} + (-0.0002) \cdot x_2^3 \\ & + (-0.1991) \cdot \frac{x_2^2}{x_1} + (-720.8029) \cdot \frac{x_2}{x_1^2} \end{aligned} \quad (6.28)$$

şeklindedir.

Yönetici 03 Ofisi 2013 ve 2014 yılları için yapılan istatistik analizlerin birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. 2013 yılı için yapılan istatistik çözümleme sonucu elde edilen denkleme 2014 yılı verileri uygulanarak, 2014 yılı ısı kaybı değerleri tahmin edilmiştir. Şekil 6.17. 2014 yılı Yönetici 03 Ofisi için tahmin edilen ısı kaybı değerleri ile gerçek ısı kaybı değerleri arasındaki farkı göstermektedir.

Yönetici 03 Ofisi 2014



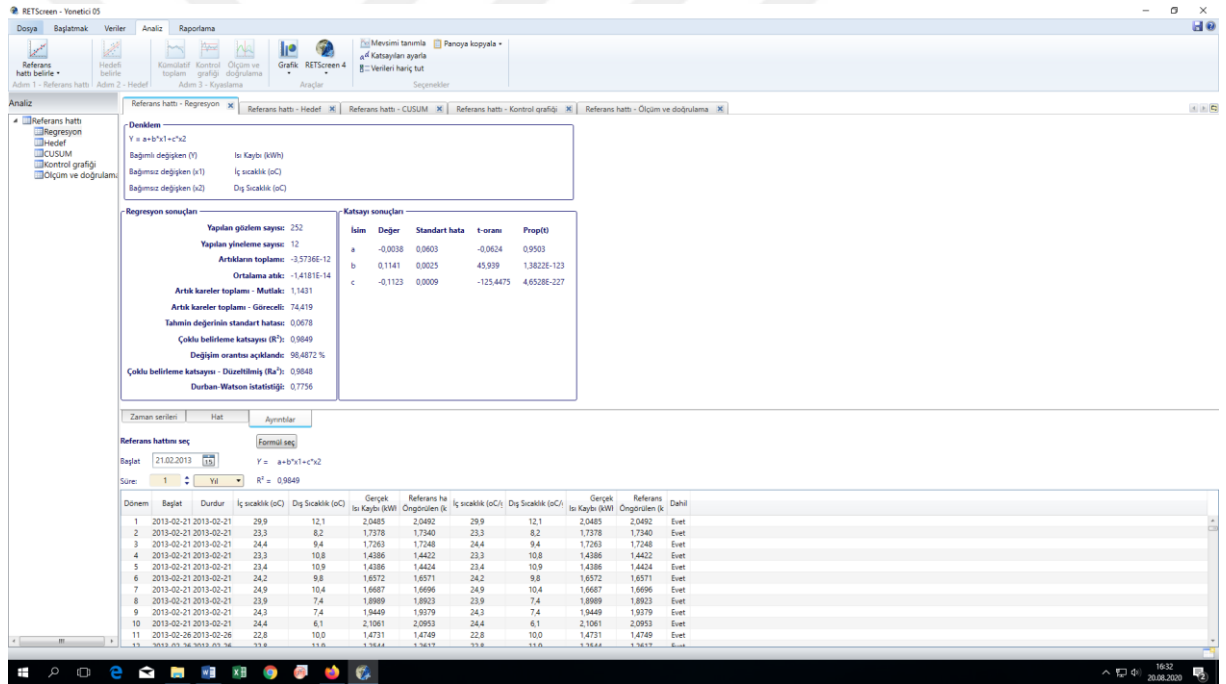
Şekil 6.17. 2014 yılı Yönetici 03 Ofisine ait hesaplanan ısı kaybı değerleri ile gerçek ısı kaybı değerleri arasındaki fark değerler grafiği.

Grafikte enerji tüketimi analizi açısından bakıldığında referans “0” çizgisinden pozitif sapma tahmin edilenden daha fazla enerji tüketimi olduğunu, negatif sapma ise daha az enerji tüketimi olduğunu göstermektedir. Genel bir ifadeyle bu ofiste ihtiyaç duyulan ısı kaybından daha fazla enerji harcanmış olduğu sonucuna varılmıştır.

6.2.8. Yönetici 05 Ofisi İstatistiksel Analiz Sonuçları

Yönetici 05 Ofisine ait 2013 yılı Şubat, Mart ve Aralık aylarından ve 2014 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarından ölçüm yoluyla elde edilen veriler kullanılarak yapılan istatistik analiz sonuçları incelenmiştir.

2013 yılı Yönetici 05 Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.18’de verilmiştir.



Şekil 6.18. 2013 yılı Yönetici 05 Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Yönetici 05 Ofisi 2013 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı değerinin %98.49 olduğu yapılan regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir.

Çizelge 6.14. Yönetici 05 Ofisinin 2013 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.14. Yönetici 05 Ofisi 2013 yılı regresyon analizi sonuçları.

Regresyon sonuçları		Katsayı sonuçları				
Yapılan gözlem sayısı:	252	İsim	Değer	Standart hata	t-oranı	Prop(t)
Yapılan yineleme sayısı:	12	a	-0,0038	0,0603	-0,0624	0,9503
Artıkların toplamı:	-3,5736E-12	b	0,1141	0,0025	45,939	1,3822E-123
Ortalama atık:	-1,4181E-14	c	-0,1123	0,0009	-125,4475	4,6528E-227
Artık kareler toplamı - Mutlak:	1,1431					
Artık kareler toplamı - Göreceli:	74,419					
Tahmin değerinin standart hatası:	0,0678					
Çoklu belirleme katsayısı (R ²):	0,9849					
Değişim oranısı açıklandı:	98,4872 %					
Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltilmiş (Ra ²):	0,9848					
Durban-Watson istatistiği:	0,7756					

Çözümlemedeki x_1 ve x_2 değişkenlerine ait Prob(t) değerleri sırasıyla “1.3822.10⁻¹²³” ve “4.6528.10⁻²²⁷” olduğuna göre ısı kaybındaki değişimin iç sıcaklık ve dış sıcaklık değişkenlerince açıklandığı görülmektedir.

Çözümleme sonucunda,

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (6.29)$$

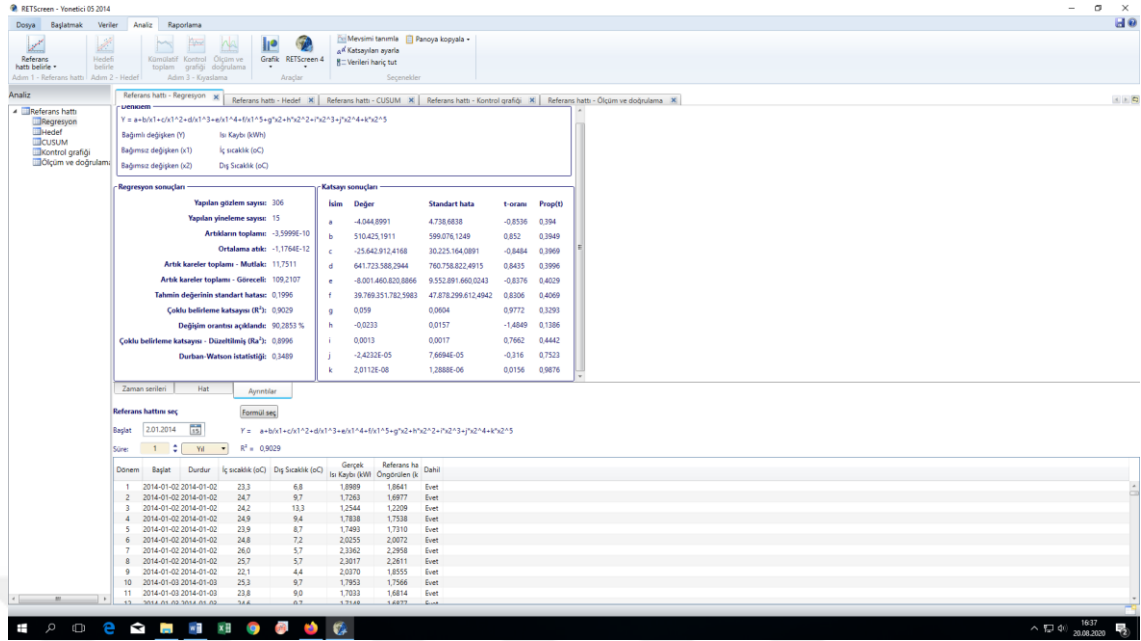
denklemini elde edilmiştir.

Çözümleme sonucu oluşturulan denklem ise,

$$\dot{Q} = (-0.0038) + (0.1141).T_1 + (-0.1123).T_0 \quad (6.30)$$

şeklindedir.

2014 yılı Yönetici 05 Ofisine ait RetScreen Plus analiz sonucu Şekil 6.19’da verilmiştir.



Şekil 6.19. 2014 yılı Yönetici 05 Ofisine ait istatistiksel çözümlemesi.

Yönetici 05 Ofisi 2014 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı değerinin %90.29 olduğu yapılan regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olduğundan söz edilebilmektedir.

Çizelge 6.15. Yönetici 05 Ofisinin 2014 yılı istatistik çalışma sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 6.15. Yönetici 05 Ofisi 2014 yılı regresyon analizi sonuçları

Regresyon sonuçları					Katsayı sonuçları				
Yapılan gözlem sayısı: 306					İsim	Değer	Standart hata	t-oranı	Prop(t)
Yapılan yineleme sayısı: 15					a	-4.044,8991	4.738,6838	-0,8536	0,394
Artıkların toplamı: -3,5999E-10					b	510.425,1911	599.076,1249	0,852	0,3949
Ortalama atık: -1,1764E-12					c	-25.642,912,4168	30.225,164,0891	-0,8484	0,3969
Artık kareler toplamı - Mutlak: 11,7511					d	641.723,588,2944	760.758,822,4915	0,8435	0,3996
Artık kareler toplamı - Göreceli: 109,2107					e	-8.001,460,820,8866	9.552,891,660,0243	-0,8376	0,4029
Tahmin değerinin standart hatası: 0,1996					f	39.769,351,782,5983	47.878,299,612,4942	0,8306	0,4069
Çoklu belirleme katsayısı (R^2): 0,9029					g	0,059	0,0604	0,9772	0,3293
Değişim oranısı açıklandı: 90,2853 %					h	-0,0233	0,0157	-1,4849	0,1386
Çoklu belirleme katsayısı - Düzeltilmiş (R_a^2): 0,8996					i	0,0013	0,0017	0,7662	0,4442
Durban-Watson istatistiği: 0,3489					j	-2,4232E-05	7,6694E-05	-0,316	0,7523
					k	2,0112E-08	1,2888E-06	0,0156	0,9876

Çözümleme sonucunda,

$$y = a + \frac{b}{x_1} + \frac{c}{x_1^2} + \frac{d}{x_1^3} + \frac{e}{x_1^4} + \frac{f}{x_1^5} + g \cdot x_2 + h \cdot x_2^2 + i \cdot x_2^3 + j \cdot x_2^4 + k \cdot x_2^5 \quad (6.31)$$

denklemini elde edilmiştir.

Çözümleme sonucu oluşturulan denklem ise,

$$\begin{aligned} \dot{Q} = & (-4044.8991) + \frac{(510425.1911)}{x_1} + \frac{(-25642912.4168)}{x_1^2} \\ & + \frac{(641723588.2944)}{x_1^3} + \frac{(-8001460820.8866)}{x_1^4} \\ & + \frac{(39769351782.5983)}{x_1^5} + (0.059) \cdot x_2 + (-0.0233) \cdot x_2^2 \\ & + (0.0013) \cdot x_2^3 + (-2.4232 \cdot 10^{-5}) \cdot x_2^4 + (2.0112 \cdot 10^{-8}) \cdot x_2^5 \end{aligned} \quad (6.32)$$

şeklindedir.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

7.1. Giriş

Bu çalışmada, bir binanın enerji modellemesi yapılarak ısıtma için enerji performansı belirlenmiştir. Binanın ısıtma mevsimindeki termal davranışı, oda ve kat bazlı olarak farklı yöntemler kullanılarak teorik ve gerçek zamanlı ölçüme dayalı incelenmiş, gerçek sistem davranışı ile teorik modeller arasındaki farklılıklar, bunların nedenleri ve çözüm önerileri ortaya konmuştur.

Çalışmanın birinci aşamasında ticari alanda faaliyet gösteren ve yeşil bina sertifikasına sahip çok katlı bir bina inceleme için ele alınmış ve bu binanın enerji performansı ve termal davranışı, Türkiye’de binalar için klasik ısı kaybı hesap yöntemi kullanılarak, bina için yasa ve yönetmeliklerde öngörülen ısıl performansı belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında, özellikle yeşil bina sertifikasyonlarında yaygın olarak kullanılan bir simülasyon yazılımı aracılığıyla binanın sanal bir modeli oluşturulmuş, daha sonra yazılıma gerçek zamanlı ölçülmüş veriler ve mimari özellikleri girilerek binanın enerji modellemesi yapılmıştır. Sistem analizlerinden günlük ve saatlik zaman aralıklarıyla iç ortam konfor koşulları ve ısı kaybı değerleri elde edilmiştir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında binanın ısıl performansı gerçek zamanlı ölçüme dayalı olarak incelenmiş, binanın ısıtma sistemine ait ölçüm cihazlarından elde edilen 2013 yılı Şubat – Mart- Aralık, 2014 yılı Ocak – Şubat – Mart ayları için günlük ve saatlik veriler Bina Yönetim Sistemi üzerinden internet aracılığıyla online olarak anlık kaydedilmiştir. Bina Yönetim Sistemi üzerinden elde edilen veriler ve Meteoroloji İşleri

Genel Müdürlüğü'nden elde edilen dış ortam iklim sıcaklığı verileri işlenerek sistem analizleri gerçekleştirilmiştir.

Son olarak 3 farklı yöntem kıyaslanmış, regresyon yöntemiyle binanın muhtemel ısı davranışı ve bina enerji performansını etkileyen faktörler RetScreen Plus yazılımı aracılığıyla belirlenmiş, enerji performansını etkileyen gerçek zamanlı ölçülmüş veriler ile yapılan analizlerden elde edilen parametreler arasındaki bağıntılar matematiksel modellerle açıklanmıştır. Enerji Performansını etkileyen faktörleri belirlemek ve bu faktörlerin enerji performansı üzerine etkinlik derecesini araştırmak amacıyla istatistiki analizi yapılmıştır.

İklim özellikleri olarak 2. derece gün illeri arasında bulunan, kışın en düşük iklim sıcaklığının -3°C kabul edildiği, yağışlı ve nem oranı yüksek bir bölgede faaliyet gösteren ticari bina, enerji verimli ve uluslararası yeşil bina sertifikası alacak şekilde tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Ticari bina, üretim alanının bulunduğu bina ve çalışma ofislerinin bulunduğu idari bina olarak bitişik nizamlı iki bloktan oluşmaktadır. İdari bina mimari olarak 3 katlı, Güney-Batı yönelimli ve bu cepheleri tamamen cam malzemesiyle kaplı fiziksel bir yapıya sahiptir. İdari binanın diğer cepheleri dış ortam ile bağlantısı bulunmamaktadır.

Çalışma kapsamında bina içinde kat bazlı olarak her biri farklı termal davranışa sahip oda seçimleri yapılmış ve bu odaların termal davranışları incelenerek ısıtma ihtiyaçları klasik ısı kaybı yöntemine göre belirlenmiştir. Ofis iç ortam sıcaklığı $+22^{\circ}\text{C}$, üretim alanı bölümünün $+18^{\circ}\text{C}$ ve dış ortam iklim sıcaklığının -3°C olduğu kabulü doğrultusunda idari bina ofislerine klasik ısı kaybı hesaplama yöntemi uygulanmış ve her bir ofisin ısı kaybı değerleri bulunmuştur.

Zemin katta toplamda 3 adet ofis bulunmaktadır. Bu kattaki tüm ofislerin dış ortam ile direkt bağlantısı bulunmamaktadır, dolayısıyla ofis ısı kaybı değeri üzerine etkili parametre yüzey alanı olarak tespit edilmiştir. İmalat Ofisi zemin kat ofisleri arasında en büyük yüzey alanına sahiptir ve alt katı fabrika depolama alanı olarak kullanılmaktadır. Bu katta en fazla ısı kaybı değerine sahip ofis olarak belirlenmiştir. Hesaplama sonucunda, dış duvarlarla etkileşimi olmayan zemin kattaki İmalat Ofisinin ısı kaybı değeri 262 W bulunmuştur.

Birinci katta toplamda 9 adet ofis yer almaktadır. Bu ofislerden 7 tanesi Güney ve Batı cephelerinde konumlanmıştır, aynı zamanda bu ofislerin dış ortam ile direkt bağlantısı bulunmaktadır. Bu kattaki ofislerin ısı kaybı değerini çok sayıda parametre etkilemektedir. Dış ortam iklim sıcaklığı, ısı kaybı değeri üzerine en etkili parametrelerden biridir.

Genel Müdür Yardımcısı Ofisi Güney-Batı yönelimlidir ve bu cepheler tamamen cam yüzeylerle kaplıdır. Binanın bu kattaki konumu itibariyle kritik bir noktada bulunmaktadır. Gün içinde saat 12:00'dan gün batımına kadar gün ışığına maruz kalan ofisler arasındadır. Dış ortam ile bağlantısı olan birinci kattaki ofislerin ısı davranışı incelendiğinde; Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin ısı kaybı değeri 609W olarak bulunmuş ve bu kattaki en fazla ısı kaybına sahip olduğu belirlenmiştir.

İkinci katta toplamda 4 adet ofis yer almakta ve tamamı Güney, Batı cephelerinde konumlanmıştır. Bu ofislerin dış ortam ile direkt bağlantısı bulunmaktadır. İkinci katta ise Yönetici 05 Ofisinin ısı kaybı değeri 1269W olarak bulunmuş ve bu kattaki en fazla ısı kaybı değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yönetici 05 Ofisi binadaki konumu itibariyle Genel Müdür Yardımcısı Ofisi ile yatayda aynı hizada olup üst katında teras bulunmaktadır. Yönetici 05 Ofisinde dış ortam ile bağlantılı yapı bileşenlerinden ısı kaybının fazla olduğu tespit edilmiştir.

Teorik olarak yapılan çalışmada idari bina ofisleri ısıtma bakımından incelendiğinde; havalandırma yükü hariç ısı kayıpları yüksek oranda yapı bileşenlerinden gerçekleşmektedir. Bu açıdan cepheleri tamamen cam yüzeylerle donatılmış ofislerin ısı kayıpları da en fazla cam yüzeylerinden gerçekleşecektir. Katlarda yer alan odalar enerji ihtiyaçları bakımından teorik olarak düşük değerlere sahiptir. Isıtma enerjisi düşük olan ofislerin dolayısıyla enerji ve yakıt tüketimi de aynı derecede düşük olacaktır. Fakat bu durumda enerji verimliliğinin yanında kullanıcıların ısı konforunun da gözetilmesi gerekmektedir. Ofis iç ortam sıcaklığının günün her saatinde ofisin her yerinde homojen şekilde sabit bir sıcaklıkta kalması mümkün değildir. Teorik olarak yapılan klasik hesaplama yönteminde hem iç ortam sıcaklığının hem de dış ortam sıcaklığının sabit kaldığı kabul edilmektedir.

7.2. Statik ve Dinamik Hesaplama Yöntemi Sonuçları

İdari bina ofislerinin ısı kaybı değerleri belirlenirken statik yöntemle göre hesaplamalar yapılmış ve hesaplamalardan elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Ayrıca çalışmada, yeşil bina sertifikası alınacak binanın tasarım aşamasında enerji modellemesinin yapılmasıyla binanın enerji performansını etkileyen faktörler ayrıntılı analizlerle ortaya çıkarılmıştır.

Bu çalışmada bina enerji performansı belirlenirken ofislerin ısıtma enerjisi hesaplamalarında iki farklı yöntemle, iki farklı veri seti uygulanmıştır. Bu yolla;

- 1) Klasik ısı kaybı hesaplama yöntemiyle ısı kaybı değerlerinin hesaplanmasında bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen günlük ve saatlik Gebze ilçesi dış ortam sıcaklık verileri kullanılarak,
- 2) Ele alınan bina modelinin simülasyonunda Gebze ilçesi iklim koşulları Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen günlük-saatlik dış ortam sıcaklığı, ortalama nemi, rüzgar hızı ve basıncı değerleriyle oluşturulan veri dosyasındaki değerler kullanılarak bina enerji performansı belirlenmiştir.

Statik yöntem kullanılarak hesaplanan ısı kaybı değerleri referans değerler olarak kabul edilmiştir.

7.2.1. 2013 Yılı Sonuçlarının Karşılaştırılması

2013 yılı Bina Yönetim Sistemi üzerinden ölçülen eş zamanlı veriler kullanılarak statik yöntemle göre yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- 2013 yılında zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Müdürü Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir.

İmalat Ofisinin Şubat ayı ortalama ısı kaybı 351.4W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 310.8 W, Aralık ayı ortalama ısı kaybı 287W olarak bulunmuştur.

İnsan Kaynakları Müdürü Ofisinin Şubat ayı ortalama ısı kaybı 82.21W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 79.80 W, Aralık ayı ortalama ısı kaybı 75.26W olarak bulunmuştur.

- 2013 yılında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Genel Müdür Yardımcısı Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin 2013yılı Şubat ayı ortalama ısı kaybı 1285.3W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 957.9 W, Aralık ayı ortalama ısı kaybı 1291.3W olarak bulunmuştur.

Kalite Müdürü Ofisinin 2013yılı Şubat ayı ortalama ısı kaybı 96.80W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 113.70 W, Aralık ayı ortalama ısı kaybı 85.24W olarak bulunmuştur.

- İkinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Yönetici 05 Ofisinde, en az ısı kaybı ise Yönetici 10 Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Yönetici 05 Ofisinin 2013yılı Şubat ayı ortalama ısı kaybı 1721.16W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 1009.76 W, Aralık ayı ortalama ısı kaybı 1379.40W olarak bulunmuştur.

Yönetici 10 Ofisinin 2013yılı Şubat ayı ortalama ısı kaybı 472.82W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 258.77 W, Aralık ayı ortalama ısı kaybı 337.22W olarak bulunmuştur.

Detaylı dinamik simulasyon yöntemiyle ele alınan bina modelinin simülasyonunda Bina Yönetim Sistemi üzerinden elde edilen ayar (set) sıcaklığı değerleri ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Kocaeli ili Gebze ilçesi iklim koşulları değerleriyle oluşturulan veri dosyasındaki değerler kullanılarak yapılan sistem analizlerinden elde edilen 2013 yılı sonuçları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- 2013 yılında zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir.

İmalat Ofisinin 2013yılı Şubat ayı ortalama ısı kaybı 898W değeri ile referans değerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. İmalat Ofisi Mart ayı ortalama ısı kaybı 196 W değeri ile referans değerden %36.93'lük azalış, Aralık ayı ortalama ısı kaybı 452W değeri ile referans değerden %57.49'luk artış yönünde sapma göstermiştir.

İnsan Kaynakları Ofisinin Şubat ayı ortalama ısı kaybı 521W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 108.7 W, Aralık ayı ortalama ısı kaybı 281.8W olarak bulunmuştur.

- 2013 yılında birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Proje Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Proje Ofisinin 2013 yılı Şubat ayı ortalama ısı kaybı 3760.7W değeri ile referans değerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Mart ayı ortalama ısı kaybı 510.1 W değeri ile referans değerinden %10.68'lik azalış belirlenirken, Aralık ayı ortalama ısı kaybı 1106.4W değeri ile referans değerinden %23.43'lük artış yönünde sapma göstermiştir.

Kalite Müdürü Ofisinin 2013 yılı Şubat ayı ortalama ısı kaybı 250W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 158.7 W, Aralık ayı ortalama ısı kaybı 354.8W olarak bulunmuştur.

- Şubat ayında ikinci kat ofisleri arasında 2424.9W aylık ortalama ısı kaybı değeriyle en fazla ısı kaybı Yönetici 07 Ofisinde ve değerinin referans değerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Şubat ayında ikinci kat ofisleri arasında 340.9W aylık ortalama ısı kaybı değeriyle en az ısı kaybı Yönetici 10 Ofisinde gerçekleştiği belirlenmiştir.

Mart ayında 293.2W aylık ortalama ısı kaybı değeri ile referans değerlerinden % 51.65'lik azalış, Aralık ayında 593.2W aylık ortalama ısı kaybı değeri ile referans değerlerinden % 0.24'lük azalış yönünde sapma göstererek ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybının Yönetici 03 Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir.

Mart ayında Yönetici 10 Ofisinde 243.2W aylık ortalama ısı kaybı, Aralık ayında Yönetici 07 Ofisinde 482.5W aylık ortalama ısı kaybı değerleriyle ikinci kat ofisleri arasında en az ısı kaybının gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir.

- Statik Yöntem sonuçlarından ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybının Yönetici 05 ofisinde gerçekleştiği sonucu elde edilirken, simülasyon yöntemiyle yapılan analizden ikinci katta en fazla ısı kaybının 2013 yılının farklı aylarında değişimli olarak Yönetici 03, Yönetici 05 ve Yönetici 07 ofislerinde olduğu bulunmuştur.

7.2.2. 2014 Yılı Sonuçlarının Karşılaştırılması

2014 yılı Bina Yönetim Sistemi üzerinden ölçülen eş zamanlı veriler kullanılarak statik yöntemle göre yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Müdürü Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir.

İmalat Ofisinin 2014 yılı Ocak ayı ortalama ısı kaybı 301.7W, Şubat ayı ortalama ısı kaybı 300.5W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 368.4W olarak bulunmuştur.

İnsan Kaynakları Müdürü Ofisinin 2014 yılı Ocak ayı ortalama ısı kaybı 79.23W, Şubat ayı ortalama ısı kaybı 83.03W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 79.06W olarak bulunmuştur.

- Birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Genel Müdür Yardımcısı Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin 2014 yılı Ocak ayı ortalama ısı kaybı 1115.16W, Şubat ayı ortalama ısı kaybı 983.28W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 703.36W olarak bulunmuştur.

Kalite Müdürü Ofisinin 2014 yılı Ocak ayı ortalama ısı kaybı 67.12W, Şubat ayı ortalama ısı kaybı 70.29W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 68.37W olarak bulunmuştur.

- İkinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Yönetici 05 Ofisinde, en az ısı kaybı ise Yönetici 10 Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Yönetici 05 Ofisinin 2014 yılı Ocak ayı ortalama ısı kaybı 1581.35W, Şubat ayı ortalama ısı kaybı 1845.51W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 1240.51W olarak bulunmuştur.

Yönetici 10 Ofisinin 2014 yılı Ocak ayı ortalama ısı kaybı 362.26W, Şubat ayı ortalama ısı kaybı 439.02W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 312.29W olarak bulunmuştur.

Detaylı dinamik simulasyon yöntemiyle ele alınan bina modelinin simülasyonunda Bina Yönetim Sistemi üzerinden elde edilen ayar (set) sıcaklığı değerleri ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Kocaeli ili Gebze ilçesi iklim koşulları değerleriyle oluşturulan veri dosyasındaki değerler kullanılarak yapılan sistem analizlerinden elde edilen 2014 yılı sonuçları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Zemin kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde, en az ısı kaybı ise İnsan Kaynakları Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir.

İmalat Ofisinin 2014 yılı Ocak ayı ortalama ısı kaybı 795W ve Şubat ayı ortalama ısı kaybı 573W değerleri ile referans değerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı ofis Mart ayı ortalama ısı kaybı 219W değeri ile referans değerinden %40.55'lik azalış yönünde sapma göstermiştir.

İnsan Kaynakları Ofisinin 2014 yılı Ocak ayı ortalama ısı kaybı 521W, Şubat ayı ortalama ısı kaybı 374.7W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 149W olarak bulunmuştur.

- Birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybı Proje Ofisinde, en az ısı kaybı ise Kalite Müdürü Ofisinde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Proje Ofisinin 2014 yılı Ocak ayı ortalama ısı kaybı 2326.8W değeri ile referans değerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Şubat ayı ortalama ısı kaybı 761.4W değeri ile referans değerinden %17.58'lik artış, Mart ayı ortalama ısı kaybı 609.3W değeri ile referans değerinden %22.51'lik artış yönünde sapma belirlenmiştir.

Kalite Müdürü Ofisinin 2014 yılı Ocak ayı ortalama ısı kaybı 332W, Şubat ayı ortalama ısı kaybı 2344.9W, Mart ayı ortalama ısı kaybı 194W olarak bulunmuştur.

- Statik Yöntem sonuçlarından ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybının Yönetici 05 ofisinde gerçekleştiği sonucu elde edilirken, simülasyon yöntemiyle yapılan analizden ikinci katta en fazla ısı kaybının 2014 yılının farklı aylarında değişimli olarak Yönetici 03, Yönetici 05 ve Yönetici 07 ofislerinde olduğu bulunmuştur.

Ocak ayında 1772.7W aylık ortalama ısı kaybı değeri ile referans değerlerden %12.10'luk artış yönünde ve Şubat ayında 1542.5W aylık ortalama ısı kaybı değeri ile statik yönteme göre yapılan analizlerden elde edilen sonuçlardan %16,41'lük azalış yönünde sapma göstererek ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybının Yönetici 05 Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir.

Mart ayında 346.7W değeri ile statik yönteme göre yapılan analizlerden elde edilen sonuçlardan %45.33'lük azalış yönünde sapma göstererek ikinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybının Yönetici 03 Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir.

Ocak ayında 472.8W aylık ortalama ısı kaybı, Şubat ayında 357W aylık ortalama ısı kaybı ve Mart ayında 266.6W aylık ortalama ısı kaybı değerleriyle ikinci kat ofisleri arasında en az ısı kaybının Yönetici 10 Ofisinde gerçekleşmiş olduğu tespit edilmiştir.

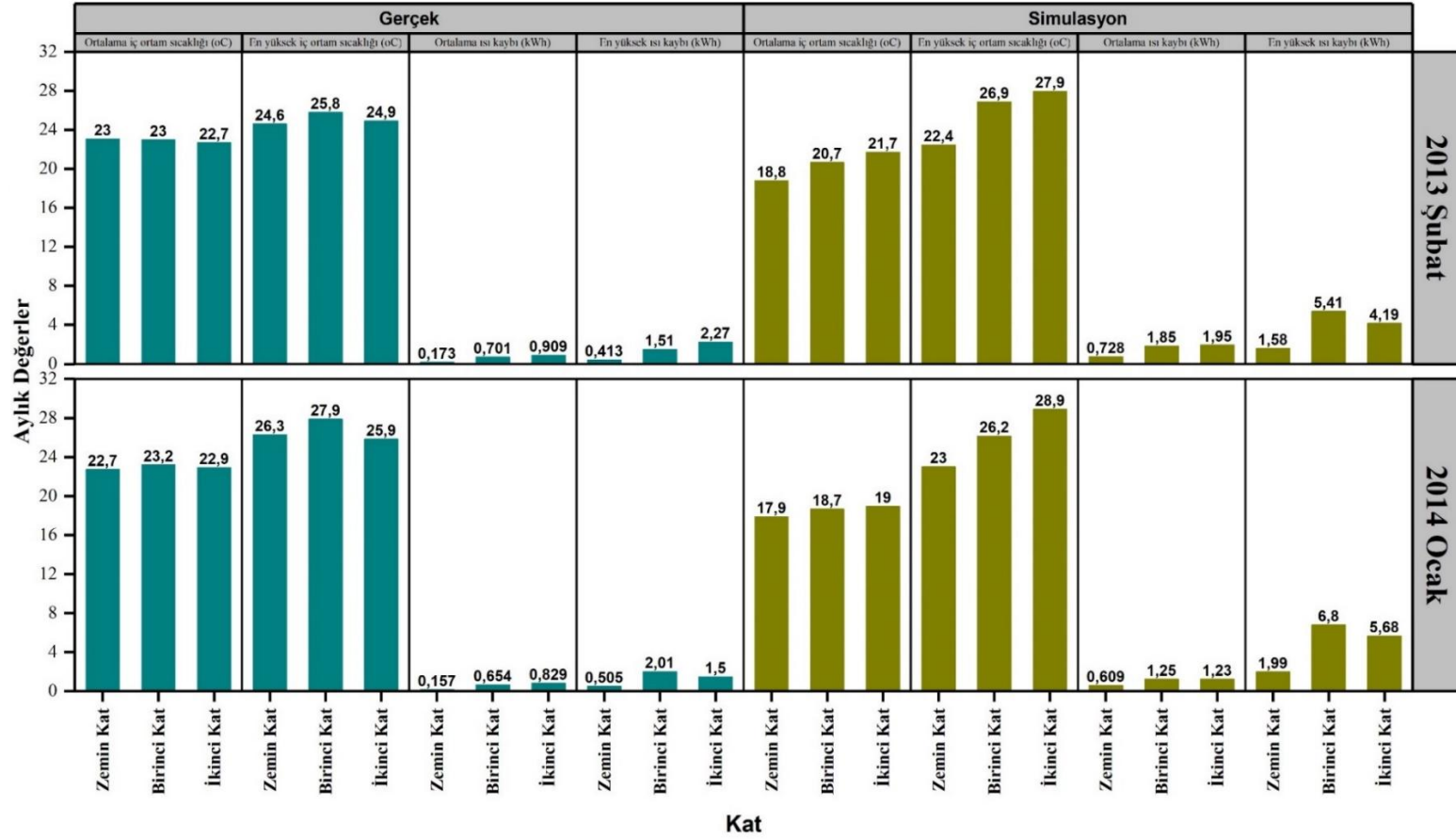
Statik yönteme göre yapılan analizlerde ofisin ısıtma enerjisine etki eden faktörler dinamik simülasyon yöntemiyle yapılan analizlerden farklılık göstermektedir.

- Statik yöntem ile yapılan analizlerde her bir ofisin bitişiğindeki mekanlar arasında ısıtılan bir mekan varsa bu mekandan ofise ısı geçişi ihmal edilirken, dinamik simülasyon yöntemiyle yapılan analizlerde ofise ait bütün yüzeylerin ve etrafındaki mekanların ısıtma enerjisi ihtiyacına etkisi analize dahil edilmiştir. Dolayısıyla katlarda yer alan ofisler ısıtma enerjisi ihtiyaçları bakımından statik yöntem ile yapılan analizlerde düşük değerlere sahiptir.
- Statik yönteme göre yapılan analizlerde İmalat Ofisi, zemin kattaki en fazla ısı kaybına sahip ofis olarak bulunmuş fakat bu ofisin ısıtma enerjisine etki eden faktörler dinamik simülasyon yöntemiyle yapılan analizlerden farklılık göstermektedir. Statik yöntem sonuçları Kuzey yönündeki duvardan ısı geçişinin daha fazla olduğunu ortaya çıkarmıştır. Simülasyon yöntemiyle yapılan analizde ise İmalat Ofisinde ısı kaybının yüksek oranda cam yüzeylerinden gerçekleştiği ortaya çıkmıştır. Bu sonuca bağlı olarak, pencerelerden hava sızıntısı ile ısı kaybının da aynı oranda yüksek olduğu öngörüsünde bulunulabilmektedir.
- Statik yöntem sonuçlarından birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybının Genel Müdür Yardımcısı ofisinde gerçekleştiği sonucu elde edilirken, simülasyon yöntemiyle yapılan analizden birinci katta en fazla ısı kaybı Proje ofisinde olduğu bulunmuştur. Statik yönteme göre yapılan analizlere göre Proje ofisinin ısı kaybedeceği tek yüzey Batı yönündeki cam yüzey olarak kabul edilmiştir. Simülasyon yöntemiyle yapılan analizlerde ise bu Ofiste ısı kaybının yüksek oranda cam yüzeylerinden ve tavandan yüzeylerinden gerçekleştiği ortaya çıkmıştır.
- Statik yöntem sonuçları zemin katta Kuzey yönündeki duvardan ısı geçişinin daha fazla olduğunu ortaya çıkarmıştır. Simülasyon yöntemiyle yapılan analizde ise hava sızıntısı ile pencere yüzeylerinden gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

- Her iki yöntem ile yapılan analizlerden elde edilen sonuçlarda birinci kat ofisleri arasında dış ortam ile bağlantılı cam yüzeylerinden daha fazla ısı kaybının meydana geldiği sonucuna ulaşılmıştır.
- İkinci kat ofislerinde statik yöntem sonuçları, çatıdan ve cam yüzeylerinden en fazla ısı kaybının olduğunu göstermiştir. Dinamik simülasyon yöntemiyle bu katta ısı kaybının yüksek oranda çatıdan ve hava sızıntısı ile gerçekleştiğini ortaya çıkarmıştır.
- Dinamik simülasyon yöntemiyle Yönetici 03 ofisinden ısı kaybının yüksek oranda çatıdan ve hava sızıntısı ile gerçekleştiği ortaya çıkmıştır.
- Statik yöntem analizlerinden elde edilen sonuçlar, Yönetici 05 ofisinde çatıdan ve Batı yönündeki pencere yüzeyinden en fazla ısı kaybının olduğunu göstermiştir. Dinamik simülasyon yöntemiyle bu ofisten ısı kaybının yüksek oranda çatıdan ve hava sızıntısı ile gerçekleştiği ortaya çıkmıştır.
- Statik yöntem analizlerinden elde edilen sonuçlar ikinci kattaki Yönetici 07 ofisinin ısı kaybı en fazla üçüncü ofis olduğunu göstermiştir. Bu ofiste Batı yönündeki pencere yüzeyinden ve çatı yüzeyinden ısı kaybının olduğu statik yöntemle göre elde edilen sonuçlarda tespit edilmiştir. Dinamik simülasyon yöntemi ile elde edilen sonuçlarda ise bu ofisten ısı kaybının yüksek oranda iç duvarlardan ve hava sızıntısı ile gerçekleştiği ortaya çıkmıştır.

7.3. Statik ve Dinamik Yönteme Göre Sistem Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Binaya ait konumdaki dış ortam iklim sıcaklığının hem ölçüm yoluyla hem de Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden edinilen bilgiler doğrultusunda 2013 yılı Şubat ayında ve 2014 yılı Ocak ayında en düşük ortalama değere ulaştığı ortaya çıkmıştır. Statik ve dinamik yöntemle göre yapılan analizlerde ortalama dış ortam sıcaklığının en düşük olduğu durumlar için her kata ait ortalama ve en yüksek iç ortam sıcaklığı, ortalama ve en yüksek ısı kaybı değerlerinin karşılaştırmalı grafiği şekil 7.1'de verilmiştir.

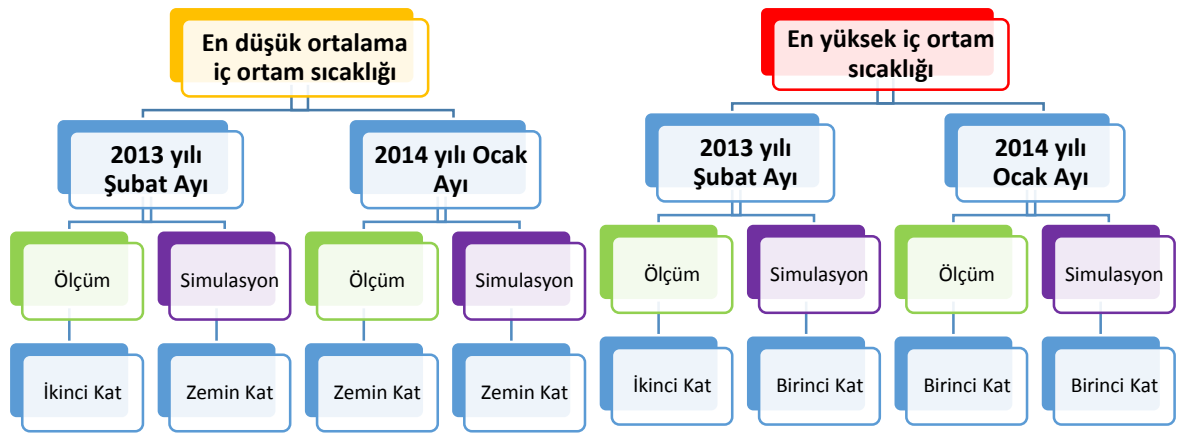


Şekil 7.1. Binaya ait aylık ortalama ve en yüksek iç ortam sıcaklığı, ortalama ve en yüksek ısı kaybı değerlerinin karşılaştırılması.

2013 yılı Şubat ayında; ölçüm yoluyla en düşük ortalama iç ortam sıcaklığı 22.67°C ve en yüksek iç ortam sıcaklığı 25.8°C olarak tespit edilmiştir. Yapılan simülasyon ile en düşük ortalama iç ortam sıcaklığı 18.8°C, en yüksek iç ortam sıcaklığı 27.9°C olarak tespit edilmiştir. 2014 yılı Ocak ayında; ölçüm yoluyla en düşük ortalama iç ortam sıcaklığı 22.7°C ve en yüksek iç ortam sıcaklığı 27.9°C olarak tespit edilmiştir. Yine 2014 yılı Ocak ayında; yapılan simülasyon ile en düşük ortalama iç ortam sıcaklığı 17.9°C, en yüksek iç ortam sıcaklığı ise 28.9°C olarak belirlenmiştir.

2013 yılı Şubat ayında; ölçüm yoluyla en düşük ortalama ısı kaybı değeri 0.173kWh ve en yüksek ısı kaybı değeri 2.27kWh olarak tespit edilmiştir. Yapılan simülasyon ile en düşük ortalama ısı kaybı değeri 0.728kWh, en yüksek ısı kaybı değeri ise 5.41kWh olarak tespit edilmiştir. 2014 yılı Ocak ayında; ölçüm yoluyla en düşük ortalama ısı kaybı değeri 0.157kWh ve en yüksek ısı kaybı değeri 2.01kWh olarak tespit edilmiştir. Yine 2014 yılı Ocak ayında; yapılan simülasyon ile en düşük ortalama ısı kaybı değeri 0.609kWh, en yüksek ısı kaybı değeri ise 6.8kWh olarak belirlenmiştir.

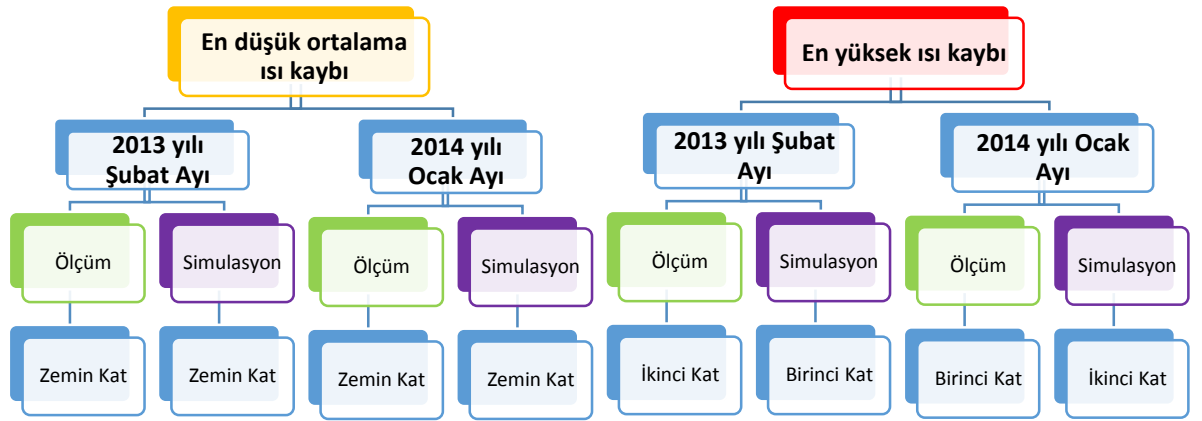
2013 ve 2014 yılına ait en düşük ortalama ve en yüksek iç ortam sıcaklığı değerlerinin kat bazında karşılaştırılması Şekil 7.2’de verilmiştir.



Şekil 7.2. 2013 ve 2014 yılı en düşük ortalama ve en yüksek iç ortam sıcaklığı değerlerinin kat bazında karşılaştırılması.

2013 yılı Şubat ayında; ölçüm yoluyla en düşük ortalama iç ortam sıcaklığı ikinci kat ve en yüksek iç ortam sıcaklığı zemin katta, yapılan simülasyon ile en düşük ortalama iç ortam sıcaklığı zemin katta, en yüksek iç ortam sıcaklığı ise birinci katta tespit edilmiştir. 2014 yılı Ocak ayında; en düşük ortalama iç ortam sıcaklığı ölçüm ve simülasyon değerleri birbiriyle tutarlılık göstermiştir. Yine 2014 yılı Ocak ayında; ölçümlerden birinci katta, yapılan simülasyon ile ikinci katta en yüksek iç ortam sıcaklığı belirlenmiştir.

2013 ve 2014 yılına ait en düşük ortalama ve en yüksek ısı kaybı değerlerinin kat bazında karşılaştırılması Şekil 7.3’de verilmiştir.



Şekil 7.3. 2013 ve 2014 yılı en düşük ortalama ve en yüksek ısı kaybı değerlerinin kat bazında karşılaştırılması.

2013 yılı Şubat ayında; ölçüm ve simülasyon sonuçları en düşük ortalama ısı kaybı değerleri birbiriyle tutarlılık göstermiştir. 2014 yılı Ocak ayında; ölçüm ve simülasyon sonuçları en düşük ortalama ısı kaybı değerleri birbiriyle tutarlılık göstermiştir. 2013 yılı Şubat ayında; ölçümlerden ikinci katta, yapılan simülasyon ile birinci katta en yüksek ısı kaybı değeri belirlenmiştir. Yine 2014 yılı Ocak ayında; ölçümlerden birinci katta, yapılan simülasyon ile ikinci katta en yüksek ısı kaybı değeri belirlenmiştir.

7.4. Çevresel Faktörlerin Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmada, küresel iklim sıcaklığının yıllar geçtikçe artış gösterdiği bulgusu ilk üzerinde durulması gereken değerlendirme konusudur. Binaya ait konumdaki dış ortam aylık ortalama iklim sıcaklığı ölçüm yoluyla 2013 yılı Şubat ayında 8.531°C, 2014 yılının Şubat ayında ise 12.584°C olarak tespit edilmiştir. 2013 yılı Şubat ayı ile 2014 yılı Şubat ayı dış ortam ortalama iklim sıcaklıkları arasında 4.053°C'lik, 2013 yılı Mart ayı ile 2014 yılı Mart ayı dış ortam ortalama iklim sıcaklıkları arasında ise 1.4°C'lik bir fark olduğu belirlenmiştir. Bu durum 2013 yılında kış mevsiminin daha sert geçtiği sonucunu ortaya çıkarmıştır. Dış hava sıcaklıklarının küresel iklim değişikliği nedeniyle artmasından dolayı 2013 ve 2014 yılları arasında ısıtma enerjisi tüketiminde de farklılık oluşturmuştur. Bu sebeple 2013 yılında daha fazla ısıtma enerjisi tüketimi söz konusu olmuştur.

- Tez çalışmasında binadan 2013 yılı Şubat-Mart ve Aralık aylarında, 2014 yılı Ocak- Şubat ve Mart aylarında ölçümler alınmıştır. Bu bilgilerden yola çıkarak

binaya ait konumdaki dış ortam iklim sıcaklığının hem ölçüm yoluyla hem de Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden edinilen bilgiler doğrultusunda 2013 yılı Şubat ayında ve 2014 yılı Ocak ayında en düşük ortalama değere ulaştığı sonucuna varılmıştır. Ölçüm yoluyla en düşük ortalama dış ortam iklim sıcaklığının; 2013 yılında 8.531°C değeriyle Şubat ayında, 2014 yılı için ise 10.549°C değeriyle Ocak ayında yaşandığı görülmüştür. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden edinilen bilgiler doğrultusunda en düşük ortalama dış ortam iklim sıcaklığının; 2013 yılında 8.063°C değeriyle Şubat ayında, 2014 yılı için ise 9.611°C değeriyle Ocak ayında yaşandığı görülmüştür. Ölçüm yoluyla elde edilen ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden edinilen bilgiler birbirini doğrular niteliktedir.

- Diğer yandan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün merkezlere göre Isıtma Gün Derecesi (HDD) değerlerine bakıldığında Kocaeli ilinin 2013 ve 2014 yıllarında Ocak, Şubat, Mart ve Aralık aylarında en yüksek değerlerine ulaştığını göstermektedir. 2013 yılının genel olarak HDD değerleri 2014 yılından daha yüksek olduğuna göre 2013 yılı ısıtma maliyeti de 2014 yılından yüksek olduğu söylenebilmektedir.
- Zemin kat ofislerinin tamamı binanın iç kısmında kalmaktadır. Bu kattaki tüm ofisler fabrika üretim alanı ile bağlantılıdır. Bu katta dış ortam ile bağlantılı ofis bulunmamaktadır. Dolayısıyla ofislerin ısı kaybı değerleri dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden direkt etkilenmemektedir. Statik yöntem ile yapılan analizlerde fabrika üretim alanının iç sıcaklığı +18°C kabulüyle tüm hesaplamalar yapılmıştır. Dinamik simülasyon yöntemiyle yapılan analizlerde üretim alanı +18°C iç sıcaklığında ısıtılan bir alan olarak tanımlanmıştır.
- Statik yöntemlerle bir binanın ısı davranışı ortaya çıkartılırken ısı dengesi hesaplarında, bir kazanç ve/veya kayıp kullanım faktörünün hesaba katılmasıyla dinamik etkiler belirlenebilmektedir fakat mekana ait bütün yüzeylerin etkisi hesaplamalara dahil edilmemektedir. Oysaki ofisler ile bitişikteki her bir mekan arasındaki 1°C fark bile her mekanın ısı kaybı değerini etkilemektedir. Yapılan analizlerde ofislerin ısıtılan mekanlarla bitişik olan yan duvarlarından, taban veya tavandan yüzeylerinden ısı geçişi ihmal edildiğinden dolayı zemin kattaki en fazla ısı kaybı İmalat Ofisinde Kuzey ve Doğu yönündeki duvarlardan gerçekleşmiştir.

Dinamik simülasyon yönteminde ise bütün yüzeylerin ortam koşullarına etkisi hesaba katılarak, tüm ısı kayıp ve kazançların kaynakları göz önünde bulundurularak gerekli ısıtma gücü değerleri hesaplanabilmektedir. Bu sebeple Simülasyon yöntemiyle yapılan analizlerden bu ofiste ısı kaybının cam yüzeylerinden gerçekleştiği belirlenmiştir. İki yöntem arasındaki bu fark; statik yöntemle yapılan analizlerden elde edilen sonuçların, dinamik simülasyon yöntemi ile elde edilen sonuçlardan daha düşük çıkmasına sebep olmuştur.

- Statik yöntem sonuçlarından birinci kat ofisleri arasında en fazla ısı kaybının Genel Müdür Yardımcısı ofisinde gerçekleştiği sonucu elde edilirken, simülasyon yöntemiyle yapılan analizden bu katta en fazla ısı kaybı Proje ofisinde olduğu bulunmuştur. Ölçüm yoluyla ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen dış ortam iklim sıcaklıkları birbirine yakın olmasına rağmen dinamik simülasyon yönteminde sıcaklığın yanında basınç, rüzgar hızı ve güneşlenme değerlerinin de etkisi iki yöntem ile elde edilen değerler arasında farklılığa sebep olmuştur. İki farklı iklim veri setinin kullanımı ve simülasyon yöntemiyle daha ayrıntılı analizler yapılabilmesi bu kattaki sonuçlarda farklılıklar ortaya çıkarmıştır.

Statik yöntemle yapılan analizde ısı yükünü aynı anda etkileyen iki değişken parametre vardır. Bu parametrelerden birinin iç ortam sıcaklığı diğerinin ise dış ortam sıcaklığı olduğu tespit edilmiştir. Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin Güney ve Batı yönündeki cepheleri dış ortam ile bağlantılı olup dış ortam iklim sıcaklığının değişiminden etkilenmektedir. Dış ortam sıcaklığının artmasıyla ofislerdeki ısı kaybının azaldığı statik yöntem ile yapılan analiz sonucunda belirlenmiştir.

Birinci kattaki ofislerden Proje Ofisinin dış ortam ile bağlantılı tek cephesi Batı yönündedir ve cam yüzeylerinden oluşmaktadır. Statik yöntemle göre analizde Proje ofisinin ısı kaybedeceği alan bu yüzey olarak tespit edilmiştir. Simülasyon yöntemiyle yapılan analizlerde ise bu ofiste ısı kaybının yüksek oranda cam yüzeylerinden ve tavandan yüzeylerinden gerçekleştiği ortaya çıkmıştır. Bu ofiste simülasyon yöntemiyle yapılan analizden elde edilen sonucun statik yöntem ile elde edilenden farkı üst katta ısıtılmayan bir hacmin varlığından kaynaklanmaktadır. Bu durum simülasyon yöntemindeki sonuçlarda ısı geçişinin tavan yönünde de gelişmesine sebep olmuştur.

- Statik yöntem analizlerine bakıldığında ikinci katta en fazla ısı kaybı Yönetici 05 ofisinde gerçekleşmiştir. Simülasyon yöntemiyle yapılan analizden ikinci katta en fazla ısı kaybının değişimli olarak Yönetici 03, Yönetici 05 ve Yönetici 07 ofislerinde olduğu bulunmuştur. İkinci kat için iki farklı yöntem ile elde edilen sonuçlardaki farkın sebebi; dinamik simülasyon yöntemiyle yapılan analizlerde dış ortam iklim sıcaklığının yanında diğer iklim özelliklerinin etkisinin hesaplamalara dahil edilmesi ve ofise ait bütün yüzeylerin ortam koşullarına etkisinin hesaplamalara dahil edilmesi olarak belirlenmiştir.

İkinci kattaki Yönetici 03 ofisi konumu itibariyle idari bina Güney-Doğu cephesinde yer almaktadır ve Güney cephesi dış ortam ile bağlantılıdır. Bu ofisin üst katında teras katı bulunmaktadır. Dinamik Simulasyon yöntemiyle yapılan analizde ikinci kattaki Yönetici 03 ofisinden ısı kaybının yüksek oranda çatıdan ve hava sızıntısı ile gerçekleştiği ortaya çıkmıştır.

Yönetici 05 Ofisi idari binanın Güney-Batı cephesinde yer almaktadır ve her iki cephesi de dış ortam ile bağlantılıdır. Bu ofisin üst katında teras katı bulunmaktadır. Statik yöntem ile yapılan analizde Güney ve Batı yönündeki cam yüzeylerinden ısı kaybı gerçekleştiği sonucuna varılmıştır. Dinamik Simulasyon yöntemiyle ise bu ofisten ısı kaybının yüksek oranda çatıdan ve hava sızıntısı ile gerçekleştiği ortaya çıkmıştır.

Yönetici 07 Ofisi Batı yönündeki cephesi dış ortam ile bağlantılı olup cam yüzeylerden oluşmaktadır. Bu ofisin üst katında teras katı bulunmaktadır. Dinamik simülasyon yöntemiyle yapılan analizler bu ofiste en fazla ısı kaybının iç duvarlardan ve hava sızıntısıyla olduğunu göstermiştir.

- Yapılan çalışmada güneş ışınlarının binanın enerji performansına etkisi, incelenen bir diğer değerlendirme konusudur.

4 Mart 2013 tarihinde birinci kat ofislerinin Bina Yönetim Sistemi üzerinden ölçülmüş dış ortam iklim sıcaklığı, ofis iç ortam sıcaklığı ve ofis iç ortam ayar sıcaklığı değerlerini gösteren ekran görüntüsü Ek-6a.'da sunulmuştur. Bu tarihte binanın birinci katında yan yana konumlanmış iki ofisten biri Genel Müdür Yardımcısı Ofisi diğeri ise Muhasebe Müdürü Ofisi incelenmek üzere ele alınmıştır.

4 Mart 2013 saat 14:00'de dış ortam iklim sıcaklığı 12.3°C iken binanın Güney-Batı cephesinde yer alan Genel Müdür Yardımcısı Ofisi ortam sıcaklığının 28.2°C, ayar sıcaklığının ise 26°C olduğu şekilden görülmektedir. Aynı tarihte Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin bitişiğinde ve binanın Güney cephesinde yer alan Muhasebe Müdürü Ofisinin ortam sıcaklığı 28°C, ayar sıcaklığı ise 25°C olduğu belirlenmiştir. Her iki ofisin de ısıtma vanası kapalı olmasına rağmen iç ortam sıcaklığı, ayar sıcaklığının üzerine çıkmıştır ve soğutma vanaları açıktır. Her iki ofiste de saat 14:00'de güneş ışınları iç ortam sıcaklığı üzerinde etkisini göstermektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden edinilen bilgilere göre aynı gün ve saatte dış ortam iklim sıcaklığının 12.5°C olduğu tespit edilmiştir. Yapılan simülasyonda bu ofislerin ayar sıcaklığı olarak ölçüm yoluyla elde edilen değerler kullanılmasına rağmen aynı gün ve saatte Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin iç ortam sıcaklığı 16.06°C, Muhasebe Müdürü Ofisi iç ortam sıcaklığı 16°C dinamik simülasyon yöntemiyle yapılan analizden elde edilmiştir. Ayrıca yapılan simülasyonda binaya sadece ısıtma sistemi tanımlanmıştır.

Genel Müdür Yardımcısı Ofisinde statik yöntem ile 1261.587W'lık ısı kaybı belirlenirken, dinamik yöntemde ise 441.258W'lık ısı kaybı öngörülmüştür. Aynı şekilde Muhasebe Müdürü Ofisinde statik yöntem ile 517.51872W'lık ısı kaybı belirlenirken, dinamik yöntemde ise 366.841W'lık ısı kaybı öngörülmüştür.

Statik yöntemde ofis iç ortam sıcaklığının artmasıyla ısı kaybı değeri de artmaktadır, dinamik yöntemde ise benzetim yoluyla bina her yönden değerlendirilmektedir. Her iki yöntemde de güneş ışınlarının etkisi hesaba katılmamıştır fakat ölçüm yoluyla elde edilen verilerde iç ortam sıcaklığının yüksek olması ve bu ofislerde soğutma sisteminin çalıştırılması güneş ışınlarının ofis iç ortam sıcaklığı üzerinde etkisini göstermektedir.

- Binada Bina Yönetim Sistemi üzerinden her bir ofis iç ortam sıcaklıkları birbirinden bağımsız şekilde ayarlanabilmektedir. 2014 ve 2015 yılları 6 Ocak günü saat 12:00'deki Bina Yönetim Sistemi üzerinden elde edilen birinci kat ofislerinin ısıtma sistemi verileri örnek olarak incelenmiştir.

6 Ocak 2014 tarihinde birinci kat ofislerinin Bina Yönetim Sistemi üzerinden ölçülmüş dış ortam iklim sıcaklığı, ofis iç ortam sıcaklığı ve ofis iç ortam ayar sıcaklığı değerlerini gösteren ekran görüntüsü Ek-6b'de sunulmuştur.

6 Ocak 2015 tarihinde birinci kat ofislerinin Bina Yönetim Sistemi üzerinden ölçülmüş dış ortam iklim sıcaklığı, ofis iç ortam sıcaklığı ve ofis iç ortam ayar sıcaklığı değerlerini gösteren ekran görüntüsü Ek-6c'de sunulmuştur.

2014 ve 2015 yılları 6 Ocak günü saat 12:00'deki dış ortam iklim sıcaklığı verileri karşılaştırıldığında 10.2°C'lik farkla 2014 yılında daha sıcak bir gün yaşandığı belirlenmiştir.

Her iki yılda da ofis ayar sıcaklıklarının birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir. 2014 yılında birinci kat ofislerinin ayar sıcaklıkları ve ofis iç ortam sıcaklıkları karşılaştırıldığında genel olarak ofislerde istenilen konfor sıcaklığının sağlandığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan 2015 yılında çevre ortamında çok daha soğuk bir iklim sıcaklığı hakimken yine ofislerdeki iç ortam sıcaklığının ayar sıcaklığına yakınlığı, hatta bu katta sadece Muhasebe Müdürü Ofisinde olmak üzere soğutma sisteminin çalıştırıldığı tespit edilmiştir.

Bu iki örnek bina kullanıcılarının, sisteme bireysel olarak müdahale edebildiklerini açıkça göstermektedir.

- Ofis kullanıcılarının iç ortam sıcaklığı üzerindeki tercihleri bina enerji performansını etkileyen bir başka parametre olarak karşımıza çıkmaktadır.

27 Aralık 2013 tarihinde birinci kat ofislerinin Bina Yönetim Sistemi üzerinden ölçülmüş dış ortam iklim sıcaklığı, ofis iç ortam sıcaklığı ve ofis iç ortam ayar sıcaklığı değerlerini gösteren ekran görüntüsü Ek-6d'de sunulmuştur.

27 Aralık 2013 saat 12:00'de 13.2°C değerinde iken birinci katta bulunan Muhasebe Ofisi, Muhasebe Müdürü Ofisi ve Genel Müdür Yardımcısı Ofisine ait iç ortam sıcaklığı ve ayar sıcaklığı değerleri incelenmiştir. Bitişik nizamlı bu üç ofis binanın Güney cephesinde yer almaktadır.

Güney-Batı cephesinde yer alan Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin bu tarihte ısıtma vanası açık ve ayar sıcaklığı 35°C iken iç ortam sıcaklığı 22.2°C olarak belirlenmiştir.

Bu ofisin yanında Güney cephesinde yer alan Muhasebe Müdürü Ofisinin ise bu tarihte ısıtma vanası kapalı fakat set değeri 23°C iken iç ortam sıcaklığı 24.7°C olduğu tespit edilmiştir.

Muhasebe Müdürü Ofisinin yanında yer alan Güney-Doğu cephesindeki Muhasebe Ofisinin aynı tarihte soğutma vanası açık ve ayar sıcaklığı 24.5°C iken iç ortam sıcaklığı 24.9°C olarak belirlenmiştir.

Dış ortam sıcaklığının 13.2°C olduğu bir günde Muhasebe Müdürü Ofisi iç ortam sıcaklığı 24.7°C ise statik yöntem kullanılarak yapılan hesaplama sonucunda ofisin ısı kaybı değeri 399.427W olarak bulunmuştur. Aynı koşullarda ofis iç ortam sıcaklığını 22°C'ye düşürdüğümüzde statik yöntem ile 305.649W'lık ısı kaybı hesaplanmaktadır. 2.7°C'lik sıcaklık farkıyla sadece bir ofis bazlı ısı kaybında %23.478'lik tasarruf sağlanmaktadır. Toplam bina ısı kaybı değeri düşünüldüğünde ise tasarruf miktarı daha da artacaktır.

Dış ortam iklim sıcaklığı yüksek olmasına rağmen ofis bazlı aynı hizada ofislerde yaşayan kullanıcıların iç sıcaklık taleplerinin yani ayar sıcaklığı tercihlerinin birbirinden farklı olması enerji tüketimine ciddi bir etkisi bulunmaktadır.

- Yapı elemanlarının olası uygulama hatalarının ve muhtemel ısı köprülerinin bina enerji performansını olumsuz yönde etkilediği sonucu yapılan çalışmada ortaya çıkmıştır.

Dış ortam iklim sıcaklığının yüksek olduğu 6 Ocak 2014 ve 12 Şubat 2014 tarihlerinde Genel Müdür Yardımcısı Ofisi incelenmiştir.

6 Ocak 2014 tarihinde birinci kat ofislerinin Bina Yönetim Sistemi üzerinden ölçülmüş dış ortam iklim sıcaklığı, ofis iç ortam sıcaklığı ve ofis iç ortam ayar sıcaklığı değerlerini gösteren ekran görüntüsü Ek-6e'de sunulmuştur.

6 Ocak 2014 tarihi saat 14:00'de dış ortam iklim sıcaklığı 15.5°C iken Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin ayar sıcaklığı 30°C, iç ortam sıcaklığı 25.4°C ölçüm yoluyla belirlenirken, simülasyon ile elde edilen ofis iç ortam sıcaklığı 20.74°C olarak tespit edilmiştir. Aynı gün ve saatte Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin statik yöntem ile elde edilen ısı kaybı değeri 827.133W iken simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değeri 913.728W olarak bulunmuştur. Bu tarihte dış ortam iklim sıcaklığı kış mevsimi normalinin üzerinde iken Genel Müdür Yardımcısı Ofisi ayar sıcaklığının 30°C gibi yüksek sıcaklığa ayarlanması ve soğutma sistemin çalıştırılması birbiriyle çelişen iki

durumdur. Birinci kattaki diğer ofislerin ayar sıcaklıkları 16°C olmasına rağmen ofis iç ortam sıcaklıklarının genel itibariyle 20°C altında düşmediği Ek-6e'den görülmektedir.

12 Şubat 2014 tarihinde birinci kat ofislerinin Bina Yönetim Sistemi üzerinden ölçülmüş dış ortam iklim sıcaklığı, ofis iç ortam sıcaklığı ve ofis iç ortam ayar sıcaklığı değerlerini gösteren ekran görüntüsü Ek-6f'de sunulmuştur.

12 Şubat 2014 tarihi saat 10:00'da dış ortam iklim sıcaklığı 15.6°C iken Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin ayar sıcaklığı 20.5°C, iç ortam sıcaklığı 21.8°C ölçüm yoluyla belirlenirken, simülasyon ile elde edilen ofis iç ortam sıcaklığı 16.1°C olarak tespit edilmiştir. Aynı gün ve saatte Genel Müdür Yardımcısı Ofisinin statik yöntem ile elde edilen ısı kaybı değeri 518.003W iken simülasyon ile elde edilen ısı kaybı değeri 195.916W olarak bulunmuştur. Birinci kattaki diğer ofislerin ayar sıcaklıklarının 16°C olmasına rağmen ofis iç ortam sıcaklıklarının genel itibariyle 20°C altında olmaması yeterli ısıtmanın sağlandığını göstermektedir. Bu tarihte dış ortam iklim sıcaklığı kış mevsimi normalinin üzerinde iken Genel Müdür Yardımcısı Ofisi ayar sıcaklığının 20.5°C değerine ayarlanmış fakat bu ofiste uygun iç ortam sıcaklığı sağlanamamıştır.

Bu iki tarihteki bulgular incelendiğinde binanın yapı elemanlarının olası uygulama hataları ve muhtemel ısı köprüleri nedeniyle ofis iç ortam koşullarında farklılıkların oluşabileceğini ortaya koymaktadır.

- Binada kullanıcıların standartlara uygun konfor şartlarında bir ortama sahip olabilmeleri için ortam havasını mekanik havalandırma yoluyla kontrollü bir şekilde değiştirmek üzere bina otomasyonu ile çalışan havalandırma sistemi mevcuttur. Dolayısıyla binada ısıtma enerjisi hem taze hava santralinde hem de fancoil ünitelerinde tüketilmektedir.

Havalandırma sisteminde ısı geri kazanımı prosesi gerçekleşmektedir. Isı geri kazanımı klasik ısı kayıplarında dikkate alınmamakta fakat gerçek sonuçlarda ısı geri kazanımı binanın ısı kaybı değerinde fark oluşturmaktadır. Diğer yandan bazı durumlarda havalandırma sisteminin yeteri kadar çalıştırılmadığı gözlemlenmiştir. Sistemin manuel moda alınmasının sonuçlara önemli bir etkisinin olduğu gözlemlenmiştir.

Bina Yönetim Sistemi üzerinden temin edilmiş binanın ısıtma soğutma ve havalandırma sistemi bilgileri Ek-6g'de gösterilmiştir.

Bina ofislerine ait iklimlendirme sisteminin bina yönetim sistemi üzerinden alınan sistem bilgileri Ek-6h'de gösterilmiştir.

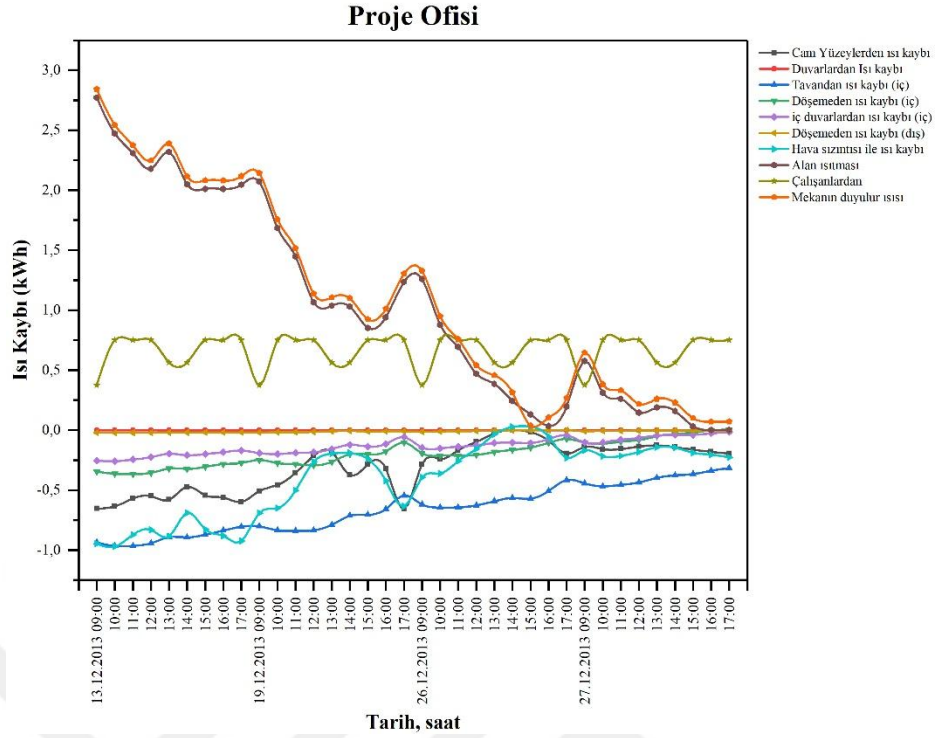
Örneğin projede Genel Müdür Yardımcısı Ofisi için taze hava debisi $155\text{m}^3/\text{h}$ olarak öngörülmüştür.

Statik yöntem ile yapılan bina ısıtma yükü hesaplarına katılmayan taze havalandırma yoluyla oluşan ısı kayıplarının bina enerji performansına etkisi bulunmaktadır. Simulasyon yöntemi ile yapılan ısıtma yükü hesaplarında taze havalandırma yoluyla meydana gelen ısı kayıplarının dikkate alınması, iki yöntem ile elde edilen sonuçlar arasında farklılığa sebep olmuştur. Simülasyon yöntemiyle yapılan enerji tüketimi hesaplarına havalandırma yoluyla ısı kaybı değerlerinin eklenmesi tüketimi arttırmaktadır.

- Enerji tüketimi hesabının çok sayıda değişkene bağlı olması, iklim özelliklerinin ve güneşlenme etkisinin zamanla değişmesi, insanlardan ve cihazlardan kaynaklı bina içi ısı kazanımlarının zamanla değişmesi gibi durumlar binaların enerji açısından gösterdikleri performansı ortaya koyma aşamasında problemi karmaşık hale getirmektedir.

Simülasyon yöntemiyle bina enerji performansı belirlenirken; binaya ait tüm parametrelerin etkisi hesaplamalara yansıtılabilmektedir.

- Binanın iç ortam konfor şartları ve binanın bulunduğu konuma ait dış ortam iklim şartları başta olmak üzere binanın bulunduğu yerleşim alanının konumu, bir yıllık süreyi kapsayan saatlik iklim ve güneşlenme özelliklerinin simülasyon yazılımına tanımlanması binaların enerji açısından gösterdikleri performansı ortaya koymada daha net ve doğru sonucu vermektedir.
- Diğer yandan simulasyon yönteminde ısıtma ve soğutma ayar sıcaklıklarının sisteme girilmesiyle, oda bazlı her bir HVAC sistem özelliklerinin tanımlanabilmesiyle, kısaca enerji modellemesinin yapılabilmesiyle, binanın ayrıntılı olarak hesaplanmış gerçeğe yakın tüketim ve tasarruf miktarları tespit edilmektedir.
- Simulasyon yöntemiyle yapılmış bir hesaplama sonucunda elde edilen birinci kat Proje Ofisine ait 2013 yılı Aralık ayı ayrıntılı sonuçlar Şekil 7.4'de grafik halinde sunulmuştur.



Şekil 7.4. Birinci kat Proje Ofisi 2013 yılı Aralık ayı simülasyon sonuçları.

- Şekilden de görüldüğü gibi ofis bazlı tüm kayıp ve kazançlar açıkça belirlenebilmektedir. Ayrıca simülasyon yöntemi binanın hem işleme alınmadan önce hem de alındıktan sonra bina enerji performansının sınanmasını sağlamaktadır.

Statik yöntem derece gün bölgelerinin her biri için aynı aylık ortalama dış ortam iklim sıcaklığı ve güneş ışınlamı değerlerini kullanarak ısıtma yükü hesapları yapılabilmektedir. Gerçeğe yakın sonuçlar elde edebilmek için binanın bulunduğu konuma ait verilerin kullanılması gereklidir. Statik yöntem sabit koşullarda kabul edilebilir sonuçlar vermesinden dolayı karmaşık bina modellerinde simülasyon yönteminin tercih edilmesi daha doğru sonuca ulaşmada yardımcı olacaktır.

7.5. İstatistik Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İdari binanın farklı cephelerinde yer alan ve farklı fiziksel özelliklere sahip ofislerin bina yönetim sistemi üzerinden elde edilen anlık iç ortam sıcaklığı ve dış ortam iklim sıcaklığı değerleriyle, klasik yöntem kullanılarak hesaplanmış ısı kaybı değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için istatistiksel bir çalışma yapılmıştır.

RetScreen Plus programı, bina enerji performansı analizi yazılım programı olup tez çalışmasında binanın enerji performansını etkileyen faktörleri belirlemek ve bu faktörlerin enerji performansı üzerine etkinlik derecesini araştırmak amaçlı kullanılmıştır. Regresyon analizi yardımıyla bağımlı değişken olan ısı kaybı değerleri ile bağımsız değişkenler olarak kabul edilen sıcaklık değerleri arasındaki neden-sonuç ilişkileri tespit edilmiştir.

İdari bina zemin, birinci ve ikinci katındaki ofislerin 2013 ve 2014 yıllarına göre ayrı ayrı regresyon çözümlemeleri yapılarak regresyon denklemleri oluşturulmuştur.

- Zemin kat İmalat Ofisi 2013 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ısı kaybı değerindeki değişimin %100'nün sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. İç ortam sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0656'lık artışa, dış ortam iklim sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 2.558×10^{-18} 'lik bir azalışa neden olduğu bulunmuştur. 2014 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ise ısı kaybı değerindeki değişimin %100'nün sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. 2014 yılı için iç ortam sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0656'lık artışa, dış ortam iklim sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 3.63×10^{-18} 'lik bir artışa neden olduğu bulunmuştur.
- Birinci kat Muhasebe Ofisi 2013 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ısı kaybı değerindeki değişimin %100'nün sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. İç ortam sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0929'lık artışa, dış ortam iklim sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.065'lik bir azalışa neden olduğu bulunmuştur. 2014 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ise ısı kaybı değerindeki değişimin %76.6'sının sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. Isı kaybı değerindeki değişimin %23.4'ü incelemeye alınmayan başka değişkenler tarafından açıklandığı tespit edilmiştir. Muhasebe Ofisi 2014 yılı Şubat ayında ihtiyaç duyulan ısı kaybından daha az enerji harcanmış olduğu söylenebilmektedir.
- Birinci kat Proje Müdürü Ofisi 2013 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ısı kaybı değerindeki değişimin %97.97'sinin sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. İç ortam sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde

0.0729'lık artışa, dış ortam iklim sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0325'lik bir azalışa neden olduğu bulunmuştur. 2014 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ise ısı kaybı değerindeki değişimin %73.11'nin sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. Isı kaybı değerindeki değişimin %26.89'unun incelemeye alınmayan başka değişkenler tarafından açıklandığı tespit edilmiştir. Proje Müdürü Ofisi için ihtiyaç duyulan ısı kaybından daha fazla enerji harcanmış olduğu söylenebilmektedir.

- Birinci kat Fabrika Müdürü Ofisi 2013 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ısı kaybı değerindeki değişimin %100'nün sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. İç ortam sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.057'lik artışa, dış ortam iklim sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde $1.7465 \cdot 10^{-21}$ 'lik bir azalışa neden olduğu bulunmuştur. Fabrika Müdürü Ofisi 2014 yılı verilerine ait modelin R^2 korelasyon katsayısı (açıklayıcılık katsayısı) değerinin %37.16 olduğu yapılan regresyon çözümlemesiyle ortaya çıkmıştır. Bu durumda ısı kaybındaki değişime iç ve dış sıcaklığın etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.
- Birinci kat Muhasebe Müdürü Ofisi 2013 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ısı kaybı değerindeki değişimin %100'nün sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. İç ortam sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0347'lik artışa, dış ortam iklim sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0347'lik bir azalışa neden olduğu bulunmuştur. 2014 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ise ısı kaybı değerindeki değişimin %100'nün sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. 2014 yılı için iç ortam sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0348'lik artışa, dış ortam iklim sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0347'lik bir azalışa neden olduğu bulunmuştur.
- Birinci kat Genel Müdür Yardımcısı Ofisi 2013 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ısı kaybı değerindeki değişimin %97.63'ünün sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. İç ortam sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0811'lik azalışa, dış ortam iklim sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0551'lik bir artışa neden olduğu bulunmuştur. 2014 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ise ısı kaybı değerindeki değişimin

%98.07'sinin sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. İç ortam sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0843'lik artışa, dış ortam iklim sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0831'lik bir azalışa neden olduğu bulunmuştur.

- İkinci kat Yönetici 03 Ofisi 2013 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ısı kaybı değerindeki değişimin %97.63'ünün sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. İç ortam sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.08459'luk artışa, dış ortam iklim sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.0434'lük bir azalışa neden olduğunu göstermektedir. 2014 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ise ısı kaybı değerindeki değişimin %72.64'ünün sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. Isı kaybı değerindeki değişimin %27.36'sının incelemeye alınmayan başka değişkenler tarafından açıklandığı tespit edilmiştir. Genel bir ifadeyle Yönetici 03 Ofisinde ihtiyaç duyulan ısı kaybından daha fazla enerji harcanmış olduğu sonucuna varılmıştır.
- Yönetici 05 Ofisi 2013 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ısı kaybı değerindeki değişimin %98.49'unun sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir. İç ortam sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.1141'lik artışa, dış ortam iklim sıcaklığındaki 1 birimlik artışın ısı kaybı değerinde 0.1123'lük bir azalışa neden olduğu bulunmuştur. 2014 yılı regresyon çözümlemesi sonucunda ise ısı kaybı değerindeki değişimin %90.29'unun sıcaklık değişkenlerince açıklandığı belirlenmiştir.
- Dış ortam ile bağlantılı olan ofislerin ısı kaybı değerleri, dış ortam parametrelerinden etkilenmektedir. Dolayısıyla regresyon çözümlemesi yoluyla ısı kaybı değeri ile dış ortam parametreleri arasındaki ilişkiler tespit edilebilmiştir. Diğer yandan bina içi ofis sayısı fazladır. Retscreen programı yardımıyla dış ortam ile direkt bağlantısı bulunmayan ofislerin ısı kaybı değerleri ile dış ortam parametreleri arasında bir ilişki kurulamamıştır.
- Performans değerlendirmesi yapılırken dış (ortam) cephe ile ilişkili hacimler için gerçek sonuçlar arasında bir korelasyon yakalanmıştır. Fakat iç cepheye bakan ofislerde aynı koşullardan etkilenme olmadığı ortaya çıkmıştır. Bina içi ofislerde dış ortam parametrelerinin ısı kaybı değeri üzerindeki etkinliği incelenemediği

gibi bina içi diğer parametrelerin etkisini de tespit etme konusunda RetScreen Plus programı yeterli olamamıştır.

7.6. Genel Değerlendirme ve Öneriler

Dünya üzerinde çoğu gelişmiş ülke 1970’lerde yaşanan petrol krizi sonrası enerji verimliliği kanunu ortaya koymuş ve Dünya’yı enerji sorununun çözümüne yöneltmiştir. Türkiye’de ise enerji verimliliği kanunu 2007 yılında kabul edilmiş, binalarda enerji performansı yönetmeliği ise 2008 yılında yürürlüğe girmiştir. Türkiye’de yeterli kapasitede birincil enerji kaynağının bulunmaması, tüketilen enerjinin büyük bir kısmının ithal edilmesi ve enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar ülke ekonomisini olumsuz etkilemektedir. Bu açılardan bakıldığında enerji sorununa karşı alınan önlemlerden biri olan enerji performansı çalışmalarının yapılmasını gerekli kılmaktadır.

Dünya’da üretilen enerjinin büyük bir bölümü konfor gereksinimini karşılamak amaçlı binalarda tüketilmektedir. Bina enerji performansı çalışmaları ile binaların tasarım aşamasından itibaren performans değerlendirmesinin yapılması, öncelikli olarak binaların ısıtma soğutma ve havalandırma sistemleri tarafından tüketilen enerjinin azaltılması gerekmektedir.

Bu çalışmada bina yönetim sistemi üzerinden yapılan 2 yıllık kış aylarında günlük-saatlik eş zamanlı enerji izlemesi yoluyla gerçek verilerden bina enerji performansı belirlenmiştir. Literatürde performans incelemesi üzerine tüm binanın genel itibariyle tüketimlerinin araştırılması konusunda çok sayıda çalışma mevcut olmakla birlikte bu çalışmada ofis bazlı enerji performansı araştırması yapılmıştır.

Sunulan tezde performans değerlendirmesi için ticari binanın fiziksel ve sistemsel gerçek verilerinin yanında, Bina Yönetim Sistemi üzerinden ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden elde edilen gerçek veriler kullanılarak enerji modellemesi gerçekleştirilmiştir. Binanın termal karakteristiği çıkartılmış, ısı performansını tespit edilmiştir. Enerji modellemesi, binanın her bir bölümünde ayrıntılı olarak hesaplanmış gerçek enerji tüketimi miktarını ortaya koymada önem teşkil etmektedir. Regresyon analizi; ofis bazlı ısı kaybı ile enerji performansını etkileyen faktörler arasındaki ilişkileri tespit etmede kullanılmıştır.

Binaların enerji performanslarının belirlenmesinde tek başına klasik ısı kaybı hesaplama yöntemlerinin yeterli olmadığı, sayısal analiz yöntemlerinden ve bilgisayar programlarından yararlanmanın enerji performansını etkileyen faktörleri de belirlenmede etkin olduğu ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmanın gerçek verileri işlemede, performans değerlendirmesi için kullanılan karşılaştırma kriterlerinin tespitinde yol gösterici olacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

Abdulkarem, A. H. (2008). *Ankara Şartlarında Güneş Enerjisi İle Bir Ortamın Döşemeden Isıtılması Ve Sistemin Isıl Performansının Belirlenmesi* (Yüksek Lisans tezi). Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

<http://acikarsiv.gazi.edu.tr/index.php?menu=2&secim=10&YayinBIK=1530#>

Anbarcı, M., Giran, Ö., & Demir, İ. H. (2011). Uluslararası yeşil bina sertifika sistemleri ile Türkiye'deki bina enerji verimliliği uygulaması, 6. İnşaat Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı, 158-176.

http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17021_14_54.pdf

Aktacir, M. A., Nacar M. A., & Yeşilata, B. (2011). Binalarda enerji verimliliği amaçlı yazılımlar üzerine kısa bir değerlendirme, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 853-862. <http://mmoteskon.org/teskon2011/2011-52/>

Alajmi, A., & El-Amer, W. (2010). Saving energy by using underfloor-air-distribution (ufad) system in commercial buildings, *The Online Journal of Energy Conversion and Management*, 51, 1637-1642. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.12.040>

Alpar, R. (2012). *Spor ve Sağlık Bilimlerinde Örneklerle Uygulamalı İstatistik Ve Geçerlik-Güvenirlilik SPSS'de Çözümleme Adımları ile Birlikte*, Ankara:Detay.

Asadi, S., Amiri, S. S., & Mottahedi, M. (2014). On the development of multi-linear regression analysis to assess energy consumption in the early stages of building design, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 85, 246-255.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.096>

Assem, E.O., & Al-Mumin, A. A. (2010). Code compliance of fully glazed tall office buildings in hot climate, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 42, 1100-1105. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.02.001>

Atmaca, M., Kalaycıoğlu E., & Yılmaz, A. Z. (2011). Binalarda enerji performansı hesaplama yöntemi (BEP-TR) ile otel binalarının enerji performansının değerlendirilmesi, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı*, 811-826.

https://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/1aa1bf7602b24d4_ek.pdf

Atmaca, M. (2010). *Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (Bep-Tr) İle Otel Binalarının Enerji Performansının Değerlendirilmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

<https://polen.itu.edu.tr/handle/11527/8228>

Aydede, Ö. (2014). *Energy Performance Of Building Integrated Solarwall System Case Study: Sabiha Gökçen Airport* (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi / Enerji Enstitüsü, İstanbul.

https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=liOlsbA1_BDyEIDYHQ2ebQ&no=qVYXBd70JICtxV3p9LJ5Qw

Aye, L., Charters, W.W.S., Fandiño, A.M., & Robinson, J.R.W. (2005). Thermal performance of sustainable energy features, *The Online Journal of Australia and New Zealand Solar Energy Society Annual Conference*, 1-10.

https://www.researchgate.net/publication/285726859_Thermal_performance_of_sustainable_energy_features

Bayazıt, S., & Önsal, A. (2017). Türkiye için 2030 kalkınma gündemi; binyıl kalkınma hedefleri değerlendirilmesiyle sürdürülebilir kalkınma gündemi için yol haritası önerisi, Kalkınma Bakanlığı Kalkınma Araştırmaları Merkezi Çalışma Raporu, Ankara.: Kalkınma Bakanlığı Yayın No: 2965.

Bayraktar, M., Schulze, T., & Yılmaz, Z. (2011). Binalarda enerji simülasyonları için veri toplama listeleri aracılığıyla veri yönetimi modelinin oluşturulması, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 120, 61-72. <https://www.mmo.org.tr/tesisat-muhendisligi-120/makale/binalarda-enerji-simulasyonlari-icin-veri-toplama-listeleri>

Bayram, M. Bina enerji performansı hesaplama yöntemi [PDF belgesi] 28 Şubat 2019 tarihinde <http://www.enerjikimlikbelgesi.net/wp-content/themes/ecogreen2/BEPHesaplamaYontemi.pdf> adresinden erişildi.

Bayram, M. (2018). Binalarda Enerji Performansı, *İzodergi Binalarda Enerji Verimliliği ve Yalıtım Dergisi*, 129, 16-20. <https://www.izoder.org.tr/dergiler/izodergi-129.pdf>

Beausoleil-Morrison, I. (2000). The Adaptive Coupling of Heat And Air Flow Modelling Within Dynamic Whole-Building Simulation (Doktora tezi). University of Strathclyde / Energy Systems Research Unit Department of Mechanical Engineering, Glasgow, United Kingdom. http://www.esru.strath.ac.uk/Documents/PhD/beausoleil-morrison_thesis.pdf

Birol, K. Ö. (2012). *Design And Analysis Of Energy Saving Buildings Using The Software Energy Plus* (Yüksek Lisans tezi). Ortadoğu Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. <https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12614653/index.pdf>

Bom, A. (2007). *Gebze ve Yakın Çevresinin Coğrafi Özellikleri ve Şehiriçi Arazi Kullanımı* (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi /Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya. <http://acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080/xmlui/handle/123456789/91/discover>

Borgstein, E. H., & Lamberts, R. (2014). Developing energy consumption benchmarks for buildings: bank branches in Brazil, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 82, 82-91. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.028>

Boyano, A., Hernandez, P., & Wolf, O. (2013). Energy demands and potential savings in european office buildings: case studies based on energyplus simulations, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 65, 19-28.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.05.039>

Bull, J., Gupta A., Mumovic D., & Kimpian, J. (2014). Life cycle cost and carbon footprint of energy efficient refurbishments to 20th century UK school buildings, *The Online International Journal of Sustainable Built Environment*, 3, 1-17.

<https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2014.07.002>

Can, A., & Babadağı, A. (2008). Importance of form and placement of heating elements from the aspect of comfort, environment, health and economy, *The Online Journal of Strojarsstvo : Journal for the Theory and Application in Mechanical Engineering*, 50-1, 43-50. https://hrcak.srce.hr/index.php?show=toc&id_broj=3377

Can, C., Oktay, Z. & Ertürk, M. (2011). Konutların ısıtma sezonunda seçilen iç ortam sıcaklık parametresinin enerji-maliyet-çevre açısından değerlendirilmesi ve bir uygulama örneği, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Mart- Nisan 122, 28-35.

<https://mmo.org.tr/mart-nisan-2011/makale/konutlarin-isitma-sezonunda-secilen-ic-ortam-sicaklik-parametresinin-enerji>

Ceyhan Zeren, F. T. (2010). *Energy Performance Analysis Of Adnan Menderes International Airport (ADM)*(Yüksek Lisans tezi). İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir. <https://openaccess.iyte.edu.tr/xmlui/handle/11147/3813>

Chowdhury, A A., Rasul , M.G., & Khan, M.M.K., (2007). Modelling and simulation of building energy consumption: a case study on an institutional building in Central Queensland, Australia, *International Building Performance Simulation Association (IBPSA) Building Simulation 2007 Conference Proceedings Book*, 1916-1923.

http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2007/p163_final.pdf

Coakley, D., Corry, E. J., & Keane, M.M. (2013). Validation of simulated thermal comfort using a calibrated building energy simulation (bes) model in the context of building performance evaluation & optimisation, *13th International Conference for Enhanced Building Operations Proceedings Book*, 8-11 October.

https://www.researchgate.net/publication/259234397_Validation_of_Simulated_Thermal_Comfort_using_a_Calibrated_Building_Energy_Simulation_BES_model_in_the_context_of_Building_Performance_Evaluation_Optimisation

Crawley, D.B., Lawrie, L. K., Winkelmann, F. C., Buhl, W. F., Huang, Y. J., Pedersen, C. O., Strand, R.K., Liesen, R.J., Fisher, D.E., Witte, M.J., & Glaser, J. (2001). EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program, *The Online Journal of Energy and Buildings* 33, 319-331. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(00\)00114-6](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(00)00114-6)

Çakmanus, İ., Kaş İ., Künar A., & Gülbeden, A. (2010). Yüksek performanslı sürdürülebilir binalara ilişkin bir değerlendirme, *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 3-4, 38-46. http://adana.imo.org.tr/yayinlar/dergi_goster.php?kodu=138&dergi=13

Çelik, E. (2009). *Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin İncelenmesi Türkiye’de Uygulanabilirliklerinin Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

<https://polen.itu.edu.tr/xmlui/handle/11527/3333>

Çimen, M. (2015). *Fen Ve Sağlık Bilimleri Alanlarında SPSS Uygulamalı Veri Analizi*, Ankara: Palme.

Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği, Haberler: LEED yeşil bina sertifikası alan ilk 10 ülke içinde Türkiye 8. Sırada. (2018, 22 Ocak) 25 Eylül 2020 tarihinde [https://cedbik.org/tr/haberler/leed-yes-il-bina-sertifikasi-alan-ilk-10-ulke-icinde-turkiye-8-sirada-36-n](https://cedbik.org/tr/haberler/leed-yes-il-bina-sertifikasi-alan-ilk-10-ulke-icinde-turkiye-8-sirada-36-n-adresinden-erisildi) adresinden erişildi.

Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği, Yeşil Bina Nedir? 25 Eylül 2020 tarihinde <https://cedbik.org/tr/yesil-bina-7-pg> adresinden erişildi.

Daly, D. (2015). *Improving Energy Efficiency In Lower Quality Commercial Buildings: Simulation, Retrofit Optimisation And Uncertainty*, (Doctor Of Philosophy Thesis). University Of Wollongong/Sustainable Buildings Research Centre, Australia. <http://ro.uow.edu.au/theses/4649>

Daly, D., Cooper, P., & Ma, Z. (2014). Understanding the risk and uncertainties introduced by common assumptions in energy simulations for australian commercial buildings, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 75, 382-393. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.028>

Doğan, H., & Yılankırkan, N. (2015). Türkiye'nin enerji verimliliği potansiyeli ve projeksiyonu, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C Tasarım ve Teknoloji*, 3(1), 375-383. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gujsc/issue/7466/98302>

Dilmaç, Ş., (1999) Yeni TS825'de önerilen hesap metodunun değerlendirilmesi, 4. Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 107-116., 4-11 Kasım 1999, İzmir. https://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/73942919be813cd_ek.pdf

Dirim, T. V. (2014). *İstanbul'da Bir Toplu Konut Projesinde Farklı Yerleşim Düzenlerinin Enerji Etkinliğinin Karşılaştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. <https://polen.itu.edu.tr/xmlui/handle/11527/8630>

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Kocaeli ili Isıtma Gün Dereceleri 2 Kasım 2020 tarihinde <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/gun-derece.aspx?g=merkez&m=41-00&y=2014&a=01> adresinden erişildi.

DesignBuilder, DesignBuilder Software Ltd., Version 3.4, 2015. <https://designbuilder.co.uk/>

DesignBuilder Tutorial Notes 30 Eylül 2020 tarihinde https://designbuilder.co.uk/helpv3.4/Content/Fan_Coil_Units.htm adresinden erişildi.

Ediger, V. Ş. (2009). Türkiye'nin Sürdürülebilir Enerji Gelişimi, Enerji ve İklim Değişikliği Vakfı Yayını TÜBA Günce:39, 18-25. <http://www.eniva.org.tr/faaliyet-yayin>

Edin, E. D. (2015). Hedefler aşıyor, verimlilik artıyor, *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği Binalarda Enerji Verimliliği Dergisi*, Binalarda Enerji Verimliliği Başarı Öykünüz 1, 16-17. <http://www.skdturkiye.org/yayin/bev-basari-oykunuz-1>

Elaiab, F. M. (2014). *Thermal Comfort Investigation Of Multi-Storey Residential Buildings In Mediterranean Climate With Reference To Darnah, Libya*, (Doctor Of Philosophy Thesis), The University of Nottingham/Department of Architecture and Built Environment, United Kingdom.

http://eprints.nottingham.ac.uk/14201/1/phd_thesis_Fatima_Elaiab.pdf

Erdoğan, A. (2012). *Malatya’da Örnek Binada Enerji Simulasyonu* (Yüksek Lisans Tezi). İnönü Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.

<http://abakus.inonu.edu.tr/xmlui/handle/11616/6098>

Erdede, S. B., Erdede, B., & Bektaş, S. (2014). Sürdürülebilir yeşil binalar ve sertifika sistemlerinin değerlendirilmesi, *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu(UZAL-CBS2014) Bildiriler Kitabı*.

https://www.researchgate.net/publication/313236783_SURDURULEBILIR_YESIL_BINALAR_VE_SERTIFIKA_SISTEMLERININ_DEGERLENDIRILMESI

Erikci, S. N., & Zorer Gedik, G. (2015). Bina enerji performansı hesaplama yöntemi (BEP-TR) kapsamında, farklı iklim bölgelerinde yapı biçimi dönüşümünün ve zon sayısı hesabının değerlendirilmesi, *12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı*, 1369-1380.

https://www1.mmo.org.tr/etkinlikler/tesisat/etkinlik_bildirileri_detay.php?etkinlikkod=262&bilkod=2182

Erikci, S. N. (2013). *Türkiye’de Binaların Enerji Performansı Hesaplama Yönteminin Farklı İklim Bölgelerinde Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi /Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Erol, Ö. (2013). Yüksek performanslı binaların tasarımında bina benzetim yazılımlarının yeri, *11.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler kitabı*, 1703-1716. <http://mmoteskon.org/teskon2013/2013-110-2/>

Erten, D. (2011). *Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları – V: Yeşil Binalar, Bölgesel Çevre Merkezi- REC Türkiye*, Ankara: Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı.

<https://rec.org.tr/wp-content/uploads/2017/02/yesil-binalar.pdf>

Eskin, N., & Türkmen, H. (2008). Analysis of annual heating and cooling energy requirements for office buildings in different climates in Turkey, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 40, 763-773. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.05.008>

EN ISO 13790 (2008). Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling.

EnergyPlus energy simulation software, U.S. Department of Energy, Version 8.0, 2015. <https://energyplus.net/>

Ge, F., Guo, X., Liu, H., Wang, J., & Lu, C. (2013). Energy performance of air cooling systems considering indoor temperature and relative humidity in different climate zones in China, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 64, 145-153. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.04.007>

Gebze ilçesi Coğrafi Yapısı ve İklim bilgilerine 6 Ekim 2020 tarihinde <http://www.gebze.gov.tr/cografi-yapisi> adresinden erişildi.

Gezer, H. (2013). Geleneksel Safranbolu evlerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23, 13-31.

<http://acikerisim.ticaret.edu.tr/xmlui/handle/11467/730>

Ghiaus, C. (2006). Experimental estimation of building energy performance by robust regression, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 38, 582-587. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.08.014>

Güler, H. & Ülkü, S. (2007). Bitişik nizamlı villa tipi konutlarda yapısal konfor koşulları üzerine bir araştırma, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 12, 2. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/uumfd/issue/21681/233363>

Høseggen, R.Z. (2008). *Dynamic Use Of The Building Structure - Energy Performance And Thermal Environment*, (Doktora tezi). Norwegian University/Science and Technology Faculty of Engineering Science and Technology Department of Energy and Process Engineering, Trondheim/Norway.

<https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/233357?locale-attribute=en>

Ilıcalı, E. (2011). Binalarda enerji verimliliği için enerji modellemesi, *Yapı Ekoloji Dergisi Eki*, 62-63.

https://www.altensis.com/wp-content/uploads/2012/01/Yapi_Ekoloji_Eki_Nisan_2011_Binalarda_Enerji_Verimliliği_İcin_Enerji_Modellemesi.pdf

Keskin, T. (2010). Binalar sektörü mevcut durum değerlendirmesi raporu – Taslak-, Türkiye'nin iklim değişikliği ulusal eylem planının geliştirilmesi projesi, Projenin Yürütücü Kuruluşu Çevre ve Orman Bakanlığı/Uygulayıcı Kuruluşu Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı.

Kınıklı, T. (2015). Eczacıbaşı Topluluğu Türkiye’de enerji verimliliği alanına öncülük ediyor, *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği Binalarda Enerji Verimliliği Dergisi*, Binalarda Enerji Verimliliği Başarı Öykünüz 1, 14-15. <http://www.skdturkiye.org/files/yayin/Binalarda-Enerji-Verimliliği-Basari-Oykunuz-1.pdf>

Kim, S-H., Kim, S-S., Kim, K-W., & Cho, Y-H. (2014). A study on the proposes of energy analysis indicator by the window elements office buildings in Korea, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 73, 153-165. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.061>

Koç, İ., Sayar E., & Parmaksızoğlu, İ. C. (2017). Bina enerji tüketiminin dinamik yaklaşımla ısıl modellenmesi, *13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı*, sayfa1989-1999.

https://www.researchgate.net/publication/339627141_BINA_ENERJİ_TUKETIMININ_ISIL_MODELLENMESI

Kokogiannakis, G. (2002). *Assessment of Integrated Simulation in Energy Performance Directive* (Yüksek Lisans tezi). University of Strathclyde Mechanical Engineering Department, Glasgow, United Kingdom.

http://www.esru.strath.ac.uk/Documents/MSc_2002/kokogiannakis.pdf

Kokogiannakis, G., Strachan, P. & Clarke J. (2010). Comprasion of the simplified methods of the ISO 13790 standard and detailed modelling programs in a regulatory context, *The Online Journal of Building Performance Simulation*, 1- 4, 209-219.

<https://doi.org/10.1080/19401490802509388>

Kon, O. (2014). *Farklı Amaçlarla Kullanılan Binaların Isıtma Ve Soğutma Yüklerine Göre Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Teorik Ve Uygulamalı Olarak Belirlenmesi* (Doktora tezi). Balıkesir Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Köksoy, A. & Eryener, D. (2018). Sürdürülebilir ticari bir binanın ısı performansının incelenmesi, *IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Trakya Üniversitesi, Edirne <https://aes2018.trakya.edu.tr/news/isbn-numarali-tam-metin-bildiriler-kitabi>

Kurt, H. (2015). Başarılı enerji verimliliği projelerinde 10. yıla doğru, *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği Binalarda Enerji Verimliliği Dergisi*, Binalarda Enerji Verimliliği Başarı Öykünüz 1, 20-21. <http://www.skdturkiye.org/files/yayin/Binalarda-Enerji-Verimliliği-Basari-Oykunuz-1.pdf>

Künar, A. (2015). Başarı hedefimiz “yeşil şirket” olmak, *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği Binalarda Enerji Verimliliği Dergisi*, Binalarda Enerji Verimliliği Başarı Öykünüz 1, 24-25. <http://www.skdturkiye.org/files/yayin/Binalarda-Enerji-Verimliliği-Basari-Oykunuz-1.pdf>

Kürekçi, N. A. & Kaplan, S. (2015). Örnek bir bina için farklı enerji performans programlarının ısıtma-soğutma yük hesaplarının karşılaştırılması, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 148, 49-66.

https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/678d0661732cd18_ek.pdf

Mangan, S. D. & Koçlar Oral, G. (2014). Türkiye’nin Farklı İklim Bölgelerinde Bir Konut Binasının Enerji Etkin İyileştirilmesi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Eylül-Ekim, 143, 37-46. https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/4b07956f719f5ec_ek.pdf

Maile, T. (2010). *Comparing Measured And Simulated Building Energy Performance Data* (Doktora tezi). The Department Of Civil and Environmental Engineering and The Committee On Graduate Studies Stanford University, United States of America. <https://stacks.stanford.edu/file/druid:mk432mk7379/ComparingMeasuredAndSimulatedBuildingEnergyPerformanceData-augmented.pdf>

Maile, T., Bazjanac, V. & Fischer, M. (2012). A method to compare simulated and measured data to assess building energy performance, *The Online Journal of Building and Environment*, N: 56, 241-251. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.03.012>

Manu, S. & Rawal, R. (2009). Impact of window design variants on lighting and cooling loads: clues for revisiting local building regulations, *11th International Building Performance Simulation Association Conference Proceedings Book*, 286-293.

http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2009/BS09_0286_293.pdf

Morbitzer, C. A. (2003). *Towards The Integration of Simulation Into The Building Design Process* (Doktora tezi), University of Strathclyde Department of Mechanical Engineering /Energy System Research Unit, Glasgow, United Kingdom.

http://www.esru.strath.ac.uk/Documents/PhD/morbitzer_thesis.pdf

Neymark, J., Judkoff, R., Knabe, G., Le, H.-T., Dürig, M., Glass, A., & Zweifel, G.(2002). Applying the building energy simulation test (bestest) diagnostic method to verification of space conditioning equipment models used in whole-building energy simulation programs, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 34, 917-931. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00072-5](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00072-5)

O'Brien, W., Kennedy, C., Athienitis, A. & Kesik, T. (2009). The relationship between personal net energy use and the urban density of solar buildings, *4th Canadian Solar Buildings Conference Proceedings Book*, Toronto.

https://www.researchgate.net/publication/227472701_The_relationship_between_net_energy_use_and_the_urban_density_of_solar_buildings

Oliveira Pano, M. J. N., Rebelo, M. P. & Camelo, S. M. L.(2013). How low should be the energy required by a nearly zero-energy building? The load/generation energy balance of mediterranean housing, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 61, 161-171. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.02.031>

O'Donnell, J.T. (2009). *Specification Of Optimum Holistic Building Environmental And Energy Performance Information To Support Informed Decision Making* (Doktora tezi). University College Cork /Department of Civil and Environmental Engineering, Ireland.

https://cora.ucc.ie/bitstream/handle/10468/603/O%27DonnellJT_PhD2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Orhunbilge, N. (1996). *Uygulamalı Regresyon Ve Korelasyon Analizi*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayın No: 267.

Ölmez, D. (2013). *Çok Katlı Ofis Yapılarında Camlı Yüzeyin Isıl Performansının Arttırılmasına Yönelik İyileştirme Alternatiflerinin İrdelenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi) Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

<https://dspace.gazi.edu.tr/handle/20.500.12602/150579>

Özdemir, İ. Yapı Elemanları Ders Notları [PDF belgesi] T. C. Osmangazi Üniversitesi – Eskişehir Teknoloji Eğitim Uygulama Ve Araştırma Merkezi Yayın No: Ta 97 – 002 – İÖ 25 Ağustos 2020 tarihinde https://personel.omu.edu.tr/docs/ders_dokumanlari/5243_88577_1871.pdf adresinden erişildi.

Özmehmet, E. (2005). *Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Akdeniz İklim Tipi İç Bir Bina Modeli Önerisi* (Doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir. <http://acikerisim.deu.edu.tr:8080/xmlui/handle/20.500.12397/9364>

Öztürkcan, M. (2009), *Regresyon analizi*, İstanbul : Maltepe Üniversitesi Yayınları No: 40.

Rahman, M.M., Rasul, M.G. & Khan, M.M.K. (2009). Energy conservation measures in an institutional building by dynamic simulation using DesignBuilder, 11. *International Building Performance Simulation Association Conference*, Glasgow-Scotland. <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2008/uk/EE/EE-28.pdf>

Radhi, H. (2010). On the optimal selection of wall cladding system to reduce direct and indirect CO₂ emissions, *The Online Journal of Energy*, 35, 1412-1424. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.11.026>

Resmi Gazete sayı: 30289 (2017), Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023, Ankara, Yüksek Planlama Kurulu Yayını. (2017, Kasım) 22 Ekim 2018 tarihinde <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/01/20180201M1-1.htm>, adresinden erişildi.

Resmi Gazete sayı: 28699 (2013), Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018, Ankara :Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Müdürlüğü Yayını. (2013, 6 Temmuz), 22 Ekim 2018 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130706M1-1.htm> erişildi.

Resmî Gazete Sayı:27075 (2008, 5 Aralık), Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yayını. 5 Aralık 2018 tarihinde <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/12/20081205-9.htm> adresinden erişildi.

Saka, İ. (2011). *Sürdürülebilirlik Açısından İstanbul'da Bir Ofis Binasının LEED Sertifikalandırma Sistemi Kapsamında Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. <https://polen.itu.edu.tr/xmlui/handle/11527/8245>

Santamouris, M., Argiriou, A., Dascalaki, E., Barlaras, C. & Gaglia, A. (1994). Energy characteristics and savings potential in office buildings, *The Online Journal of Solar Energy*, 52 No 1, 59-66. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(94\)90081-C](https://doi.org/10.1016/0038-092X(94)90081-C)

Sanyogita, M. & Rawal, R. (2009). Impact of window design variants on lighting and cooling loads: clues for revisiting local building regulations, 11. *International Building Performance Simulation Association Conference*, Glasgow-Scotland. https://www.researchgate.net/publication/237504913_Impact_of_Window_Design_Variants_on_Lighting_and_Cooling_Loads_Clues_for_Revisiting_Local_Building_Regulations

Schulze, T. (2015). *Natural Ventilation Of High-Rise Buildings A Methodology For Planning With Different Analysis Tools And Case-Study Integration* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü - Torino Politeknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwigT5ndrfPtAhVBi8MKHZ7NAFsQFjAAegQIBhAC&url=https%3A%2F%2Fpolen.itu.edu.tr%2Fbitstream%2F11527%2F14077%2F1%2F10095321.pdf&u sg=AOvVaw243LDiJzU53uGnCn0n4dLX>

Simpson, A. P. (2010). *Decision Making In Energy: Advancing Technical, Environmental And Economic Perspectives* (Doktora tezi). Stanford University/ Department of Mechanical Engineering And The Committee on Graduate Studies, United States of America.

https://peec.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj9616/f/adampsimpson_phdthesis_final_draft.pdf

Somalı, B., & Ilıcalı, E. (2009). LEED ve BREEAM uluslararası yeşil bina değerlendirme sistemlerinin değerlendirilmesi, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 1081-1088 .

http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/5464e0031fd7f46_ek.pdf

Susorova, I., Tabibzadeh, M., Rahman, A., Clack, H. L. & Elnimeiri, M. (2013). The effect of geometry factors on fenestration energy performance and energy savings in office buildings, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 57, 6-13.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.10.035>

Süel, H. (2015). Karbon ayak izimizi azaltırken, enerji masraflarımızı düşürüyoruz, *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği Binalarda Enerji Verimliliği Dergisi*, Binalarda Enerji Verimliliği Başarı Öykünüz 1, 26-27. <http://www.skdturkiye.org/files/yayin/Binalarda-Enerji-Verimliliği-Basari-Oykunuz-1.pdf>

Strand, R. K., Pedersen, C. O. & Crawley, D. B. (2001). Modularization and simulation techniques for heat balance based energy and load calculation programs: the experience of the ASHRAE loads toolkit and EnergyPlus, Seventh International IBPSA Conference. http://www.ibpsa.org/proceedings/bs2001/bs01_0043_50.pdf

Stupka, R. (2010). *The Impact Of Neighbourhood Density On The Energy Demand Of Passive Houses And On Potential Energy Sources From The Waste Flows And Solar Energy* (Yüksek Lisans tezi) University of Toronto/ Department of Civil Engineering, Canada.

<https://www.aceee.org/files/proceedings/2010/data/papers/2262.pdf>

Şimşek, E. P. (2012). *Sürdürülebilirlik Bağlamında Yeşil Bina Olma Kriterleri “Kağıthane Ofisproje Projesi Örneği”* (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. <https://polen.itu.edu.tr/handle/11527/1642>

Teppner, R., Langensteiner, B., Meile, W., Brenn, G., & Kerschbaumer, S.(2014). Air change rates driven by the flow around and through a building storey with fully open or tilted windows: an experimental and numerical study, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 80, 570-583. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.004>

Terrados, F.J. & Moreno, D. (2014). “Patio” and “Botijo”: Energetic strategies’ architectural integration in “Patio2.12” prototype, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 83, 70-88. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.081>

Tokgöz, E. (2015). *Düşük Karbon Ekonomisine Geçiş Ve Rekabet Politikası*, Ankara :Rekabet Kurumu. <https://docplayer.biz.tr/18033962-Uzmanlik-tezleri-serisi-no-140-rekabet-kurumu-dusuk-karbon-ekonomisine-gecis-ve-rekabet-politikasi-emine-tokgoz.html>

Tokuç, A. (2009). Bina Enerji Benzetim Araçları ve Seçim Ölçütleri, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt:5 Sayı:3, 19-30.

<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/590323>

Tronchin, L. & Fabbri, K. (2008). Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: comparison between software simulations and operating rating simulation, *The Online Journal of Energy and Buildings*, 40, 1176-1187. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.10.012>

Turhan, C., Gökçen, G. & Kazanasmaz, T. (2013). Yapay sinir ağları ile İzmir'deki çok katlı binaların toplam enerji tüketimlerinin tahmin edilmesi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Mart- Nisan 134, 61-68.

https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/ad8e2a464a8f460_ek.pdf

Türkay, M. Yılmaz, Ş. Akça, B. Ş. Aras, B. Denk, A. Kılavuz, M. T. Kublay, A. G., Ören, Y. G. & Yardımcı, A. Türkiye'deki Enerji Verimliliği Haritası Ve Hedefler, Koç Üniversitesi raporu. 26 Ağustos 2020 tarihinde http://www.tskb.com.tr/i/content/486_1_T%C3%BCrkiyenin-enerji-verimliliği-haritasi-ve-hedefler-ana-rapor-Koc-Universitesi.pdf adresinden erişildi.

The American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (2001). *ASHRAE Fundamentals Handbook Chapter 31 Energy Estimating and Modeling Methods*.

https://sovathrothsama.files.wordpress.com/2016/03/ashrae-hvac200_1-fundamentals-handbook.pdf

TS 825 Standardı (2008). Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kocaeli İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü resmi sitesi 01.02.2021 tarihinde <https://kocaeli.ktb.gov.tr/TR-69186/cografya.html> adresinden erişildi.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi sitesi 01.02.2021 tarihinde <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KOCAELI> adresinden erişildi.

T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı: Sektörlere Göre Toplam Enerji Tüketimi 26 Ağustos 2020 tarihinde <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sektorelere-gore-toplam-enerji-tuketimi-i-85800> adresinden erişildi. <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>

T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Haberi: Enerji Kimlikli Bina Sayısı 674 Bine Ulaştı.(2018, 18 Şubat) 3 Aralık 2018 tarihinde <http://www.csb.gov.tr/enerji-kimlikli-bina-sayisi-674-bine-ulasti-bakanlik-faaliyetleri-23143> erişildi.

Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni Sayı 21582: Seragazi Emisyon Envanteri, 2014,(2016, 18 Nisan) 6 Aralık 2018 tarihinde <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21582> adresinden erişildi.

Ulukavak Harputlugil, G. (2009). *Enerji Performansı Öncelikli Mimari Tasarım Sürecinin İlk Aşamasında Kullanılabilecek Tasarıma Destek Değerlendirme Modeli*

(Doktora tezi). Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Ulukavak Harputlugil, G. (2011). Enerji performansına dayalı tasarımda analiz ve simülasyon, *Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi E-Dergisi MEGARON*, 6(1):1-12.

https://www.researchgate.net/publication/236256506_Enerji_Performansina_Dayali_Tasarimda_Analiz_ve_Simulasyon

Uğur, L. O, & Leblebici, N. (ön baskıda 2019). Leed Sertifikalı yeşil binalarda enerji ve su tasarrufundan sağlanan faydaların taşınmaz değerine etkilerinin incelenmesi, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi E-Dergi*, Cilt 30- Sayı:1.

DOI: 10.18400/tekderg.312932

Ünalan, H., & Tokman, L. Y. (2011). Südürülebilir mimari tasarım: bir renovasyon projesi, *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi –A Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, 12 (2), 130-157.

<https://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11421/1611/06.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vesterberg, J. (2014) *A Regression Approach For Assessment Of Building Energy Performance*, UMEA University/Department of Applied Physics and Electronics Industrial Doctoral School, Sweden.

<https://umu.diva-portal.org/smash/get/diva2:748782/FULLTEXT01.pdf>

Wang, Z., Ding Y., Deng, H. , Yang, F. & Zhu, N. (2018). An occupant-oriented calculation method of building interior cooling load design, *The Online Journal of Sustainability*, 10(6),1-29. <https://doi.org/10.3390/su10061821>

Wasilowski, H.A. & Reinhart, C. F. (2009). Modelling an existing building in DesignBuilder/EnergyPlus: custom versus default inputs, 11. *International Building Performance Simulation Association Conference*, Glasgow-Scotland. http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2009/BS09_1252_1259.pdf

Yaman, M. C. (2009). *Energy Efficiency in A University Building: Energy Performance Assessment Of Iztech Administrative Building* (Yüksek Lisans tezi). İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir. <https://openaccess.iyte.edu.tr/handle/11147/4048>

Yaman, M. C. & Gökçen, G. (2009). Statik ve dinamik hesaplama metodları ile binalarda enerji performansı değerlendirilmesi, ölçüm değerleri ile karşılaştırılması, *IX. Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı*, 509-525.

<http://mmoteskon.org/teskon2009/2009-33/>

Yaman, K. & Arslan, G. (2017). Analysis of annual energy requirement of a residential house with TS825 and ASHRAE heat balance methods, *Turkish Journal of Engineering*, 1, 5-10. <https://doi.org/10.31127/tuje.316503>

Yaşar, Y. & Maçka Kalfa, S. (2012). The effect of window alternatives on energy efficiency and building economy in high-rise residential buildings in moderate to humid climates, *The Online Journal of Energy Conversion and Management*, 64, 170-181. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.05.023>

Yılmaz, B. (2009). *Binalarda Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. <https://polen.itu.edu.tr/handle/11527/1861>

Yılmaz, B. & Arısoy A. (2010). Binalarda Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik, *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi*, Temmuz-Ağustos 68, 42-54.

<https://file.ttmd.org.tr/makale/68-3.PDF>

Yılmaz, B. (2012). *Türkiye İçin Sürdürülebilir Bina Performans Kriterleri Ve Bütünleşik Tasarım Yönetim Modeli Oluşturulması* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi / Enerji Enstitüsü, İstanbul. <https://polen.itu.edu.tr/xmlui/handle/11527/4967>

Yıldırım, N., Kuzgunkaya, E. & Gökçen Akkurt, G. (2018). Isıl konfor sıcaklıklarına bağlı olarak bir konutun enerji performansının değerlendirilmesi: İzmir örneği, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22 (2), 784-798.

Doi:10.16984/saufenbilder.292296

<http://maps.google.com.tr>

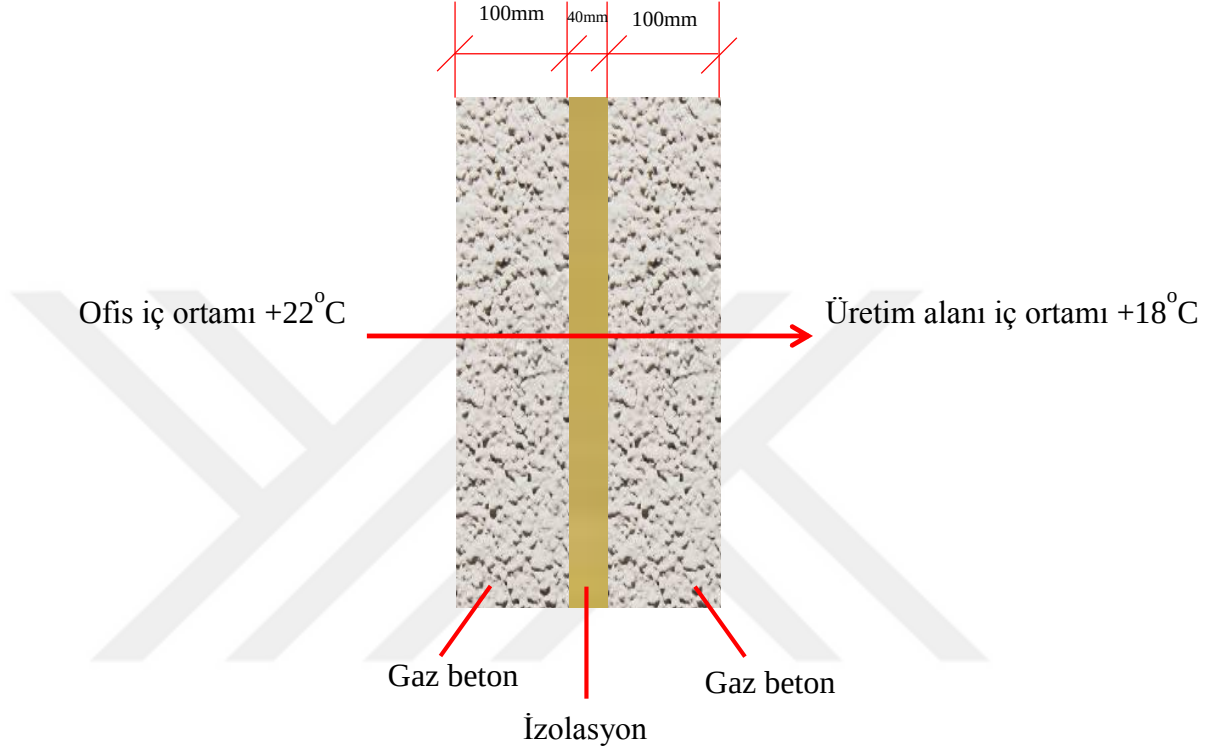
www.pimsa.com.tr.

www.retscreen.net

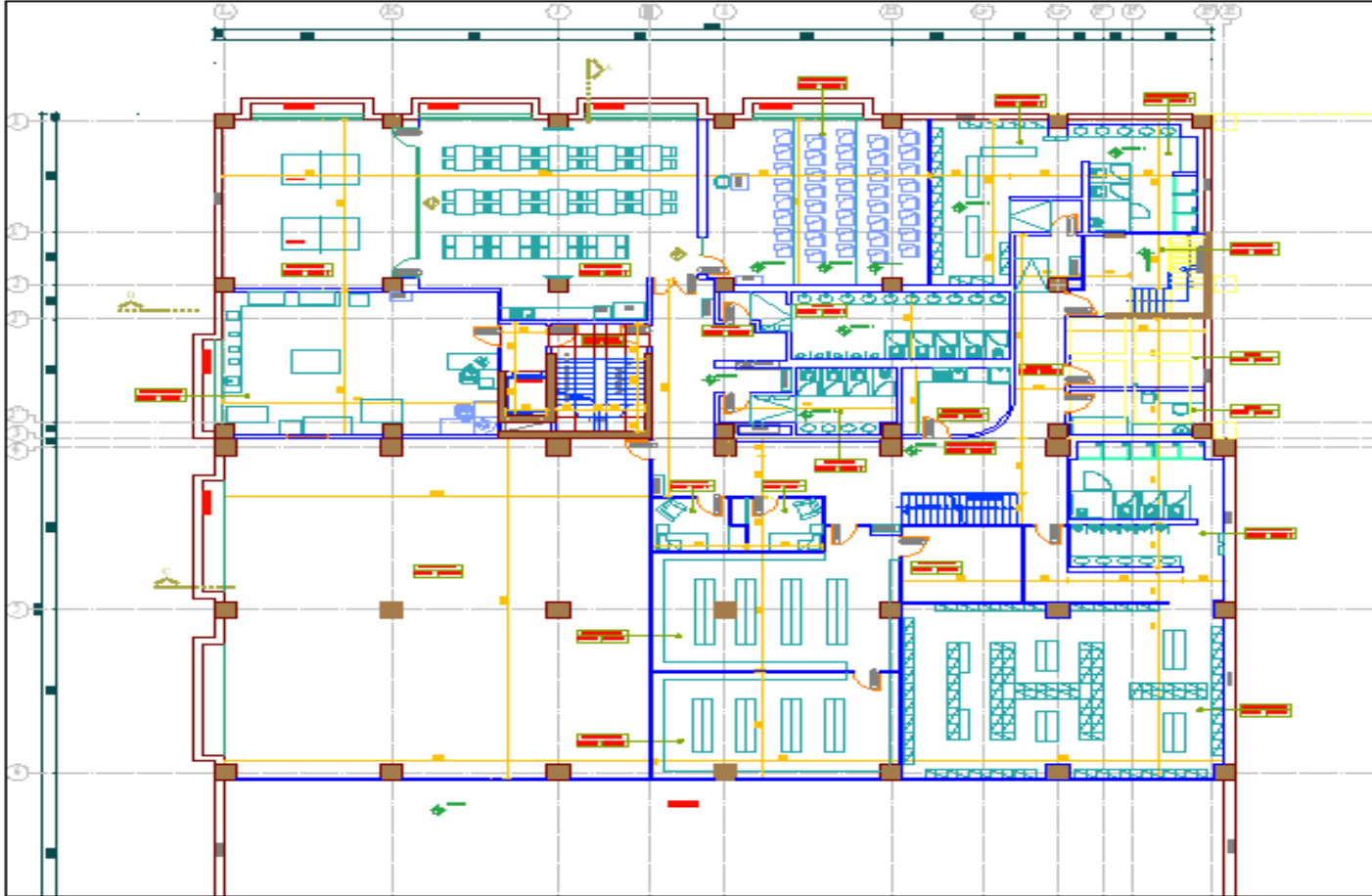
<https://tr.wikipedia.org/wiki/RETScreen>

EKLER

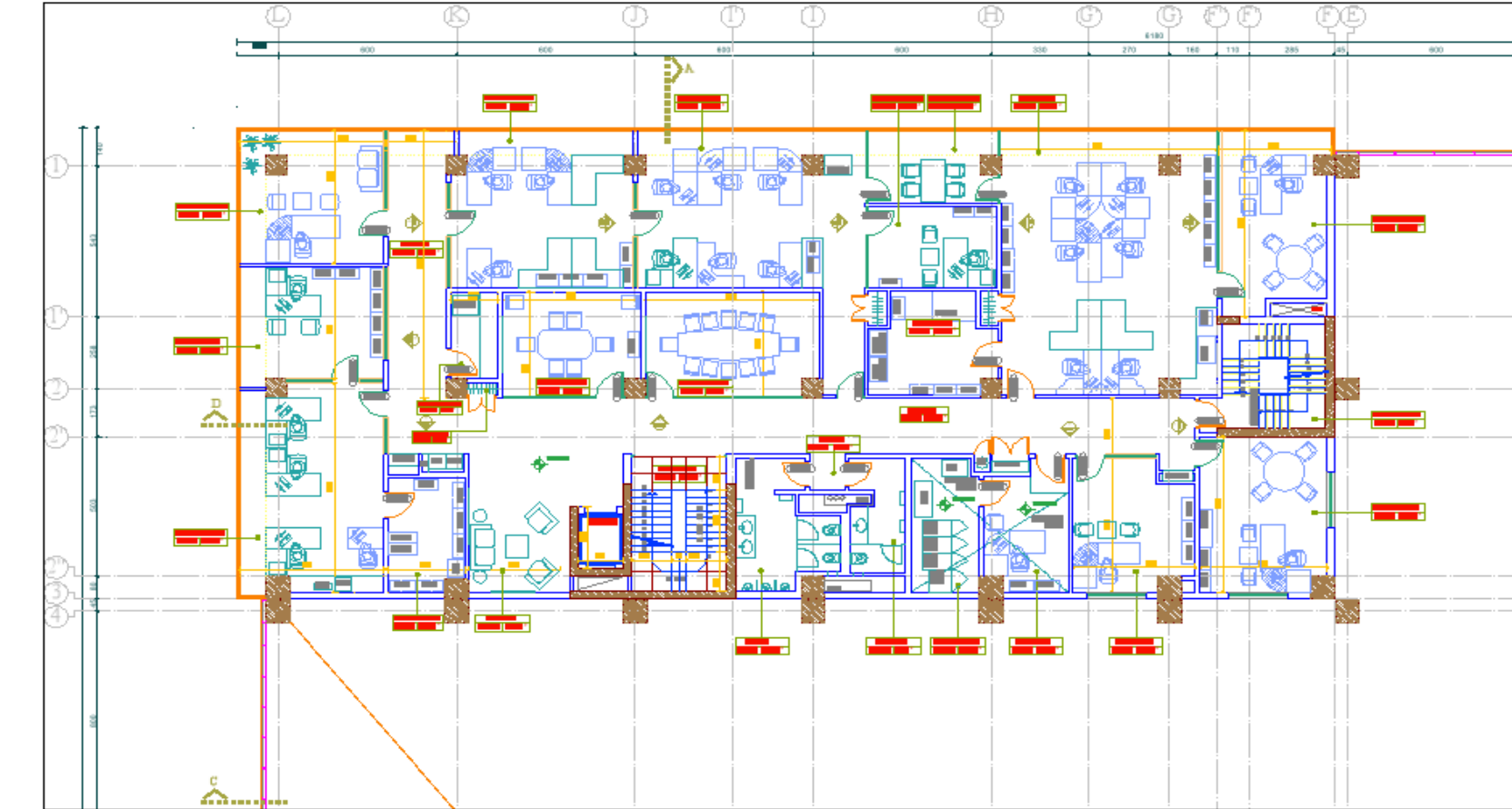
EK- 1.Ticari bina idari binasının ofislerle üretim alanı arasındaki duvar bileşenleri.



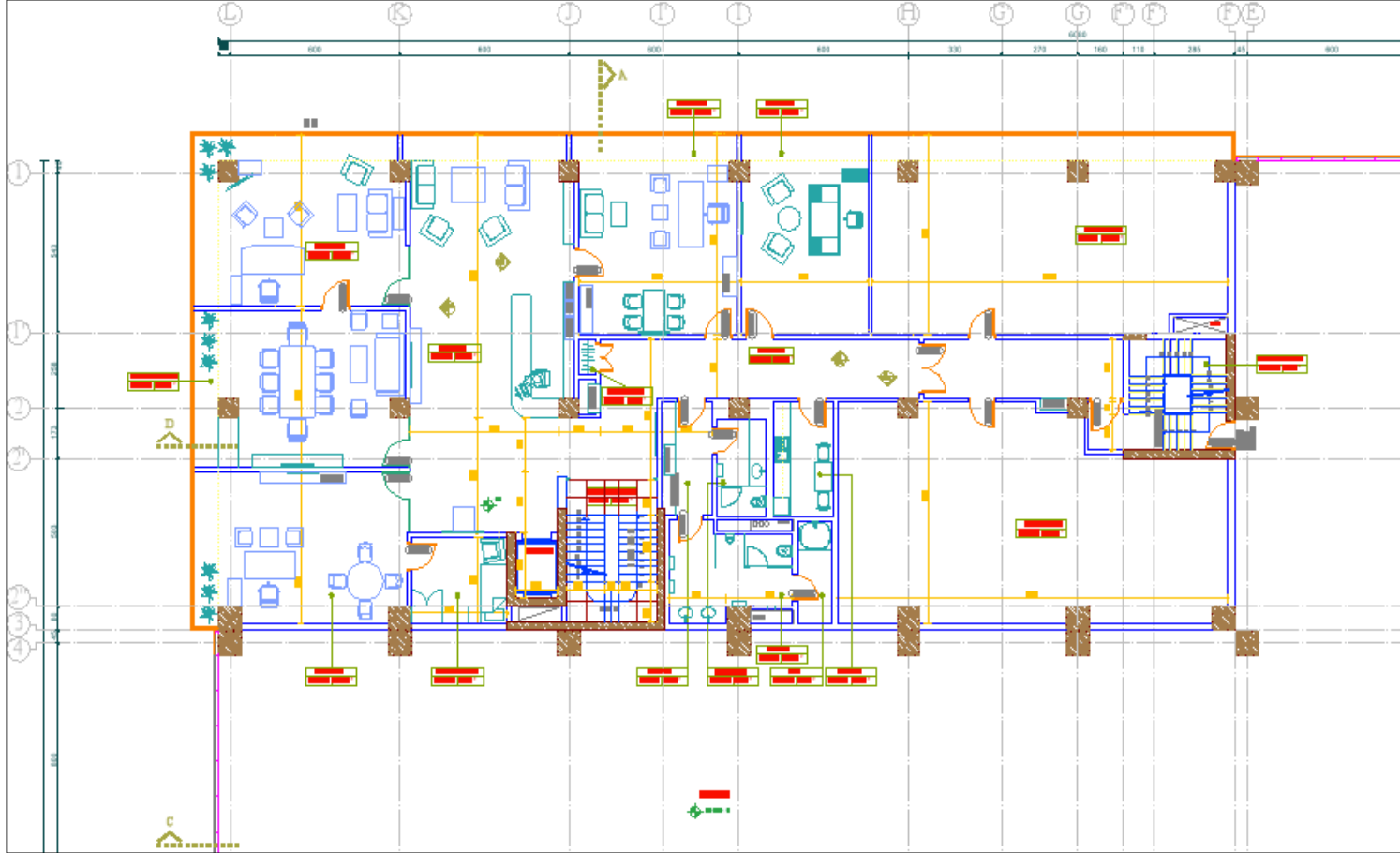
EK-2a Ticari bina bodrum katı mimari planı.



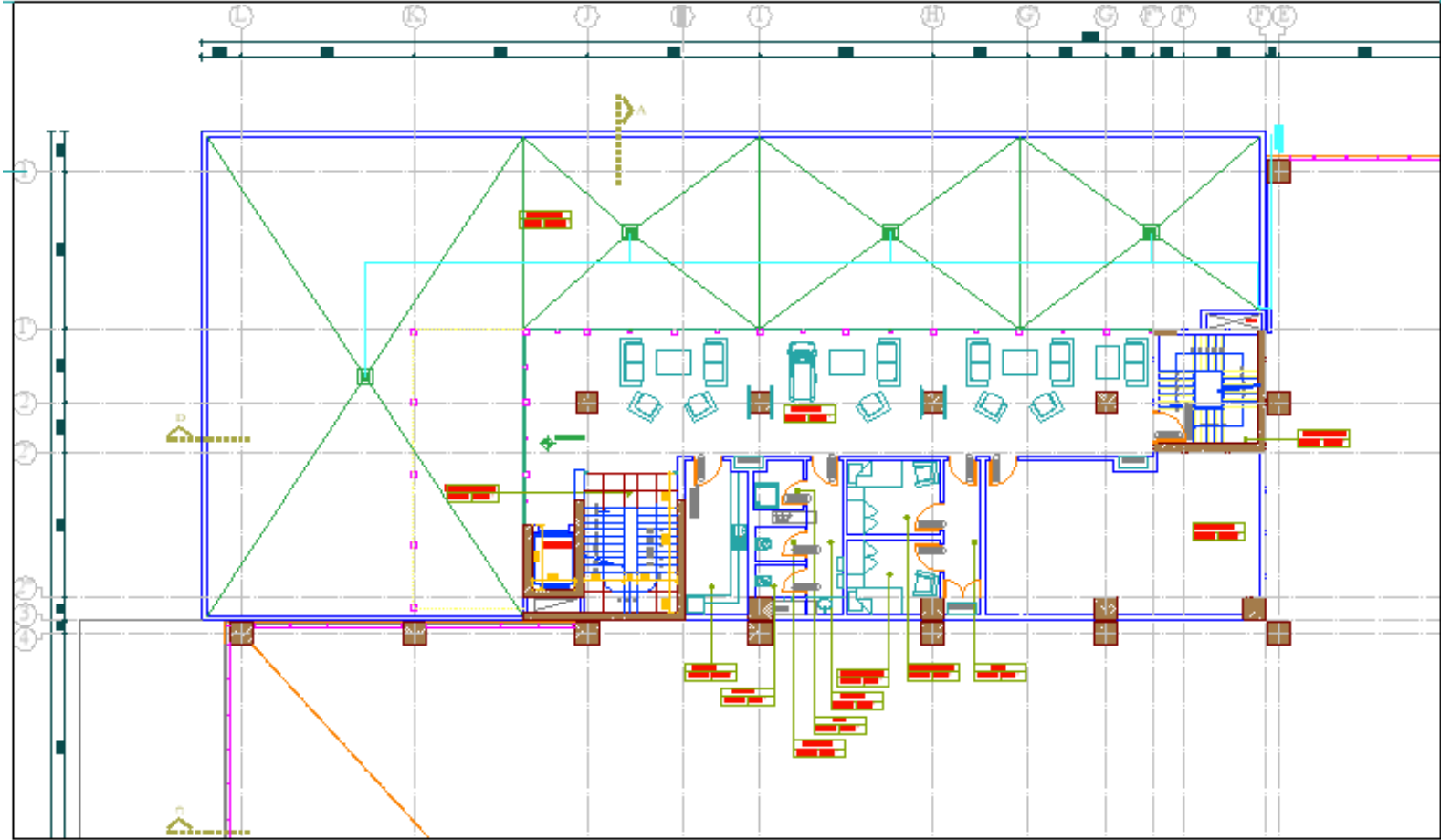
EK-2c Ticari bina birinci katı mimari planı.



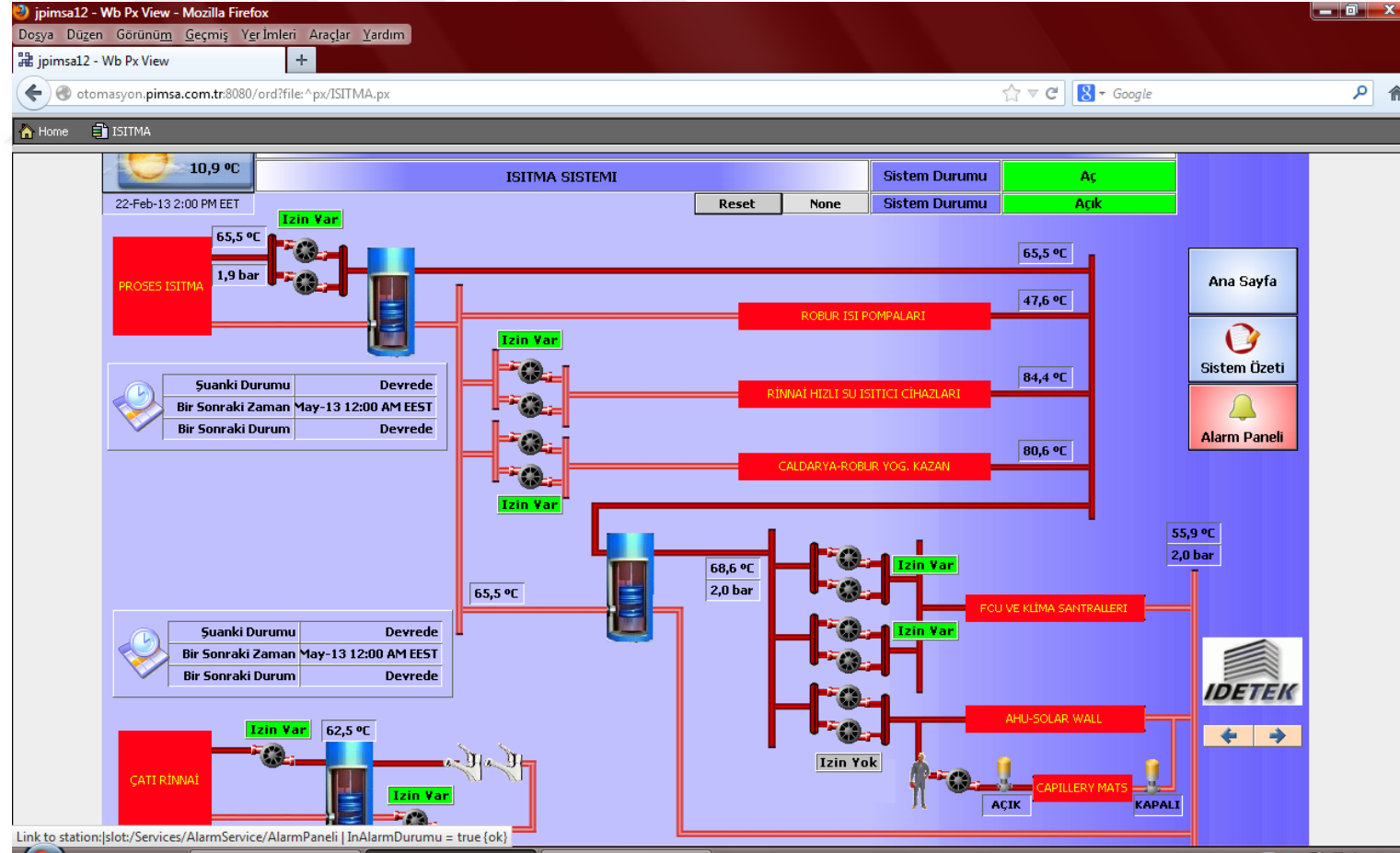
EK-2d Ticari bina ikinci katı mimari planı.



EK-2e Ticari bina çatı katı mimari planı.



EK-3 Ticari bina ısıtma sistemi.



EK -4 İdari bina ofislerinin ısıtma sistemi özellikleri.

Mekanın Adı	Binadaki Konumu (yönü)	Kullanım alanı (m²)	Çalışan Personel Sayısı (kişi)	Kullanılan Fancoil Cihaz Sayısı (adet)	Fancoil Cihazı Isıtma Kapasitesi (kW)	Cihaz Model Numarası
<i>Kalite Ofisi</i>	Kuzey-Doğu	50	6	1	3,2x1	GE41
<i>İmalat Ofisi</i>	Doğu	42	8	1	2x1	GE21
<i>İnsan Kaynakları Ofisi</i>	Doğu	13	1	1	1x1	GE11
<i>İnsan Kaynakları Müdürü Ofisi</i>	Doğu	19	1	1	1x1	GE11
<i>Genel Müdür Yardımcısı Ofisi</i>	Güney-Batı	23	1	2	2,9x2	GE41
<i>Muhasebe Müdürü Ofisi</i>	Güney	21	1	1	2,7x1	GE31
<i>Muhasebe Ofisi</i>	Güney-Doğu	35	4	2	2,7x2	GE31
<i>Fabrika Müdürü Ofisi</i>	Kuzey-Doğu	23,5	1	1	1x1	GE11
<i>Proje Müdürü Ofisi</i>	Kuzey-Batı	24	1	1	3,2x1	GE41
<i>Proje Ofisi</i>	Batı	68	6	2	3,2x2	GE41
<i>Lojistik Ofisi</i>	Kuzey-Batı	48	6	2	3,2x2	GE41
<i>Satın alma Ofisi</i>	Batı	33	4	2	2x2	GE21
<i>Kalite Müdürü Ofisi</i>	Doğu	22,5	1	1	1x1	GE11
<i>Yönetici Ofisi3</i>	Güney-Doğu	39	1	2	2x2	GE21
<i>Yönetici Ofisi5</i>	Güney-Batı	43	1	3	2,9x3	GE32
<i>Yönetici Ofisi7</i>	Batı	38,5	1	2	2,7x2	GE31
<i>Yönetici Ofisi10</i>	Batı	31	1	2	2x2	GE21

EK-5 Bina ısıtma soğutma ve havalandırma sisteminde kullanılan cihazların özellikleri.

İşletmede Kullanılan Başlıca Makine/Teçhizat Adı	Kullanım Amacı	Gücü (kW)	Cihaz Sayısı (Adet)	Cihazın Günlük Ortalama Çalışma Süresi (sa)
Isı Abzorbsiyonlu Chiller Üniteleri (Robur)	Isıtma / Soğutma	260	13	10
Yoğuşmalı Isıtıcılar (Rinnai)	Isıtma	600	8	10
Konfor Klima Santraller (GEA)	İklimlendirme	163,8	4	4
Fan Coil Üniteleri	İklimlendirme	275	54	8
Isıtma - Soğutma Primer ve Sekonder Pompa Grupları	İklimlendirme	25,78	37	16
Konfor Egzost Aspirasyon Üniteleri	İklimlendirme	9,2	3	8
Proses Egzost Aspirasyon Üniteleri	İklimlendirme	165	30	19

EK-6a 4 Mart 2013 tarihinde idari binanın birinci kat bina yönetim sistemine ait sistem bilgileri.

PİMSA OTOMOTİV A.Ş.								
1.KAT								
04-Mar-13 2:00 PM EET								
1.KAT	Zaman Prg	Mah Sıcaklığı	Set Değeri	Çalışma Modu	Isıtma / Soğutma	Isıtma Vanası	Soğutma Vanası	Fan Durumu
RCN_15 MUHASEBE OFISI	Konfor	27,7 °C	24,5 °C	Konfor	Soğutma	Kapalı	Açık	100,0 %
RCN_16 MUHASEBE MUDUR ODASI	Konfor	28,0 °C	25,0 °C	Konfor	Soğutma	Kapalı	Açık	100,0 %
RCN_17 GENEL MUDUR YARDIMCISI	Konfor	28,2 °C	26,0 °C	Ön Konfor	Soğutma	Kapalı	Açık	100,0 %
RCN_18 KORIDOR	Konfor	26,2 °C	27,5 °C	Ön Konfor	Soğutma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
RCN_19 LOJİSTİK OFISI	Konfor	24,9 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Kapalı	Kapalı	33,0 %
RCN_20 TOPLANTI ODASI K1_010	Konfor	24,0 °C	25,0 °C	Konfor	Soğutma	Kapalı	Kapalı	33,0 %
RCN_21 BEKLEME	Ekonomi	21,8 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
RCN_22 TOPLANTI ODASI K1_013	Konfor	23,6 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_23 LOJİSTİK MUDURU	Konfor	24,5 °C	23,0 °C	Konfor	Isıtma	Kapalı	Kapalı	33,0 %
RCN_24 SATIN ALMA MUDURU	Konfor	25,6 °C	26,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_25 SATIN ALMA	Ekonomi	23,6 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
RCN_26 KALİTE MUDURU	Konfor	23,0 °C	22,5 °C	Konfor	Isıtma	Kapalı	Kapalı	33,0 %
RCN_27 PROJE OFISI	Konfor	23,4 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_28 PROJE MUDURU	Konfor	21,9 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
RCN_29 FABRİKA MUDURU	Konfor	22,2 °C	22,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %

EK-6b 6 Ocak 2014 tarihinde idari binanın birinci kat bina yönetim sistemine ait sistem bilgileri.

PİMSA OTOMOTİV								
Fcu Listesi 1.KAT								
1.KAT	Zaman Prg	Mah Sıcaklığı	Set Değeri	Çalışma Modu	Isıtma / Soğutma	Isıtma Vanası	Soğutma Vanası	Fan Durumu
MUHASEBE OFISI	Konfor	23,1 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	33,0 %
MUHASEBE MUDUR ODASI	Konfor	23,1 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	33,0 %
GENEL MUDUR YARDIMCISI	Konfor	23,7 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	33,0 %
KORIDOR	Konfor	22,7 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	66,0 %
LOJİSTİK OFISI	Konfor	23,1 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	33,0 %
TOPLANTI ODASI K1_010	Konfor	21,5 °C	26,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
BEKLEME	Konfor	21,8 °C	23,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
TOPLANTI ODASI K1_013	Konfor	22,0 °C	27,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
LOJİSTİK MUDURU	Konfor	25,8 °C	26,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
SATIN ALMA MUDURU	Konfor	23,0 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	66,0 %
SATIN ALMA	Konfor	22,6 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
KALİTE MUDURU	Ekonomi	19,9 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
PROJE OFISI	Konfor	22,1 °C	25,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
PROJE MUDURU	Konfor	22,2 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
FABRİKA MUDURU	Konfor	20,2 °C	22,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %

EK-6c 6 Ocak 2015 tarihinde idari binanın birinci kat bina yönetim sistemine ait sistem bilgileri.

PİMSA OTOMOTİV
Fcu Listesi 1.KAT

1.KAT	Zaman Seçim	Zaman Prg	Mah Sıc	Set Değ	FCU Mod	Isıt/Soğ	Isıtma Vanası	Soğutma Vanası	Fan Durumu
MUHASEBE OFİSİ	Lokal	Konfor	26,1 °C	27,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
MUHASEBE MUDUR ODASI	Lokal	Konfor	25,0 °C	25,0 °C	Konfor	Soğutma	Kapalı	Açık	33,0 %
GENEL MUDUR YARDIMCISI	Lokal	Konfor	26,0 °C	26,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	33,0 %
KORIDOR	Lokal	Konfor	25,6 °C	25,0 °C	Konfor	Soğutma	Kapalı	Açık	100,0 %
LOJİSTİK OFİSİ	Lokal	Konfor	26,6 °C	28,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
TOPLANTI ODASI K1_010	Lokal	Ekonomi	24,9 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
BELEME	Lokal	Konfor	20,5 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
TOPLANTI ODASI K1_013	Lokal	Ekonomi	23,5 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
LOJİSTİK MUDURU	Lokal	Konfor	25,9 °C	26,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	33,0 %
SATIN ALMA MUDURU	Lokal	Konfor	25,4 °C	25,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	66,0 %
SATIN ALMA	Lokal	Konfor	24,7 °C	24,0 °C	Ön Konfor	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
KALİTE MUDURU	Lokal	Ekonomi	20,7 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
PROJE OFİSİ	Lokal	Konfor	25,4 °C	25,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
PROJE MUDURU	Lokal	Konfor	25,8 °C	26,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
FABRİKA MUDURU	Lokal	Konfor	22,8 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %

EK-6d 27 Aralık 2013 tarihinde idari binanın birinci kat bina yönetim sistemine ait sistem bilgileri.

PİMSA OTOMOTİV
Fcu Listesi 1.KAT

1.KAT	Zaman Prg	Mah Sıcaklığı	Set Değeri	Çalışma Modu	Isıtma / Soğutma	Isıtma Vanası	Soğutma Vanası	Fan Durumu
MUHASEBE OFİSİ	Konfor	24,9 °C	24,5 °C	Konfor	Soğutma	Kapalı	Açık	33,0 %
MUHASEBE MUDUR ODASI	Konfor	24,7 °C	23,0 °C	Konfor	Isıtma	Kapalı	Kapalı	33,0 %
GENEL MUDUR YARDIMCISI	Konfor	22,2 °C	35,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
KORIDOR	Konfor	24,2 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	100,0 %
LOJİSTİK OFİSİ	Ekonomi	23,8 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
TOPLANTI ODASI K1_010	Konfor	24,8 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Kapalı	Kapalı	33,0 %
BELEME	Konfor	23,8 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Kapalı	Kapalı	33,0 %
TOPLANTI ODASI K1_013	Konfor	23,8 °C	24,0 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	33,0 %
LOJİSTİK MUDURU	Ekonomi	26,2 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
SATIN ALMA MUDURU	Ekonomi	20,8 °C	28,0 °C	Ekonomi	Soğutma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
SATIN ALMA	Ekonomi	23,1 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
KALİTE MUDURU	Ekonomi	21,9 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
PROJE OFİSİ	Ekonomi	24,4 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
PROJE MUDURU	Konfor	23,0 °C	23,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	33,0 %
FABRİKA MUDURU	Konfor	21,1 °C	21,5 °C	Konfor	Isıtma	Açık	Kapalı	33,0 %

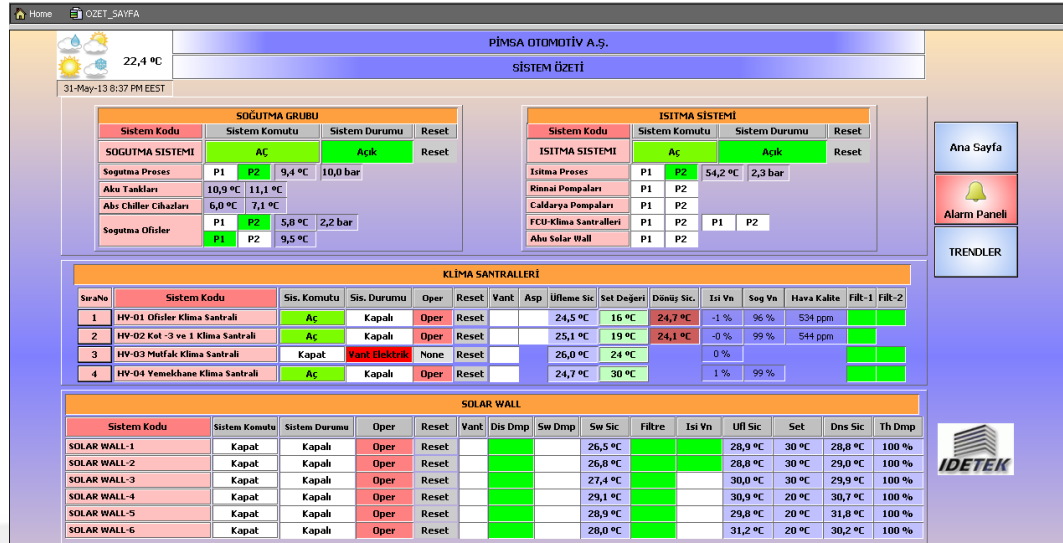
EK-6e 6 Ocak 2014 tarihinde İdari binanın birinci kat bina yönetim sistemine ait sistem bilgileri.

1.KAT	Zaman Prg	Mah Sıcaklığı	Set Değeri	Çalışma Modu	Isıtma / Soğutma	Isıtma Vanası	Soğutma Vanası	Fan Durumu
MUHASEBE OFİSİ	Ekonomi	24,6 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
MUHASEBE MÜDÜR ODASI	Ekonomi	24,3 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
GENEL MÜDÜR YARDIMCISI	Ekonomi	25,4 °C	30,0 °C	Ekonomi	Soğutma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
KORİDÖR	Ekonomi	23,3 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
LOJİSTİK OFİSİ	Ekonomi	23,6 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
TOPLANTI ODASI K1_010	Ekonomi	21,4 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
BEKLEME	Ekonomi	21,4 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
TOPLANTI ODASI K1_013	Ekonomi	21,5 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
LOJİSTİK MÜDÜRÜ	Ekonomi	25,2 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
SATIN ALMA MÜDÜRÜ	Ekonomi	24,3 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
SATIN ALMA	Ekonomi	23,1 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
KALİTE MÜDÜRÜ	Ekonomi	19,9 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
PROJE OFİSİ	Ekonomi	22,7 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
PROJE MÜDÜRÜ	Ekonomi	22,7 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
FABRİKA MÜDÜRÜ	Ekonomi	20,2 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %

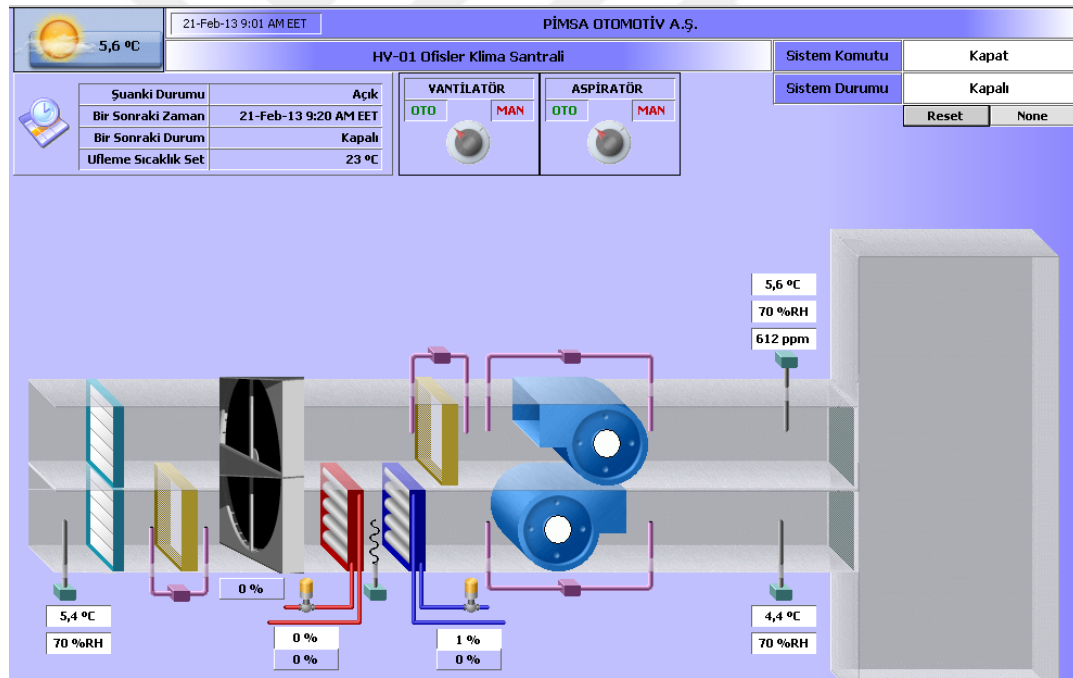
EK-6f 12 Şubat 2014 tarihinde idari binanın birinci kat bina yönetim sistemine ait sistem bilgileri.

1.KAT	Zaman Prg	Mah Sıcaklığı	Set Değeri	Çalışma Modu	Isıtma / Soğutma	Isıtma Vanası	Soğutma Vanası	Fan Durumu
MUHASEBE OFİSİ	Konfor	23,4 °C	22,5 °C	Konfor	Soğutma	Kapalı	Açık	33,0 %
MUHASEBE MÜDÜR ODASI	Konfor	24,1 °C	22,5 °C	Konfor	Soğutma	Kapalı	Açık	66,0 %
GENEL MÜDÜR YARDIMCISI	Konfor	21,8 °C	20,5 °C	Konfor	Isıtma	Kapalı	Kapalı	33,0 %
KORİDÖR	Konfor	22,2 °C	22,5 °C	Konfor	Soğutma	Kapalı	Kapalı	33,0 %
LOJİSTİK OFİSİ	Ekonomi	23,2 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
TOPLANTI ODASI K1_010	Ekonomi	22,5 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
BEKLEME	Ekonomi	21,9 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
TOPLANTI ODASI K1_013	Ekonomi	22,3 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
LOJİSTİK MÜDÜRÜ	Ekonomi	23,2 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
SATIN ALMA MÜDÜRÜ	Ekonomi	23,1 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
SATIN ALMA	Ekonomi	23,2 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
KALİTE MÜDÜRÜ	Ekonomi	20,8 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
PROJE OFİSİ	Ekonomi	22,9 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
PROJE MÜDÜRÜ	Ekonomi	22,1 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %
FABRİKA MÜDÜRÜ	Ekonomi	21,4 °C	16,0 °C	Ekonomi	Isıtma	Kapalı	Kapalı	0,0 %

EK-6g Binanın ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemi bilgileri.



EK-6h Ofislerin klima santrali sistem bilgileri.



ÖZGEÇMİŞ

İlköğretimini Balıkesir'in Burhaniye ilçesinde tamamladıktan sonra 1989 yılında Özel Altuğ Yurdakuloğlu Lisesi'ne başlamıştır. 1990 yılında Sırrı Yırcalı Anadolu Lisesi'nde eğitim- öğretim hayatına devam etmiş ve 1996 yılında aynı okuldan mezun olmuştur. 1997-2001 yılları arasında Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliği Bölümü'nde okumuştur. 2002 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başlamış 2005 yılında bu programdan mezun olmuştur. 2001-2002 eğitim-öğretim yılında Burhaniye Endüstri Meslek Lisesi'nde görevlendirilerek beş ay öğretmenlik yapmıştır. 2005 yılı Aralık ayında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır. 2012 yılı Aralık ayında Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı'na araştırma görevlisi olarak atanmıştır ve halen bu görevine devam etmektedir.

TEZ ÖĞRENCİSİNE AİT TEZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL FAALİYETLER

- 1) Can, A., & Babadağı A. (2008). Importance of form and placement of heating elements from the aspect of comfort, enviroment, health and economy, *Strojarstvo : Journal for the Theory and Application in Mechanical Engineering*, 50,1, 43-50
- 2) Köksoy, A., & Eryener, D. (2018). Sürdürülebilir ticari bir binanın ısı performansının incelenmesi, IV. Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 18-20 Nisan, Trakya Üniversitesi, Edirne