

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KONUTLARDA BİREYSEL VE MERKEZİ ISITMA
UYGULAMALARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih Faruk MARKAL

EKİM 2022
TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KONUTLARDA BİREYSEL VE MERKEZİ ISITMA
UYGULAMALARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ**

Fatih Faruk MARKAL

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“MAKİNA YÜKSEK MÜHENDİSİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01/09/2022
Tezin Savunma Tarihi : 21/10/2022**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet Emin ARICI

Trabzon 2022

ÖNSÖZ

Konutlarda bireysel veya merkezi uygulamaların hangisinin daha verimli ve maliyet açısından daha uygun olduğu her zaman tartışma konusu olmuştur. Doğalgazın yaygınlaşması ile beraber kömürlü merkezi sistem kullanan konutların neredeyse tamamı artık doğalgaz yakıcı ısıtma sistemlerine geçmektedir. Bu geçiş esnasında yukarıda bahsettiğimiz gibi en temel tartışma, merkezi veya bireysel sistemlerden hangisinin mevcut binaya uygun olacağı konusudur.

Yüksek lisans tezi kapsamında, dört derece gün bölgelerinde TS 825’göre uygun bir şekilde tasarlanmış bir bina ele alınarak üç farklı başlık altında teorik karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmanın yanı sıra ilk yatırım maliyetleri ve iki farklı ısıtma sisteminin yakıt tüketimi de araştırılmıştır.

Yüksek lisans eğitimi boyunca her zaman görüş ve desteğini gördüğüm, engin bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Mehmet Emin ARICI’ya, lisans eğitimimde beni bilimsel araştırma konusunda davranış ve tecrübesiyle etkileyen Prof. Dr. Kenan YAKUT’a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Bu süreçte bana yardımını ve desteğini esirgemeyen değerli arkadaşım Dr. Barış Burak KANBUR’a ve çalışma arkadaşım ve patronum Barış GÖZAÇAN’a teşekkür ediyorum.

Hayatım boyunca desteklerini yanımda hissettiğim aileme ve eşime sonsuz teşekkür ederim.

Fatih Faruk MARKAL
Trabzon, 2022

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Konutlarda Doğalgaz Yakıcı Merkezi ve Bireysel Uygulamalar İçin Isı İhtiyacı Analizi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Mehmet Emin ARICI’nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 21/10/2022

Fatih Faruk MARKAL

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.2. Tezin Amaç ve Kapsamı	2
1.3. Derece – Gün Bölgesi Kavramı ve Türkiye’de Derece – Gün Bölgeleri.....	3
1.4. Doğal Gaz Yakıtlı Sistemler.....	4
1.5. Merkezi ve Bireysel Isıtma Sistemleri	6
1.6. Literatür Özeti	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	12
2.1. Özgöl Isı Kaybı Hesabı	14
2.1.1. Binanın Özgöl Isı Kaybı Hesabı.....	14
2.1.2. Salonun Özgöl Isı Kaybı Hesabı	15
2.1.3. Salon Dışındaki Birimlerin Özgöl Isı Kaybı Hesabı	15
2.2. Güneş Enerjisi Kazancı	15
2.3. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması: Eşleşme 1	17
2.3.1. Binanın 1. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı	19
2.3.2. Binanın 2. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı	19
2.3.3. Binanın 3. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı	20
2.3.4. Binanın 4. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı	20
2.4. Yıllık Enerji İhtiyacının Hesaplanması: Eşleşme 2.....	21
2.4.1. Salonun 1. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı.....	21
2.4.2. Salonun 2. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı.....	22
2.4.3. Salonun 3. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı.....	22
2.4.4. Salonun 4. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı.....	22
2.5. Yıllık Enerji İhtiyacının Hesaplanması: Eşleşme 3.....	23

2.6.	Radyatör ve Kazan Seçimi	23
2.6.	Farklı Uygulamalar İçin Yakıt Tüketimi.....	24
2.7.	Farklı Uygulamalar İçin İlk yatırım Maliyeti.....	25
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	26
3.1.	Farklı Uygulamalar İçin Isı İhtiyacının Karşılaştırması.....	26
3.2.	Farklı Uygulamalar İçin Yakıt Tüketiminin Karşılaştırması	30
3.3.	Farklı Uygulamalar İçin İlk Yatırım Maliyetinin Karşılaştırması.....	33
3.4.	Bireysel ve Merkezi Uygulamalar İçin Teorik Isı İhtiyacı.....	34
4.	SONUÇLAR	37
5.	ÖNERİLER	38
6.	KAYNAKLAR.....	39
7.	EKLER	41
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KONUTLARDA BİREYSEL VE MERKEZİ ISITMA UYGULAMALARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Fatih Faruk MARKAL

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Mehmet Emin ARICI
2022, 40 Sayfa, 17 Sayfa Ek

Mevcut yüksek lisans tezinde, iki farklı ısıtma uygulaması üç ayrı şekilde eşleştirilmiş ve bu farklı uygulamalar karşılaştırmıştır. Uygulamalardan biri binadaki dairelerden her birinin bağımsız doğalgaz yakıtlı kombi ile ısıtıldığı bireysel uygulama (BU), diğeri ise tüm dairelerin tek doğalgaz kazanı ile ısıtıldığı merkezi uygulamadır (MU). Bu iki farklı uygulama üç ayrı şekilde eşleştirilmiştir. MU’da eşleştirmelerin üçünde de tüm birimlerin 19 °C sıcaklıkta olduğu kabul edilmiştir. BU’da ise eşleşme 1 durumunda tüm birimlerin 19 °C, eşleşme 2 durumunda salonun 20 °C ve diğer birimlerin 15°C sıcaklıkta, eşleşme 3 durumunda salonun 20 °C sıcaklıkta ve diğer birimlerin ısıtılmadığı kabul edilmiştir. Sayısal hesaplamalar Excel tabanlı bir program ile TS 825’e göre gerçekleştirilmiştir.

Farklı uygulamaların karşılaştırılması, ısıtma enerjisi ihtiyacı ve yakıt tüketimi cinsinden örnek bir bina üzerinde Türkiye’deki farklı derece-gün bölgeler (DGB) için gerçekleştirilmiştir. İki farklı uygulama için ilk yatırım maliyeti hesabı da yapılmıştır. Ayrıca binanın tek bir konutunda teorik enerji ihtiyacını tahmin etmek için analitik bir ifade elde edilmiş ve ifadenin sonucu hesaplanan sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Eşleştirme 1’de, her iki uygulama için de ısıtma enerjisi ihtiyacı aynı, ancak BU için yakıt tüketimi daha düşük bulunmuştur. Eşleştirme 2 ve eşleştirme 3’te BU için hem ısıtma enerjisi ihtiyacı hem de yakıt tüketimi düşük olmuştur. Ancak, eşleştirme 2’de ısıtma enerjisi ihtiyacı birim hacim bazında karşılaştırıldığında, BU’nın enerji ihtiyacı salon hacmine göre daha düşük, toplam hacme göre daha yüksek olmuştur. Benzer şekilde 3 numaralı eşleştirmede de birim hacim bazlı hesaplama için ısıtılan hacim dikkate alındığında, BU için daha düşük ısıtma enerjisi ihtiyacı, ancak daha yüksek yakıt tüketimi bulunmuştur. Son olarak, MU için yatırım maliyeti daha yüksek olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bireysel Isıtma, Merkezi Isıtma, Isıtma Enerjisi İhtiyacı, Yakıt Tüketimi

Master Thesis

SUMMARY

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE INDIVIDUAL AND THE CENTRAL HEATING APPLICATIONS FOR THE HOUSINGS

Fatih Faruk MARKAL

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Emin ARICI
2022, 40 Pages, 17 Pages Appendix

In the current master's thesis, two different heating applications have paired in three different ways and those have compared. One of the applications is the individual application (BU), where each of the houses (flats) is heated with an independent combi boiler, and the other is the central application (MU), where the building is heated with a single natural gas boiler. These two different applications have paired in three different ways. For the all pairings the units in the house have assumed to be 19 °C in MU application. In case of BU, for pairing 1 all units is at 19 °C, for the pairing 2, the hall is 20°C and the other units are at 15°C, for the pairing 3 the hall is at 20°C and the other units are not heated. Numerical calculations have performed with an Excel-based program according to TS 825 (Turkish Standards 825).

Comparison of different applications has carried out in terms of heating energy need and fuel consumption on a sample building for different degree-day regions (DGB) in Turkey. Additionally, an analytical expression for estimating theoretical energy requirement in a single house of the building has obtained and the results of the expression have compared with the calculated results.

In the pairing 1, same in the heating energy need for both applications, yet lower the fuel consumption for BU have been found. In the pairing 2 and the pairing 3, both the heating energy need and the fuel consumption have become lower for BU. However, for pairing 2, comparing heating energy need in unit volume basis, energy need of BU has become lower as for the hall volume and higher as for total volume. Similarly in the pairing 3, when the heated volume is considered for unit volume based calculation, lower heating energy need, but higher fuel consumption for BU have found. Lastly, the investment cost has obtained higher for MU.

Key Words: Individual Heating, Central Heating, Heating Energy Need, Fuel Consumption

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Kombilerde atık gaz tahliye sistemleri; a) bacalı kombi, b) hermetik kombi.....	6
Şekil 2.	Farklı sistem uygulamalarında ısı giriş – çıkışı için şematik gösterim; (a) merkezi ısıtma ve (b) bireysel ısıtma.....	8
Şekil 3.	Bina vaziyet planı.....	13
Şekil 4.	Dairelerin mimari planı	13
Şekil 5.	Eşleşme 1 durumu için DBG'ye göre ısı ihtiyaçları	27
Şekil 6.	Eşleşme 2/I durumu için DGB'ye göre ısı ihtiyaçları	28
Şekil 7.	Eşleşme 2/II durumu için DGB'ye göre ısı ihtiyaçları.....	29
Şekil 8.	Eşleşme 3 durumu için DGB'ye göre ısı ihtiyaçları	30
Şekil 9.	Eşleşme 1 durumu için yıllık yakıt tüketimi karşılatırması.....	31
Şekil 10.	Eşleşme 2 durumu için yıllık yakıt tüketimi karşılatırması.....	32
Şekil 11.	Eşleşme 3 durumu için yıllık yakıt tüketimi karşılatırması.....	33
Şekil 12.	İlk yatırım maliyetleri.....	33
Şekil 13.	Eşleşme 2 durumunda farklı DGB için q^* parametesinin dış ortam sıcaklığı ile değişimi.....	36

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Literatür özeti	10
Tablo 2. BU ile MU'nun karşılatırılma tiplerinin özeti.....	12
Tablo 3. Tüm derece gün bölgeleri için ortalama aylık güneş ışı nım şiddeti değeri (W/m ²) [19]	16
Tablo 4. Toplam aylık güneş enerjisi kazancı tablosu (W)	17
Tablo 5. Bölgelere göre binanın toplam ısı kaybı (kcal/h)	23
Tablo 6. Kazan kapasiteleri	24
Tablo 7. Eşleşme 1 durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	26
Tablo 8. Eşleşme 2/I durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	28
Tablo 9. Eşleşme 2/II durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	29
Tablo 10. Eşleşme 3 durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	29
Tablo 11. Eşleşme 1 durumu için yıllık yakıt tüketimleri	31
Tablo 12. Eşleşme 2 durumu için yıllık yakıt tüketimleri	32
Tablo 13. Eşleşme 3 durumu için yıllık yakıt tüketimleri	32

SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Binanın toplam alanı [m^2]
A_i	: Pencere alanı [m^2]
A_n	: Bina kullanım alanı [m^2]
B_a	: Yakıt tüketimi [m^3]
d	: Yapı elemanı kalınlığı [m]
$g_{i,ay}$	: Saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü
H_i	: Binadan iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı [W/K]
H_h	: Binadan havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı [W/K]
H_u	: Alt ısıt değer [kJ/m^3]
$I_{i,ay}$	: Derece gün bölgeleri için ortalama yıllık güneş ışıınım şiddeti değeri [W/m^2]
KKO	: Toplam ısı kazançlarının, toplam ısı kayıplarına oranı
KKF	: Kazanç kullanım faktörü
U	: Malzemelerin ısı geçirme katsayısı [W/m^2K]
$r_{i,ay}$	: i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgeleme faktörü
T_m	: Günlük ortalama sıcaklık [$^{\circ}C$]
Q_{ay}	: Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı [kJ]
q_B	: Bireysel uygulamada boyutsuz ısı ihtiyacı
$\dot{Q}_{BU}$	: Bireysel uygulamada birim hacim başına yıllık enerji ihtiyacı [kWh/m^3]
q_M	: Merkezi uygulamada boyutsuz ısı ihtiyacı
$\dot{Q}_{MU}$	: Merkezi uygulamada birim hacim başına yıllık enerji ihtiyacı [kWh/m^3]
q^*	: Merkezi ve bireysel uygulamalarda boyutsuz ısı ihtiyacının oranı
λ_h	: Isı iletim katsayısı [W/mK]
φ_i	: Aylık güneş enerjisi kazancı [W]
n_{ay}	: Aylık kazanç faktörü
η_k	: Verim

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüzde enerji ihtiyacının en fazla olduğu sektörler sıralamasında konut sektörü üçüncü sırada yer almaktadır [1]. Bu durum hem kamu düzeyinde yönetimleri hem de bireysel düzeyde enerji harcama bedeli ödeme durumunda olan mükellefleri önlem almaya zorlamaktadır. Bu çerçevede, kamu veya bireysel düzeyde alınabilecek önlemler, mevcut konutun ve konuta ait enerji sağlayan sistemin iyileştirilmesi şeklinde olabileceği gibi, yeni konutun ve sistemin enerji verimli tasarlanması şeklinde de olabilmektedir. Gerek mevcut konutun ve enerji sağlayıcı sistemin enerji verimli duruma dönüştürülmesi, gerekse yeni konutun ve sistemin enerji verimli olarak tasarlanması, proje mühendislerinin ve araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Hem dünya genelinde hem de Türkiye gibi enerji sağlamada dışa bağımlı olan ülkeler özelinde enerji verimli konut ve sistem tasarımına olan ilgi artırmaktadır

Türkiye’de konutların ısıtılması için gerekli olan enerji değişik kaynaklardan sağlanmaktadır. Fosil yakıtlar bu kaynakların başında gelmektedir. Fosil yakıtlar arasında doğal gaz kullanımının payı çeşitli nedenlerden dolayı hızla artmaktadır. Konutlarda ısıtma amaçlı doğal gaz kullanımı değişik şekillerde olabilmektedir. Müstakil konutlarda ısı kaynağı olarak doğal gaz kullanıldığında tek seçenek olan doğal gaz yakıtlı kazan bulunurken, apartman konutlarda tek ısı kaynaklı merkezi kazan veya her bir konuta yani daireye ait “kombi” olarak bilinen bağımsız kazanlar bulunabilmektedir. Apartman konutlar için kullanılan bu farklı uygulamalardan ilki “merkezi ısıtma” diğeri ise “bireysel ısıtma” olarak bilinir. 2011 yılında Bursa özelinde hazırlanan bir araştırmada, kent nüfusunun %63’ünün bireysel sistem, %7’sinin merkezi sistem ve %30’unun ise soba kullandığı rapor edilmiştir [2].

Konutlardaki sistem tercihi ile ilgili sorular iki şekilde gündeme gelmektedir. Bunlardan biri, diğer fosil yakıt türlerinden olan kömür veya fueloil yakıtlı merkezi sistemden bireysel kombili sisteme geçiş aşamasında yapılan işin enerji verimli olup olmadığı sorusu, diğeri ise yeni konutun merkezi sistemle mi yoksa bireysel sistemle mi ısıtılmasının yine aynı şekilde daha enerji verimli olup olmayacağı sorusudur. Proje mühendislerinin bu soruya farklı açılardan cevaplarının ve bu doğrultuda yönlendirmelerin

olduğu da bilinmektedir. İlk soruya yanıt olarak yapılan literatür çalışmasında “Kömürlü kalorifer kazanlarında %40-45 düzeyindeki ısı verim, kazan doğal gazı dönüştüğünde % 70-74'lere çıkmaktadır” cevabını alıyoruz [3]. Kazanların tamamen yenilenmesi durumunda ise bu verim %80 - %95 aralığına kadar çıktığını çeşitli markaların kataloglarından görmekteyiz. İkinci soruya ise genel cevap olarak; bireysel sistemlerin, iç yalıtımın gerekli ölçüde yapılmamasından kaynaklı merkezi sisteme göre dezavantajlı olmasıdır.

Bu çalışmada, iki farklı sistemin birbirlerine göre ısıtma enerjisi ihtiyacı, yakıt tüketimi ve ilk yatırım maliyetleri gibi durumlarda avantajları ve dezavantajları üç farklı koşulda analiz edilmiştir. Ancak, konunun daha farklı açılardan değerlendirilerek bireysel ve merkezi ısıtma sistemlerinin birbirlerine göre üstünlük ve sakıncalarının daha detaylı şekilde ortaya konulması için daha kapsamlı araştırmaların yürütülmesi gerekmektedir.

1.2. Tezin Amaç ve Kapsamı

Konutların doğal gaz yakıtla ısıtılması için iki farklı uygulama mevcuttur. Bunlardan biri merkezi ısıtma, diğeri ise "kombili daire" olarak da bilinen bireysel ısıtmadır. Merkezi ısıtma uygulamasında binanın toplam ısı ihtiyacı belirlenir ve bu ısı ihtiyacı tek bir doğal gaz kazanı tarafından karşılanır. Bireysel ısıtma uygulamasında her bir konutun ısı ihtiyacı doğal gaz yakıtlı bağımsız kombi ünite (bireysel kazan) tarafından karşılanır. Merkezi ısıtma uygulamasında genellikle binadaki tüm hacimler ısıtılırken bireysel uygulamada konuta ait bazı bölmelerin (odaların) ısıtılmaması söz konusu olabilmektedir. Bu durumlarda bireysel ısıtma uygulanan ve tüm hacimleri ısıtılan dairelerin ısı ihtiyacı, kısmen ısıtılan komşu dairelere (yan, alt ve üst dairelere) ilave ısı kayıpları nedeniyle normalinden fazla olabilmektedir. Böylece, bireysel ısıtma uygulamasındaki farklı tercihlerin (hacimlerin kısmen ısıtılıp ısıtılmaması, hacimlerin sıcaklık değerlerinin yasal sınırların altına düşürülüp düşürülmemesi gibi...) bina toplam ısı ihtiyacına yansımaları da farklı olacaktır. Mevcut tezin amacı, bireysel uygulamanın mı yoksa merkezi uygulamanın mı daha avantajlı olduğu ve bireysel ısıtmada ki farklı ısı tercihlerinin bu karşılaştırmada rolünün ne olduğudur.

Aynı yapı bileşenleri (kat sayısı, duvar ve yalıtım malzemesi gibi) ve dış ortam koşullarına sahip iki konuttan birinin merkezi doğal gaz kazanı diğeri ise doğal gaz yakıtlı kombi ile ısıtılması durumunda gerekli olan ısı ihtiyacının hesaplanacağı bir program geliştirilmiştir. Çalışmada, oluşturulan bu program yardımı ile Türkiye'deki farklı derece gün

bölgeleri için hesaplamaların gerçekleştirilmesi ve sonuçlar doğrultusunda kullanıcı ve tasarımcılara somut öneriler sunulması amaçlanmıştır.

Konutlardaki ısıtma sistemine karar verilirken 634 sayılı Kat Mülkiyeti Kanununun 42. Maddesi esas alınmaktadır. Bu maddede, "kat maliklerinden birinin isteği üzerine ısı yalıtımı, ısıtma sisteminin yakıt dönüşümü ve ısıtma sisteminin merkezi sistemden ferdi sisteme veya ferdi sistemden merkezi sisteme dönüştürülmesi, kat maliklerinin sayı ve arsa payı çoğunluğu ile verecekleri karar üzerine yapılır" hükmü yer almaktadır ve bu hükme göre kullanılacak sisteme oylama yolu karar verilmektedir. Ancak, farklı uygulamaların ısıtma gideri üzerine olan etkisi düşünülmeden sistem seçimine karar verilmektedir.

Bireysel ısıtmanın uygulandığı veya merkezi ısıtmadan bireysel ısıtmaya dönüşümün yapıldığı konutlarda kullanıcının ilgili mevzuata uyması veya uymaması durumlarına (bağımsız hacimlerin sıcaklığının 15 °C'nin üzerinde tutmaması zorunluluğu) göre toplam ısı ihtiyacı ilgili standart ve kataloglar yardımı ile bilinen hesap yöntemi kullanılarak belirlenmektedir. Konu ile ilgili mevcut çalışmalar daha çok ilgili mevzuata uyulması durumunda belirli bir bölgede ısı ihtiyacının belirlenmesi şeklinde olup farklı bölgeler için kullanıcı ve tasarımcılara kapsamlı nicel veriler sunmamaktadır. Bu tez çalışmasında, bir apartman konut için gerçekleştirilen analiz ile konutun doğal gaz yakıtlı merkezi kazan veya kombi ısıtıcı ile ısıtılması durumlarında ihtiyaç duyulan ısı miktarları farklı bölgelere göre belirlenmiş ve bu iki tip uygulamanın birbirlerine göre üstünlük ve sakıncaları ortaya konulmuştur.

1.3. Derece – Gün Bölgesi Kavramı ve Türkiye’de Derece – Gün Bölgeleri

Gün geçtikçe artan enerji ihtiyacı ve enerjinin doğru kullanımı araştırmacıların dikkatini çeken bir konudur. Özellikle enerji kullanımında düşük verim olması ülkelerin ekonomisine çok ciddi zararlar verdiği için ülkeler bu araştırmaları desteklemektedir.

İklim değişikliğine bağlı kış aylarında havaların aşırı soğuması ve yaz aylarında aşırı ısınması enerji tüketimini arttırmakta, bu artışa bağlı olarak hane halkı ya da kullanıcı ısınma maliyetleri de artmaktadır. Enerji maliyetlerindeki bu artıştan ne kadarının iklim kaynaklı olduğunun tespit edilebilmesi ancak gün derece hesaplamaları yardımıyla yapılabilmektedir [4].

Derece-gün kavramı hem ısıtma hem soğutma tasarımlarında kullanılır. Isıtmada kullanılan derece-gün kavramı, 24 saatlik periyodun ne kadarının soğuk geçtiğini ölçmeye

yarayan bir birimdir, soğutmada ise belirli bir zamanda (gün, ay, yıl) dış ortam sıcaklığını hesaba katarak sıcaklığın değerini açıklar. Isıtma ya da soğutma gün dereceleri toplamının bilinmesi, binaların ısıtılması ya da soğutulması için gerekli olan enerji gereksiniminin hesaplanması açısından önemlidir [5].

Isıtma derece-gün kavramında (Heating Degree Days - HDD) ortak bir kullanım oluşturmak için; Avrupa Birliği İstatistik Ofisi (Eurostat) HDD hesabı için aşağıdaki ifadeyi önermektedir [5].

$$HDD = (18^{\circ}C - T_m)d \quad (1)$$

Burada T_m günlük ortalama sıcaklığı, d ise gün sayısını göstermektedir. T_m değeri $15^{\circ}C$ üzerindeyse $HDD = 0$ alınır.

Ülkemizde de bu hesap yöntemiyle derece-gün bölgeleri belirlenmiş ve dört derece-gün bölgesine ayrılmıştır. Birinci bölge en sıcak bölgeleri gösterirken sırasıyla gelen bölgelerde sıcaklık düşerek devam etmektedir.

Isı yalıtım hesaplamaları yapılırken derece-gün bölgelerine göre esas alınan tablolardan yararlanılır. Ortalama aylık güneş ışınlamı şiddeti ve ortalama dış sıcaklık değerleri tabloları sayesinde yapının güneş enerji kazanımı hesaplanır ve binanın ısı ihtiyacının tayininde kullanılır.

1.4. Doğal Gaz Yakıtlı Sistemler

Konutlar için kullanılan doğal gaz yakıtlı sistemlerin merkezi ve bireysel sistemler olacak şekilde iki tip olduğu daha önce vurgulanmıştı. Merkezi sistem kazanları için günümüzde iki ayrı uygulama mevcuttur. Bunlar “Yer Tipi” ve “Duvar Tipi (Kaskad)” kazan sistemleridir. Kullanılacak kazan tipine, kazan dairesinin durumu ve binanın ısı ihtiyacı göz önünde bulundurularak karar verilir. Ayrıca bu sistemlerin güvenli kullanılabilmesi için kazan dairesinin ilgili mevzuata göre ek düzenlerle donatılması gerekir. Bunlar; alarm cihazı, baca dönüşümü, havalandırma sistemi, yangın uyarı sistemi, aydınlatma sistemi ve elektrik tesisatıdır.

Doğalgaz kullanımının ülkemizde henüz mevcut olmadığı ve yeni yaygınlaşmaya başladığı dönemlerde bireysel ısınma sistemlerinde genellikle kömür veya fueloil yakıtlı kat kaloriferleri kullanılmaktaydı. Bunun yanına katı yakıtlı veya gaz yakıtlı sobalar da

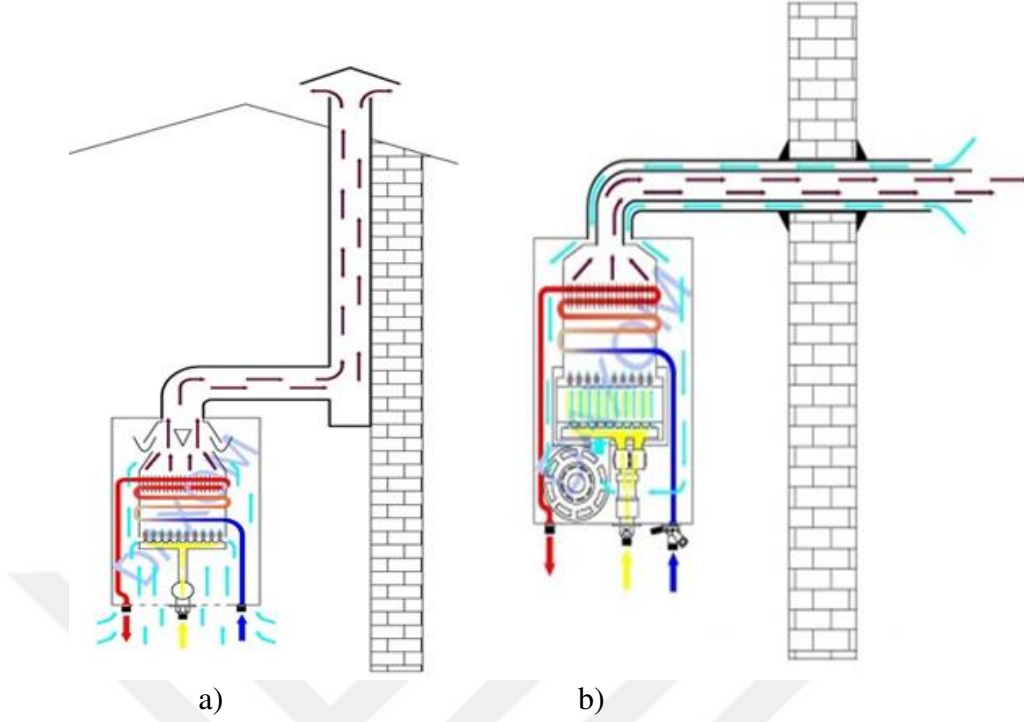
eklenebilir. Ancak kullanım, konfor, maliyet ve doğaya verdiği zarar açısından açık ara doğalgaz sistemlerine göre dezavantajlı olmasından dolayı günümüzde kömür ve fueloil kullanıcı sayısı azaldı.

Fueloil sistemleri günümüz şartlarında diğer yakıtlara göre oldukça pahalı ve tedarikinin oldukça zor olmasından dolayı kullanıcı sayısı yok denecek kadar azalmıştır. Kömürlü bireysel ısınma sistemleriyse doğalgazın henüz ulaşmadığı bölgelerde kazan veya soba şeklinde kullanılmaya devam ediyor.

Doğal gaz yakıtlı bireysel ısıtmada ise kombi adı verilen sistemler kullanılır. Bu sistemlerin kurulumu merkezi ısınma sistemlerine ve diğer kat kaloriferi sistemlerine göre daha kolaydır. Bu sistemin tercih edilmesi nedenlerinin başında konfor sıcaklığının kullanıcı tarafından belirlenebilmesi, dilediği zaman kullanılabilmesi gelmektedir. Kombi kullanımının tercih nedenlerinden biri de bu sistemlerin ısıtma ve sıcak su ihtiyacının aynı anda sağlama kabiliyetlerinin olmasıdır.

Günümüzde artık sıradan hale gelen oda termostatları sayesinde evden uzak olunması durumunda bile ev sıcaklığını kontrol edebilmenin kullanıcıları sağladığı konfor da bu tercih nedenlerine eklenebilir. Kapasiteleri konutun ısıl ihtiyacına göre belirlenen kombilerin güçleri 20 kW ile 40 kW arasında değişen değerlerdedir.

Kombilerde atık gaz tahliye sistemine göre ikiye ayrılır. Bacalı ve hermetik kombiler. Bu iki kombi tipi arasında dört temel farklılık vardır. Bunlar; ortam havasının kullanımı, baca tipi, hava akışı ve baca temizliğidir. Şekil 1’de kombiler için iki ayrı atık gaz tahliye sisteminin şematik gösterimi verilmiştir. Bacalı kombiler (Şekil1/a) yanma havası ihtiyacını bulundukları ortamın havasından sağlarlar. Bu nedenle kombinin bulunduğu ortam havasız olmamalıdır. Kombin bacası bina bacasına bağlıdır ve temizliği zorunludur. Kombi içerisindeki hava akışı bacanın çekişi ile sağlanır. Hermetik kombiler (Şekil1/b) ise kendi bacasını kullanır ve baca temizliği gerektirmezler. Hava akışı fan yardımı ile sağlanır ve ortam havasına ihtiyaç duyulmaz. Hermetik kombiler, bu üstünlükleri nedeniyle hızla bacalı kombilerin yerini almış durumdadır. Bacalı kombiler, doğalgazın Türkiye’de ilk yaygınlaştığı bölgelerde kullanımına devam edilmekle birlikte bu kombilerin üretimi artık yapılmamaktadır.



Şekil 1. Kombilerde atık gaz tahliye sistemleri; a) bacalı kombi, b) hermetik kombi

Kombiler atık gaz kullanma şekline göre de ikiye ayrılır. Bunlar, konvansiyonel kombiler ve yoğuşmalı kombilerdir. Konvansiyonel kombilerde atık gazlar doğrudan olarak dışarı atılır. Yoğuşmalı kombilerde ise durum farklı olup atık gaz içerisinde bulunan su buharının enerjisinden yararlanılır. Bu amaçla, sisteme eklenen bir ısı değiştiricisi yardımı ile atık gaz bacadan çıkmadan önce gazdaki su buharı yoğuşturularak atık gazdaki su buharının yoğuşma ısısından yararlanılır. Böylece doğalgazdaki enerji dönüşüm verimi artırılmış olur [6].

Günümüzde yoğuşmasız kombilerin üretimi 2015 yılından bu yana ErP (Energy Related Products-Enerji İlişkili Ürünler) Yönetmeliğine göre AB ülkelerinde yasaklandı. Ülkemizde bu yönetmeliği kabul ederek 2018 yılından beri konvansiyonel kombilerin üretim ve ithalatını yasaklanmıştır [7].

1.5. Merkezi ve Bireysel Isıtma Sistemleri

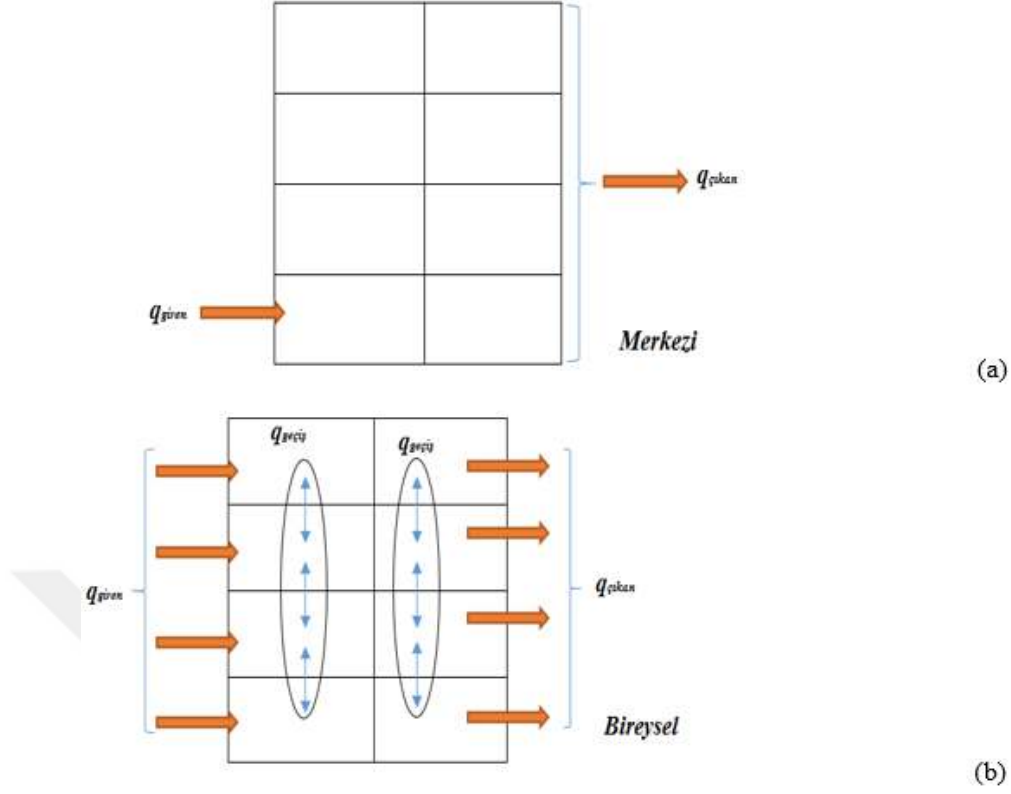
Binaların kullanım amacına göre ısıtma şekilleri belirlenir. Apartman, otel, iş merkezi, okul gibi yaşam mekânlarında binanın durumu, kullanım şartları ve ilk yatırım maliyeti gibi

durumlar göz önünde bulundurularak bir tercih yapılır. Kullanım amacından bağımsız olarak merkezi ve bireysel ısıtma sistemlerinde ısı giriş ve çıkış yönleri için şematik gösterim Şekil 2’de verilmiştir. Burada görüldüğü gibi merkezi ısıtmada ısı sisteme tek noktadan kimyasal (fosil yakıtlı kazan uygulamaları) veya elektrik enerjisi (ısı pompası uygulamaları) olarak girmekte ve ısı çıkışı (ısı kaybı, soğuma) yine tek yüzeyden yani bina dış duvarından gerçekleşmektedir. Bireysel ısıtmada ise binaya ısı girişleri her daire için hem ayrı ayrı olmakta hem de eğer bina içerisinde ısıtılmayan mekânlar varsa daireler arası ısı geçişleri söz konusu olabilmektedir. Bu durumda, bireysel ısıtmada dairenin gerçek ısı ihtiyacının kesin olarak hesaplanması çoğu zaman mümkün olamamaktadır.

Merkezi ısıtma sistemleri kullanıldığı binalarda tüm hacimlerin ısıtılması söz konusudur, ancak hacim kullanıcısının tercihi göre termostatik merkezi ve vanalar kullanılarak sıcaklık ayarı yapılabilir. Günümüzde kullanılan merkezi sistemlerde ısı pay ölçer yardımıyla (mahal sıcaklığının 15 °C’nin altına düşürülmemesi şartıyla) dairelerin kullanım miktarına göre bilgisayar üzerinden yapılan hesaplamalarla fatura çıkarılan sistemler yaygınlaşmıştır.

Binalarda kurulan kazan dairesinden kontrol edilen merkezi ısıtma sisteminde farklı yakıt türleri kullanılabilir. Günümüzde en çok tercih edilen yakıt türleri kömür ve doğalgazdır. Fueloil yakan merkezi sistemlerde bir dönem yaygın olarak kullanılmıştır ancak hem maliyet hem depolama zorluğundan dolayı günümüzde tercih edilmemektedir.

Merkezi sistem kurulumunda kazan dairesinin uygunluğu olarak yeterli genişlikte alana sahip olması ve mahallin kolay ulaşılabilirliği gibi kriterlere bakılır.



Şekil 2. Farklı sistem uygulamalarında ısı girişi – çıkışı için şematik gösterim; (a) merkezi ısıtma ve (b) bireysel ısıtma

Bireysel ısıtma sistemlerinde kombi, kat kaloriferi, ısı pompası, şömine, soba veya klimalar kullanılır. Isıtılan dairenin hangi sıcaklıkta ısıtılacağı kişi tercihinine bağlı olmasından dolayı kullanıcıya büyük bir avantaj sağlamaktadır. Merkezi sistem göre daha basit bir kurulumu sahip olan bireysel ısıtma sistemleri evin durumuna göre kolay bir şekilde uygulanmaktadır. Özellikle yeni yapılarda kombi montaj boruları hazır hale getirilmektedir bu durum da merkezi sistemden bireysel sisteme dönüşümde kullanıcıyı birçok masraftan kurtarmaktadır. Montaj yeri hazır hale getirildikten sonra geriye kalan tek işlem gaz borusunun ve kombinin montajıdır. Gaz açım işlemi tamamlandıktan sonra merkezi sistem vanaları körlenerek bireysel ısıtma sistemine tam olarak geçilmiş olunur. Benzer şekilde kat kaloriferleri, ısı pompaları veya klimaların da montajı için yeni yapılarda bağlantı hatları bırakılmaktadır.

Doğalgazın kullanıldığı bölgelerde özellikle kombi kullanımı oldukça yaygındır. Kurulumu ve kullanımın basit olması tüketici açısından çok ciddi bir avantaj sağlamaktadır. Doğalgazın henüz ulaşmadığı bölgelerde bireysel ısıtma sistemlerinde ise genellikle kat kaloriferi, ısı pompası veya klima tercih edilmektedir.

1.6. Literatür Özeti

Ateşin icat edilmesiyle başlayan ve günümüze kadar gelişerek gelen ısıtma sistemleri; ilk olarak, duvarın içine gömülü, şömine biçiminde yapılan ocaklarda, odun ve kömür yakılarak kullanılmaya başlanılmıştı. Uzun bir süre boyunca ocak kullanımı ile yapılan ısıtma; Antik Roma’da, kaynatılan kazanların içinde bulunan su buharının kullanılması ile başka bir yola evrilmiştir. Kazanda kaynayan buhar, yapının alt kısmında kanallardan geçirilerek ısıtma gereksinimi sağlanmıştır. 1863 yılında Joseph Hason ve Robert Briggs tarafından tasarlanan demir çubuklarla günümüzde kullandığımız radyatörlerin temeli atılmıştır. 1872’de ise Nelson H. Bundy günümüzde de hala kullanılan döküm radyatörleri tasarlayıp üretilmesine katkı sağladı [8]. Isıtma sistemlerinde ilk olarak odun ve sonrasında kömür yakıt olarak kullanılmıştır. Petrolün ve doğalgazın kullanılmaya başlamasıyla ısıtma sistemleri hızla gelişmiştir.

Sanayi devrimi ile gerçekleşen müstakil konutlardan apartman konutlara geçiş merkezi ısıtma gereksinimini başlatmıştır. Merkezi ısıtma sistemleri kullanıcılarının konfor alanlarının kısıtlı hale gelmesi ve yakıt temininde karşılaşılan zorluklar yeni uygulamaların önünü açmıştır. İzleyen süreçlerde kombi ve ısı pompası gibi yeni çözümlerin insanların konfor alanına katkı sağlamasını nedeniyle merkezi ısıtma sistemlerine alternatif seçenekler ortaya çıkmış oldu. Sonuç olarak, Dünya’da ve özellikle de Türkiye’de merkezi ısıtmaya göre bazı üstünlükleri olduğuna inanılan bireysel ısıtma uygulamalarının yaygınlaştığı bir gerçektir. Bireysel ısıtma uygulamaları olarak farklı türlerdeki ısı pompaları, elektrik enerjisini doğrudan ısıya dönüştüren cihazlar sayılabilirse de bu kategorideki en yaygın uygulama bireysel doğal gazlı kombilerdir. Bu uygulamanın hem bağımsız olarak hem de benzer sistemlerle karşılaştırmalı farklı açılardan incelendiği çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar, bireysel ısıtmanın merkezi ısıtmaya alternatif olmaya başladığı 2000’li yıllarda başlamıştır ve hali hazırda devam etmektedir. Tablo 1’de konu ile ilgili yapılan çalışmaların özeti sunulmuştur.

Tablo 1. Literatür özeti

Yazar/lar	K. No	Yıl	Konu	Sonuç/lar
Öz	2	2011	Konutlarda enerji kullanım eğilimleri ve tüketimin çevre faktörleri ile ilişkisi, Bursa örneği.	Merkezi sistemle ısıtılan evlerde boş olan dairelerin bile kontrolsüz bir şekilde ısıtıldığı ve termostatlara sıcaklık kontrollerinin önemslenmediğine ve merkezi sistemlerin ortalama tüketiminin en çok olan sistemler olduğunu söylemiştir.
Demir	9	2000	Isı sayaçlı merkezi ısıtma sistemi ile bireysel ısıtma sisteminin teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılması.	Isı sayaçlı merkezi ısıtma sistemi ile bireysel ısıtma sisteminin teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılmış, bireysel sistemlerde tüketilen gaz miktarının merkezi sistemlere göre daha fazla olduğuna dikkat çekmiştir.
Acarkan	10	2005	Bireysel ve merkezi ısıtma sistemlerinde verimlilik ve ekonomiklik analizi.	Tüm dairelerin ısıtılması şartıyla merkezi ve bireysel sistemlerin ısı yükü olarak aynı ısı değerinde olduğunu ortaya koyulmuş; bireysel ısıtma sistemlerinde dış hava sensörü olmayışı nedeniyle ılıman günlerde yakıt sarfiyatının artacağına işaret edilmiştir.
Savaşan	11	2007	Örnek bir bina termodinamiğinin birinci ve ikinci yasaları açısından bireysel ve merkezi ısıtma durumları için incelenmesi.	Bireysel uygulamadaki ilk yatırım masrafının daha yüksek olduğu, ancak cihaz veriminin artırılması yolu ile ekserji yıkımının azaltılacağı ve böylece tasarruf yapılabileceği gösterilmiştir.
Cholewa vd.	12	2011	Üç farklı ısıtma sisteminin deneysel olarak incelenmesi.	Katlarda kullanılan enerjinin, binaya sağlanan enerjiye oranı olarak tanımlanan verimin, bireysel kombi ile ısıtmada, ısı pompası ve merkezi ısıtmaya göre daha yüksek olduğunu ortaya koyulmuştur.
Topaloğlu	13	2012	Merkezi sistemden bireysel sisteme dönüştürülmüş bir binada ısıtma performansını sayısal analizinin yapılması.	1) Kayıpların merkezi sistemden bireysel sistem ısıtmaya geçişte, konut sahiplerinin tüm odalardaki radyatörleri kullanmaması nedeniyle, konutun en az %30-40 oranında diğer komşu mahalleri ısıtmaya çalışmakta olduğunu gözlemlemiştir. 2) Daha ekonomik olacağı öngörüsüyle bireysel ısıtmaya geçişin, kazanç sağlamanın aksine ilave kayıpların olduğu ısı konforunun düştüğü ve beklenen faydaların sağlanamadığı belirtmiştir.
Shetern	14	2013	Yazılım-donanım temelli yöntemle bireysel enerji ihtiyacının belirlenerek enerji temininin sağlandığı akıllı bir yöntemin geliştirilmesi.	Tüm bina tarafından tüketilen ısı enerjisinin maliyetini ölçme imkânına sahip olduğu ve tüketiciye hangi noktalarda tasarruf imkânı bulunduğu sunulduğu bir sistem geliştirilmiştir.
Cao	15	2014	Bölgesel (district) ısıtmada ve kişisel ısıtmada, konutlarda gerçekleştirilen ölçümlerin ve konut sakinlerinin memnuniyetleri üzerinden alınan cevapların analizi.	Çalışmanın, tasarımcı ve karar vericilerin sistem tercihinde bulunurken konut sakinlerinin istekleri ve enerji ihtiyacının birlikte değerlendirilmesi gerektiği konusunda referans olabileceğini ortaya koymuşlardır.
Martinopulos vd.	16	2016	Farklı ısıtma uygulamalarının (Elektrikli, gazlı, ısı pompalı) karşılaştırılması	Tüketim maliyeti açısından yapılan karşılaştırma sonucunda maliyet bakımından avantajlı uygulamanın iklim bölgesine göre farklılık gösterdiği sonucuna varılmıştır.
Mironov	17	2016	Bireysel ısıtma için ısı ihtiyacının hesaplanmasına yönelik bir yaklaşımın önerilmesi.	Ortaya çıkan ısıtma ihtiyacının, radyo dalgaları yardımıyla sisteme enerji girişinin sağlanabileceği gösterilmiştir.
Wang	18	2018	Isı pompası ile bölgesel (district) ısıtma ve doğal gazlı bireysel ısıtmanın karşılaştırılması.	Isı pompası ile bölgesel ısıtmanın doğal gazlı bireysel ısıtmadan daha ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır.

Tez konusu ile ilgili sunulan literatür özetinden de anlaşılacağı gibi merkezi ve bireysel ısıtma uygulamaları ile ilgili karşılaştırmalı çalışmalar 2000’li yılların başından bu yana yoğunluk kazanmıştır. Bu çalışmalar hem ulusal hem de uluslararası düzeyde yürütülmektedir. Yine buradaki literatür özetinde görülebileceği gibi, konu ile ilgili yürütülen çalışmaları kategorize edilebilmek mümkün olabilmektedir. Bu çerçevede çalışmaların; farklı ısıtma uygulamalarında tüketici eğilimlerinin toplam enerji kullanımı üzerine etkilerinin analiz edildiği çalışmalar ([2], [15]), farklı ısıtma uygulamaları için enerji analizleri ([9], [10], [11], [12]), merkezi sistemden bireysel sisteme dönüşüm sonrası yapılan karşılaştırma çalışmaları [13], farklı uygulamaların elektrikli (ısı pompası) ve doğal gazlı olması durumları için yapılan çalışmalar ([16], [18]) ve son olarak da yazılım-donanım temelli analizler ([14], [17]) şeklinde gruplandırılabilceği görülmüştür.

Tablo 1’de atıfta bulunulan çalışmalarda, ısıtma uygulamalarında artan yakıt ve teknoloji çeşitliliği nedeniyle, konu ile ilgili araştırma başlıklarının çeşitliliği de artmıştır. Benzer şekilde Türkiye gibi farklı iklim bölgelerine sahip ülkeler için yapılacak ısıtma ihtiyacı analizlerinde bu durumun da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu nedenle, Türkiye’deki farklı derece gün bölgeleri için aynı özelliklere sahip bir binanın ısı ihtiyacı hem merkezi hem de bireysel ısıtma ile ısıtılması durumları sayısal olarak incelenerek sonuçları karşılaştırılmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

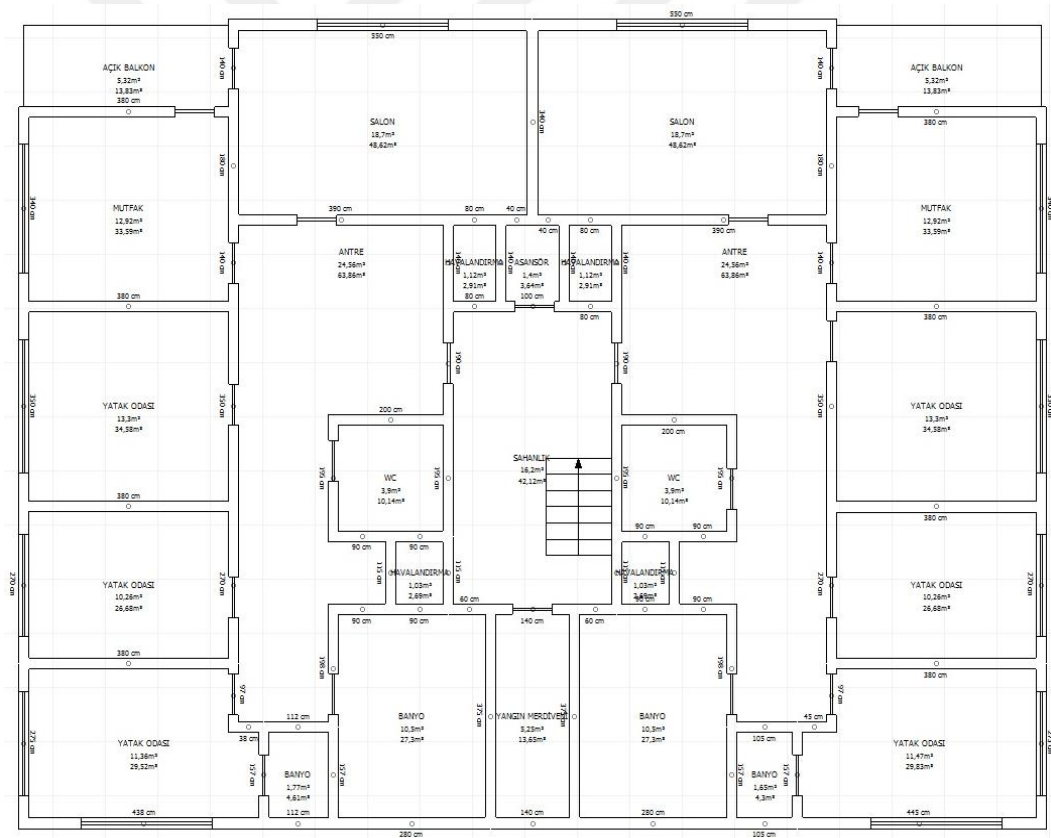
Amacı ve kapsamı genel bilgiler bölümünün 1. 2 alt başlığı içinde açıklanan bu tez çalışmasının gerekli hesaplamalarını gerçekleştirmek için vaziyet planı Şekil 3'te ve normal kat planı Şekil 4'te verilen bina seçilmiştir. Söz konusu apartman konutların (dairelerin) bina yapı bileşenleri ve çevre koşulları aynı kalacak şekilde hem merkezi hem de bireysel uygulamada doğal gaz yakıtı kullanıldığı kabul edilmiştir. Vaziyet ve kat planlarında da görüldüğü gibi bina, her birinde iki daire bulunan beş kattan oluşan dört yönü de açık bir binadır. Dairelerin her birinde üç adet yatak odası, salon, mutfak, tuvalet, banyo ve ebeveyn banyosu bulunmaktadır.

Hesaplamalar dört farklı derece gün bölgesi için TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kurallarına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplamalar kapsamında, özgül ısı kaybı, yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi, ısı kaybı hesabı, radyatör ve kazan hesapları ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bireysel uygulama (BU) ile merkezi uygulama (MU) karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar, 4 farklı derece-gün bölgesi için BU ve MU'ların Tablo 2'de gösterilen eşleşme durumları için yapılmıştır.

Tablo 2. BU ile MU'nın karşılaştırılma tiplerinin özeti

Eşleşme durumu	BU konutları	MU konutları
Eşleşme 1	Tüm birimler 19 °C	Tüm birimler 19 °C
Eşleşme 2	Salon 20 °C ve salon dışındaki birimler 15 °C	Tüm birimler 19 °C
Eşleşme 3	Salon 20 °C ve salon dışındaki birimler ısıtılmamakta	Tüm birimler 19 °C

Şekil 3. Bina vaziyet planı



Şekil 4. Dairelerin mimari planı

2.1. Özgöl Isı Kaybı Hesabı

TS 825'e göre özgöl ısı kaybı, bir binanın iç ve dış ortamları arasında 1 K sıcaklık farkı olması durumunda binanın dış kabuğundan iletim ve havalandırma yolu ile birim zamanda kaybolan ısı miktarıdır ve birimi W/K'dir. Bu durumda özgöl ısı kaybı, zamandan (aylardan) ve derece-gün bölgelerinden (konutun bulunduğu mekândan) bağımsız olan bir değerdir. Mevcut analiz kapsamında incelenecek olan BU'da bina içerisindeki bazı birimlerin tamamının ısıtılmaması söz konusu olacağından özgöl ısı kaybı bu durumlar için de ayrıca hesaplanacaktır. Bu kapsamda yapılan hesaplama ve analizlerde kullanılan sembol ve terimler yine TS 825'e göre ifade edilmiştir. Bina dış duvarı dört-derece gün bölgesi için de yalıtımlı kabul edilmiştir.

2.1.1. Binanın Özgöl Isı Kaybı Hesabı

Binanın özgöl ısı kaybı hesap çizelgesi Ek-Tablo 1'de, duvar, tavan ve tabanlarını oluşturan katmanların boyut ve ısı özellikleri içerecek şekilde verilmiştir. Binanın ısı kaybına maruz toplam dış duvar yüzey alanı 685 m², tavan ve taban alanları 255,75 m² ve cephelere bakan çift camlı pencerelerin toplam alanı 156 m²'dir. Tablo 3'te hesaplanan özgöl ısı kaybı değerleri, Eşleşme 1 seçeneğinde olduğu gibi binanın tamamının ısıtılması durumunda hem BU hem de MU için doğrudan kullanılacaktır.

Ek-Tablo 1'de binanın iletim ve taşınım yoluyla olan ısı kaybı $H_i = 716.084$ W/K olduğu görülmektedir. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı Denklem (2)'de,

$$H_h = 0,33\eta_h 0,8V_{brüt} \quad (2)$$

şeklinde verilmektedir. Burada binanın brüt hacmi $V_{brüt} = 3324,75$ m³ olup pencerelerin standartlara uygun olduğu kabul edilerek yerine yazılırsa $H_h = 702,1872$ W/K sonucu elde edilir. Buradan, toplam özgöl ısı kaybı değeri

$$H = H_h + H_i \quad (3)$$

1418,2712 W/K olarak elde edilir.

2.1.2. Salonun Özgöl Isı Kaybı Hesabı

Eşleşme 2 ve Eşleşme 3 seçeneklerinde BU durumu için binanın tamamının ısıtılmamış olması nedeniyle ilave özgöl ısı kaybı çizelgelerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla, Ek-Tablo 2’de görüldüğü gibi salon için özgöl ısı kaybı çizelgeleri oluşturulmuştur.

Binada bulunan salonların ısı taşınımına maruz dış duvar alanları $146,9 \text{ m}^2$, iç duvar alanları $283,4 \text{ m}^2$, taban ve tavan alanları ise $37,4 \text{ m}^2$ ’dir. Toplam pencere alanları ise 26 m^2 ’dir. Salon için toplam özgöl ısı kaybı, Deklem (2)’den $102,68544 \text{ W/K}$ olarak hesaplanan H_h ile Ek-Tablo 2’den elde edilen $130,86 \text{ W/K}$ H_i değerlerinin toplamı $H = 233,55407 \text{ W/K}$ olarak bulunmuştur.

2.1.3. Salon Dışındaki Birimlerin Özgöl Isı Kaybı Hesabı

Benzer şekilde salon dışındaki birimler için Ek-Tablo 3 oluşturulmuştur. Salon dışındaki birimlerin dış duvar alanları $517,1 \text{ m}^2$, taban ve tavan alanları $255,75 \text{ m}^2$ ve pencere alanları da 130 m^2 ’dir. Benzer şekilde burada da Deklem (2)’den $641,784 \text{ W/K}$ olarak hesaplanan H_h ile Tablo 5’ten elde edilen $587,20 \text{ W/K}$ H_i değerlerinin toplamı $H = 1228,984 \text{ W/K}$ olarak bulunmuştur.

2.2. Güneş Enerjisi Kazancı

Yıllık ısıtma enerjisi tablosu doldurulmadan önce aylık ortalama güneş enerjisi kazancının hesaplanması Denklem (4),

$$\varphi_i = r_{i,ay} g_{i,ay} I_{i,ay} A_i \quad (4)$$

ile hesaplanacaktır. Burada, $r_{i,ay}$, i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgeleme faktörüdür. Binanın etrafında çok katlı binalar olduğu varsayılarak, $r_{i,ay} = 0,5$ kabul edilmiştir. Saydam elemanların güneş enerjisini geçirme faktörü Denklem (5) ile,

$$g_{i,ay} = 0,8 g_{\rightarrow} \quad (5)$$

olarak verilmektedir. Burada çift cam kullanılmış olması nedeniyle de $g_{-}=0,75$ alınmıştır. Böylece, $g_{i,ay}=0,8*0,75=0,6$ olarak çıkmaktadır. Denklem (4)'te alan A_i her yönde bulunan pencere alanlarının toplamını göstermektedir. Kuzey ve güney cephelerinde 26 m^2 , doğu ve batı yönlerinde 52 m^2 cam bulunmaktadır. $I_{i,ay}$ ise bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışıınım şiddeti değeridir Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Tüm derece gün bölgeleri için ortalama aylık güneş ışıınım şiddeti değeri (W/m^2) [19]

Ay	$I_{güney}$	I_{kuzey}	$I_{doğu/batı}$
Ocak	72	26	43
Şubat	84	37	57
Mart	95	52	77
Nisan	83	66	90
Mayıs	92	79	114
Haziran	95	83	122
Temmuz	93	81	118
Ağustos	93	73	106
Eylül	89	57	81
Ekim	82	40	59
Kasım	67	27	41
Aralık	64	22	37

Örneğin; Ocak ayında toplam aylık güneş enerjisi kazancını hesaplamak için tüm cepheler için Denklem 3'e göre ayrı ayrı hesaplama yapılır.

$$\text{Güney; } \varphi_{ig} = r_{i,ay} g_{i,ay} I_{i,ay} A_i = 0,5 * 0,6 * 26 * 72 = 561,6 \text{ W}$$

$$\text{Kuzey; } \varphi_{ik} = r_{i,ay} g_{i,ay} I_{i,ay} A_i = 0,5 * 0,6 * 26 * 26 = 202,8 \text{ W}$$

$$\text{Doğu; } \varphi_{id} = r_{i,ay} g_{i,ay} I_{i,ay} A_i = 0,5 * 0,6 * 52 * 43 = 670,8 \text{ W}$$

$$\text{Batı; } \varphi_{ib} = r_{i,ay} g_{i,ay} I_{i,ay} A_i = 0,5 * 0,6 * 52 * 43 = 670,8 \text{ W}$$

Aylık güneş enerjisi kazancının hesaplanmasında, tüm cephelere göre güneş enerjisi kazancı hesaplandıktan sonra ortaya çıkan değerler toplanmış ve Tablo 4'te görüldüğü gibi sağdaki sütuna yazılmıştır.

Tablo 4. Toplam aylık güneş enerjisi kazancı tablosu (W)

Aylar	Güney	Kuzey	Doğu/Batı	φ_{toplam}
Ocak	561,6	202,8	670,8	2106
Şubat	655,2	288,6	889,2	2722,2
Mart	741	405,6	1201,2	3549
Nisan	647,4	514,8	1404	3970,2
Mayıs	717,6	616,2	1778,4	4890,6
Haziran	741	647,4	1903,2	5194,8
Temmuz	725,4	631,8	1840,8	5038,8
Ağustos	725,4	569,4	1653,6	4602
Eylül	694,2	444,6	1263,6	3666
Ekim	639,6	312	920,4	2792,4
Kasım	522,6	210,6	639,6	2012,4
Aralık	499,2	171,6	577,2	1825,2

2.3. Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması: Eşleşme 1

Özgül ısı kaybı ve enerji kazancı tabloları yardımıyla dört-derece gün bölgesi için aylara göre ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanarak Ek-Tablo 4, Ek-Tablo-Tablo 5, Ek-Tablo 6 ve Ek-Tablo 7 oluşturulmuştur. Bu başlık altında hesaplanan enerji ihtiyacı, Tablo 2'deki sınıflandırmadaki Eşleşme 1, yani hem BU hem de MU için binadaki tüm birimlerin 19 °C sıcaklıkta ısıtılması durumu için elde edilmiştir.

Tabloların ilk sütununa toplam özgül ısı kaybı, yani özgül ısı kaybı tablolarından hesaplanan ve üzerine Denklem (2) 'den hesaplanan havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kaybı eklenen değer yazılmıştır. Sıcaklık farkı sütununa, TS 825 hesaplamasında kullanılan daire içi 19 °C değeri ile TS 825 Ek-B2 tablosundan alınan dört derece gün bölgesi için aylık ortalama dış sıcaklık değerlerinin farkı yazılmıştır. Bu fark bütün eşleşmelerde aynı şekilde ele alınmıştır. Her bir ay için ısı kaybı bu iki sütunun çarpımından elde edilmiştir.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı binalarda iç kazançlar birim kullanım alanı başına en fazla 5 W/m² olarak alınır [19]. Mevcut çalışmada da analiz edilen binanın normal donanımlı bir bina olduğu düşünülürse,

$$\varphi_{i,ay} \leq 5A_n \quad (6)$$

olup buradaki A_n değeri bina kullanım alanıdır ve

$$A_n = 0,32V_{brüt} \quad (7)$$

denklemleri ile hesaplanmıştır.

$A_n = 0,32 \cdot 3324,75 = 1063,92 \text{ m}^2$ yerine koyularak $\varphi_{i,ay} = 5 \cdot 1063,92 \text{ m}^2 = 5319,6$ W bulunarak ve iç ısı kazancı sütununa yazılmıştır.

Daha önce Denklem (4) ile hesaplanmış olan güneş enerjisi kazançları da yazıldıktan sonra iç ısı kazancı ve güneş enerjisi kazançları toplanarak bulunan değer toplam sütununa yazılmıştır.

İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarının toplamının, ısıtma enerjisi ihtiyacının azaltılması açısından faydalı enerji olarak kabul edilmesi her zaman uygun olmaz. Çünkü ısı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. Bu yüzden aylık kazanç faktörü n_{ay} tabloda kullanılır.

Aylık kazanç faktörü n_{ay}

$$n_{ay} = 1 - e^{\left(-\frac{1}{KKO_{ay}}\right)} \quad (8)$$

denklemden hesap edilir. Denklemin hesaplanmasında kullanılan aylık kazanç kayıp oranı yani KKO toplam ısı kazançlarının toplam ısı kayıplarına oranıdır ve aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$KKO = \frac{\varphi_i - \varphi_g}{H(T_i - T_d)} \quad (9)$$

Bu denklemden bulunan değer n_{ay} aylık kazanç faktörü denkleminde yerine koyulur ve aylık kazanç faktörü hesap edilir.

Bu hesaplamalar yapıldıktan sonra Isıtma Enerjisi Gereksinimi sütununa geçilir. Bu sütunda aylık ısıtma enerjisini hesap etmek için toplam ısı kayıplarından, kazanç faktörü n_{ay} toplam ısı kazancı değerlerinin çarpımı çıkarılır ve çıkan değer kJ birimine çevrilir.

Her ay için hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyacı değerlerinin toplamından yıllık enerji ihtiyacı elde edilir ve bulunan değerler kJ birimindedir kWh birimine dönüştürülür;

$$Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \sum Q_{ay} \quad (10)$$

Bulunan bu değerin ardından her bölge için TS 825'den alınan her bölge için özelleştirilmiş kontrol denklemleriyle, bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi gereksiniminin, olması gereken en büyük ısı kaybı değerinin altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Bu özelleştirilmiş denklemler alt başlıkta detaylı olarak verilmiştir.

2.3.1. Binanın 1. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı

Tüm ayların enerji gereksinimleri hesaplandıktan sonra bunların toplamı alınarak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanmış olur. 1. Bölge için aylık ısıtma enerjisi gereksinimlerinin toplamı 81853834,03 kJ olarak hesaplanmış ve hesaplanan bu değerden

Denklem (10) ile yıllık ısıtma gereksinimi;

$0,278 \cdot 10^{-3} \cdot 81853834,03 = 22755,36586$ kWh olarak bulunur. Bu bina için olması gereken en büyük ısı kaybına göre uygunluk kontrolü yapılır [19].

Bu kontrol yapılırken kullanılacak denklemde binanın toplam alanı ve brüt hacmi göz önüne alınır yani aşağıda verilen kontrol denkleminde A toplam ısı kaybeden alanı, V ise brüt hacmi simgeler.

$$Q' = (14,92 \cdot A/V) + 5,56 \quad (11)$$

$$= (14,92 \cdot (841,1/3038,75) + 5,56) = 10,94 \text{ kWh/m}^3$$

$$Q = Q_{yıl}/V_{brüt} \quad (12)$$

$$= 22755,36586 / 3324,75 = 6,84423366 \text{ kWh/m}^3$$

$Q' > Q$ olduğundan; yani bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi gereksinimi, olması gereken en büyük ısı kaybı değerinin altında kaldığından, hesaplananın TS 825'te verilen hesap yöntemine uygun olduğu görülmüştür.

2.3.2. Binanın 2. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı

Yukarıda verilen denklemler benzer şekilde 2. Bölge için uygulanırsa;

$$Q_{yıl} = 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot 176806400,7 = 49152,1794 \text{ kWh}$$

$$Q = Q_{yıl}/V_{brüt} = 49152,1794/3324,75 = 14,7837219 \text{ kWh}/m^3$$

İkinci bölge için kontrol denklemi [19];

$$Q' = (2195 * A/V) + 10,34 \quad (13)$$

$Q' = 18,26294776 \text{ kWh}/m^3$; $Q' > Q$ olduğundan; TS 825'te verilen hesap yöntemine uygundur.

2.3.3. Binanın 3. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı

$$Q_{yıl} = 0,278 * 10^{-3} * 252053407,4 = 70070,84724 \text{ kWh}$$

$$Q = Q_{yıl}/V_{brüt} = 70070,84724/3324,75 = 21,07552365 \text{ kWh}/m^3$$

Üçüncü bölge için kontrol denklemi [19];

$$Q' = (21,74 * A/V) + 16,05 \quad (14)$$

$= 23,89714735 \text{ kWh}/m^3$; $Q' > Q$ olduğundan; TS 825'te verilen hesap yöntemine uygundur.

2.3.4. Binanın 4. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı

$$Q_{yıl} = 0,278 * 10^{-3} * 332806698,3 = 92520,26212 \text{ kWh}$$

$$Q = Q_{yıl}/V_{brüt} = 92520,26212/3324,75 = 27,82773505 \text{ kWh}/m^3$$

Dördüncü bölge için kontrol denklemi [19];

$$Q' = (26,5 * A/V) + 28,06 \quad (15)$$

$= 35,39497326 \text{ kWh}/m^3$; $Q' > Q$ olduğundan; TS 825'te verilen hesap yöntemine uygundur.

2.4. Yıllık Enerji İhtiyacının Hesaplanması: Eşleşme 2

Burada yapılan enerji ihtiyacı hesaplaması Tablo 2'deki Eşleşme 2 durumu için gerçekleştirilmiştir. Yani BU için salon 20 °C ve diğer odaların 15 °C'de, MU için tüm odalar 19 °C'de tutulmuştur. Bu durumda, farklı derece-gün bölgeleri için gerçekleştirilen enerji ihtiyacı BU için hesaplanmış olup MU için herhangi bir değişiklik olmayacaktır. Bu çerçevede tüm derece-gün bölgeleri için salonun enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Salonun ısı ihtiyacının hesaplanmasında 15 °C'de tutulan salon dışındaki birimler için de ısıtma yapılacağından bu birimler için de enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Salon ve salon dışındaki birimler için aylara göre ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanarak sırasıyla Ek-Tablo. 8, Ek-Tablo. 9, Ek-Tablo. 10, Ek-Tablo.11 ve Ek-Tablo.12, Ek-Tablo.13, Ek-Tablo.14, Ek-Tablo.15 sunulmuştur.

2.4.1. Salonun 1. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı

BU salonun 20 °C diğer odaların 15 °C'de tutulması durumunda yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı Ek-Tablo. 8'de verilmiştir. Burada salon için yıllık ısıtma enerjisi,

$$Q_{y1s} = 0,278 * 10^{-3} * 15558090,22\text{kJ} = 4325,149082 \text{ kWh}$$

olarak hesaplanmıştır. Diğer odalar için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ise

$$Q_{y1d} = 0,278 * 10^{-3} * 23510688,56\text{kJ} = 6535,97142 \text{ kWh}$$

olarak bulunur.

Bu iki değer toplamı salonların toplam brüt hacmi olan 486,2 m³ değerine bölünür.

$$Q_t = Q_{y1s} + Q_{y1d} \tag{16}$$

$$4325,149082 \text{ kWh} + 6535,97142 \text{ kWh} = 10861,1205 \text{ kWh}$$

Değeri bulunur.

Bulunan değer salonların toplam brüt hacmine bölünerek;

$$Q_{ti} = Q_t / V_{sbrüt} \quad (17)$$

$$10861,1205 \text{ kWh} / 486,2 \text{ m}^3 = 22,33879165 \text{ kWh/m}^3$$

Değeri bize salonların yıllık ısıtma ihtiyacı gereksinimi 1. Bölge özelinde verir.

2.4.2. Salonun 2. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı

$$Q_{yils} = 0,278 * 10^{-3} * 37128610,36 \text{ kJ} = 10321,75368 \text{ kWh} \quad (10)$$

$$Q_{yild} = 0,278 * 10^{-3} * 82697209,08 \text{ kJ} = 22989,82412 \text{ kWh} \quad (10)$$

$$Q_t = Q_{yils} + Q_{yild} = 10321,75368 \text{ kWh} + 22989,82412 \text{ kWh} \\ = 33311,5778 \text{ kWh} \quad (18)$$

$$Q = 33311,5778 \text{ kWh} / 486,2 \text{ m}^3 = 68,51414604 \text{ kWh/m}^3 \quad (19)$$

2.4.3. Salonun 3. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı

$$Q_{yils} = 0,278 * 10^{-3} * 52073953,49 \text{ kJ} = 14476,55907 \text{ kWh} \quad (10)$$

$$Q_{yild} = 0,278 * 10^{-3} * 137556220,9 \text{ kJ} = 38240,6294 \text{ kWh} \quad (10)$$

$$Q_t = Q_{yils} + Q_{yild} = 14476,55907 \text{ kWh} + 38240,6294 \text{ kWh} = 52717,18847 \text{ kWh} \quad (20)$$

$$Q = 52717,18847 \text{ kWh} / 486,2 \text{ m}^3 = 108,4269611 \text{ kWh/m}^3 \quad (21)$$

Değeri 3. Bölge için bulunmuş olur.

2.4.4. Salonun 4. Derece-Gün Bölgesi İçin Enerji İhtiyacı

$$Q_{yils} = 0,278 * 10^{-3} * 63493625,86 \text{ kJ} = 17651,22799 \text{ kWh} \quad (10)$$

$$Q_{yld} = 0,278 * 10^{-3} * 438303075,3 \text{ kJ} = 121848,2549 \text{ kWh} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} Q_t &= Q_{yils} + Q_{yld} = 17651,22799 \text{ kWh} + 121848,2549 \text{ kWh} \\ &= 139499,4829 \text{ kWh} \end{aligned} \quad (22)$$

$$Q = 139499,4829 \text{ kWh} / 486,2 \text{ m}^3 = 286,9178999 \text{ kWh/m}^3 \quad (23)$$

değeri 4.Bölge için bulunmuş olur.

2.5. Yıllık Enerji İhtiyacının Hesaplanması: Eşleşme 3

Bireysel ısıtma sisteminde dairelerde bulunan odalardan sadece salonu 20 °C sıcaklıkta tutularak, diğer odaların hiç ısıtılmadığı kabulüyle (ısıtılmayan odaların sıcaklığı dış ortam sıcaklığı kabul edilmiştir), odaların tamamının 19 °C derecede ısıtıldığı merkezi sisteme oranla bireysel sistemin ısı ihtiyacı da incelenmiştir. Bu incelemede sadece salonun yıllık ısı ihtiyacı tablolarından yani Ek-Tablo. 8, Ek-Tablo. 9, Ek-Tablo. 10 ve Ek-Tablo.11'den yararlanılmıştır. Bu tablolardan alınan bilgilerle Q_{yils} değeri her bölge için bulunmuştu. Bulunan bu değerler binadaki tüm salonların toplam brüt hacmine bölünerek Q değeri elde edilir ve sadece salonu 20 °C sıcaklıkta tutup diğer odaları ısıtmama durumunda ihtiyaç duyulacak ısı miktarı belirlenir.

2.6. Radyatör ve Kazan Seçimi

Isı kayıpları dört gün derece bölgesine ve katlara göre hesaplanmıştır. Paket Excel programı yardımıyla tüm odaların ısı kaybına göre radyatör ölçüleri tespit edilmiş ve bulunan ısı kaybı değeri ile kazan kapasitesi hesaplanmıştır.

Tablo 5. Bölgelere göre binanın toplam ısı kaybı (kcal/h)

Bölge	kcal/h
1. Bölge	90342,72
2. Bölge	100380,8
3. Bölge	109890,6
4. Bölge	129438,4

Bulunan radyatör değerleri ile yapılan kazan hesabının sonucunda

$$Q_k = Q_h * (1 + Z_R) \quad (24)$$

denklemleri ile merkezi sistemler için kazanlar belirlenmiştir

Tablo 6. Kazan kapasiteleri

Bölgeler	Kazan Kapasitesi (kcal/h)
1. Bölge	$Q_k = (90342,72 * (1 + 0,05)) = 94859,856$
2. Bölge	$Q_k = (100380,8 * (1 + 0,05)) = 105399,84$
3. Bölge	$Q_k = (109890,61 * (1 + 0,05)) = 111211,36$
4. Bölge	$Q_k = (129438,4 * (1 + 0,05)) = 135910,32$

1. Bölge için 100 kW, diğer bölgeler için 150 kW kazanlar sisteme eklenmiştir. Bireysel sistemde tüm bölgelerde kombi olarak, 24 kW'lık tam yoğunmalı kombi kullanılmıştır.

Merkezi ısıtmada kullanılacak kazanların tam yükte verimi %93,9 olarak kataloglardan alınmıştır [20]. Bireysel ısıtmada kullanılan kombinin de tam yükte verimi yine ürün kataloğundan %97,5 olarak alınmıştır [21].

2.6. Farklı Uygulamalar İçin Yakıt Tüketimi

Analize konu olan binaya ait yakıt tüketimi, BU ve MU için karşılaştırmalı olarak farklı derece-gün bölgelerine göre aylık olarak Eşleşme 1 için Ek-Tablo 16, Ek-Tablo 17, Ek-Tablo 18 ve Ek-Tablo 19; Eşleşme 2 için Ek-Tablo 20, Ek-Tablo 21, Ek-Tablo 22 ve Ek-Tablo 23; Eşleşme 3 için Ek-Tablo 24, Ek-Tablo 25, Ek-Tablo 26 ve Ek-Tablo 27'de verilmiştir. İlgili tablolardaki yakıt (gaz) tüketimi Ba Denklem (16) ile,

$$Ba = \frac{Qa}{\eta_k \cdot Hu} \quad (25)$$

şeklinde verilmektedir [22]. Burada yakıtın alt ısı değeri Hu doğalgaz için $Hu = 34485 \text{ kJ/m}^3$ alınmıştır [23].

2.7. Farklı Uygulamalar İçin İlk yatırım Maliyeti

Bölge olarak ve sistem bazlı analiz edilen ilk yatırım maliyetleri Ek-Tablo 28, Ek Tablo 29 ve 30’da verilmiştir. Ek-Tablo 28 ve Ek Tablo 29’da 1 ve 2. bölgelerde merkezi sistem uygulamalarında, ilk yatırım maliyeti ortaya koyulmuştur. Diğer iki bölgenin merkezi sistem ilk yatırım maliyeti hesaplamasında sadece radyatör ölçüleri farklı olduğu için tablo halinde koyulmamıştır. Üçüncü ve dördüncü bölgelerin merkezi sistem kurulumunda, sırasıyla ilk yatırım maliyetleri 313410 TL ve 327270 TL’dir.

Bireysel uygulamada benzer şekilde her bölgelerde aynı kombi ve tesisat yapılacağı için tek fark radyatör ölçüsüdür. Bu farktan oluşan maliyetten dolayı soğuk bölgelerde ilk yatırım maliyeti daha yüksektir. 1.Bölgenin bireysel uygulamada ilk yatırım maliyeti Ek-Tablo 30’da verilmiştir, 2.,3. ve 4.Bölgelerin ise bireysel ısınma da ilk yatırım maliyetleri sırasıyla 286700 TL, 295500 TL ve 313100 TL’dir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

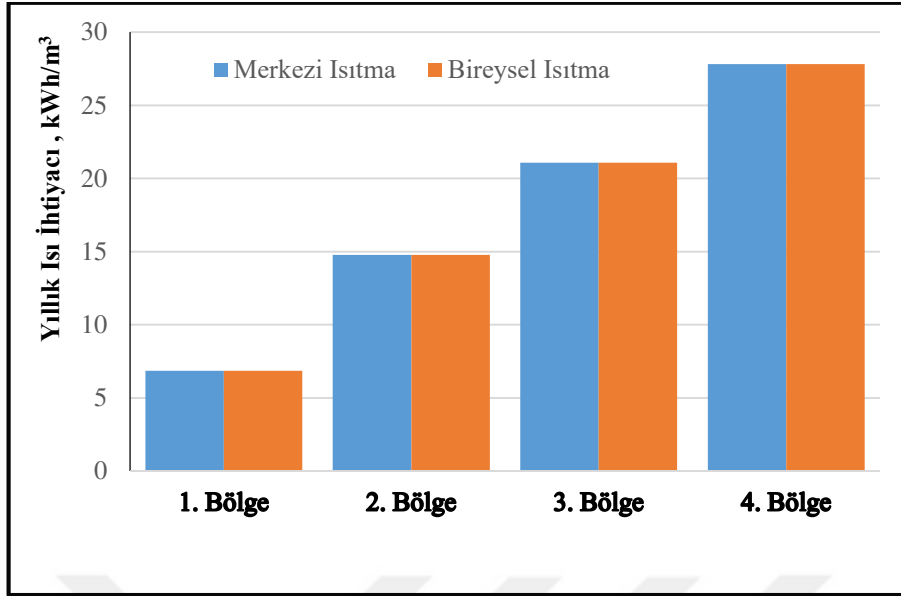
Yapılan çalışmalarda, bina ve birimler için özgül ısı kaybı tabloları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu tablolar kullanılarak farklı derece-gün bölgeleri ve farklı eşleşme durumları için ısı ihtiyacı ve yakıt tüketimleri hesaplanarak tablolar halinde sunulmuştur. Daha sonra da ilgili durumların ilk yatırım maliyetleri hesaplanmıştır.

3.1. Farklı Uygulamalar İçin Isı İhtiyacının Karşılaştırması

Gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda elde edilen bulgular yardımı ile BU ve MU için ortaya çıkan ısı ihtiyacı üç ayrı eşleştirme durumu için karşılaştırılmıştır. Eşleştirme 1 durumu için karşılaştırma Tablo 7’de ve Şekil 5’te sunulmuştur. Her DGB için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtılacak hacme bölünerek birim hacim başına ısıtma enerjisi ortaya çıkmıştır. Bu eşleşme durumunda, yani tüm hacimlerin aynı sıcaklıkta tutulması için ihtiyaç duyulan enerjinin uygulamadan (BU ve MU) bağımsız olduğu görülmektedir.

Tablo 7. Eşleşme 1 durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

DGB	Q_{BU} , (kWh)	Q_{MU} , (kWh)	$\dot{Q}_{BU}$, (kWh/m ³)	$\dot{Q}_{MU}$, (kWh/m ³)
1	22755,36	22755,36	6,84	6,84
2	49152,17	49152,17	14,78	14,78
3	70070,84	70070,84	21,07	21,07
4	92520,26	92520,26	27,82	27,82



Şekil 5. Eşleşme 1 durumu için DGB'ye göre ısı ihtiyaçları

Eşleşme 2 durumu için de benzer tablo ve grafikler oluşturulmuştur. Burada, Eşleşme 1 durumundan farklı olarak BU'da birim hacim başına ısıtma enerjisinin hesaplanması iki farklı yaklaşımla elde edilmiş olup bunlar; toplam ısı ihtiyacının salonların toplam brüt hacmine bölünmesi (Eşleşme 2/I) ve yine toplam ısı ihtiyacının toplam hacme bölünmesi (Eşleşme 2/II) ile elde edilen ısı ihtiyacıdır. Tablo 8 ve Şekil 6 Eşleşme 2/I durumu için, Tablo 9 ve Şekil 7 Eşleşme 2/II durumu için oluşturulmuştur.

Burada görüldüğü gibi, Eşleşme 2/I durumunda, yani BU için ısı ihtiyacı salonların toplam brüt hacmine oranlanarak değerlendirme yapıldığında BU'daki ısıtma enerjisi ihtiyacı MU'ya göre DGB'ne bağlı olarak değişik oranlarda artmaktadır. Bu artış 1.DGB'den 4.DGG'ye doğru sırasıyla 3 ile 10 kata varan değerler almaktadır. Bunun durum, MU'nın her durumda avantajlı, soğuk iklim bölgelerine doğru gidildikçe çok daha avantajlı olduğu anlamına gelmektedir.

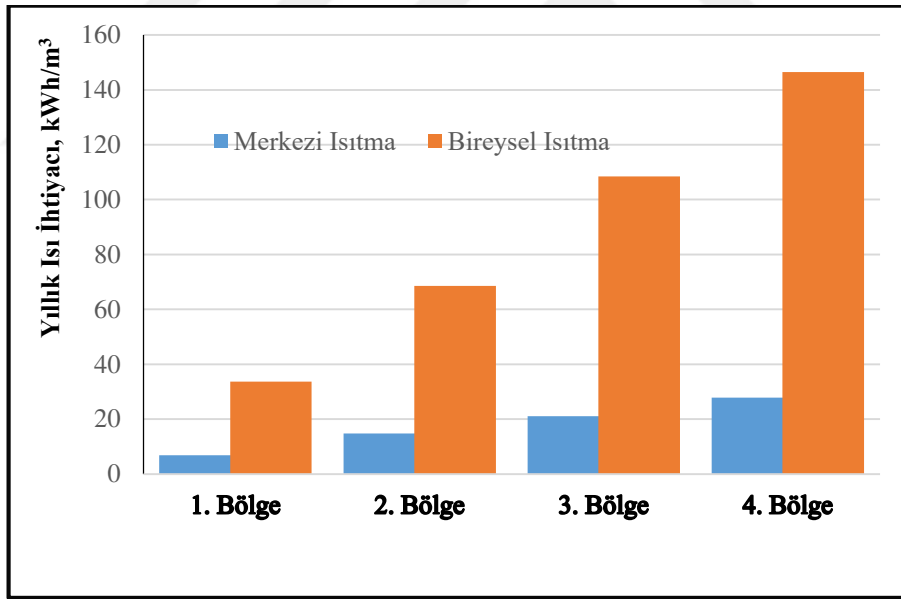
Eşleşme 2/II durumu ile ilgili tablo ve grafikler incelendiğinde farklı bir eğilimin ortaya çıktığı görülmektedir. Eşleşme 2 durumundaki BU'da salon dışındaki birimler de ısıtıldığından yola çıkılarak, salonun birim hacmine karşılık gelen ısı ihtiyacı, toplam ihtiyacın toplam hacme bölünmesi şeklinde de hesaplanarak gösterilmiştir. Bu şekilde değerlendirildiğinde BU'nın her bölgelerde daha avantajlı olduğu ortaya çıkmaktadır. Böylece, Eşleşme 2/II durumunda BU'da salonun 20 C°'de ve diğer odaların 15 C°'de

tutulması MU'da tüm birimlerin 19 C°'de tutulmasına göre daha avantajlı olduğu sonucuna varılır.

Eşleşme 2 durumu genel olarak şu şekilde değerlendirilebilir: birim hacim başına enerji ihtiyacı ile ilgili iki farklı yaklaşımdan bağımsız olarak net ihtiyacın BU'da daha düşük olduğu açıktır. BU'nın MU'ya göre bu avantajının soğuk bölgeden sıcak bölgelere doğru azaldığı görülmektedir. Örneğin bu avantaj 1.DGB'de %28 iken 4.DGB'de %23'e düşmektedir.

Tablo 8. Eşleşme 2/I durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

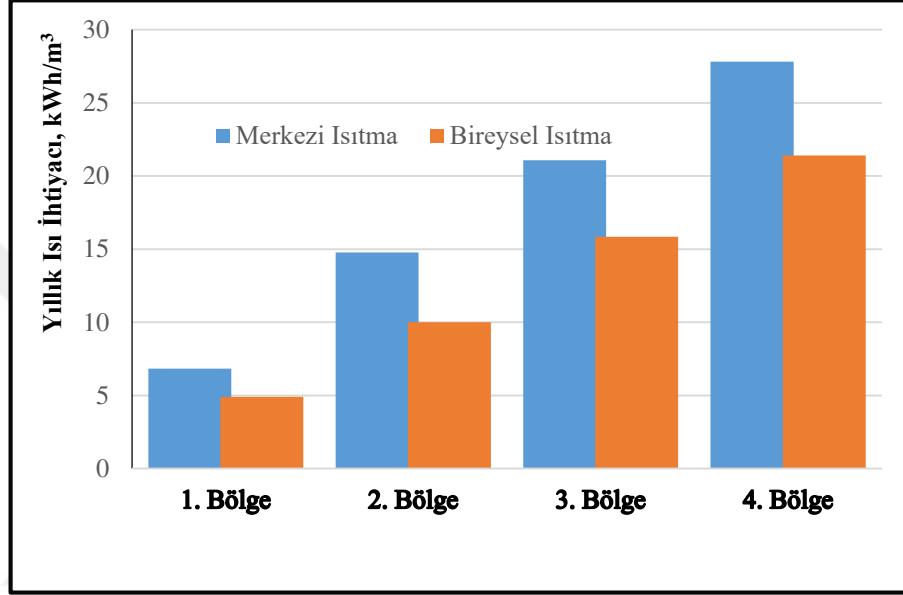
DGB	Q _{BU} , (kWh)	Q _{MU} , (kWh)	Q̇ _{BU} , (kWh/m ³)	Q̇ _{MU} , (kWh/m ³)
1	16353,63	22755,36	33,63	6,84
2	33311,57	49152,17	68,51	14,78
3	52717,19	70070,84	108,42	21,07
4	71200,45	92520,26	146,44	27,82



Şekil 6. Eşleşme 2/I durumu için DGB'ye göre ısı ihtiyaçları

Tablo 9. Eşleşme 2/II durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

DGB	Q_{BU} , (kWh)	Q_{MU} , (kWh)	$\dot{Q}_{BU}$, (kWh/m ³)	$\dot{Q}_{MU}$, (kWh/m ³)
1	16353,63	22755,36	4,91	6,84
2	33311,57	49152,17	10,01	14,78
3	52717,19	70070,84	15,85	21,07
4	71200,45	92520,26	21,41	27,82

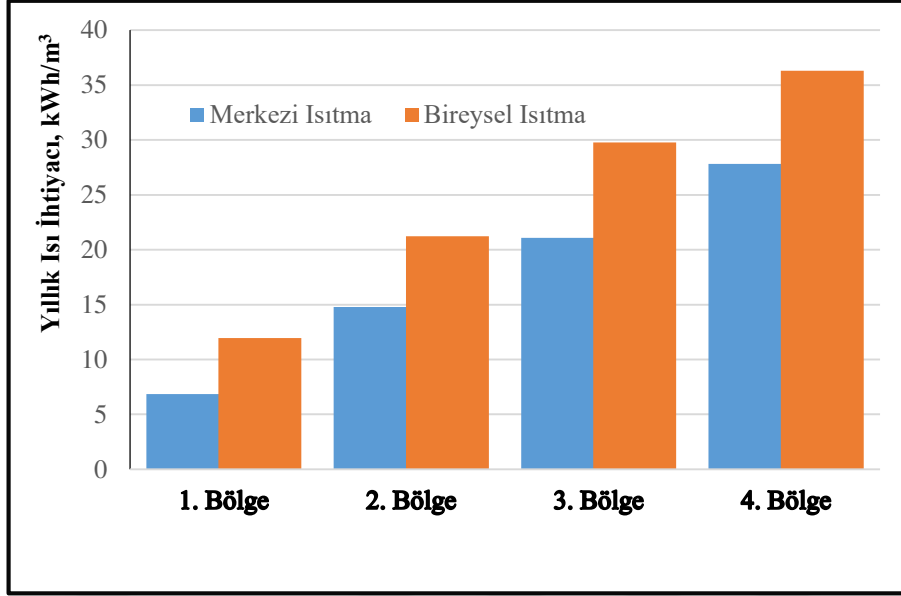


Şekil 7. Eşleşme 2/II durumu için DGB'ye göre ısı ihtiyaçları

Eşleşme 3 durumu için oluşturulan Tablo 10 ve Şekil 7'deki grafikten, BU'da ısı ihtiyacının MU'ya göre tüm DGB için daha yüksek olduğu görülmektedir. Burada görüldüğü gibi, BU'nın MU'ya göre artış oranının 1. ve 4. bölgede %30, 2. ve 3. bölgede %40 civarındadır.

Tablo 10. Eşleşme 3 durumu için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

DGB	Q_{BU} , (kWh)	Q_{MU} , (kWh)	$\dot{Q}_{BU}$, (kWh/m ³)	$\dot{Q}_{MU}$, (kWh/m ³)
1	5819,44	22755,36	11,96	6,84
2	10321,75	49152,17	21,23	14,78
3	14476,55	70070,84	29,77	21,07
4	17651,22	92520,26	36,30	27,82



Şekil 8. Eşleşme 3 durumu için DGB'ye göre ısı ihtiyaçları

Farklı uygulamalar için ısı ihtiyaçları toplu olarak değerlendirildiğinde kayda değer bulguların ortaya çıktığı görülmektedir. Yıllık ısı ihtiyacı bakımından Eşleşme 1 durumunun uygulama biçiminden bağımsız olduğu; Eşleşme 2/I durumunun MU'nın BU'ya göre her bölgede daha avantajlı, Eşleşme 2/II durumunda ise MU'nın BU'ya göre her bölgede dezavantajlı olduğu ve Eşleşme 3 durumunun BU'nın MU'ya göre tüm bölgelerde dezavantajlı olduğu görülmektedir.

3.2. Farklı Uygulamalar İçin Yakıt Tüketiminin Karşılaştırması

Burada da benzer şekilde farklı uygulamalar için yakıt tüketiminin karşılaştırılması yapılacaktır. Eşleşme 1 durumunda yıllık yakıt tüketimi Tablo 11 ve Şekil 9'da BU ve MU'da m³ cinsinden farklı DGB'ler için sunulmuştur. Her iki sunumdan da MU'da yıllık yakıt tüketiminin daha yüksek olduğu görülmektedir. Yıllık yakıt tüketiminde MU' gözlenen bu farkın %3,69 olarak tüm DGB'ler için sabit olduğu görülmektedir. Tablo7 ve Şekil 5'ten her iki uygulama durumu için ısı ihtiyacı aynı olmasına rağmen yakıt tüketiminin MU'da %3,69 daha yüksek çıkması, bireysel kombi veriminin merkezi kazan verimine göre farkın yüzdesi ile aynı değerde yani %3,69 olmasından kaynaklanmaktadır.

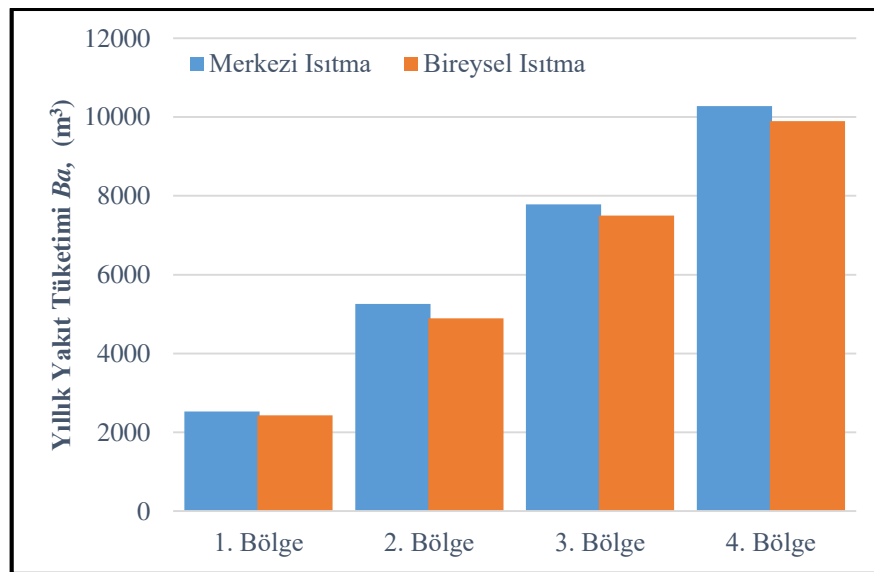
Eşleşme 2 durumunda yıllık yakıt tüketimi Tablo 12 ve Şekil 10'da BU ve MU'da m³ cinsinden farklı DGB'ler için sunulmuştur. MU'daki yıllık yakıt tüketiminin BU'ya göre

tüm DGB için daha yüksek olduğu ve Eşleşme 1'e göre aradaki farkın daha da yükseldiği görülmektedir. MU'nın BU'ya göre artış yüzdesinin burada da bireysel kombi veriminin merkezi kazan verimine göre yüksek olması ve BU'da diğer odaların sıcaklık derecelerinin düşürülmesinin etkisi görülmektedir. MU'da yakıt tüketimi 1. Bölgede %30, 2. Bölgede %32,72, 3. Bölgede %27 ve 4. Bölgede %25 oranında BU'ya göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Eşleşme 3 durumunda yıllık yakıt tüketimi Tablo 13 ve Şekil 11'da BU ve MU'da m³ cinsinden farklı DGB'ler için sunulmuştur. MU'daki yıllık yakıt tüketiminin BU'ya göre tüm DGB için daha yüksek olduğu görülmektedir. Benzer şekilde burada da MU'nın BU'ya göre artış yüzdesinin burada da bireysel kombi veriminin merkezi kazan verimine göre yüksek olması ve BU'da diğer odaların ısıtılmaması etkisi görülmektedir. MU'da yakıt tüketimi 1. Bölgede %75,37, 2. Bölgede %79, 3. Bölgede %80 ve 4. Bölgede %81,62 oranında BU'ya göre daha fazla yakıt tüketileceği tespit edilmiştir.

Tablo 11. Eşleşme 1 durumu için yıllık yakıt tüketimleri

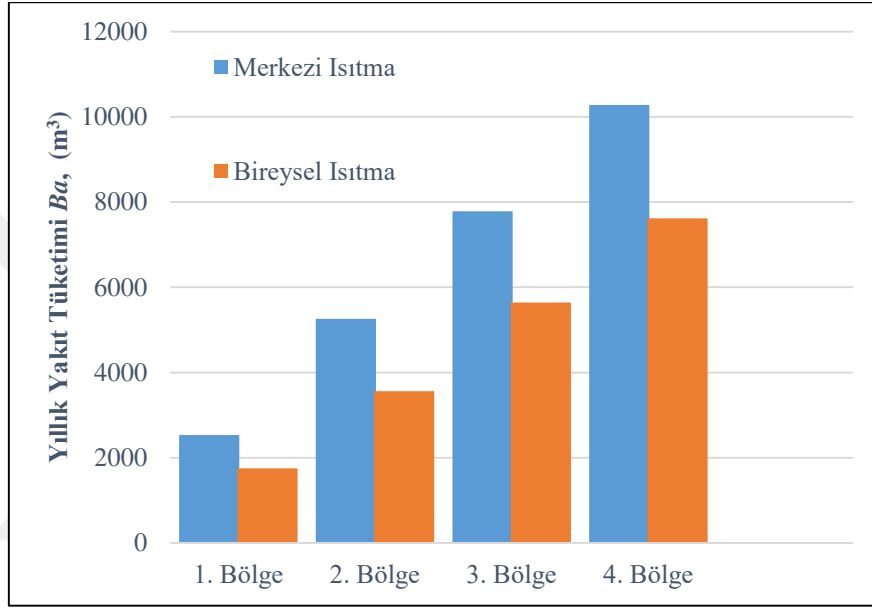
DGB	Ba_{BU} (m ³)	Ba_{MU} (m ³)
1	2434,46	2527,80
2	4891,123	5258,515
3	7496,48	7783,89
4	9898,22	10277,71



Şekil 9. Eşleşme 1 durumu için yıllık yakıt tüketimi karşılaştırması

Tablo 12. Eşleşme 2 durumu için yıllık yakıt tüketimleri

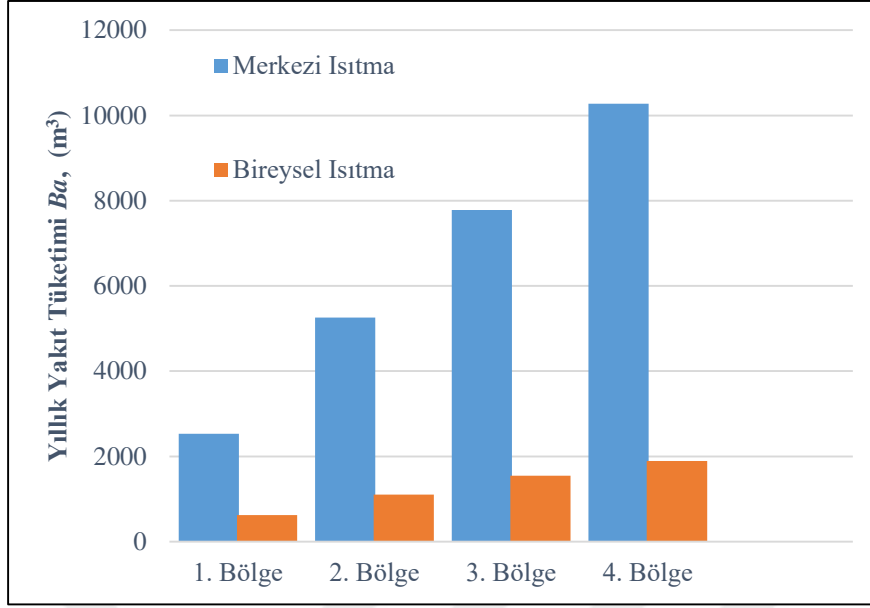
DGB	$Ba_{BU} (m^3)$	$Ba_{MU} (m^3)$
1	1749,583	2527,80
2	3563,82	5258,515
3	5639,92	7783,89
4	7616,939	10277,71



Şekil 10. Eşleşme 2 durumu için yıllık yakıt tüketimi karşılaştırması

Tablo 13. Eşleşme 3 durumu için yıllık yakıt tüketimleri

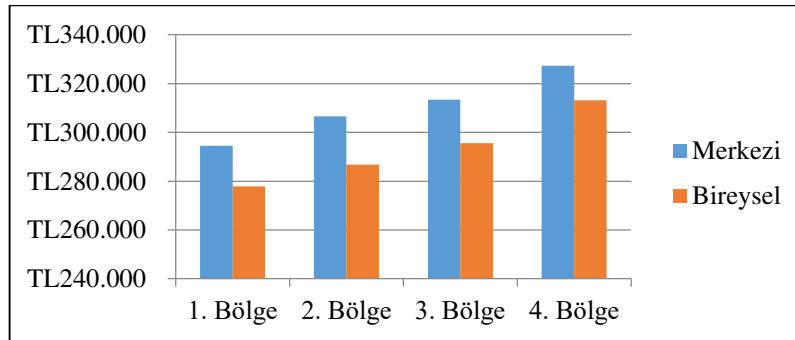
DGB	$Ba_{BU} (m^3)$	$Ba_{MU} (m^3)$
1	622,5892	2527,80
2	1104,26	5258,515
3	1548,77	7783,89
4	1888,41	10277,71



Şekil 11. Eşleşme 3 durumu için yıllık yakıt tüketimi karşılaştırması

3.3. Farklı Uygulamalar İçin İlk Yatırım Maliyetinin Karşılaştırması

Bölge ve sistem üzerine analiz edilen ilk yatırım maliyetleri sonucunda Ek-Tablo 28, EK-Tablo 29 ve Ek-Tablo 30 oluşturulmuştur. Bu tablolardan yararlanılarak elde edilen ilk yatırım maliyeti grafiği Şekil 12’de verilmiştir. Bu grafikten, MU’daki ilk yatırım maliyetleri BU’ya göre, 1. Bölgede %5, 2.Bölgede %6,93, %5,71 ve 4.Bölgede %4,32 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ortalama fark %5,5 civarındadır.



Şekil 12. İlk yatırım maliyetleri

3.4. Bireysel ve Merkezi Uygulamalar İçin Teorik Isı İhtiyacı

BU ile MU için gerekli ısı ihtiyaçlarının karşılaştırılması BU'daki farklı durumlara göre analiz edilmiştir. BU'da, MU'da olduğu gibi dairelerdeki tüm birimlerin ısıtılması, salonun ısıtılıp diğer birimlerin daha düşük sıcaklıkta tutulması veya hiç ısıtılmaması söz konusu olabilmektedir. Bu durumlar Tablo 2'de eşleşme durumları olarak özetlenmiştir. Bu bölümde, ısıtma projesi hesaplarından elde edilen sonuçların tutarlılığını değerlendirmek amacı ile eşleşme durumlarını temsil edecek şekilde tek konut için yapılmıştır.

Buna göre konut için BU'da ısı ihtiyacı,

$$q_B = U\Delta T_1 + UA_2\Delta T_2 \quad (26)$$

denklemleri ile ifade edilir. Bu denklemlerdeki ilk terim salonun, ikinci terim salon dışındaki birimlerin dışarıya olan ısı kaybını ifade etmektedir. Böylece, q_B kadar ısısalın salon ve salon dışındaki birimlere sağlanması gerekir ve bu değer ısı ihtiyacına karşılık gelmektedir.

Diğer taraftan MU için ısı ihtiyacı,

$$q_M = UA\Delta T \quad (27)$$

olacaktır. BU'daki ısı ihtiyacının MU'daki ısı ihtiyacına oranı,

$$q^* = \frac{q_B}{q_M} \quad (28)$$

şeklinde yerine yazılırsa;

$$q^* = \frac{A_1}{A} \frac{\Delta T_1}{\Delta T} + \frac{A_2}{A} \frac{\Delta T_2}{\Delta T} \quad (29)$$

elde edilir. Boyutsuz alan ve fark sıcaklıklar

$$A_1^* = \frac{A_1}{A} \quad (30)$$

$$A_2^* = \frac{A_2}{A} \quad (31)$$

$$\Delta T_1^* = \frac{\Delta T_1}{\Delta T} \quad (32)$$

$$\Delta T_2^* = \frac{\Delta T_2}{\Delta T} \quad (33)$$

olarak tanımlanırsa enerjinin korunumu için boyutsuz denklem şu şekildedir;

$$q^* = A_1^* \Delta T_1^* + A_2^* \Delta T_2^* \quad (34)$$

ayrıca,

$$A_1^* + A_2^* = 1 \quad (35)$$

olacağından,

$$A_2^* = 1 - A_1^* \quad (36)$$

olur. Enerjinin korunumunda yerine yazılırsa;

$$q^* = A_1^* \Delta T_1^* + (1 - A_1^*) \Delta T_2^* \quad (37)$$

Eşleşme 1 durumunda $\Delta T_1 = \Delta T_2$ olacağından $q^* = 1$ elde edilir.

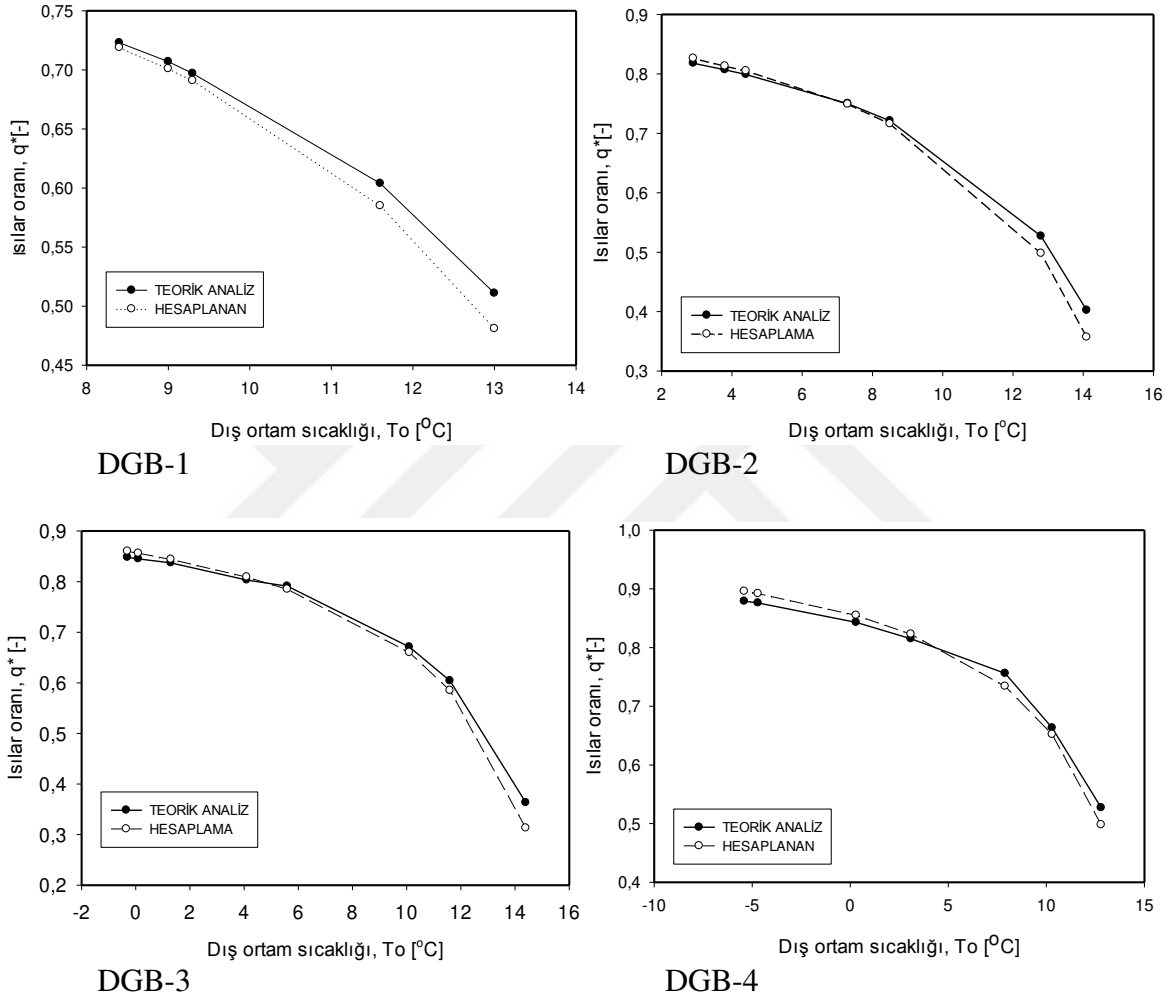
Eşleşme 3 durumunda $\Delta T_2 = 0$ olur ve buradan da;

$$q^* = A_1^* \Delta T_1^* + q_{iç}^* \quad (38)$$

olacaktır. Buradaki $q_{iç}^*$ salondan diğer birimlere olan boyutsuz ısı kaybıdır.

Eşleşme 2 durumunda 4 farklı DGB için dış ortam sıcaklığı ile boyutsuz parametre q^* 'nin değişimi Şekil 13'teki grafiklerde verilmiştir. DGB'lerinden bağımsız olarak artan dış ortam sıcaklığı ile boyutsuz q^* parametresinin küçüldüğü, yani BU'nın MU'ya olan avantajının arttığı görülmektedir. Aynı zamanda tüm dış ortam sıcaklıklarında boyutsuz parametre $q^* < 1$ olduğundan BU için ısı ihtiyacı her durumda MU'ya göre daha az

olmaktadır. q^* ile To arasındaki bu genel eğilim grafiklerden de görüleceği gibi birinci yasa analizi sonuçları ve hesaplanan değerlerle aynıdır. Aradaki farkın hem DGB'ye hem de To 'a bağlı olarak farklılıklar gösterdiği izlenmektedir. Bu farklılıkların, birinci yasa analizinde iç ısı ve güneş enerjisi kazancı gibi ayrıntıların hesaba alınmamış olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 13. Eşleşme 2 durumunda farklı DGB için q^* parametresinin dış ortam sıcaklığı ile değişimi

4. SONUÇLAR

Konutlarda doğalgaz yakıcılı merkezi ve bireysel uygulamalar için örnek bir bina üzerinde ısı ihtiyacı analizi gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

1. Konuttaki tüm birimlerin 19 °C’de tutulması durumunda ısı ihtiyacının her iki uygulamada da aynı olduğu; yakıt tüketimi açısından ise BU’nın %3,4 daha avantajlı olduğu ve bu değerin kombi verimi ile merkezi kazan verimi arasındaki fark kadar olduğu görülmektedir.
2. Salonun 20 °C’de, diğer odaların 15 °C’de tutulduğu durumda birim hacim başına ısı ihtiyacı, BU için salon hacmi esas alındığında MU’nın avantajlı, soğuk DGB’lerde ise daha avantajlı, yine BU için toplam hacim esas alındığında BU’nın avantajlı; yakıt tüketimi açısından ise BU’nın her durumda avantajlı olduğu görülmektedir.
3. Salonun 20 °C’de tutulduğu, diğer birimlerin ısıtılmadığı durumda ısıtılan birim hacim başına ısı ihtiyacı açısından tüm DGB’lerde MU’nın avantajlı; yakıt tüketimi açısından ise BU’nın avantajlı olduğu görülmektedir.
4. Salonun 20 °C’de, diğer odaların 15 °C’de tutulması durumu için yapılan teorik ısı ihtiyacı analizinde, hesaplamada da olduğu gibi BU’nın her durumda ısı ihtiyacı açısından avantajlı olduğu ve bu avantajın soğuk DGB’lere doğru azaldığı görülmektedir.

5. ÖNERİLER

Çalışma bulgularından elde edilen deneyimler çerçevesinde aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur.

1. Mevcut çalışma, daire girişlerine yerleştirilecek ısı sayaçları yardımı ile ölçümler alınarak gerçekleştirilecek deneylerle kapsamlı projeye genişletilebilir.
2. Mevcut çalışma, katlarda ısıtılan ve ısıtılmayan birimlerin farklı düzenlerde konumlandırılmasıyla konutun tavandan ve döşemeden gerçekleşecek ısı kayıplarını da hesaba katılacağı daha genel bir çalışmaya genişletilebilir.
3. Öneri 2'deki genelleştirilmiş durum için bir program/yazılım (Excel tabanlı veya diğer) geliştirilebilir.

6. KAYNAKLAR

1. https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/6_dunyadaveturkiyede.pdf Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi. 8 Kasım 2021.
2. Öz, M., Konutlarda Enerji Kullanım Eğilimleri ve Tüketime Çevre Faktörleri ile İlişkisi, Bursa Örneği, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan 2011, İzmir, Bildiriler Kitabı I: 33-46.
3. https://www.izgaz.com.tr/tr/evsel/merkezi-sistem-isinma/neden_dogalgaz Neden Doğal gazlı Merkezi Isınma Sistemi. 29 Kasım 2021.
4. An, N., Turp, T., Akbaş, A., Öztürk, Ö ve Kurnaz, L., Türkiyenin Değişen İkliminde Isıtma ve Soğutma Gün Derecelerinin Gelecek Projeksiyonları, Marmara Fen Bilimleri Dergisi, 3, 2018, 227-240.
5. Sensoy, S., Sağır, R., Eken, M. ve Ulupınar, Y., Meteoroloji Genel Müdürlüğü, https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/isitma_sogutma.pdf 6 Şubat 2022.
6. <https://www.baymak.com.tr/neden-tam-yogusmali-kombi-almaliyim> Neden Tam Yoğuşmalı Kombi Almalıyım?. 22 Aralık 2021.
7. <https://www.daikin.com.tr/daikin-yeni-yonetmelik-nisanda-yururluge-girecek--hermetik-kombiler-artik-uretilmeyecek?id=5003> Yeni Yönetmelik Nisan'da Yürürlüğe Girecek, Hermetik Kombiler Artık Üretilmeyecek. 23 Aralık 2021.
8. <https://carisa.com.tr/kalorifer-ve-radyator-dunyasina-kisa-bir-yolculuk/> Kalorifer ve Radyatör Dünyasına Bir Yolculuk. 10 Kasım 2021.
9. Demir, A., Isı Sayaçlı Merkezi Isıtma Sistemi ile Bireysel Isıtma Sisteminin Teknik ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2000.
10. Acarkan, B., Bireysel ve Merkezi Isıtma Sistemlerinde Verimlilik ve Ekonomiklik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.
11. Savaşan, M., Merkezi ve Bireysel Isıtma Sistemlerinin Termoekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
12. Cholewa, T., Olcha, S. ve Skwarczynski, M., Experimental Evaluation of Three Heating Systems Commonly Used In The Residential Sector, Energy and Buildings, 43, 2011, 2140-2144

13. Topaloğlu, M., Isınma Sistemi Merkezi Sistemden Bireysel Sistem Dönüştürülmüş Bir Binada Isınma Performansının Sayısal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2012.
14. Shtern, Y. I., Kozhevnikov, Y. S., Medvedev, M. A., Miranov. Me. E. ve Karavaey, I. S., Methods Of Determining Individual Heat Energy Consumption Using An Intelligent System For Monitoring Power Supplies, Measurement Techniques, 56/2, 2013, 177-184.
15. Cao, B., Zhu, Y., Li, M. ve Ouyang, Q., Individual and district heating: A Comparison Of Residential Heatingmodes With An Analysis Of Adaptive Thermal Comfort, Energy and Buildings, 78, 2014, 17–24.
16. Martinopoulos,G., Papakostasb, K. T. ve Papadopoulosba, A. M., Comparative Analysis Of Various Heating Systems For Residential Buildings İn Mediterranean Climate, Energy and Buildings, 124, 2016, 79–87.11.
17. Miranov, R. E., Shtern Y.I., Kozhevnikov, Y. S., Shtern, M. Y. ve Karavaev, I. S., Intellectual System For Controlling The Individual Heat Consumption, Acta Physica Polonica A, 129, 2016, 782 - 784.
18. Wang, Z., Heat Pumps With District Heating For The Uk's Domestic Heating: İndividual Versus District Level, 16th International Symposium on District Heating and Cooling, 9–12 September 2018, Hamburg, Enegy Procedia, 149, 354-362.
19. TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, T.S.E, Ankara, Mayıs 2008.
20. <https://www.eca.com.tr/isitma-sogutma-sivi/-gaz-yakitli-celik-kazanlar#gallery> Sıvı / Gaz Yakıtlı Çelik Kazanlar. 27 Aralık 2021.
21. https://www.eca.com.tr/isitma-sogutma-proteus-premix#gallery-2_Proteus Premix. 27 Aralık 2021.
22. Gencerli O., Parmaksızoğlu C., Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Teknik Esasları, 352/5, 111, MMO, İstanbul, 2008.
23. <https://www.izgaz.com.tr/tr/evsel/yakit-karsilastirma> Yakıt Karşılaştırma. 7 Mart 2022

7. EKLER

Ek Tablo 1. Binanın Özgöl Isı Kaybı Çizelgesi

		BİNA ÖZGÜL ISI KAYBI HESAPLAMA ÇİZELGESİ					
		Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isı iletim katsayısı hesap değeri λ_h (W/mK)	d/ λ , 1/ α (m ² K/W)	Toplam ısı geçirme katsayısı U (W/m ² K)	Isı taşıyan yüzey A (m ²)	Isı kaybı A×U (W/K)
Duvar yüzeyleri	$1/\alpha_i$, Yüzeysel Isı Taşınım Katsayısı			0,130			
	Sıva	0,02	1,00	0,020			
	DD taşıyıcı tuğla	0,0135	0,5	0,027			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,08	0,035	2,286			
	Sıva	0,008	0,350	0,023			
	$1/\alpha_d$, Yüzeysel Isı Taşınım Katsayısı			0,040			
Toplam				2,526	0,39	685	271,22
Taban	$1/\alpha_i$			0,170			
	PVC yer döşemesi	0,005	0,23	0,022			
	Çimento Harcı	0,030	1,4	0,021			
	Yüzeyi Düzgün Levhalar	0,100	0,028	3,571			
	Normal Beton	0,120	2,10	0,057			
	Kireç Harcı	0,020	0,87	0,023			
	$1/\alpha_d$			0,170			
Toplam				4,035	0,12	255,75	31,69
Tavan	$1/\alpha_i$			0,13			
	Normal Beton, mıcır kullanılarak yapılmış.	0,02	1	0,02			
	Normal Beton	0,12	2,5	0,048			
	Bitkisel Lifli yalıtım malzemeleri	0,2	0,04	5			
	$1/\alpha_d$			0,08			
Toplam				5,278	0,15	255,75	38,76
Pencere					2,4	156	374,4
Toplam							716,084

Ek Tablo 2. Salonun Özgöl Isı Kaybı Çizelgesi

		BİNA ÖZGÜL ISI KAYBI HESAPLAMA ÇİZELGESİ					
		Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isı iletim katsayısı hesap değeri λ_h (W/mK)	d/ λ , 1/ α (m ² K/W)	Toplam ısı geçirme katsayısı U (W/m ² K)	Isı taşıyan yüzey A (m ²)	Isı kaybı A×U (W/K)
Duvar yüzeyleri	$1/\alpha_i$, Yüzeysel Isı Taşınım Katsayısı			0,130			
	Sıva	0,02	1,00	0,020			
	DD taşıyıcı tuğla	0,0135	0,5	0,027			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,08	0,035	2,286			
	Sıva	0,008	0,350	0,023			
	$1/\alpha_d$, Yüzeysel Isı Taşınım Katsayısı			0,040			
Toplam				2,526	0,39	146,9	58,16
İç duvar yüzeyleri	$1/\alpha_i$			0,130			
	Sıva	0,02	1,00	0,020			
	DD taşıyıcı tuğla	0,0135	0,5	0,027			
	Sıva	0,02	0,350	0,057			
	$1/\alpha_d$			0,040			
Toplam				0,274	3,64	283,4	1033,76
Taban	$1/\alpha_i$			0,170			
	PVC yer döşemesi	0,005	0,23	0,022			
	Çimento Harcı	0,030	1,4	0,021			
	Yüzeyi Düzgün Levhalar	0,100	0,028	3,571			
	Normal Beton, mıcır kullanılarak yapılmış.	0,120	2,10	0,057			
	Kireç Harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,87	0,023			
	$1/\alpha_d$			0,170			
Toplam				4,035	0,12	37,4	4,63
Tavan	$1/\alpha_i$			0,13			
	Normal Beton, mıcır kullanılarak yapılmış.	0,02	1	0,02			
	Normal Beton	0,12	2,5	0,048			
	Mineral ve Bitkisel Lifli yalıtım malzemeleri	0,2	0,04	5			
	$1/\alpha_d$			0,08			
Toplam				5,278	0,15	37,4	5,66
Pencere					2,4	26	62,4
Toplam							130,86

Ek Tablo 3. Salon Dışındaki Birimlerin Özgöl Isı Kaybı Çizelgesi

		BİNA ÖZGÜL ISI KAYBI HESAPLAMA ÇİZELGESİ					
		Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isı iletim katsayısı hesap değeri λ_h (W/mK)	d/λ , $1/\alpha$ (m ² K/W)	Toplam ısı geçirme katsayısı U (W/m ² K)	Isı taşıyan yüzey A (m ²)	Isı kaybı A×U (W/K)
Duvar yüzeyleri	$1/\alpha_i$, Yüzeysel Isı Taşınım Katsayısı			0,130			
	Sıva	0,02	1,00	0,020			
	DD taşıyıcı tuğla	0,0135	0,5	0,027			
	Isı Yalıtım Malzemesi	0,08	0,035	2,286			
	Sıva	0,008	0,350	0,023			
	$1/\alpha_d$, Yüzeysel Isı Taşınım Katsayısı			0,040			
Toplam				2,526	0,395	517,1	204,74
Taban	$1/\alpha_i$			0,170			
	PVC yer döşemesi	0,005	0,23	0,022			
	Çimento Harcı	0,030	1,4	0,021			
	Yüzeyi Düzgün Levhalar	0,100	0,028	3,571			
	Normal Beton, mıcır kullanılarak yapılmış.	0,120	2,10	0,057			
	Kireç Harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,87	0,023			
	$1/\alpha_d$			0,170			
Toplam				4,035	0,123	255,75	31,69
Tavan	$1/\alpha_i$			0,13			
	Normal Beton, mıcır kullanılarak yapılmış.	0,02	1	0,02			
	Normal Beton	0,12	2,5	0,048			
	Mineral ve Bitkisel Lifli yalıtım malzemeleri	0,2	0,04	5			
	$1/\alpha_d$			0,08			
Toplam				5,278	0,151	255,75	38,76
Pencere					2,4	130	312
Toplam							587,20

Ek Tablo 4. Yıllık Isıtma Gereksinimi Hesap Tablosu (1. Bölge)

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	KKF	Isıtma enerjisi gereksinimi
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H(W/K)$	$T_i - T_d$ (°C)	$H * (T_i - T_d)$ (W)	φ_i (W)	φ_g (W)	$\varphi_i + \varphi_g$ (W)			
Ocak	1418,2	10,6	15033,6	5319,6	2106	7425,6	0,49	0,86	22261719,3
Şubat	1418,2	10	14182,7	5319,6	2722,2	8041,8	0,56	0,82	19490433,9
Mart	1418,2	7,4	10495,2	5319,6	3549	8868,6	0,84	0,69	11255648,9
Nisan	1418,2	3,2	4538,4	5319,6	3970,2	9289,8	0,00	0	0
Mayıs	1418,2	0	0	5319,6	4890,6	10210,2	0,00	0	0
Haziran	1418,2	0	0	5319,6	5194,8	10514,4	0,00	0	0
Temmuz	1418,2	0	0	5319,6	5038,8	10358,4	0,00	0	0
Ağustos	1418,2	0	0	5319,6	4602	9921,6	0,00	0	0
Eylül	1418,2	0	0	5319,6	3666	8985,6	0,00	0	0
Ekim	1418,2	0	0	5319,6	2792,4	8112	0,00	0	0
Kasım	1418,2	6	8509,6	5319,6	2012,4	7332	0,86	0,68	9006410,6
Aralık	1418,2	9,7	13757,2	5319,6	1825,2	7144,8	0,51	0,85	19839621,2

Ek Tablo 5. Yıllık Isıtma Gereksinimi Hesap Tablosu (2. Bölge)

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	KKF	Isıtma enerjisi gereksinimi
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (°C)	$H * (T_i - T_d)$ (W)	φ_i (W)	φ_g (W)	$\varphi_i + \varphi_g$ (W)			
Ocak	1418,2	16,1	22834,2	5319,6	2106	7425,6	0,32	0,95	40827970,2
Şubat	1418,2	14,6	20706,7	5319,6	2722,2	8041,8	0,38	0,92	34415125,2
Mart	1418,2	11,7	16593,7	5319,6	3549	8868,6	0,53	0,84	23562763,5
Nisan	1418,2	6,2	8793,2	5319,6	3970,2	9289,8	1,05	0,61	8057585,5
Mayıs	1418,2	1	1418,2	5319,6	4890,6	10210,2	0,00	0	3676159
Haziran	1418,2	0	0	5319,6	5194,8	10514,4	0,00	0	0
Temmuz	1418,2	0	0	5319,6	5038,8	10358,4	0,00	0	0
Ağustos	1418,2	0	0	5319,6	4602	9921,6	0,00	0	0
Eylül	1418,2	0	0	5319,6	3666	8985,6	0,00	0	0
Ekim	1418,2	4,9	6949,5	5319,6	2792,4	8112	1,16	0,57	5913843,6
Kasım	1418,2	10,5	14891,8	5319,6	2012,4	7332	0,49	0,86	22088413,5
Aralık	1418,2	15,2	21557,7	5319,6	1825,2	7144,8	0,33	0,95	38264540

Ek Tablo 6. Yıllık Isıtma Gereksinimi Hesap Tablosu (3. Bölge)

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	KKF	Isıtma enerjisi gereksinimi
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (°C)	$H * (T_i - T_d)$ (W)	φ_i (W)	φ_g (W)	$\varphi_i + \varphi_g$ (W)	γ (-)	n_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Ocak	1418,2	19,3	27372,6	5319,6	2106	7425,6	0,27	0,97	52185158,2
Şubat	1418,2	18,9	26805,3	5319,6	2722,2	8041,8	0,30	0,96	49378722,9
Mart	1418,2	14,9	21132,2	5319,6	3549	8868,6	0,42	0,90	33908873,7
Nisan	1418,2	8,9	12622,6	5319,6	3970,2	9289,8	0,73	0,74	14826494,5
Mayıs	1418,2	4,6	6524,04	5319,6	4890,6	10210,2	1,56	0,47	4414533,1
Haziran	1418,2	0	0	5319,6	5194,8	10514,4	0,00	0	0
Temmuz	1418,2	0	0	5319,6	5038,8	10358,4	0,00	0	0
Ağustos	1418,2	0	0	5319,6	4602	9921,6	0,00	0	0
Eylül	1418,2	1,8	2552,8	5319,6	3666	8985,6	0,00	0	6617086,2
Ekim	1418,2	7,4	10495,2	5319,6	2792,4	8112	0,77	0,72	11943317,4
Kasım	1418,2	13,4	19004,8	5319,6	2012,4	7332	0,38	0,92	31678803,3
Aralık	1418,2	17,7	25103,4	5319,6	1825,2	7144,8	0,28	0,97	47100417,6

Ek Tablo 7. Yıllık Isıtma Gereksinimi Hesap Tablosu (4. Bölge)

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	KKF	Isıtma enerjisi gereksinimi
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (°C)	$H * (T_i - T_d)$ (W)	φ_i (W)	φ_g (W)	$\varphi_i + \varphi_g$ (W)	γ (-)	n_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Ocak	1418,2	24,4	34605,8	5319,6	2106	7425,6	0,21	0,99	70633265,1
Şubat	1418,2	23,7	33613,0	5319,6	2722,2	8041,8	0,23	0,98	66599577,4
Mart	1418,2	18,7	26521,6	5319,6	3549	8868,6	0,33	0,94	46912146,2
Nisan	1418,2	11,1	15742,8	5319,6	3970,2	9289,8	0,59	0,81	21148737,3
Mayıs	1418,2	6,2	8793,2	5319,6	4890,6	10210,2	1,16	0,57	7512551,0
Haziran	1418,2	1,7	2411,1	5319,6	5194,8	10514,4	4,36	0,20	664765,7
Temmuz	1418,2	0	0	5319,6	5038,8	10358,4	0,00	0	0
Ağustos	1418,2	0	0	5319,6	4602	9921,6	0,00	0	0
Eylül	1418,2	2,5	3545,6	5319,6	3666	8985,6	2,53	0,32	1596532,1
Ekim	1418,2	8,7	12338,9	5319,6	2792,4	8112	0,65	0,78	15550041,4
Kasım	1418,2	15,9	22550,5	5319,6	2012,4	7332	0,32	0,95	40323644,9
Aralık	1418,2	21,8	30918,3	5319,6	1825,2	7144,8	0,23	0,98	61865436,8

Ek Tablo 8. Salon Yıllık Isıtma Gereksinimi Hesap Tablosu (1. Bölge)

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	KKF	Isıtma enerjisi gereksinimi
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (°C)	$H * (T_i - T_d)$ (W)	φ_i (W)	φ_g (W)	$\varphi_i + \varphi_g$ (W)	γ (-)	n_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Ocak	233,5	11,6	2709,23	777,92	202,8	980,72	0,362	0,93687	4640780,23
Şubat	233,5	11	2569,09	777,92	288,6	1066,52	0,415	0,91008	4143244,79
Mart	233,5	10,4	2428,96	777,92	405,6	1183,52	0,487	0,87156	3622189,16
Nisan	233,5	6,2	1448,04	777,92	514,8	1292,72	0,000	0	0
Mayıs	233,5	0	0	777,92	616,2	1394,12	0,000	0	0
Haziran	233,5	0	0	777,92	647,4	1425,32	0,000	0	0
Temmuz	233,5	0	0	777,92	631,8	1409,72	0,000	0	0
Ağustos	233,5	0	0	777,92	569,4	1347,32	0,000	0	0
Eylül	233,5	0	0	777,92	444,6	1222,52	0,000	0	0
Ekim	233,5	0	0	777,92	312	1089,92	0,000	0	0
Kasım	233,5	9	2101,99	777,92	210,6	988,52	0,470	0,88073	3191694,47
Aralık	233,5	12,7	2966,14	777,92	171,6	949,52	0,320	0,95601	5335332,96

Ek Tablo 9. Salon Yıllık Isıtma Gereksinimi Hesap Tablosu (2. Bölge)

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	KKF	Isıtma enerjisi gereksinimi
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (°C)	$H * (T_i - T_d)$ (W)	φ_i (W)	φ_g (W)	$\varphi_i + \varphi_g$ (W)	γ (-)	n_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Ocak	233,5	17,1	3993,77	777,92	202,8	980,72	0,24	0,98	7853149,4
Şubat	233,5	15,6	3643,44	777,92	288,6	1066,52	0,29	0,96	6770161,0
Mart	233,5	12,7	2966,13	777,92	405,6	1183,52	0,39	0,91	4870797,1
Nisan	233,5	7,2	1681,58	777,92	514,8	1292,72	0,76	0,72	1920386,0
Mayıs	233,5	2	467,108	777,92	616,2	1394,12	2,98	0,28	181957,15
Haziran	233,5	0	0	777,92	647,4	1425,32	0	0	0
Temmuz	233,5	0	0	777,92	631,8	1409,72	0	0	0
Ağustos	233,5	0	0	777,92	569,4	1347,32	0	0	0
Eylül	233,5	0	0	777,92	444,6	1222,52	0	0	0
Ekim	233,5	5,9	1377,96	777,92	312	1089,92	0	0	3571695,681
Kasım	233,5	11,5	2685,87	777,92	210,6	988,52	0,36	0,93	4568819,4
Aralık	233,5	16,2	3783,57	777,92	171,6	949,52	0,25	0,98	7391644,4

Ek Tablo 10. Salon Yıllık Isıtma Gereksinimi Hesap Tablosu (3. Bölge)

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	KKF	Isıtma enerjisi gereksinimi
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (°C)	$H * (T_i - T_d)$ (W)	φ_i (W)	φ_g (W)	$\varphi_i + \varphi_g$ (W)			
Ocak	233,5	20,3	4741,1	777,92	202,8	980,7	0,20	0,99	9767242,1
Şubat	233,5	19,9	4647,7	777,92	288,6	1066,5	0,22	0,98	9317887,0
Mart	233,5	15,9	3713,5	777,92	405,6	1183,5	0,31	0,95	6690819,3
Nisan	233,5	9,9	2312,1	777,92	514,8	1292,7	0,55	0,83	3202664,8
Mayıs	233,5	5,6	1307,	777,92	616,2	1394,1	1,0	0,60	1190686,2
Haziran	233,5	0	0	777,92	647,4	1425,3	0	0	0
Temmuz	233,5	0	0	777,92	631,8	1409,7	0	0	0
Ağustos	233,5	0	0	777,92	569,4	1347,3	0	0	0
Eylül	233,5	2,8	653,9	777,92	444,6	1222,5	1,86	0	1695042,0
Ekim	233,5	8,4	1961,	777,92	312	1089,9	0,55	0	5085126,0
Kasım	233,5	14,4	3363,1	777,92	210,6	988,5	0,29	0,96	6240434,5
Aralık	233,5	18,7	4367,4	777,92	171,6	949,5	0,21	0,98	8884051,1

Ek Tablo 11. Salon Yıllık Isıtma Gereksinimi Hesap Tablosu (4. Bölge)

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	KKF	Isıtma enerjisi gereksinimi
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (°C)	$H * (T_i - T_d)$ (W)	φ_i (W)	φ_g (W)	$\varphi_i + \varphi_g$ (W)			
Ocak	233,5	25,4	5932,27	777,9	202,8	980,7	0,16	0,99	12840426,7
Şubat	233,5	24,7	5768,7	777,9	288,6	1066,5	0,18	0,99	12200646,3
Mart	233,5	19,7	4601,0	777,9	405,6	1183,5	0,25	0,97	8921020,0
Nisan	233,5	12,1	2826,0	777,9	514,8	1292,7	0,45	0,88	4350744,1
Mayıs	233,5	7,2	1681,5	777,9	616,2	1394,1	0,82	0,70	1826775,0
Haziran	233,5	2,7	630,5	777,9	647,4	1425,3	2,26	0,35	313661,5
Temmuz	233,5	0	0	777,9	631,8	1409,7	0	0	0
Ağustos	233,5	0	0	777,9	569,4	1347,3	0	0	0
Eylül	233,5	3,5	817,4	777,9	444,6	1222,5	1,49	0,48	573707,2
Ekim	233,5	9,7	2265,4	777,9	312	1089,9	0,48	0,87	3400479,3
Kasım	233,5	16,9	3947,0	777,9	210,6	988,5	0,25	0,98	7715808,8
Aralık	233,5	22,8	5325,0	777,9	171,6	949,5	0,17	0,99	11350356,4

Ek Tablo 12. Diğer Birimlerin Yıllık Isıtma Gereksinimi Hesap Tablosu (1. Bölge)

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	KKF	Isıtma enerjisi gereksinimi
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (°C)	$H * (T_i - T_d)$ (W)	φ_i (W)	φ_g (W)	$\varphi_i + \varphi_g$ (W)	γ (-)	n_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Ocak	1228,98	6,6	8111,320907	4541,68	1903,2	6444,88	0,795	0,71594	9064681,4
Şubat	1228,98	6	7373,928098	4541,68	2433,6	6975,28	0,946	0,65256	7315058,9
Mart	1228,98	5,4	6636,535288	4541,68	3143,4	7685,08	1,158	0,57834	5681482,2
Nisan	1228,98	1,2	1474,78562	4541,68	3455,4	7997,08	0,000	0	0
Mayıs	1228,98	0	0	4541,68	4274,4	8816,08	0,000	0	0
Haziran	1228,98	0	0	4541,68	4547,4	9089,08	0,000	0	0
Temmuz	1228,98	0	0	4541,68	4407	8948,68	0,000	0	0
Ağustos	1228,98	0	0	4541,68	4032,6	8574,28	0,000	0	0
Eylül	1228,98	0	0	4541,68	3221,4	7763,08	0,000	0	0
Ekim	1228,98	0	0	4541,68	2480,4	7022,08	0,000	0	0
Kasım	1228,98	4	4915,952065	4541,68	1801,8	6343,48	1,290	0,53928	3875169,9
Aralık	1228,98	7,7	9463,207725	4541,68	1653,6	6195,28	0,655	0,78292	11956384,5

Ek Tablo 13. Diğer Birimlerin Yıllık Isıtma Gereksinimi Hesap Tablosu (2. Bölge)

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	KKF	Isıtma enerjisi gereksinimi
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (°C)	$H * (T_i - T_d)$ (W)	φ_i (W)	φ_g (W)	$\varphi_i + \varphi_g$ (W)	γ (-)	n_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Ocak	1228,98	12,1	14870,8	4541,68	1903,2	6444,88	0,433	0,90048	23502398,42
Şubat	1228,98	10,6	13027,3	4541,68	2433,6	6975,28	0,535	0,84551	18479909,76
Mart	1228,98	7,7	9463,21	4541,68	3143,4	7685,08	0,812	0,70811	10423301,03
Nisan	1228,98	2,2	2703,77	4541,68	3455,4	7997,08	0,000	0	0
Mayıs	1228,98	0	0	4541,68	4274,4	8816,08	0,000	0	0
Haziran	1228,98	0	0	4541,68	4547,4	9089,08	0,000	0	0
Temmuz	1228,98	0	0	4541,68	4407	8948,68	0,000	0	0
Ağustos	1228,98	0	0	4541,68	4032,6	8574,28	0,000	0	0
Eylül	1228,98	0	0	4541,68	3221,4	7763,08	0,000	0	0
Ekim	1228,98	0	0	4541,68	2480,4	7022,08	0,000	0	0
Kasım	1228,98	6,5	7988,42	4541,68	1801,8	6343,48	0,794	0,71615	8930823,27
Aralık	1228,98	11,2	13764,7	4541,68	1653,6	6195,28	0,450	0,89159	21360776,59

Ek Tablo 14. Diğer Birimlerin Yıllık Isıtma Gereksinimi Hesap Tablosu (3. Bölge)

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	KKF	Isıtma enerjisi gereksinimi
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (°C)	$H * (T_i - T_d)$ (W)	φ_i (W)	φ_g (W)	$\varphi_i + \varphi_g$ (W)			
Ocak	1228,9	15,3	18803,5	4541,6	1903,2	6444,8	0,34	0,94	32936729,4
Şubat	1228,9	14,9	18311,9	4541,6	2433,6	6975,2	0,38	0,92	30693939,9
Mart	1228,9	10,9	13395,9	4541,6	3143,4	7685,0	0,57	0,82	18288073,7
Nisan	1228,9	4,9	6022,04	4541,6	3455,4	7997,0	0	0	0
Mayıs	1228,9	0	0	4541,6	4274,4	8816,0	0	0	0
Haziran	1228,9	0	0	4541,6	4547,4	9089,0	0	0	0
Temmuz	1228,9	0	0	4541,6	4407	8948,6	0	0	0
Ağustos	1228,9	0	0	4541,6	4032,6	8574,2	0	0	0
Eylül	1228,9	0	0	4541,6	3221,4	7763,0	0	0	0
Ekim	1228,9	3,4	4178,5	4541,6	2480,4	7022,0	0	0	10830825,5
Kasım	1228,9	9,4	11552,4	4541,6	1801,8	6343,4	0,54	0,83	16162736,5
Aralık	1228,9	13,7	16837,1	4541,6	1653,6	6195,2	0,36	0,93	28643915,6

Ek Tablo 15. Diğer Birimlerin Yıllık Isıtma Gereksinimi Hesap Tablosu (4. Bölge)

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	KKF	Isıtma enerjisi gereksinimi
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (°C)	$H * (T_i - T_d)$ (W)	φ_i (W)	φ_g (W)	$\varphi_i + \varphi_g$ (W)			
Ocak	1228,9	20,4	25071,3	4541,6	1903,2	6444,8	0,25	0,97	48621325,7
Şubat	1228,9	19,7	119211,8	4541,6	2433,6	6975,2	0,05	0,99	45237193,9
Mart	1228,9	14,7	18066,1	4541,6	3143,4	7685,0	0,42	0,90	28805864,8
Nisan	1228,9	7,1	8725,8	4541,6	3455,4	7997,0	0,91	0,66	8850284,5
Mayıs	1228,9	2,2	2703,7	4541,6	4274,4	8816,0	3,26	0,26	972728,4
Haziran	1228,9	0	0	4541,6	4547,4	9089,0	0	0	0
Temmuz	1228,9	0	0	4541,6	4407	8948,6	0	0	0
Ağustos	1228,9	0	0	4541,6	4032,6	8574,2	0	0	0
Eylül	1228,9	0	0	4541,6	3221,4	7763,0	0	0	0
Ekim	1228,9	4,7	5776,2	4541,6	2480,4	7022,0	1,21	0,56	4766511,1
Kasım	1228,9	11,9	14624,9	4541,6	1801,8	6343,4	0,43	0,90	23105017,1
Aralık	1228,9	17,8	21875,9	4541,6	1653,6	6195,2	0,28	0,97	41114470,2

Ek Tablo 16. Yakıt Tüketiminin Aylara Göre Değişimi (1.Bölge): Eşleşme 1

Ay	Aylık Isı Kaybı Qa, (kJ)	Alt Isıl Değer Hu, (kJ/m ³)	Cihaz Verimi η_k		Gaz Tüketimi Ba (m ³)	
			Merkezi	Bireysel	Merkezi	Bireysel
Ocak	22261719,3	34485	0,939	0,975	687,48445	662,100409
Şubat	19490433,9	34485	0,939	0,975	601,90186	579,677793
Mart	11255648,9	34485	0,939	0,975	347,59595	334,761644
Nisan	0	34485	0,939	0,975	0	0
Mayıs	0	34485	0,939	0,975	0	0
Haziran	0	34485	0,939	0,975	0	0
Temmuz	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ağustos	0	34485	0,939	0,975	0	0
Eylül	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ekim	0	34485	0,939	0,975	0	0
Kasım	9006410,6	34485	0,939	0,975	278,13518	267,865571
Aralık	19839621,2	34485	0,939	0,975	612,68543	590,063199

Ek Tablo 17. Yakıt Tüketiminin Aylara Göre Değişimi (2. Bölge): Eşleşme 1

Ay	Aylık Isı Kaybı Qa, (kJ)	Alt Isıl Değer Hu, (kJ/m ³)	Cihaz Verimi η_k		Gaz Tüketimi Ba (m ³)	
			Merkezi	Bireysel	Merkezi	Bireysel
Ocak	40827970,2	34485	0,939	0,975	1260,845773	1214,291468
Şubat	34415125,2	34485	0,939	0,975	1062,80486	1023,562834
Mart	23562763,5	34485	0,939	0,975	727,663183	700,795619
Nisan	8057585,5	34485	0,939	0,975	248,833646	239,645943
Mayıs	3676159,0	34485	0,939	0,975	113,526817	109,335058
Haziran	0	34485	0,939	0,975	0	0
Temmuz	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ağustos	0	34485	0,939	0,975	0	0
Eylül	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ekim	5913843,6	34485	0,939	0,975	182,630797	175,887506
Kasım	22088413,5	34485	0,939	0,975	682,132436	656,946007
Aralık	38264540,0	34485	0,939	0,975	612,685430	1138,050807

Ek Tablo 18. Yakıt Tüketiminin Aylara Göre Değişimi (3. Bölge): Eşleşme 1

Ay	Aylık Isı Kaybı Q _a , (kJ)	Alt Isıl Değer Hu, (kJ/m ³)	Cihaz Verimi η_k		Gaz Tüketimi Ba (m ³)	
			Merkezi	Bireysel	Merkezi	Bireysel
Ocak	52185158,29	34485	0,939	0,975	1611,57745	1552,073054
Şubat	49378722,95	34485	0,939	0,975	1524,90936	1468,605018
Mart	33908873,73	34485	0,939	0,975	1047,17084	1008,506076
Nisan	14826494,56	34485	0,939	0,975	457,87049	440,964508
Mayıs	4414533,14	34485	0,939	0,975	136,32922	131,295528
Haziran	0	34485	0,939	0,975	0	0
Temmuz	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ağustos	0	34485	0,939	0,975	0	0
Eylül	6617086,20	34485	0,939	0,975	204,34827	196,803105
Ekim	11943317,47	34485	0,939	0,975	368,83247	355,214046
Kasım	31678803,37	34485	0,939	0,975	978,30200	942,180089
Aralık	47100417,63	34485	0,939	0,975	1454,55094	1400,844444

Ek Tablo 19. Yakıt Tüketiminin Aylara Göre Değişimi (4. Bölge): Eşleşme 1

Ay	Aylık Isı Kaybı Q _a , (kJ)	Alt Isıl Değer Hu, (kJ/m ³)	Cihaz Verimi η_k		Gaz Tüketimi Ba (m ³)	
			Merkezi	Bireysel	Merkezi	Bireysel
Ocak	70633265,11	34485	0,939	0,975	2181,29025	2100,750311
Şubat	66599577,44	34485	0,939	0,975	2056,72227	1980,781758
Mart	46912146,23	34485	0,939	0,975	1448,73675	1395,244941
Nisan	21148737,39	34485	0,939	0,975	653,11344	628,998483
Mayıs	7512551,00	34485	0,939	0,975	232,00193	223,435711
Haziran	664765,77	34485	0,939	0,975	20,52923	19,771235
Temmuz	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ağustos	0	34485	0,939	0,975	0	0
Eylül	1596532,09	34485	0,939	0,975	49,30396	47,483509
Ekim	15550041,45	34485	0,939	0,975	480,21500	462,483992
Kasım	40323644,95	34485	0,939	0,975	1245,27124	1199,291998
Aralık	61865436,83	34485	0,939	0,975	1910,52296	1839,980574

Ek Tablo 20. Yakıt Tüketiminin Aylara Göre Değişimi (1. Bölge): Eşleşme 2

Ay	Aylık Isı Kaybı Qa, (kJ)	Alt Isıl Değer Hu, (kJ/m ³)	Cihaz Verimi η_k		Gaz Tüketimi Ba (m ³)	
			Merkezi	Bireysel	Merkezi	Bireysel
Ocak	13705461,6	34485	0,939	0,975	423,2508572	407,623133
Şubat	11458303,8	34485	0,939	0,975	353,8543265	340,788936
Mart	9303671,4	34485	0,939	0,975	287,3151592	276,706599
Nisan	0	34485	0,939	0,975	0	0
Mayıs	0	34485	0,939	0,975	0	0
Haziran	0	34485	0,939	0,975	0	0
Temmuz	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ağustos	0	34485	0,939	0,975	0	0
Eylül	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ekim	0	34485	0,939	0,975	0	0
Kasım	7066864,4	34485	0,939	0,975	218,2382832	210,180254
Aralık	17291717,4	34485	0,939	0,975	534,0012924	514,284321

Ek Tablo 21. Yakıt Tüketiminin Aylara Göre Değişimi (2. Bölge): Eşleşme 2

Ay	Aylık Isı Kaybı Qa, (kJ)	Alt Isıl Değer Hu, (kJ/m ³)	Cihaz Verimi η_k		Gaz Tüketimi Ba (m ³)	
			Merkezi	Bireysel	Merkezi	Bireysel
Ocak	31355547,88	34485	0,939	0,975	968,319262	932,5659354
Şubat	25250070,83	34485	0,939	0,975	779,770458	750,9789341
Mart	15294098,16	34485	0,939	0,975	472,310989	454,8718144
Nisan	1920386,00	34485	0,939	0,975	59,305191	57,1154608
Mayıs	181957,15	34485	0,939	0,975	5,619184	5,4117073
Haziran	0	34485	0,939	0,975	0	0
Temmuz	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ağustos	0	34485	0,939	0,975	0	0
Eylül	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ekim	3571695,68	34485	0,939	0,975	110,300790	106,2281462
Kasım	13499642,68	34485	0,939	0,975	416,894773	401,5017358
Aralık	28752421,06	34485	0,939	0,975	887,929729	855,1446318

Ek Tablo 22. Yakıt tüketiminin aylara göre değişimi (3. Bölge): Eşleşme 2

Ay	Aylık Isı Kaybı Qa, (kJ)	Alt Isıl Değer Hu, (kJ/m ³)	Cihaz Verimi η_k		Gaz Tüketimi Ba (m ³)	
			Merkezi	Bireysel	Merkezi	Bireysel
Ocak	42703971,6	34485	0,939	0,975	1318,780282	1270,086856
Şubat	40011827,0	34485	0,939	0,975	1235,641711	1190,018017
Mart	24978893,0	34485	0,939	0,975	771,395971	742,913659
Nisan	3202664,8	34485	0,939	0,975	98,904414	95,252559
Mayıs	1190686,2	34485	0,939	0,975	36,770669	35,412982
Haziran	0	34485	0,939	0,975	0	0
Temmuz	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ağustos	0	34485	0,939	0,975	0	0
Eylül	1695042,0	34485	0,939	0,975	52,346138	50,413357
Ekim	15915951,6	34485	0,939	0,975	491,515013	473,366767
Kasım	22403171,0	34485	0,939	0,975	691,852751	666,307419
Aralık	37527966,7	34485	0,939	0,975	1158,935356	1116,143896

Ek Tablo 23. Yakıt Tüketiminin Aylara Göre Değişimi (4. Bölge): Eşleşme 2

Ay	Aylık Isı Kaybı Qa, (kJ)	Alt Isıl Değer Hu, (kJ/m ³)	Cihaz Verimi η_k		Gaz Tüketimi Ba (m ³)	
			Merkezi	Bireysel	Merkezi	Bireysel
Ocak	61461752,51	34485	0,939	0,975	1898,06	1828,0
Şubat	57437840,28	34485	0,939	0,975	1773,79	1708,3
Mart	37726884,88	34485	0,939	0,975	1165,08	1122,0
Nisan	4350744,15	34485	0,939	0,975	134,35	129,4
Mayıs	2799503,52	34485	0,939	0,975	86,45	83,2
Haziran	313661,56	34485	0,939	0,975	9,68	9,4
Temmuz	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ağustos	0	34485	0,939	0,975	0	0
Eylül	573707,24	34485	0,939	0,975	17,71	17,1
Ekim	8166990,37	34485	0,939	0,975	252,21	242,9
Kasım	30820825,91	34485	0,939	0,975	951,80	916,7
Aralık	52464826,69	34485	0,939	0,975	1620,21	1560,0

Ek Tablo 24. Yakıt Tüketiminin Aylara Göre Değişimi (1. Bölge): Eşleşme 3

Ay	Aylık Isı Kaybı Qa, (kJ)	Alt Isıl Değer Hu, (kJ/m ³)	Cihaz Verimi η_k		Gaz Tüketimi Ba (m ³)	
			Merkezi	Bireysel	Merkezi	Bireysel
Ocak	4640780,23	34485	0,939	0,975	143,3161	138,0244
Şubat	4143244,79	34485	0,939	0,975	127,9513	123,2269
Mart	3622189,16	34485	0,939	0,975	111,8601	107,7299
Nisan	0	34485	0,939	0,975	0	0
Mayıs	0	34485	0,939	0,975	0	0
Haziran	0	34485	0,939	0,975	0	0
Temmuz	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ağustos	0	34485	0,939	0,975	0	0
Eylül	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ekim	0	34485	0,939	0,975	0	0
Kasım	3191694,47	34485	0,939	0,975	98,5656	94,9262
Aralık	5335332,96	34485	0,939	0,975	164,7653	158,6816

Ek Tablo 25. Yakıt Tüketiminin Aylara Göre Değişimi (2. Bölge): Eşleşme 3

Ay	Aylık Isı Kaybı Qa, (kJ)	Alt Isıl Değer Hu, (kJ/m ³)	Cihaz Verimi η_k		Gaz Tüketimi Ba (m ³)	
			Merkezi	Bireysel	Merkezi	Bireysel
Ocak	7853149,4	34485	0,939	0,975	242,5203	233,5656739
Şubat	6770161,0	34485	0,939	0,975	209,0755	201,3558051
Mart	4870797,1	34485	0,939	0,975	150,4195	144,8655751
Nisan	1920386,0	34485	0,939	0,975	59,3051	57,1154608
Mayıs	181957,1	34485	0,939	0,975	5,6191	5,4117073
Haziran	0	34485	0,939	0,975	0	0
Temmuz	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ağustos	0	34485	0,939	0,975	0	0
Eylül	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ekim	3571695,6	34485	0,939	0,975	110,3008	106,2281462
Kasım	4568819,4	34485	0,939	0,975	141,0939	135,8842574
Aralık	7391644,4	34485	0,939	0,975	228,2681	219,8397512

Ek Tablo 26. Yakıt Tüketiminin Aylara Göre Değişimi (3. Bölge): Eşleşme 3

Ay	Aylık Isı Kaybı Qa, (kJ)	Alt Isıl Değer Hu, (kJ/m ³)	Cihaz Verimi η_k		Gaz Tüketimi Ba (m ³)	
			Merkezi	Bireysel	Merkezi	Bireysel
Ocak	9767242	34485	0,939	0,975	301,6311	290,494
Şubat	9317887	34485	0,939	0,975	287,7542	277,129
Mart	6690819	34485	0,939	0,975	206,6253	198,996
Nisan	3202665	34485	0,939	0,975	98,9044	95,252
Mayıs	1190686	34485	0,939	0,975	36,7706	35,412
Haziran	0	34485	0,939	0,975	0	0
Temmuz	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ağustos	0	34485	0,939	0,975	0	0
Eylül	1695042	34485	0,939	0,975	52,3461	50,413
Ekim	5085126	34485	0,939	0,975	157,0384	151,240
Kasım	6240435	34485	0,939	0,975	192,7165	185,600
Aralık	8884051	34485	0,939	0,975	274,3565	264,226

Ek Tablo 27. Yakıt Tüketiminin Aylara Göre Değişimi (4. Bölge): Eşleşme 3

Ay	Aylık Isı Kaybı Qa, (kJ)	Alt Isıl Değer Hu, (kJ/m ³)	Cihaz Verimi η_k		Gaz Tüketimi Ba (m ³)	
			Merkezi	Bireysel	Merkezi	Bireysel
Ocak	12840426,72	34485	0,939	0,975	396,5369	381,8956
Şubat	12200646,35	34485	0,939	0,975	376,7793	362,8674
Mart	8921020,04	34485	0,939	0,975	275,4982	265,3259
Nisan	4350744,15	34485	0,939	0,975	134,3593	129,3983
Mayıs	1826775,03	34485	0,939	0,975	56,41431	54,3313
Haziran	313661,56	34485	0,939	0,975	9,686469	9,3288
Temmuz	0	34485	0,939	0,975	0	0
Ağustos	0	34485	0,939	0,975	0	0
Eylül	573707,24	34485	0,939	0,975	17,71718	17,0630
Ekim	3400479,36	34485	0,939	0,975	105,0133	101,1359
Kasım	7715808,89	34485	0,939	0,975	238,2789	229,4809
Aralık	11350356,48	34485	0,939	0,975	350,5207	337,5784

Ek Tablo 28. MU İçin İlk Yatırım Maliyeti (1. Bölge)

	KULLANILACAK MALZEME	MİKTAR	B. FİYAT (TL)	TUTAR (TL)
1	ECA ECK-100 Çelik Kazan	1 Adet	25000	25000
2	Pompa Seti	2 Adet	1500	3000
3	Kumanda Panosu	1 Adet	4500	4500
4	Dış Hava Sıcaklık Sensörü	1 Adet	750	750
5	Yüzey Sıcaklık Sensörü	1 Adet	750	750
6	Genleşme Tankı 200 LT	1 Adet	4000	4000
7	Hava ve Tortu Tutucu Denge Kabı ve Modülü	1 Adet	3500	3500
8	Basınç Prosestatı	1 Adet	1500	1500
9	Küresel Vana ve Çek valf	2 Adet	1250	2500
10	Nötralizatör	1 Adet	4000	4000
11	K. Dairesi doğalgaz tesisatı	1 Adet	5000	5000
12	Filtre	1 Adet	1000	1000
13	Selenoid Vana	1 Adet	750	750
14	Tesisat İşçiliği	1 Adet	10000	10000
15	Paslanmaz Çelik Baca	20 Adet	500	10000
16	Alt Üst Havalandırma	1 Adet	2000	2000
17	Elektrik Tesisatı	1 Adet	3000	3000
18	Radyatör	58 Metre	1100	63800
19	Ana Kolon Tesisatı	11 Vana	1500	16500
20	Gaz Tesisatı	10 Adet	4500	45000
21	ECA HS-22 Şofben	10 Adet	3500	35000
22	Şofben Montajı	10 Adet	400	4000
23	Radyatör Montajı	70 Adet	80	5600
24	Radyatör Vanası	140 Adet	60	8400
25	Daire İçi Kalorifer Tesisatı	10 Adet	3500	35000
			TOPLAM	294550

Ek Tablo 29. MU İçin İlk Yatırım Maliyeti (2. Bölge)

	KULLANILACAK MALZEME	MİKTAR	B. FİYAT (TL)	TUTAR (TL)
1	ECA ECK-100 Çelik Kazan	1 Adet	25000	25000
2	Pompa Seti	2 Adet	1500	3000
3	Kumanda Panosu	1 Adet	4500	4500
4	Dış Hava Sıcaklık Sensörü	1 Adet	750	750
5	Yüzey Sıcaklık Sensörü	1 Adet	750	750
6	Genleşme Tankı 200 LT	1 Adet	4000	4000
7	Hava ve Tortu Tutucu Denge Kabı ve Modülü	1 Adet	3500	3500
8	Basınç Prosestatı	1 Adet	1500	1500
9	Küresel Vana ve Çek valf	2 Adet	1250	2500
10	Nötralizatör	1 Adet	4000	4000
11	K. Dairesi doğalgaz tesisatı	1 Adet	5000	5000
12	Filtre	1 Adet	1000	1000
13	Selenoid Vana	1 Adet	750	750
14	Tesisat İşçiliği	1 Adet	10000	10000
15	Paslanmaz Çelik Baca	20 Adet	500	10000
16	Alt Üst Havalandırma	1 Adet	2000	2000
17	Elektrik Tesisatı	1 Adet	3000	3000
18	Radyatör	64,4 Metre	1100	70840
19	Ana Kolon Tesisatı	11 Vana	1500	16500
20	Gaz Tesisatı	10 Adet	4500	45000
21	ECA HS-22 Şofben	10 Adet	3500	35000
22	Şofben Montajı	10 Adet	400	4000
23	Radyatör Montajı	70 Adet	80	5600
24	Radyatör Vanası	140 Adet	60	8400
25	Daire İçi Kalorifer Tesisatı	10 Adet	3500	35000
			TOPLAM	306590

Ek Tablo 30. BU için ilk yatırım maliyeti (1. Bölge)

	MALZEME	MİKTAR	FİYAT (TL)	TUTAR (TL)
1	ECA Proteus Premix Kombi 24 kW	10 Adet	8000	80000
2	Doğalgaz Tesisatı	10 Adet	4500	45000
3	Kombi Montajı	10 Adet	750	7500
4	Radyatör	74 Metre	1100	81400
5	Radyatör Montajı	70 Adet	80	5600
6	Radyatör Vanası	140 Adet	60	8400
7	Ana Kolon Tesisatı	10 Vana	1500	15000
8	Daire İçi Kalorifer Tesisatı	10 Adet	3500	35000
			TOPLAM	277900

ÖZGEÇMİŞ

Fatih Faruk MARKAL ilkokul, ortaokul ve lise eğitimini aynı ilde tamamladıktan sonra Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden 2016 yılında mezun oldu. Mezuniyet sonrası özel sektörde mekanik tesisat projelendirme ve uygulama alanında çalıştı ve halen özel bir şirkette çalışmaya devam ediyor. 2018 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. İyi derecede İngilizce bilmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

