



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**YAPILARDA KULLANILAN YALITIM MALZEMELERİNİN
ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**Turğut KAYA
Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Cenk KARAKURT**

**BİLECİK, 2016
Ref. No: 10119554**



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**YAPILARDA KULLANILAN YALITIM MALZEMELERİNİN
ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**Turğut KAYA
Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Cenk KARAKURT**

**BİLECİK, 2016
Ref. No:10119554**



BİLECİK ŞEYH EDEBALI UNIVERSITY

**Graduate School of Sciences
Energy Systems Engineering Department**

**INVESTIGATION OF INSULATION MATERIALS USED IN
STRUCTURES ACCORDING TO ENERGY EFFICIENCY**

**Turğut KAYA
Master's Thesis**

**Thesis Advisor
Assist. Prof. Dr. Cenk KARAKURT**

BİLECİK, 2016



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK LİSANS
JÜRİ ONAY FORMU**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulununtarih ve sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafındantarihinde tez savunma sınavı yapılan Turğut KAYA' ın "Yapılarda Kullanılan Yalıtım Malzemelerinin Enerji Verimliliği Açısından İncelenmesi" başlıklı tez çalışması Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/ oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI): Yrd. Doç. Dr. Cenk KARAKURT

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇALIŞKAN

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. Burak IŞIKDAĞ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANI:

Doç. Dr. Metin KESLER

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../.....tarih ve sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgisini ve desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen, yol gösterici, teşvik edici ve öğretici değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Cenk KARAKURT'a öncelikle teşekkürlerimi borç bilirim.

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü personeline, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, İnşaat Mühendisliği bölüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her türlü desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyerek yanımda olan çok kıymetli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Turğut KAYA

ÖZET

Enerji verimliliği, yaşam standardımızı, üretim kalitesini ve miktarını düşürmeden, daha az enerji kullanarak aynı miktardaki işi yapabilmektir. Diğer bir deyişle, enerji verimliliği birim hizmet ya da ürün miktarında enerji tüketimini azaltmaktır. Yapılarda ısı yalıtım malzemeleri, yapı elemanlarının ısı iletim direncini artırmak veya dışarıya kaçan ısı miktarını azaltmak amacı ile kullanılmaktadır. Bu yalıtım iyileşmesi uygulanan yalıtım kalınlığına ve kullanılan malzemenin ısı iletkenlik direncine bağlı olarak % 30-60 arasında değişmektedir.

Bu çalışmada, ısı yalıtım malzemesi olarak XPS, EPS ve taş yünü kullanılmıştır. Kullanılan malzemelerin enerji verimliliğine etkilerinin incelenmesi için deney düzeneği oluşturulmuştur. Bu amaçla oluşturulan deney düzeneğinde iç ortam sıcaklığı 18-22 °C sıcaklıkta kalması şartı ile farklı dış ortam sıcaklıklarında (-20, -15, -10 ve -5 C) malzemelerin 4, 8, 16 ve 24 saatlik sürelerde tüketilen elektrik enerjisi bir sayaç yardımı ile ölçülmüştür. Deneysel sonuçlar ile TS 825 standartında verilen hesap metodu ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca tuğla ve gazbeton duvarlar üzerine çimento esaslı hazır ve alçı sıva uygulanıp 24 saatlik enerji kayıpları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar birbirileri ile karşılaştırılıp enerji verimliliği açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca, deneysel çalışmada kullanılan tuğla, gazbeton ve sıvaların -20°C düşük sıcaklık etkisi sonrasındaki dayanım kayıpları belirlenmiştir. Sonuç olarak; enerji verimliliği açısından yalıtım malzemelerinden EPS, kompozit malzemelerden ise gazbeton ve çimento esaslı iç-dış sıva ile hazırlanan numunenin en iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yapılar, Yalıtım malzemeleri, Enerjisi verimliliği, Isıl iletkenlik.

ABSTRACT

Energy efficiency is to make the same amount of work by using less energy without compromising the quality and quantity of products and our life. In other words, energy efficiency is reducing the energy consumption for unit service and product. The thermal insulation materials are used for increasing the heat resistance of structural members or reducing the amount of heat loss to the atmosphere from the structure. This insulation improvement is varied between 30-60 % due to the thickness of the insulation material and thermal conductivity coefficient of the insulation material.

In this study XPS, EPS and Rock Wool used as insulation materials. An experimental setup is prepared in order to investigate the effect of energy efficiency of these materials. For this purpose, the external temperature of the experimental setup is adjusted at four different temperatures (-20, -15, -10 and -5 °C) with constant internal temperature and the electric energy consumption of the setup is measured at 4, 8, 16 and 24 hrs. time intervals. The test results are compared and evaluated due to the energy efficiency of the materials according to TS 825 code. In addition to these, the 24 hrs energy loss on the aerated concrete and brick walls covered by cement and gypsum plasters. Also the strength loss of the aerated concrete, brick and plaster are determined after -20 °C low temperature exposure. Consequently the best energy efficiency results of the specimens are obtained with EPS for the insulating materials and aerated concrete with cementitious plaster composite type wall.

Key Words: Structures, Insulation materials, Energy efficiency, Thermal conductivity.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY FORMU

TEŞEKKÜR

ÖZET.....i

ABSTRACTii

İÇİNDEKİLERiii

ÇİZELGELER DİZİNİ v

ŞEKİLLER DİZİNİ vi

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİviii

1. GİRİŞ 1

1.1. Konu 1

1.2. Çalışmanın Amacı 2

2. KONUYLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER 3

2.1. Konu Hakkında Yapılan Çalışmalar 3

2.2. Isı ve Isı İletimi..... 8

2.2.1. Isı kavramının tanımı 8

2.2.2. Isı iletimi 9

2.2.3. Isı iletim hesaplarında kullanılan büyüklüklerin tanımı 9

3. BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ 12

3.1. Enerjinin Tanımı..... 12

3.2. Enerji Tüketimi..... 12

3.3. Aşırı Tüketimin Etkileri 12

3.3.1. Çevre ve canlılar üzerindeki etkileri 13

3.3.2. Kullanılan kaynaklar üzerindeki etkileri 15

3.3.3. Ekonomik etkileri 15

3.4. Enerji Verimliliğinin Arttırılması..... 16

3.5. Ülkemizde Enerji Verimli Bina Yaklaşımı 16

3.6. Yeşil ve Akıllı Bina Kavramı 19

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR..... 21

4.1. Malzemeler 21

4.1.1. Taşyünü.....	21
4.1.2. Karbonlu EPS ısı yalıtım levhası.....	21
4.1.3. Ekstrüde polistiren (XPS) foamboard.....	22
4.1.4. Kullanılan sıvalar.....	23
4.1.4.1. Alçı sıva	23
4.1.4.2. Çimento esaslı sıva	24
4.1.5. Yatay delikli tuğla.....	25
4.1.6. Gazbeton	25
4.1.7. Poliüretan köpük.....	26
4.2. Yöntem	26
4.2.1. Enerji verimliliğinin incelenmesinde kullanılan sıvaların dayanım özelliklerine fiziksel koşulların etkisi	26
4.2.2. Tuğla ve gazbeton blokların dayanım kayıplarının incelenmesi	27
4.2.3. Isı yalıtım malzemelerinde enerji verimliliğinin incelenmesi	28
4.2.4. İç - dış sıvaların enerji verimliliğine etkisi	29
4.2.5. Tek tabakalı bir yapı elemanının TS 825' e göre hesaplanması.....	31
5. BULGULAR	33
5.1. Farklı Koşullarda Sıvaların Dayanım Özellikleri.....	33
5.2. Farklı Koşullarda Tuğla ve Gazbetonda Oluşan Dayanım Kayıpları.....	35
5.3. Isı Yalıtım Malzemelerinin Enerji Verimliliği Analizi	35
5.4. Isı Yalıtım Malzemelerinin TS 825'e Göre Enerji Tüketim Miktarları	38
5.5. Tuğla Duvar Üzerine Uygulanan Sıvaların Enerji Tüketimleri.....	39
5.6. Gazbeton Üzerine Uygulanan Sıva Numunelerinden Elde Edilen Bulgular.....	43
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1: Isı iletkenliğinin hesaplanması.....	10
Çizelge 3.1: Bazı yakıtlar ve kirleticilik değerleri	13
Çizelge 3.2: İllere göre derece gün bölgeleri.....	17
Çizelge 3.3: Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değeri.....	18
Çizelge 3.4: Farklı decc gün bölgeleri için ısı kaybı ve yoğunlaşma hesaplarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri.....	18
Çizelge 4.1: Isı yalıtım malzemelerine ait teknik özellikler.....	23
Çizelge 4.2: Kullanılan alçı sıvaya ait teknik özellikler	24
Çizelge 4.3: Çimento esaslı sıvaya ait teknik özellikler	24
Çizelge 4.4: Tuğlaya ait teknik özellikler.....	25
Çizelge 4.5: Gazbeton bloklarına ait teknik özellikler.	26
Çizelge 4.6: Hesaplanmış yüzeysel ısı iletim (taşınım) direnç değerler.....	32
Çizelge 5.1: Hesap metodu ile TY, EPS ve XPS' ten elde edilen enerji tüketimleri.....	38

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1:	Dünyada birincil enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı..... 14
Şekil 3.2:	Dünya elektrik üretiminde enerji kaynaklarının payları..... 15
Şekil 3.3:	Yeşil bina örneği..... 19
Şekil 3.4:	Akıllı bina örneği 20
Şekil 4.1:	Taşyünü ısı yalıtım levhası..... 21
Şekil 4.2:	EPS ısı yalıtım levhası 22
Şekil 4.3:	XPS ısı yalıtım levhası..... 22
Şekil 4.4:	Alçı sıva 23
Şekil 4.5:	Çimento esaslı sıva 24
Şekil 4.6:	Yatay delikli tuğla..... 25
Şekil 4.7:	Gazbeton 25
Şekil 4.8:	Poliüretan köpük..... 26
Şekil 4.9:	Sıva numunelerinin üretim süreci..... 27
Şekil 4.10:	Sıvaların mekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan cihazlar..... 27
Şekil 4.11:	Duvar blokların mekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan cihazlar..... 28
Şekil 4.12:	Deney düzeneğinde kullanılan ekipmanlar..... 29
Şekil 4.13:	Deney düzeneği aşamalarının taş yünü örneği..... 29
Şekil 4.14:	Duvar imalatı ve sıva uygulaması..... 30
Şekil 4.15:	Numunelerin deney düzeneğine yerleştirilmesi..... 30
Şekil 4.16:	Yapı bileşenlerinin tasarım ve yerleşimi..... 32
Şekil 5.1:	Yüksek sıcaklık sonrası dayanım kayıpları..... 33
Şekil 5.2:	Donma- çözülme sonrası dayanım kayıpları..... 34
Şekil 5.3:	900 °C sonrası numunelerde yüzey durumu..... 35
Şekil 5.4:	Tuğla ve gazbeton blokların -20°C sonrası dayanım kayıpları.... 35
Şekil 5.5:	-20 °C Dış ortam sıcaklığında tüketilen enerji miktarları..... 36
Şekil 5.6:	-15 °C Dış Ortam sıcaklığında tüketilen enerji miktarları..... 36
Şekil 5.7:	-10 °C Dış Ortam sıcaklığında tüketilen enerji miktarları..... 37
Şekil 5.8:	-5 °C Dış ortam sıcaklığında tüketilen enerji miktarları..... 37
Şekil 5.9:	Enerji verimlilik oranları..... 38

Şekil 5.10:	Deneysel ve hesaplama metodu ile tüketilen enerji miktarları....	39
Şekil 5.11:	A-T numunede tüketilen enerji miktarı.....	39
Şekil 5.12:	Ç-T numunede tüketilen enerji miktarı.....	40
Şekil 5.13:	Ç-T nin A-T numunesine göre enerji verimliliği.....	40
Şekil 5.14:	A-T-Ç numunesinde tüketilen enerji miktarı.....	41
Şekil 5.15:	Ç-T-Ç numunesinde tüketilen enerji miktarı.....	42
Şekil 5.16:	Tuğla duvar ve sıvalardan hazırlanan numunelerde tüketilen enerji oranları.....	42
Şekil 5.17:	A-G numunesinde tüketilen enerji miktarı.....	43
Şekil 5.18:	Ç-G numunesinde tüketilen enerji miktarı.....	44
Şekil 5.19:	A-G-Ç numunesinde tüketilen enerji miktarı.....	44
Şekil 5.20:	Ç-G-Ç numunesinde tüketilen enerji miktarı.....	45
Şekil 5.21:	Gazbeton duvar ve sıvalardan hazırlanan numunelerde tüketilen enerji oranları.....	46
Şekil 5.22:	Tuğla, gazbeton duvar ve sıvalarla hazırlanan numunelerde aylık tüketilen enerji maliyetleri.....	46

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

K	: Kelvin
Q	: Maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (KWh)
(λ)	: Isı iletim katsayısı
m ²	: Metrekare
d	: Yapı bileşeninin kalınlığı (m)
A	: Isının iletim doğrultusuna dik geçen yüzey alanı (m ²)
Z	: Isının iletim süresi (s)
T ₁	: Soğuk yüzeyin sıcaklığı (°C veya K)
T ₂	: Sıcak yüzeyin sıcaklığı (°C veya K)

Kısaltmalar

Açıklama

kWh	: Kilowattsaat
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
BEP	: Bina Enerji Performansı
A-T	: İç sıva alçı duvar bloğu tuğla
Ç-T	: İç sıva çimento esaslı sıva duvar bloğu tuğla
A-T-Ç	: İç sıva alçı duvar bloğu tuğla ve dış sıva çimento Esaslı sıva
Ç-T-Ç	: İç - dış sıvalar çimento esaslı duvar bloğu tuğla
A-G	: İç sıva alçı duvar bloğu gazbeton
Ç-G	: İç sıva çimento esaslı sıva duvar bloğu gazbeton
A-G-Ç	: İç sıva alçı duvar gazbeton ve dış sıva çimento Esaslı sıva
Ç-G-Ç	: İç - dış sıvalar çimento esaslı duvar bloğu gazbeton
EPS	: Expanded polistiren (Genleştirilmiş polistren)
XPS	: Extrüde polistiren (Sertleştirilmiş polistren)
TY	: Taşyünü

1. GİRİŞ

1.1.Konu

Türkiye’de konutlarda tüketilen enerjinin % 80’i ısıtma ve soğutma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Türkiye gibi enerjisinin neredeyse tamamını ithal eden bir ülke için bu oran çok yüksektir. Enerjinin verimli olarak kullanılması, enerjiyi üretmekten çok daha ucuza gelecek bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerji tasarrufu sadece ülke ekonomisine kazanç sağlamakla kalmayıp özellikle fosil kaynaklı yakıtların kullanımı sırasında oluşacak çevresel olumsuzlukları da azaltmaktadır. Özellikle konutlarda gerçekleştirilecek yalıtım uygulamaları bir zorunluluk olarak görülmektedir.

Dünya nüfusunun artması, teknolojiye paralel olarak artan enerji ihtiyacının karşılanması, çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan sürdürülebilirliği sağlama isteği, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Alternatif enerji kaynaklarının araştırılmasının yanı sıra enerjinin daha verimli kullanılması da önemli bir konu haline gelmiştir (Erdabak, 2011).

Binalarda ısı kayıpları, her ne kadar binanın mimari projesine ve durumuna göre değişse de genel olarak; çok katlı bir konut için toplam ısının % 40’ı dış duvarlardan, % 30’u pencerelerden, % 7’si çatılardan, % 6’sı bodrum döşemesinden ve % 17’si hava kaçaklarından oluşur. Tek katlı bir konutta ısı kayıpları dış duvarlardan % 25, çatıdan % 22, pencerelerden % 20, bodrumdan % 20 ve hava kaçaklarından % 13 olarak belirlenmiştir (Koçu ve Dereli, 2010).

Binaların atmosfer koşullarına en çok maruz kaldığı bölümlerden biri de dış duvarlardır. Dış duvarlara TS 825’de belirtilen kural ve standartlara uygun olarak ısı yalıtımı yapmak, hem enerji verimliliğini artıracak, hem dış ortam ve iç ortam arasındaki dengeyi sağlayacak, hem de binanın yaşam ömrünü uzatacaktır.

Türkiye, 2009 yılında yaklaşık 45 milyar dolar enerji faturası ödemiştir. Türkiye’de tüketilen enerjinin % 30’unun binalarda harcandığı ve binalarda tüketilen enerjinin de büyük kısmının ısıtma ve soğutma amaçlı olduğu göz önüne alınırsa, binalarda uygulanacak ısı yalıtımlarının büyük enerji tasarrufu sağlama potansiyeli vardır. Isı yalıtımlı bir konutta ortalama % 50 ile % 60 arasında enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Yaklaşık olarak % 90’ı yalıtımsız olan ülkemizdeki binalar eğer yalıtımlı olsaydı, enerji faturası her yıl için yaklaşık 7.5 milyar dolar azalabilecekti (Bilal, 2010).

1.2. Çalışmanın Amacı

Ülkemizde yapılarda yaygın olarak kullanılan bölme duvar sistemleri ve yalıtım malzemelerinin enerji verimliliği açısından performansları incelenmiştir. Bu amaçla yalıtım malzemesi olarak taşıyünü, XPS ve EPS, duvar malzemesi olarak gazbeton ve tuğla kullanılmıştır. Kullanılan yapı malzemelerinin maruz kaldığı koşullardaki mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Yapı ve yalıtım malzemelerin enerji verimliliği laboratuvarında hazırlanan özel deney düzeneği ile belirlenmiştir. Bu amaçla oluşturulan deney düzeneğinde iç ortam sıcaklığı kullanılan termostat yardımı ile 18-22 °C sıcaklıkta kalması şartı sağlanmış ve otomatik iklimlendirme kabini içinde farklı dış ortam sıcaklıklarında (-20, -15, -10 ve -5 °C) ısı yalıtım malzemelerinin 4, 8, 16 ve 24 saatlik sürelerde tüketilen elektrik enerjisi bir sayaç yardımı ile ölçülmüştür. Ayrıca duvar ve sıva malzemeleri ile hazırlanan kompozitlerin 24 saatlik enerji tüketimleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar birbirileri ile karşılaştırılıp enerji verimliliği açısından değerlendirilmiştir. Isı yalıtım malzemelerinin deneysel sonuçları ile binalarda ısı yalıtım kuralları standartında önerilen hesap metodundan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. KONUYLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

2.1. Konu Hakkında Yapılan Çalışmalar

Aksoy ve İnallı (2003), biçim faktörü 1/1 olan binanın konumuna göre içten, dıştan ve çift duvar arası (sandviç) ısı yalıtımı durumu için yıllık ısıtma enerji miktarlarını hesaplamışlardır. İklimsel veri olarak elazığ ili ve 1999 yılındaki verileri kullanmışlardır. Sonuç olarak ısıtma için en az enerji içten yalıtımlı binadan elde edildiğini bulmuşlardır.

Çomaklı ve Yüksel (2003), Yaptıkları çalışmada Erzurum için dıştan yalıtımlı ve yalıtımsız durumlar ile optimum yalıtım kalınlığını araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre optimum yalıtım kalınlığını 10 cm, yatımlı durumun yalıtımsız duruma göre %80 enerji verimliliği sağladığını göstermişlerdir. Ayrıca yalıtım maliyetinin geri dönüşüm zamanını belirlemişlerdir.

Koçu ve Korkmaz (2005), yapılardaki ısı yalıtım uygulamalarının TS 825' e göre uyumluluğunu incelemişlerdir. TS 825' e uyulmadığını görmüşlerdir ve bunun sonucunda soğutma ve ısıtma daha fazla enerji tüketimi ihtiyacını artırmaktadır.

Şişman (2005), Türkiye geneli tüm iller için uygun izolasyon kalınlığı enerji tasarrufu mali karşılığını, yalıtım-yatırım tutarını ve geri ödeme sürelerini belirlemek amacıyla üç farklı yalıtım malzesi ile hesaplamıştır.

Arslan ve Köse (2006), Binalarda dış cephe yalıtım uygulamasında kullanılan malzemelerin optimum kalınlığının belirlenmesinde, Kütahya için 18°C, 20°C ve 22°C iç ortam ısısında yalıtım kalınlıklarını sırasıyla 0.06, 0.065 ve 0.075 m olarak, enerji verimlilik oranlarını da bu sıcaklıklara göre sırasıyla %74.9, % 76.3 ve % 78.8 olarak belirlemişlerdir.

Gölcü ve ark. (2006), yalıtım kalınlığının belirlenmesinde farklı enerji kaynağı ve ısı yalıtım malzemesi ile yapılan çalışma denizli ilende uygulanmıştır. Çalışma sonucunda; ısı yalıtım malzemesinin Eps ve enerji yakıtı olarak kömürün seçilmesi ile en uygun malmeler olduğu görülmüştür.

Akyol (2006), Soğuk iklim bölgesinde bulunan Erzurum Atatürk Üniversitesi kampüsünde mevcut olan benzer iki yapının (29 ve 30 nolu lojmanlar) enerji ve ekserji analizleri 165 gün incelenmiştir. Yalıtımsız olan bu yapıların yıllık 330 kWh/m² ısıtma enerjisi ile konfor şartlarının sağlandığı görülmüştür. Bu iki yapıdan biri referans (yalıtımsız) diğeri enerji teşvik projesi kapsamında ısı rehabilitasyon çalışmaları

uygulanmıştır. Sonuç olarak yalıtımlı binanın % 51.3 daha az ısı enerjisi tükettiğini görülmüştür.

Bolattürk (2006), Türkiye'nin farklı iklim ve bölgelerinde, optimum yalıtım kalınlığını ve geri ödeme sürelerini belirlediği çalışmada; elektrik, kömür, doğalgaz, fueloil, LPG, yakıt ve matolama malzemesi olarak EPS kullanmıştır. Çalışma sonucunda 2 ile 17 cm arasında yalıtım kalınlığı ve bunlara bağlı olarak % 22 ile % 79 arasında enerji tasarrufu olduğunu belirlemiştir. Ayrıca 1.3 - 4.5 yıl arasında geri ödeme zamanının olduğu hesaplanmıştır.

Bayer (2006) , dıştan ısı yalıtım ile örnek bir bina projesi üzerine TS 825 Isı Yalıtım Kuralları' na uygun ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak yaptığı çalışmada; mevcut binanın ısı yalıtımsız durumdaki yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ve dış duvarlarda dıştan ısı yalıtım malzemesi olarak EPS, XPS ve taş yünü yalıtım malzemeleri seçmiştir. Ayrıca dolgu duvarlarda gazbeton uygulayarak kolon ve kirişleri dıştan EPS ile yalıtım çözümleri sunmuş, bu çözümlerin maliyetleri ve avantajlarını incelemiştir.

Yılmaz (2006), yapıların betonarme ve dış duvarlarında gerçekleştirilen ısı kayıpları araştırılmıştır. Çalışmasında incelediği odanın betonarme bölgesindeki ısı kayıplarının duvardaki kayıplardan daha yüksek olduğunu belirtmiştir. İki duvardaki toplam duvar alanı 10.98 m² iken betonarme yüzey alanı ise 8.08 m² dir. Duvar yüzeylerinin yalıtımlı ve yalıtımsız hesaplamalarında sırasıyla ısı kayıpları 393.96 Watt (W) ve 131.32 W olarak bulmuştur. Betonarme yüzeyde ise yalıtımlı ve yalıtımsız hesaplamalarında sırasıyla ısı kayıpları 598.40 Watt (W) ve 115.22 W olarak elde etmiştir. Sonuçlar incelendiğinde yalıtımsız durumlardaki betonarmenin, duvar yüzeylerindeki ısı kaybına göre metrekarede %100 daha fazla olduğunu, ısı kaybının yalıtımlı yüzeylerde ise büyük oranda azaldığını görmüştür. Bu hesaplamalar sonucunda yalıtım uygulaması yapılmayan duvarların yalıtımlılara göre ısı kaybı oranı 3 iken, bu durum yalıtımsız betonarme yüzeylerinde ısı kaybı yalıtımlılara oranla 5 kat daha fazla olduğunu belirtmiştir.

Aytaç ve Aksoy (2006), dıştan ve sandviç duvar modelleri ile Elazığ ili için, elektrik, doğalgaz, kömür, fueloil, ve LPG yakıtları ile EPS ve taş yünü ısı yalıtım malzemeleri için optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda en iyi yakıt olarak kömür, yalıtım malzemesi olarak da EPS olduğunu belirlemişlerdir. Binada mantolama uygulamasının, geri dönüşüm süresini 4.6 yıl ve yıllık 16.359 \$/m²

tasarruf elde edileceğini hesaplamalar sonucunda bulmuşlardır. Binada uygulanan yalıtım sisteminin sandviç duvar olması durumunda ise bu değerler, 4.2 yıl ve 20.188 \$/m² tasarruf edileceğini belirtmişlerdir.

Candan (2007), örnek bir binanın mevcut enerji ihtiyacını ve özgül ısı kayıplarını belirledikten sonra XPS ve EPS malzemeleri ile üç farklı ısı yalıtım uygulaması yapıp elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda ısı yalıtım uygulamasının dış duvarlarda dıştan yapılan ısı yalıtımı ile ısı enerjisi tüketimine etkisini ortalama % 40, binanın özgül ısı kaybında ise yaklaşık % 57 azalma sağladığını belirlemiştir.

Özel ve Pıhtılı (2007), binaların ısı yalıtım uygulamalarında sıklıkla kullanılan dış cephe mantolama da (dıştan yalıtımlı duvarlarda), duvar yönünün yalıtım kalınlıklarına etkisini, ısı kazanç ve kayıpları açısından sayısal olarak incelemişlerdir. Çalışmalarında, farklı yalıtım malzemeleri ile Elazığ, İzmir ve Kars gibi farklı iklim şartlarına sahip olan illerinin meteorolojik verilerini kullanmışlardır. Sonuç olarak, duvar yönünün yalıtım kalınlığını etkilediği görülmüştür. Bu etkilemenin doğu ve batı yönündeki duvarlara uygulanan yalıtım malzemesinin kalınlığı güneye bakan duvarların yalıtım malzemelerine göre daha kalın olması gerektiğini bulmuşlardır.

Özel (2008), enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi üç farklı yakıt türü için dinamik yaklaşım ile Elazığ ili için optimum yalıtım kalınlığını hesaplamıştır. Tapılan dinamik yaklaşımı sonucunda doğal gaz, ithal kömür ve fuel-oil için optimum uygulanacak yalıtım malzemesi kalınlıklarını sırasıyla 0.04, 0.045 ve 0.075 m olarak belirlemiştir. Yapılacak yalıtım uygulamaları sayesinde elde edilecek yıllık maliyet tasarruflarını sırasıyla 21.98, 24.91 ve 71.15 TL/m² olduğunu belirtmiştir. Kullanılan yakıt maliyetlerinin artması sonucunda hem optimum yalıtım malzemesi kalınlığının hem de yıllık yapılacak tasarrufun artmasına neden olduğunu görmüştür. Ayrıca, yapılan hesaplamalarda yıllık tasarruf olarak en fazla fuel-oil yakıtının kullanılması ile elde edilirken, uygulanan yalıtım malzemesinin kalınlığı dikkate alındığında en uygun sonucun yakıt olarak doğal gaz kullanılması durumunda elde edileceğini belirtmiştir.

Paralı (2009), ısı yalıtım uygulamalarında örnek bir proje üzerinde, binalarda uygulanan ısı yalıtım malzemelerini, duvarlar üzerinde uygulama şeklini ve EPS, XPS ve gazbeton malzemeleri ile duvarlarda ısı yalıtımı maliyetinin değişimlerini incelemiştir. Çalışmasında kullandığı yalıtım sistemleri arasında karşılaştırma yapmıştır.

Isıyalıtım uygulamasında açık alanlardaki betonarme ve dolgu duvarlarda 6 cm kalınlığında EPS levha kullanmış, toprağa temas eden duvarlarda ise 3 cm EPS kullanarak yalıtım yapmıştır. 2009 birim fiyatları kullanılarak maliyet analizleri yapılmıştır. Bu sistem işçilik ve iskele de dahil toplamda 15.700 TL' ye mal olmuştur. XPS levha uygulamasında havaya açık duvarlarda 5.5 cm, toprak temalı duvarlarda 3cm kullanmış ve maliyetini 17.850 TL bulmuştur. Gaz betonla duvarlarda havaya açık betonarme duvarda 6 cm EPS levha ve havaya açık dolgu duvar kısımlarında 23 cm gaz beton, toprağa temas eden duvarlarda ise 3 cm XPS kullanmıştır. Bunun maliyeti ise 22.155 TL olmuştur. Sonuç olarak EPS ile yapılan yalıtımın daha ekonomik olduğunu ve uygulamanın 3 yıl içinde kendini amorti edeceğini belirtmiştir.

İşbilir (2009), ısı yalıtım uygulamasında kullanılan malzeme yöntemleri derece gün bölgesi olarak I. iklim bölgesinde bulunan İzmir'deki bazı kamu kurum ve özel sektör binalarına ait örnekleri incelemiştir. İncelenen yapılarda ısı yalıtım malzemeleri, kullanılan malzeme özelliklerini, uygulanma yerleri ve uygulama sırasında karşılaşılan problemleri araştırmıştır. Çalışmasında ayrıca ısı yalıtım uygulamasında kullanılan malzeme olarak XPS ve EPS ile ısı yalıtımı yapılan binaların ve yalıtımsız binaların enerji tüketimlerini incelemiş ve enerji tasarrufu bakımından birbirileri ile kıyaslamıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ısı yalıtımı uygulaması olan binanın, yalıtımsız binaya göre 2.5 kat daha fazla enerji tasarrufu sağladığını belirtmiştir.

Ülker (2009), yapı fiziği ve ekolojik etkiler açısından; kullanılan ısı yalıtım malzeme özellikleri ve uygulama yöntemleri açısından incelemiştir. Ayrıca ülkemizde yaygın olarak kullanılan duvar malzemeleri ısı yalıtım kuralları standardında verilen derece-gün bölgelerine göre incelenmiştir. Çalışma sonucunda kullanılan yalıtım malzemesinin buhar difüzyon direncinin aynı kalması şartı ile ısı yalıtım standardında belirtilen farklı derece gün blgelerinde göterdikleri performansları değiştiği görülmüştür.

Çamur (2010), çevresel etkiler açısından yalıtım malzemelerinin üretilmesi ve yapıya uygulanmasına kadar geçen süreçte ele alınmıştır. Çalışmada malzeme olarak taşıyünü ve EPS kullanılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda çevresel etkilere göre taşıyünü malzemesinin kullanı uygun görmüştür.

Erdabak (2011), ısı yalıtım uygulamasının enerji tüketimine etkisinin araştırılışı bu çalışmada yalıtımsız ve yalıtımlı durumlar incelenmiştir. Bu amaçla üç farklı farklı

yalıtım uygulaması (içten, dıştan ve sandviç) ile 3 - 5 ve 7 cm kalınlığında yalıtım malzemeleri olmak üzere üç farklı yalıtım yapılmıştır. Çalışmada iç ortam ve dış ortam sıcaklıkları sırasıyla 20 °C, - 20 °C olarak ele alınmıştır. Sonuç olarak yalıtımsız duvarda sırası ile en düşük ve en yüksek iç yüzey sıcaklıkları 253.5 K- 291.45 K ile sıcaklık değerine, kullanılan 7 cm'lik sandviç duvar yalıtımından elde edilmiştir.

Tolun (2010), Türkiye'deki değişik ısı bölgelerinden seçilen birer il dikkate alınarak yapılarda dıştan yalıtım uygulaması sahip olan üç farklı yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Bina dış duvarlarına uygulanan optimum yalıtım malzeme kalınlıklarının ve derece-gün sayısı, duvar tipi, kullanılan yalıtım malzemesine göre değiştiğini belirtmiştir. Binanın bulunduğu derece-gün bölgesi, yakıt tipi ve yalıtım malzemesine en uygun optimum yalıtım kalınlığının hesaplanmasının, enerjinin korunması ve geri ödeme sürelerinin düşürülmesi için önemli olduğu görülmüştür.

Değirmenci (2010), termal kamera çekimleri ile bina ya da diğer sektörlerin yalıtımlı ve yalıtımsız durumları arasındaki farkları incelemiştir. Marmara Bölgesi sınırları içerisinde bulunan Yahya Kaptan Blokları ve Yalova Termal Bölgesi'nde yaptığı incelemeler sonucu termal kamera ile elde edilen bulgular, her iki bölgede de sorunlar ve bu sorunlara ilişki çözüm önerilerini ortaya koymuştur. Sonuç olarak; yeni ve mevcut yapılarda ısı yalıtım uygulamaları yapılarak, enerji kaynaklarının verimli şekilde kullanılmasıyla enerji tasarrufunun yanında, konutlarda sağlık ve konfor şartlarının sağlanmasını, sağlam ve daha uzun ömürlü yapılara sahip olunmasını, hava kirliliğinin azalması ile çevrenin korunmasında büyük katkılar sağlamış olunacağını saptamıştır.

Aydın (2010), II. derece gün bölgesinde bulunan Trabzon ilinde yaptığı çalışmada, Türkiye genelinde ısı yalıtımının kullanımına ve doğru duvar konstrüksiyonu seçimlerine ilişkin öneriler oluşturularak nitelikli konut inşaatında yardımcı bir kaynak oluşturulması ve yapı sektörüne kaynak olabilecek öneriler sunmuştur.

Aydın vd. (2011), yaptığı çalışmada ülkemizde en çok tercih edilen duvar çeşitlerinin ısı yalıtım performansı deneysel olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla gerçek yapı özellikleri taşıyan 1/3 oranında küçültülmüş betonarme karkas bir yapı imal edilerek, kolon açıklıkları yatay delikli tuğla, düşey delikli tuğla, bims, gaz beton, harman tuğla ve sandviç duvar uygulamalarıyla tamamlamışlardır. Kurulan model yapı içerisine bir ısı kaynağı yerleştirilerek termostatlar yardımıyla içerdeki

ısının sabitlenmesini sağlamış, yapının ısı dengesini sağlamak amacıyla ısı kaynağını 30 gün boyunca çalıştırmış ve daha sonra her duvar yüzeyinden termal kamera ile görüntüler almışlardır. Sonuçta, hem deneysel çalışmalar hem de hesap yöntemiyle elde edilen verilerin kullanılan malzemelerin ısı iletkenlik hesap değeri (λh)'nin paralel olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca deneysel çalışmalar ve hesap sonucunda elde edilen duvarın ısı geçirgenlik katsayısı (UD) değerleri TS 825' de tavsiye edilen maksimum değerden daha yüksek olduğu görmüşlerdir. Bu nedenle yapının bulunduğu bölge, kullanılan duvar çeşidi ve kalınlıkları göz önüne alındığında tüm duvarlarda ısı yalıtımı yapılmasının gerekliliğini ortaya koymuşlardır.

2.2. Isı ve Isı İletimi

Eski çağlarda bazı filozoflar sıcak ve soğuk cisimlerde farklı kalorilerin bulunduğunun, ısının sıcak cisimden çevreye yayıldığını ve bir tür çalkalanma karışma olayı olduğunu düşünmekteydiler. 18.yy. sonlarına doğru ısının maddelerin atomları arasında yer alan görülmeyen, ağırlığı olmayan kalorik adıyla isimlendirilen bir sıvı olduğunu ileri süren "Isının Kalorik Teorisi" Lavosier tarafından ortaya atılmıştır. Ancak fizikçiler iş ve ısının eşdeğer olduğunu anladıklarında bu teori gözden düşmüştür (Dikici, 1991). Günümüzde ısının iletim halinde bir enerji olduğu ve sisteme ait bir özellik olmadığı kabul edilmiştir (Dilmaç, 1999).

2.2.1. Isı kavramının tanımı

Isı aralarındaki sıcaklık farkı nedeni ile bir cisimden diğerine geçen iletim halinde olan enerji türüdür. Farklı sıcaklıklardaki cisimler bir araya geldiğinde, sıcak olanlar soğur, soğuk olanlar ısınır. Bu bize cisimler arasında ısı alışverişi olduğunu gösterir. Bir cismin sıcaklık değişimi, bu cismin aldığı veya bıraktığı ısının sonuçlarından biridir.

Isı ve sıcaklık farklı kavramlardır. Belirtildiği gibi ısı iletim halindeki bir enerjidir. Sıcaklık ise atomlarının kinetik enerjilerinin (hızlarının) bir ölçüsü olur ve sisteme ait bir özelliktir. Sıcaklığı yüksek olan cisimden sıcaklığı düşük olan bir cisme doğru daima kendiliğinden bir ısı iletimi gerçekleşir. Sıcaklıkları farklı iki sistem arasındaki ısı alışverişini durdurmak mümkün değildir. Uluslararası birim sisteminde (SI) sıcaklığın birimi $^{\circ}\text{C}$ veya K'dir.

2.2.2. Isı iletimi

Isı iletimi, sıcaklığı yüksek olan bir sistemden sıcaklığı düşük olan bir sisteme doğru daima kendiliğinden oluşmaktadır. Bu dört farklı şekilde gerçekleşir.

- * Kondüksiyonla (iletimle)
- * Konveksiyonla (taşınım)
- * Radyasyonla (ışınım)
- * Buharlaşma ile

İletimle ısı iletimi: Enerjinin bir malzemenin atom veya moleküllerinin titreşimleri ile iletilmesidir. Etkin olarak katı cisimlerde meydana gelir; sıvı ve gazlar da görülür. Ancak gazlarda moleküller arası mesafe atom boyutlarına göre çok büyük olduğu için etkin değildir ve ihmal edilir.

Taşınım ısı iletimi: Yalnızca sıvı ve gazlarda (akışkanlarda) meydana gelmektedir. Enerjinin iletilmesi akışkan maddenin atom veya moleküllerinin uzun mesafeli hareketleri ile gerçekleşir.

İşınım ısı iletimi: Elektromanyetik dalgalar, dalga boyuna bağlı olarak foton denilen enerji paketçikleri taşırlar. Dalga boyu küçüldükçe enerjileri artar.

Buharlaşma: Su, sıvı halden buhar hale geçerken bütün maddelerde olduğu gibi çevresinden bir miktar enerji alır. Bu enerjiyi, sıvı hale geçerken çevresine geri verir. 1 kg maddenin buharlaşabilmesi için gereken ısı miktarına "Buharlaşma Isısı" denir. 1 kg su için gerekli buharlaşma ısı 2.5 milyon Joule'dir (Dağsöz, 1991).

2.2.3. Isı iletim hesaplarında kullanılan büyüklüklerin tanımı

Isı yalıtım hesapları yapılırken kullanılan bazı kavramlar aşağıda tanımlanmıştır.

Isı iletkenliği (λ , W/m²K): 1 metre kalınlığındaki homojen bir malzemenin birbirine paralel iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 1°C olduğunda ve sabit kaldığında birim zamanda geçen ısı enerjisi miktarıdır. Sabit rejim şartlarının (yüzey sıcaklıklarının olduğu) sabit kaldığı hallerde Çizelge 2.1' deki formül ile hesaplanır.

Çizelge 2.1. Isı iletkenliğinin hesaplanması (Özenç, 2007).

$\lambda = \frac{Qd}{A.Z.(T_2 - T_1)}$	
λ : Isı iletkenliği (W/mK) Q: İletilen toplam ısı enerjisi miktarı (Joule) d: Isının iletildiği malzeme kalınlığı (m) A: Isının iletim doğrultusuna dik geçen yüzey alanı (m ²)	Z: Isının iletim süresi (s) T ₁ : Soğuk yüzeyin sıcaklığı (°C veya K) T ₂ : Sıcak yüzeyin sıcaklığı (°C veya K)

Isı geçirgenlik değeri (Λ , W/m²K): Sabit rejimde "L" kalınlığındaki bir yapı elemanının birbirine paralel sıcak ve soğuk yüzlerin sıcaklıkları arasındaki fark 1°C olduğunda birim zamanda birim alandan yüzeylere dik olarak geçen enerji miktarıdır.

Elemanın ısı iletkenlik katsayısı (λ) nın malzemenin kalınlığı (d) ye bölünmesi sureti ile yapı elemanının ısı geçirgenliği (Λ) bulunur. Çok tabakalı yapı elemanının Λ değeri her tabakanın λ/d değerlerinin toplamına eşittir.

$$\Lambda = \sum (\lambda/d) \quad (2.1)$$

Isı geçirgenlik direnci ($1/\Lambda$, m²K/W): Isı geçirgenliğinin aritmetik tersine denir. $1/\Lambda$ ile gösterilir.

Yüzeysel ısı iletim katsayısı (α , W/m²K): Yapı bileşeni yüzeyi ile yüzeyin temas ettiği hava sıcaklıkları arasındaki fark 1°C olduğunda 1 m² yapı bileşeni yüzeyinden havaya veya havadan yapı bileşeni yüzeyine birim zamanda geçen ısı enerjisi miktarıdır. α ile sembolize edilir. İç yüzey için α_i ile dış yüzey için α_d ile gösterilir. Yüzeysel ısı iletim katsayıları standart ve yönetmeliklerde sabit değerler olarak verilmiştir (Dağsöz, 1990).

Yüzeysel ısı iletim direnci ($1/\alpha$, m²K/W): Yüzeysel ısı iletim katsayısının aritmetik tersidir.

Isı geçirgenlik katsayısı (U): Sabit rejim şartlarında herhangi "d" kalınlığındaki yapı elemanının her iki tarafındaki hava sıcaklıkları arasındaki fark 1°C (1 K) olması halinde birim alanından birim zamanda geçen ısı enerjisi miktarıdır. Daha önceleri K ile sembolize edilirken günümüzde bu büyüklük uluslararası standartlarda (ISO, EN v.b.) "U" ile gösterilmekte olup, birimi W/m²K'dir. Aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

Isı geçirme direnci: Isı geçirme katsayısının aritmetik tersidir. Sembölü $1/U$, birimi m²K/W'dir.

Isı akısı (q, W/m²): Yapı elemanın birim alanından, bu alana dik doğrultuda ΔT sıcaklık farkı etkisin de birim zamanda iletilen ısı enerjisi miktarıdır. Sembol olarak q kullanılır. Birimi W/m²'dir. Z sürede, A alanından geçen toplam ısı enerjisi miktarı ise Q ile gösterilir. Birimi Joule'dir. Aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$q = U \cdot \Delta T \quad (2.2)$$

$$Q = q \cdot A \cdot Z \quad (2.3)$$

Isı iletim rejimleri: Zaman birimi ile ilgili olan ısı iletiminin zamanla azalması veya çoğalması ya da sabit kalması ısı iletiminin rejimleri meydana getirir.

Sabit Rejim: Isı iletiminin sabit sıcaklıklar etkisinde meydana gelmesi ve iletilen ısı enerjisi miktarının herhangi iki eşit zaman aralığında hep aynı olmasıdır.

Değişken Rejim: Isı iletiminin değişken sıcaklıklar etkisinde meydana gelmesi ve iletilen ısı enerjisi miktarının herhangi iki eşit zaman aralığında değişken olmasıdır.

Periyodik Rejim: Sıcaklığın ve dolayısı ile ısı akımının zamanla periyodik olarak değişmesi halinde meydana gelen ısı iletim rejimidir (Dağsöz, 1990).

3. BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

3.1. Enerjinin Tanımı

Enerji, her zaman insanın büyük hedeflerine ve "Daha iyi dünya" rüyalarına anahtar olmuştur. Denilebilirki binlerce yıl önce insanoğlu ateşteki enerjiyi ısı olarak ve aydınlatma için kullanıp medeniyet yolculuğuna çıkmıştır. O dönemlerden bugüne insanın refahı ve yaşam standardını yükseltmek için araştırmalar sürmüş ve günümüzde kömür, petrol, rüzgar, güneş ya direkt olarak kullanılmış veya elektrik enerjisine dönüştürülerek tüketilmiştir. Yeryüzündeki bütün enerji kaynakları kökünü, dolaylı veya dolaysız olarak ya güneşten ya da yer kütesinde bulunan radyoaktif element atomlarının parçalanmasından alır. Güneş ışınları, yeryüzünde hayvansal ve biyokimyasal hayatın biyokimyasal tepkimelerinde kaçınılmaz olan ışık ve sıcaklık şartlarını sağlamak için gereklidir. Canlı organizma kalıntılarının başlıcaları karbonhidratlardır. Günümüzde ormanlar yakacak olarak bir enerji kaynağıdır. Jeolojik devirler boyunca, canlı organizmaların kalıntıları çok büyük bir enerji deposu şeklinde yığılmışlardır. İnorganik tortular içinde dağılmış ve değerinden kaybetmiş canlı organizma kalıntıları çoktur. Fakat bazı bölgelerde kalın bir tabaka halinde bitki kalıntıları yığılmış ve maden kömürü tabakalarını, daha sonrada linyit yataklarını oluşturmuştur. Diğer organik kalıntılar petrol ve doğal gazlara dönüşmüştür (Özenç, 2007).

3.2. Enerji Tüketimi

Günümüzde enerji tüketiminin artışı dünya nüfusunun artışına göre hissedilir bir yükseliş göstermektedir. Bugün Türkiye’de kişi başına düşen genel enerji tüketimi Avrupa ülkelerinin 1/3’ne eşdeğer olmasına rağmen ısınma amaçlı tüketimde Avrupa’nın iki katı daha fazla yakıt harcamaktayız. Enerji gereksinimizin yarıdan fazlasını ithal etmekteyiz ve bunun için 5 milyar dolar ödemekteyiz. İleriye yönelik, 2010 yılına gelindiğinde yerli kaynakların yeterliliğinin % 38’e düşeceğini enerji gereksinmemizin % 62’ sinin ithalat yolu ile karşılanacağını göstermektedir (Özenç, 2007)

3.3. Aşırı Tüketimin Etkileri

Isı yalıtımına gerekli önemin verilmemesi ve bu konudaki bilincin tam anlamı ile yerleşmemiş olması ülkemizde ısınmaya yönelik kullanılmakta olan enerjinin aşırı bir şekilde tüketilmesine neden olmaktadır.

Aşırı tüketiminin neden olduğu etkiler;

- Çevre ve canlılar üzerindeki etkileri,
- Kullanılan enerji kaynakları üzerindeki etkileri,
- Ekonomik etkileri olarak aşağıda daha detaylı bir şekilde incelenmiştir.

3.3.1. Çevre ve canlılar üzerindeki etkileri

Fosil esaslı ısınma amaçlı kullanılmakta olan enerji ihtiyacı öncelikli olarak petrol, kömür, doğal gaz gibi hidrokarbonların tüketilmesi ile karşılanmaktadır. Karbondioksit gazı ile beraber bölgesel asit yağmurlarının oluşmasına yol açan ve atmosferdeki miktarının artmasına sebep olan fosil yakıt tüketimi, ayrıca havaya atılan uçucu organik bileşik ve partiküler azoksit v.b. emisyonlar atmosferi kirletmektedir. Doğal gazın kirleticiliği 1 olarak almak üzere diğer yakıtların kirleticilikleri Çizelge 3.1’de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Bazı yakıtlar ve kirleticilik değerleri.

Doğalgaz	1
Fuel-oil	1,45
Kömür	1,65
Linyit	5,07
Elektrik	3,2
Termik	5,1

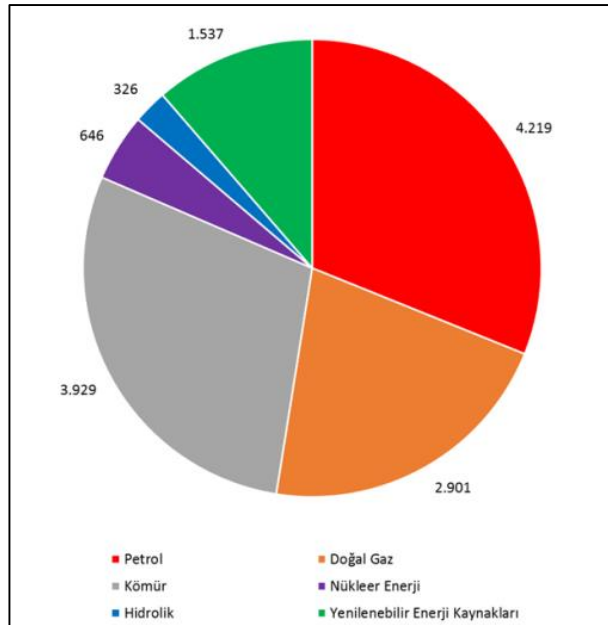
Fosil yakıt tüketiminin artarak devam etmesi doğanın kendi kendine temizleyebileceğinden daha fazla kirlenmesine sebep olmaktadır. Yılda yaklaşık 19 bin ton CO₂ gazı atmosfere karışmaktadır (Anonim, 1991 a). Karbondioksit molekülleri ısıtıcı ışınları (kızıl ötesi ışınları) geçirmezler. Dolayısı ile atmosferdeki CO₂ miktarının artması yerkürenin soğumasını sağlayan ısıtıcı ışınların tekrar yerküreye geri dönmesine sebep olur. Sera etkisi denen bu durum yer yüzeyinin sıcaklığının artmasına ve kutuplardaki buzulların erimeye başlamasına, iklim kuşaklarının değişmesine neden olmaktadır (Dilmaç ve Eğrican, 1994 b).

Başka bir deyişle toprakların verimsizleşip çölleşmesine, insanları besleyen toprakların azalmasına v.b. düşünülmesinin bile ürkütücü olduğu sonuçlara sebep olacaktır.

Hava kirliliğinin çevreye verdiği zararların dolaylı olarak canlıları etkilemesinden başka hava kirliliği direkt olarak da canlıların sağlığını tehdit

etmektedir. Hava kirliliği insanlarda astım krizi, akciğer savunmasının zayıflamasına, solunum yollarında tahribata, dokularda bozulmalara neden olmakta, riskli grup oluşturan çocuklarda ise ileri yaşlarda kalp, astım, kronik bronşit, amfizemi hastalıkların görülmesine neden olmaktadır. Hava kirliliğine maruz kalan çocuklar ile normal şartlar altında yetişen çocuklar incelenip kıyaslandığında, kirli ortamda büyüyen çocukların akciğer kapasitelerinin 14-18 ml. daha düşük olduğu ve kışın doğan çocukların daha çok hastalandığı saptanmıştır. Sağlıklı büyüklerin ise ileri durumlarda kronik rahatsızlıklara yakalandığı, astımlı hastaların daha fazla etkilenecek astım krizine tutulmalarına, kalp rahatsızlıklarından kansere kadar çeşitli hastalıkların görülmesine neden olmaktadır. Solunum esnasında 10 mikrondan büyük parçalar burunda tutulmakta, 0.3-0.5 mikron arasındaki parçalar solunum yollarına, daha küçükleri akciğerin derinliklerine inmektedirler. Hava kirliliğinin bu tehlikelerine karşı yapılacak 50 mm kalınlığındaki bir ısı izolasyon malzemesi binanın 50 yıllık ömrü boyunca her m² 1 ton CO₂'in atık olmasına engel olacaktır (Anonim, 1991 a).

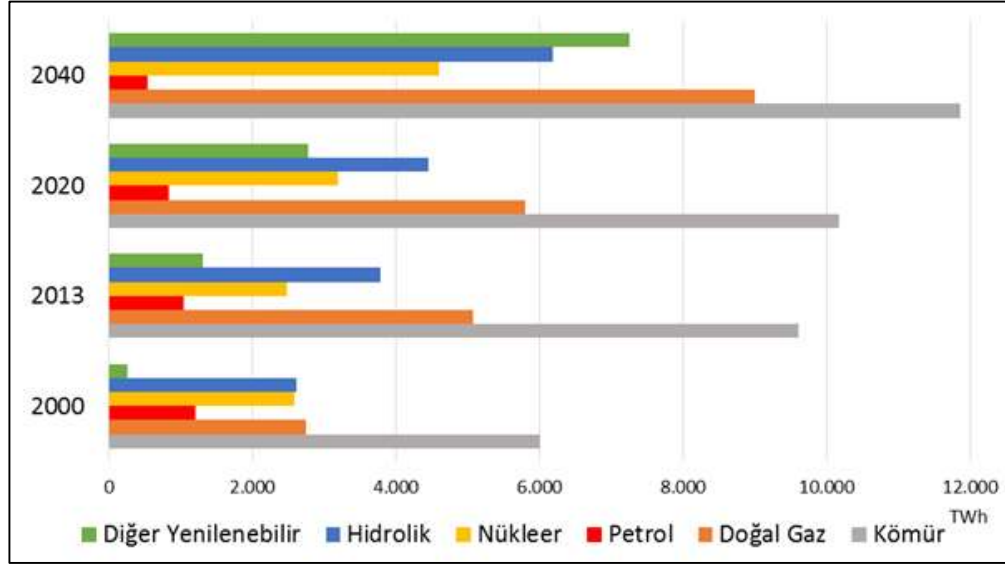
2013 yılında toplam 13.559 MTEP olan dünyada birincil enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı Şekil 3.3'te verilmiştir (Enerji, 2013).



Şekil 3.1. Dünyada birincil enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı (Milyon-TEP).

Günümüzde dünya enerji üretiminde öncelikli kaynaklar petrol, doğal gaz ve kömür gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır. Özellikle doğal gazın çevreyi daha az kirlletmesinden dolayı enerji üretimindeki payı gün geçtikçe artmaktadır. Şekil 3.1' de

görüldüğü üzere, dünyanın en çok kullanılan enerji kaynağı petroldür. İkinci sırada kullanımı gittikçe azalan maden kömürü ve üçüncü sırada üretim ve tüketimi hızla artan doğal gaz bulunmaktadır. Yeni politikalar senaryosu dikkate alındığında dünya elektrik üretiminde enerji kaynaklarının payları Şekil 3.2’de görünmektedir.



Şekil 3.2. Dünya elektrik üretiminde enerji kaynaklarının payları.

Her dönem belirli bir enerji kaynağı önem kazanmıştır. Kömürün yerini zamanla petrol almış ve sonraki yıllarda doğal gaz önem kazanmıştır. Önümüzdeki yıllarda ise alternatif enerji kaynakları değer kazanacaktır.

3.3.2. Kullanılan kaynaklar üzerindeki etkileri

Jeolojik devirler boyunca çok büyük bir enerji deposu şeklinde yığılan canlı organizmalar bugün fosil yakıt dediğimiz enerji kaynağını oluşturmaktadır. Bu fosil yakıtların tekrar oluşabilmesi için milyonlarca yıl geçmesi gerekmektedir. Bu sebeple ısı yalıtımı sonucu sağlanacak enerji tasarrufu bu rezervlerin kullanımlarının daha uzun süreli olmasını sağlayacaktır.

3.3.3. Ekonomik etkileri

Ülkemizde ısınmaya yönelik kullanılan enerji aşırı boyutlara ulaşmıştır. Batı ülkeleri ile yapılan kıyaslamalarda birim hacim ısıtmada Almanya’dan 2 kat, ABD’den 2.5 kat, Danimarka’dan 3 kat, İsveç’ten 3.6 kat daha fazla enerji harcandığı ortaya çıkmaktadır. Yapılan istatistiklerde konutların ısıtılması için yılda 4.2 milyar dolar harcandığı ve ısı yalıtımı ile elde edilecek tasarrufun yaklaşık 2 - 2.5 milyar dolar seviyelerinde olacağı hesaplanmıştır. Bu da 10 milyon ton petrol eşdeğeri enerjiye karşılık gelmektedir (Anonim, 1991 a).

Bu sonuçlar da gösteriyor ki, aşırı tüketim sebebi ile ısıнын yaklaşık % 60 - 70'i israf edilmektedir. Bu durum günümüzde dışa bağımlı olan enerji politikamızın dışa bağımlılığını arttırmakta, döviz ödemelerinde denge bozulmakta ve ülkenin kalkınmasına harcanacak (hastane, okul, yol v.b. yapımı) kaynaklar kaybedilmektedir. Sonuç olarak da bu denli pahalıya elde edilen enerji gereksiz yere atmosfere kaybedilmektedir. Isı yalıtımı bu aşırı yakıt tüketiminin önüne geçecektir.

3.4. Enerji Verimliliğinin Arttırılması

Ülkemizde kullanılan ısınma amaçlı enerji tüketimi 1973 krizinden bugüne kadar hiç gerileme göstermemiş ve binalarımızda enerji verimliliği sağlanamamıştır (Dilmaç, 1996 c).

Gelişmiş ülkeler krizden sonra böyle krizlerin etkilerinden korunabilmek için bütün sektörlerde enerji verimliliğinin arttırılmasını hedef olarak seçmişlerdir. Enerji verimliliğinde amaç, enerjinin doğru ve ekonomik kullanımı sağlanarak ekonomik büyümeye engel teşkil etmeyecek şekilde enerji tüketiminin azaltılmasıdır (Anonim, 1991 a).

Enerji verimliliğinin arttırılması daha az enerji ile daha fazla iş üretilebilmesi demektir. Enerji verimliliğinin arttırılması bütün sektörler için önem arz etmesi ile birlikte bina sektöründe üzerinde önemle durulan bir konudur. Bunun sebebi binaların ısıtılması için harcanan enerjinin, toplam enerji tüketimi içindeki payının büyük olmasının (yaklaşık 35-40) yanında özellikle ısıl konfor için tüketilen enerjinin sürekli atmosfere kaybedilmesi ve ülke kalkınmasına etki edecek direkt bir katkı ortaya çıkarmasıdır.

Binalarda enerji verimliliğinin artması demek binanın yıllık ısıtma soğutma havalandırma- aydınlatma amaçlı toplam enerji tüketiminin minimum olması demektir. Bu hedef için atılacak ilk adım ise binaların yalıtım düzeylerinin arttırılması ve güneş enerjisi v.b. yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması olacaktır (Dilmaç,1996 f).

3.5. Ülkemizde Enerji Verimli Bina Yaklaşımı

Türkiye’de kullanılan enerjinin üçte birinden fazlası ısıtma ve soğutma amacıyla harcanmaktadır Binalardaki en önemli önlem binanın ısı kayıplarına karşı, sıcak bölgelerde de ısı kazançlarına karşı güçlendirilmesi; ısı yalıtımıdır. Derece gün bölgeleri Çizelge 3.2 de görülen illerden özellikle 1.derece gün bölgesinde yer alan şehirlerimizde

yaz aylarında dış sıcaklıklar 40~45 °C mertebelerine ulaşmaktadır. Soğutma işlemi ısıtma işlemine kıyasla 3~6 kat daha fazla maliyete sahiptir. Bunun azaltılması için en etkin önlem olan ısı yalıtımı açısından yeni inşa edilecek yada ve büyük ölçüde tadilat yapılacak konut ve ticari binalarda uygulanacak ısı yalıtımı kurallarını düzenleyen TS 825 standardına uygun yalıtım yapılmasıdır(Keskin, 2010).

Çizelge 3.2. İllere göre derece gün bölgeleri (TS 825, 2013).

1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
ADANA	HATAY	MERSİN		
ANTALYA	İZMİR			
İli 2. Bölgede olupta kendisi 1. Bölgede olan belediyeler				
BODRUM (Muğla)	DALAMAN (Muğla)	FETHİYE (Muğla)	MARMARİS (Muğla)	
GÖKOVA (Muğla)	DATÇA (Muğla)	KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)	
2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AYDIN	BURSA	GİRESUN	KARAMAN	SİNOP
AYVALIK (Balıkesir)	ÇANAKKALE	İSTANBUL	OSMANİYE	ŞIRNAK
ADIYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	ORDU	ŞANLIURFA
AMASYA	DİYARBAKIR	KOCAELİ	RİZE	TEKİRDAĞ
BALIKESİR	DÜZCE	MARAŞ	SAMSUN	TRABZON
BARTIN	EDİRNE	MANİSA	SAKARYA	YALOVA
BATMAN	GAZİANTEP	MARDİN	SİİRT	ZONGULDAK
İli 3. Bölgede olupta kendisi 2. Bölgede olan belediyeler				
HOPA (Artvin)		ARHAVİ (Artvin)		
İli 4. Bölgede olupta kendisi 2. Bölgede olan belediyeler				
ABANA (Kastamonu)	BOZKURT (Kastamonu)	ÇATALZEYTİN (Kastamonu)		
İNEBOLU (Kastamonu)	CİDE (Kastamonu)	DOĞANYURT (Kastamonu)		
3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA	
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR	
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE	
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT	
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KIRŞEHİR	TUNCELİ	
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK	
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA		
İli 1. Bölgede olupta Kendisi 3. Bölgede olan belediyeler				
POZANTI (Adana)	KORKUTELİ (Antalya)			
İli 2. Bölgede olupta kendisi 3. Bölgede olan belediyeler				
MERZİFON (Amasya)	DURSUNBEY (Balıkesir)	ULUS (Bartın)		
İli 4. Bölgede olupta kendisi 3. Bölgede olan belediyeler				
TOSYA (Kastamonu)				
4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
BATBURT	GÜMÜŞHANE	HAKKARİ	VAN	
BİTLİS	KASTAMONU	MUŞ	YOZGAT	
ERZİNCAN	KAYSERİ	SİVAS		
İli 2. Bölgede olupta kendisi 4. Bölgede olan belediyeler				
KELES (Bursa)	ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun)	ELBİSTAN (K.Maraş)	MESUDİYE (Ordu)	
ULUDAĞ (Bursa)	AFŞİN (K.Maraş)	GÖKSUN (K.Maraş)		
İli 3. Bölgede olupta kendisi 4. Bölgede olan belediyeler				
KİĞİ (Bingöl)	PÜLÜMÜR (Tunceli)	SOLHAN (Bingöl)		
5. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AĞRI	ARDAHAN	ERZURUM	KARS	

14 Haziran 2000 tarihinden itibaren tüm binalarda uygulanmak üzere zorunlu hale gelen standart bugüne kadar değişik tarihlerde revizyondan geçmiş ve son olarak 2013'ün Aralık ayında yeniden revize edilerek son halini almıştır. Bilindiği üzere ülkemizdeki binaların yalıtılması ile ilgili standart, TS 825 numaralı "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardıdır. Bu standardın AB standartlarına uyarlanan ilk hali 29 Nisan 1998 tarihinde yürürlüğe konulmuştur. Ardından 14 Haziran 2000 tarihinden itibaren tüm binalarda uygulanmak üzere zorunlu hale gelen standart bugüne kadar değişik tarihlerde revizyondan geçmiş ve son olarak 2013'ün Aralık ayında yeniden revize edilerek son halini almıştır. Genel olarak yapılan değişikliklere baktığımızda daha fazla enerji tasarrufunun sağlanmasına yönelik bir çalışma olduğunu söylemek gerekir (Keskin, 2010). Yeni standartta yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik katsayıları (U değerleri) Çizelge 3.3'te ve aylık ortalama dış sıcaklık değerleri Çizelge 3.4'te görülmektedir.

Çizelge 3.3. Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değeri (TS 825, 2013).

	U_D	U_T	U_t	U_P
1. Bölge	0,66	0,43	0,66	1,8
2. Bölge	0,57	0,38	0,57	1,8
3. Bölge	0,48	0,28	0,43	1,8
4. Bölge	0,38	0,23	0,38	1,8
5. Bölge	0,36	0,21	0,36	1,8

Çizelge 3.4. Farklı deceleme gün bölgeleri için ısı kaybı ve yoğunlaşma hesaplarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri (TS 825, 2013).

	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge
OCAK	8.4	2.9	-0.3	-5.4	-10.5
ŞUBAT	9.0	4.4	0.1	-4.7	-9.1
MART	11.6	7.3	4.1	0.3	-2.9
NİSAN	15.8	12.8	10.1	7.9	5.3
MAYIS	21.2	18.0	14.4	12.8	10.6
HAZİRAN	26.3	22.5	18.5	17.3	14.6
TEMMUZ	28.7	24.9	21.7	21.4	18.6
AĞUSTOS	27.6	24.3	21.2	21.1	18.6
EYLÜL	23.5	19.9	17.2	16.5	14.1
EKİM	18.5	14.1	11.6	10.3	7.8
KASIM	13	8.5	5.6	3.1	0.6
ARALIK	9.3	3.8	1.3	-2.8	-6.7

3.6. Yeşil ve Akıllı Bina Kavramı

Yeşil bina veya çevreci yapı uygulamaları ile enerji tasarrufu, doğayı koruma, yenilebilir enerjinin kullanımı ve konforlu bir yaşam ortamı ve aynı zamanda gelecek için temiz bir çevre bırakma özlemi hedeflenmektedir. Bu binaların yatırım maliyeti standart yolla inşa edilen yapılardan % 10-20 fazla olmasına rağmen, enerji kullanımında sağlanan tasarruf sayesinde çevreci yapılar kısa sürede kendilerini amorti edebilecek özelliklere sahiptir. Enerji verimli yeşil binaların ilk yatırım maliyetleri yüksek olsa da işletme giderleri daha ucuzdur ve satarken daha pahalıya ve kolay satılabilmektedir. Yeşil bina örneği Şekil 3.3'te görünmektedir.



Şekil 3.3. Yeşil bina örneği (Akıllıbina, 2014).

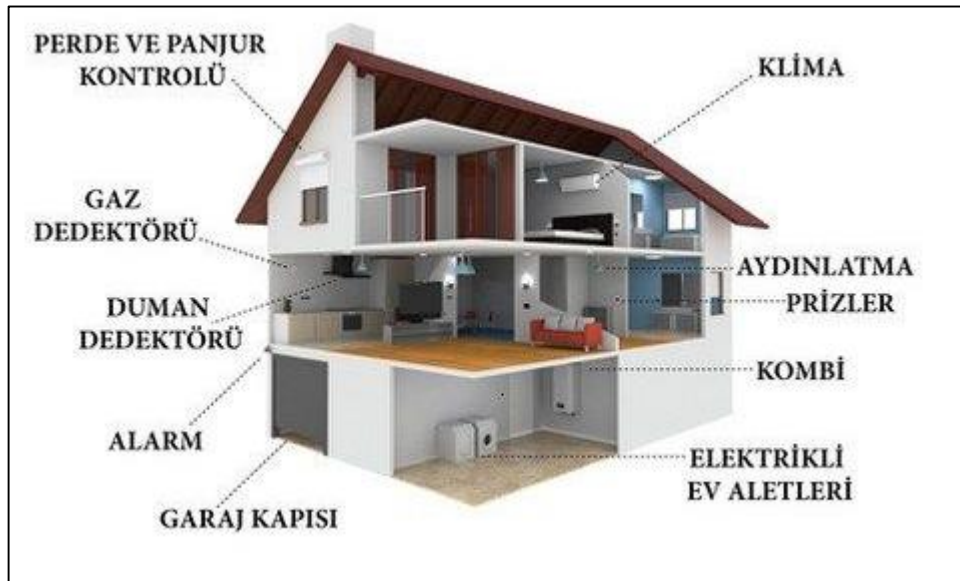
Bu çevreci evler çevrenin ve geleceğin korunması açısından her geçen gün önem kazanmaktadır. Aynı zamanda burada yaşamını sürdüren veya bu çevreci yaşam alanlarında yetişecek olan yeni nesiller daha çevreci ve tam donamlı görsel çevre eğitimi alarak büyüyeceklerdir. Gördükleri ve kazanacakları çevreci davranışları yaşam boyunca kullanarak sonraki nesillere aktaracaklardır.

Yeşil Binaların Faydaları

- Kentsel yaşam alanlarına değer katması
- Yapının ekonomik değerini artırması
- Yapım aşamasında doğal çevre tahribatının en aza indirilmesi
- Temiz teknolojilerin kullanımı ve geliştirilmesine ortam sağlaması
- Hafriyat ile ortaya çıkan atık malzemenin değerlendirmeye alınması

- Yeşil çatı uygulaması ile yağmur sularının arındırılması
- Yağmur sularının kullanımı ile kanalizasyon sisteminin yükünü azaltma
- Güneş enerjisinden yararlanma
- Rüzgar enerjisinden faydalanma
- Doğal ışıktan yararlanma
- Yeşil katmanların güneş ışınlarını yansıtması ile sera etkisini oluşturan yansımaları azaltması
- Enerji tasarrufu sağlaması
- Yeşil katmanları ile oksijen üretmesi
- İzolasyon sistemleri ile ısıtma soğutma maliyetlerinin ve karbondioksit salınımının azaltılması
- Geri dönüştürülebilir atıkların kullanılabilmesidir.

Çevreci akıllı evler ise; konforun yanı sıra, binaların çevreye olan etkilerinin de ön planda tutulduğu evlerdir. Bu evlerde en az atık oluşumu planlanmış ve oluşan atıklarında yeniden kullanımı ve geri dönüşümü yapılarak değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsam standart donanımların otomasyonundan, evin kendisi için gereken enerji ve temiz su kaynağı oluşturması, oluşan atıkların geri dönüşümlü olarak kullanılmasını sağlayabilecek çok geniş bir yelpaze içinde ele alınmaktadır. Şekil 3.4'te akıllı bina örneği görünmektedir (Çevreonline, 2015).



Şekil 3.4. Akıllı bina örneği (Powerenerji, 2016).

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Malzemeler

Bu çalışmada kullanılan malzemeler Bilecik ilinde bulunan Karadağ yapı malzemeleri inşaat san. tic. Ltd. şti. firmasından teminedilmiştir. Kullanılan malzemeler hakkında bilgiler aşağıda sunulmuştur.

4.1.1. Taşyünü ısı yalıtım levhası

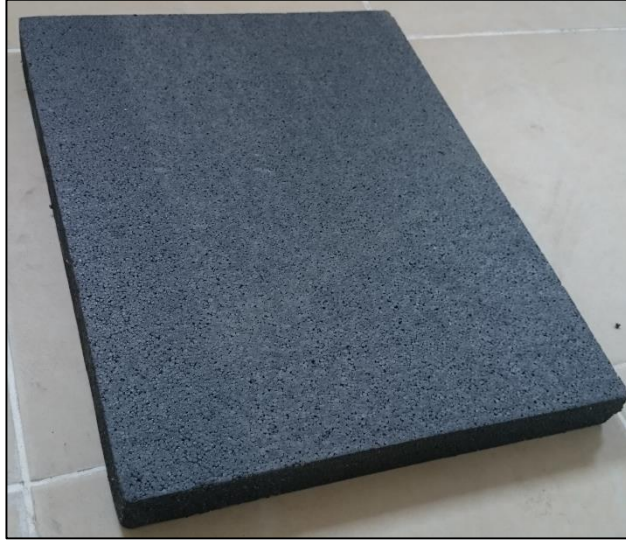
Bazalt taşının 1350°C - 1400°C 'de ergitilerek elyaf haline getirilmesi sonucu oluşur. Bazalt taşı inorganik hammaddedir ve yerli olarak temin edilmektedir (Taşyünü, 2010). Kullanılan taş yünü Şekil 4.1'de ve malzemenin teknik özellikleri Çizelge 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1. Taşyünü ısı yalıtım levhası.

4.1.2. Karbonlu EPS ısı yalıtım levhası

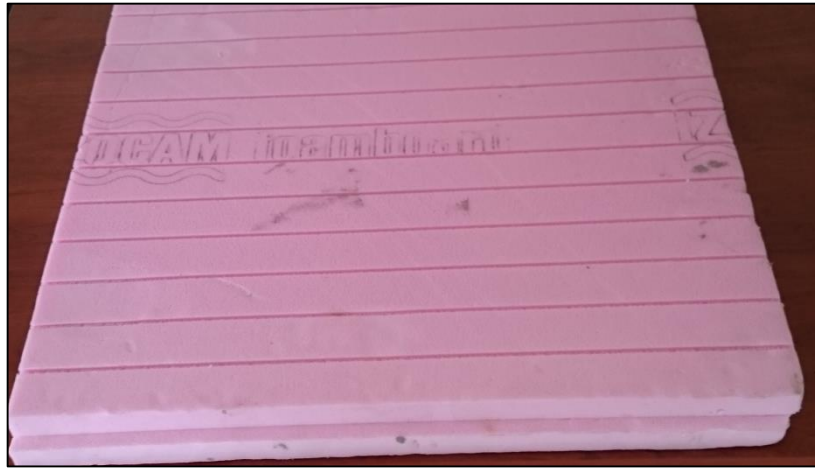
Genleştirilmiş (Expand) Polistrenden üretilmiş gri renkli EPS Isı Yalıtım Levhasıdır. İçeriğindeki grafit sayesinde ısı enerjisinin ışıma yoluyla yayılmasını engeller. Yapısını oluşturan çok fazla sayıdaki (1 m^3 EPS'de yoğunluğa bağlı olarak 3-6 milyar) küçük kapalı gözenekli hücrelerin içinde kuru ve durgun hava hapsolmuştur. Malzemenin % 98'i hava olduğundan malzeme hafiftir ve yapılara büyük ek yükler getirmez. İçerdiği grafit sayesinde diğer EPS Isı Yalıtım Levhalarına göre daha iyi ısı yalıtımı sağlar (Kalekim, 2016). Kullanılan EPS Şekil 4.2'de ve malzemenin teknik özellikleri Çizelge 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.2. EPS ısı yalıtım levhası.

4.1.3. Ekstrüde polistiren (XPS) ısı yalıtım levhası

Homojen hücre yapısına sahip, ısı yalıtımı yapmak amacıyla üretilen ve kullanılan köpük malzemelerdir. XPS'in hammaddesi olan polistren, ekstrüzyon işlemi ile hat boyunca istenilen kalınlıkta çekilir. Sürekli bilgisayar kontrolünde yapılan bu üretim sayesinde homojen bal peteği görünümünde, kararlı bir hücre yapısı elde edilir. Hücreler bütün yüzlerinden birbirine bağlıdır. Hava hücrelerin içine hapsedilmiştir. Hareketsiz kuru hava ile ısı yalıtımı sağlamaktadır. Hattan çıkan malzemenin yüzeyi, zırlı veya pürüzlü yüzey olarak malzemenin kullanılacağı detaydaki ihtiyaçlar doğrultusunda yapılandırılır. Bu yapı sayesinde ekstrüde Polistren malzemeler (XPS) bünyesine su almaz ve nemden etkilenmezler ve diğer ısı yalıtım malzemeleri ile kıyaslandığında haklı bir üstünlüğe sahiptirler (XPS, 2016). Kullanılan XPS Şekil 4,3'te ve malzemenin teknik özellikleri Çizelge 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.3. XPS ısı yalıtım levhası.

Çizelge 4.1. Isı yalıtım malzemelerine ait teknik özellikler.

Taş yünü	EPS	XPS
Isı iletkenlik beyan değeri $\lambda \leq 0,040$ W/mK'dir.	Isı iletkenlik beyan değeri: $\leq 0,032$ W/mK	Isı iletkenlik beyan değeri $0,030 \leq \lambda \leq 0,035$ W/mK'dir.
Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu=1$ 'dir.	Su buharı difüzyon direnci katsayısı (μ): 20 - 100	Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu=80-250$
Kullanım sıcaklığı -50/+600, -50/+650°C aralığındadır.	Kullanım sıcaklığı -50/+75°C aralığındadır.	Kullanım sıcaklığı -50/+75°C aralığındadır.
Higroskopik ve kapiler değil.	Tam daldırma ile uzun sürede su emme: TR100	Kapiler emiciliği yok.
TS EN 13501-1'e göre "yanmaz malzemeler" olan A sınıfı.	Yangın mukavemeti: TS EN 13501-1'e göre E sınıfı.	TS EN 13501-1'e göre E sınıfı.

4.1.4. Kullanılan sıvalar

Bu çalışmada, üç farklı tip sıva malzemesi kullanılmıştır. Kullanılan sıva harçları (Alçı, Çimento esaslı sıva ve Isı yalıtım sıvası) üretici firma önerilerine uygun olarak hazırlanmıştır. TS EN 998-1 (2011)'e uygun çimento esaslı ve ısı yalıtım, TS EN 13279-1(2014)'e uygun alçı sıva kullanılmıştır.

4.1.4.1. Alçı sıva

Alçı, tarihte kullanılan en eski yapı malzemelerindendir. M.Ö. 6800-5700 tarihlerinde dünyadaki en eski alçı kalıntıları Çatalhöyük'te yani Türkiye'de bulunmuştur. Osmanlı döneminde bazı hamam tavanları, içerdeki yoğun nemi dengelemek için alçı ile kaplanmıştır. Tuğla, beton, brüt beton, gaz beton, bims blok, alçı levha vb malzemelerden yatay ve düşey doğrultuda yapılmış taşıyıcı veya bölme özelliği olan tüm elemanlara alçı sıva uygulanabilir. Bu çalışmada kullanılan alçı sıvaya ait teknik özellikleri Çizelge 4.2'de verilmiştir (ABS, 2015).

**Şekil 4.4.** Alçı sıva.

Çizelge 4.2. Kullanılan alçı sıvaya ait teknik özellikler.

Karışım Suyu (10 kg alçıya)	6.0-6.5 lt su
Donma Sonu	150 dakika
Kullanım Süresi	60 dakika
Tek Katta Uygulama Kalınlığı	min. 5mm
Tüketim Miktarı (1 cm)	10 kg/m ²
Kuruma Süresi	maks. 4 gün
Su Absorbsiyonu	Kütlenin %32'si
Yüzey Sertliği	40 Shore D
Kuru Birim Hacim Kütle	1.150 kg/m ³
Eğilme Mukavemeti	min. 1.0 N/mm ²
Basınç Mukavemeti	min. 2.5 N/mm ²
Isıl İletkenliği	0.30 W/mK

4.1.4.2. Çimento esaslı sıva

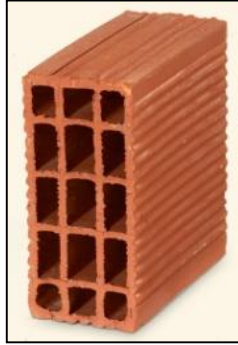
Çimento esaslı hazır el ve makina sıvası iç ve dış cephelerde mükemmel görünüm sağlayan, uzun ömürlü, yağmur, güneş gibi etkenlere karşı çok dayanıklı, boya sarfiyatını azaltan ve boyanın ömrünü uzatan çimento esaslı hazır el ve makina sıvasıdır. Deneysel çalışmada kullanılan çimento esaslı sıvaya ait teknik özellikler Çizelge 4.3.'te verilmiştir (Zintaş, 2015).

**Şekil 4.5.** Çimento esaslı sıva.**Çizelge 4.3.** Çimento esaslı sıvaya ait teknik özellikler.

Görünüm	Toz halde
Renk	Beyaz- Gri
Karışım oranları	Su ve Kuru malzemenin %20-25
Tüketim	1 m ² için ortalama 2-3 kg
Kabuklaşma süresi	60 dakika
Tane boyutu	0-1900 µm
Erken dayanım	48 saat
Nihai Dayanım	28 gün
Su dayanımı	Su itici özelliğe sahiptir.
	Hava Şartlarına dayanıklıdır.
	İç ve dış şartlarda kullanılır.

4.1.5. Yatay delikli tuğla

Pişmiş kilden elde edilen en yaygın bölme duvar malzemesidir. Deneysel çalışmada 19x8.5x19 cm boyutların yatay delikli tuğlalar kullanılmıştır. Bu malzeme bina dış cephesinde ek ısı yalıtım malzemeleri ile iç-dış mantolama veya sandviç duvar uygulamalarında kullanılabilir. Tuğlaya ait teknik özellikler Çizelge 4.4’ te verilmiştir.



Şekil 4.6. Yatay delikli tuğla.

Çizelge 4.4. Tuğlaya ait teknik özellikler.

Standart	TS EN 771-1
Ağırlık	2 kg
Boyut	19x8.5x19 cm
Basınç dayanımı	2.5 N/mm ²
Isı İletkenlik hesap değeri(λh)	0.32 W/mK
Birim hacim ağırlığı	650 kg/m ³

4.1.6. Gazbeton

Bu çalışmada Kahramanmaraş çimento sanayi ürünü (KÇS) G4/06 tipi gazbeton düz duvar blokları kullanılmıştır. Her türlü betonarme, çelik, ahşap, prefabrik ve yığma binanın iç ve dış duvarlarında kullanılan yapı malzemeleridir. Kullanılan gazbeton bloklarına ait teknik özellikler Çizelge 4.5’ te verilmiştir (KÇS, 2016).



Şekil 4.7. Gazbeton.

Çizelge 4.5. Gazbeton bloklarına ait teknik özellikler.

Özellikler	Açıklama	Değer	Birim
Ürün Boyutları	Uzunluk	60	cm
	Yükseklik	25	cm
	Kalınlık	10–35	cm
Isı İletkenlik Değeri	$\Lambda'(P=\%50)$	0.13	[W/(m.K)]
	$\Lambda'(P=\%90)$	0.19	[W/(m.K)]
Basınç Dayanımı		50	kgf/cm ²
Yangın Sınıfı	A1 Yanmaz		
Kuru Birim Hacim Ağırlığı		600	kg/m ³

4.1.7. Poliüretan köpük

Boşlukların doldurulmasında her türlü hava koşullarına, deniz suyu, buhar ve neme karşı dayanıklı olan ve bütün inşaat malzemelerine yapışabilen Şekil 4.8’de görülen Tollfix köpük kullanılmıştır.

**Şekil 4.8.** Poliüretan köpük.

4.2. Yöntem

4.2.1. Enerji verimliliğinin incelenmesinde kullanılan sıvaların mukavemet özelliklerine fiziksel koşulların etkisi

Harçların hazırlanmasında TS EN 196-1 (2009)’e uygun Şekil 4.9’ da gösterilen Ankatest markalı otomatik harç mikseri kullanıldı. Hazırlanan karışımlar Şekil 4.9’ da görüldüğü gibi 50x50x50 mm boyutlarında kalıplara yerleştirilmiştir. 24 saat sonra kalıplardan alınan numuneler örnek olarak Şekil 4.9’ da görüldüğü gibi 180 gün laboratuvar ortamında bekletilmiştir.



Harç mikseri



Numune kalıbı



Numune örnekleri

Şekil 4.9. Sıva numunelerinin üretim süreci.

İstenilen yaşa ulaşan numunelere 300-600 ve 900 °C yüksek sıcaklık uygulanmıştır. Numunelere yüksek sıcaklık uygulaması Şekil 4.10' da gösterilen kül fırınında 20°C/dk kademeli olarak artan sıcaklıkta 1 saat uygulanmıştır.

Ayrıca sıvaların donma – çözülme sonrası basınç dayanım kayıplarının belirlenmesinde Şekil 4.10' da verilen utest markalı otomatik donma çözülme cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Donma – çözülme deneyinde her çevrimi -20 °C'de 2 saat ve +20 °C'de 2 saat olmak üzere 0,1 °C/dk artış ile uygulanan deneyde 25 ve 50 çevrimli donma çözülme deneyleri yapılmıştır. Yüksek sıcaklık ve donma - çözülme çevrimleri sonucunda Şekil 4.10' da görülen 600 kN kapasiteli 0.50 kN/s yükleme hızında numunelerin basınç dayanımları tespit edilmiştir. Deneyler sonucunda laboratuvar ortamında bekletilen 20 °C de ki referans numuneler ile yüksek sıcaklık ve donma – çözülme sonrası numunelerden elde edilen basınç değerleri karşılaştırılmıştır (Kaya, vd, 2016).



Kül fırını



Donma-çözülme cihazı



Basınç pres

Şekil 4.10. Sıvaların mekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan cihazlar.

4.2.2. Tuğla ve gazbeton blokların dayanım kayıplarının incelenmesi

Kullanılan tuğla ve gazbeton numunelerinin deneyler sırasında en düşük sıcaklığa maruz kaldıklarında dayanımlarındaki kayıplar Şekil 4.11' de verilen donma çözülme ve basınç dayanımı cihazı ile tespit edilmiştir. Kuru numunelerde (KN)

yüzeyleri ıslatılmış numunelerde (IN) ve su içindeki numuneler (SN) olarak kodlanmıştır. Tuğla ve gazbeton bloklardan her numune durumu için üçer adet 24 saat süre ile -20°C ve $+20^{\circ}\text{C}$ de tutulup ortam sıcaklığına ulaşan numuneler basınç cihazında dayanımları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların ortalamaları alınıp referans numunesine oranlanıp bağıl dayanım kayıpları belirlenmiştir.



Basınç presi



Donma-çözülme cihazı.

Şekil 4.11. Duvar blokların mekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan cihazlar.

4.2.3. Isı yalıtım malzemelerinde enerji verimliliğinin incelenmesi

Bu çalışmada, ısı yalıtım malzemesi olarak 5 cm kalınlığında XPS, EPS ve Taş yünü kullanılmıştır. Kullanılan malzemelerin enerji verimliliğine etkilerinin incelenmesi için deney düzeneği oluşturulmuştur. Numunelerin maruz kalacağı iç ve dış ortam sıcaklığının deney süresince sabit kalması sağlanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla dış ortam sıcaklığı için Şekil 4.11’ de görülen donma – çözülme deneylerinde de kullanılan otomatik havalandırmalı iklimlendirme kabini kullanılmıştır. Kabinin çalışma sıcaklık aralığı -30°C / $+30^{\circ}\text{C}$ dir. Kabin içi homojen sıcaklık dağılımı, bir fan yardımı ile sağlanır. Kabin kondansörü hava soğutmalı hermetik bir soğutucuya sahip ve kontrol ünitesi elektronik olup 0.1°C hassasiyetle ölçüm yapmaktadır. Kontrol ünitesi sayesinde belirtilen sıcaklıkta kalma süresi kullanıcı tarafından tanımlanabilmektedir. İç boyutları: 490x530x1100 mm ve dış boyutları: 690x860x1940 mm dir.

Şekil 4.12’ de görülen ekipmanlar deney düzeneğinde kullanılmıştır. İç ortam sıcaklıkları bütün numuneler için $18-22^{\circ}\text{C}$ kalmasını sağlayan $0,1^{\circ}\text{C}$ hassasiyetli KT-4 markalı termostat ve iç ortam ısıtmasında yarı iletken fanlı ısıtıcı kullanılmıştır. Deneyler sırasında tüketilen elektrik enerjisi Şekil 4.12’ de görünen sayaç yardımı ile ölçülmüştür. Deney düzeneğinin iç ısılarını kontrol amaçlı kablosuz termometre ile

kontrol edilmiştir. Kullanılan termometre iç mekan $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ arası, dış mekan $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$ arası ve $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ doğrulukta ölçüm özelliklerine sahiptir.

Deney hücresi; iç yüksekliği 65 cm, genişliği 34 cm olan mini dolap deney hücresi olarak kullanıldı. 6 Cephesinden 5 cephesi sabit kalarak ön yüzüne deney numuneleri sabitlenip çevresi köpük ile izole edilmiştir.



Termostat

Isıtıcı

Sayaç

Termometre

Şekil 4.12. Deney düzeneğinde kullanılan ekipmanlar.

Deneye tabi tutulan ısı yalıtım malzemeleri 30×60 cm ebatlarında olacak şekilde iç ortamı ısıtılan deney hücresinin ön kısmına monte ettirilerek birleşim kısımları köpük ile izole edilmiştir.

Şekil 4.13' te verildiği gibi düzenek kurulduktan sonra numunelerin maruz kaldığı iç-dış sıcaklıklarda istenilen süre sonunda elektrik enerjisi miktarı sayaçtan okunup değerler kaydedilmiştir.



Şekil 4.13. Deney düzeneği aşamalarının taş yünü örneği.

4.2.4. İç - dış sıvaların enerji verimliliğine etkisi

Yapılarda çeşitli malzemelerle iç - dış sıva uygulamaları yapılmaktadır. Bu çalışmada yapılarda en çok kullanılan çimento esaslı ve alçı sıvalar tercih edilmiştir.

Sıvaların uygulandığı duvar numuneleri 30x60 cm ebatlarında 19x8.5x19 cm 'lik tuğla ve gazbeton ile hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler 28 gün laboratuvar ortamında bekletilmiştir. Kür süresi tamamlanan duvar numuneleri üzerine sıva üreticisi firmalarının önerilerine uygun çimento esaslı sıvada su/malzeme oranı 0.3, alçı sıvada ise 0.7 olarak hazırlanan sıva haçları 2 cm kalınlığında olacak şekilde uygulanmıştır. Deney numuneleri tuğla ve sadece alçı iç sıvalı olarak oluşturulan numune A-T, çimento esaslı iç sıvalı Ç-T, iç sıva alçı dış sıva çimento esaslı olan numune A-T-Ç ve iç sıva çimento dış sıva çimento esaslı olan numune ise Ç-T-Ç olarak kodlanmışlardır. Gazbetonda ise A-G, Ç-G, A-G-Ç ve Ç-G-Ç olarak kodlanmışlardır. Tuğla ve gazbeton duvarlarının örülmesi ve sıva uygulama örnekleri Şekil 4.14' de verilmiştir.



Tuğla, gazbeton duvar örümü

Alçı, Çimento esaslı sıva uygulaması

Şekil 4.14. Duvar imalatı ve sıva uygulaması.

Hazırlanan numunelerin enerji verimliliği açısından incelendiği bu çalışmada Şekil 4.15' te verilen örneklerde olduğu gibi numuneler cihaza yerleştirilip enerji kayıpları ölçülmüştür.



Şekil 4.15. Numunelerin deney düzeneğine yerleştirilmesi.

4.2.5. Tek tabakalı bir yapı elemanının TS 825' e göre hesaplanması

Bu deneysel çalışmada kullanılan numunelerin tüketeceği enerji miktarları TS 825 standardında belirtilen hesap yöntemi ile aşağıda sunulduğu gibi hesaplanmıştır.

Isıl geçirgenlik direnci (R); eşitlik 4.1'de belirtildiği gibi, yapı bileşeninin kalınlık (d) değerinin, ısı iletkenlik hesap değerine (λ_h) bölünmesi ile hesaplanır.

$$R = \lambda_h / d \dots\dots\dots(4.1)$$

Burada; R = Isıl geçirgenlik direnci ($m^2.K/W$), d =Yapı bileşeninin kalınlığı (m), λ_h = Isıl iletkenlik hesap değeri ($W/m.K$) dir.

Toplam ısı geçirgenlik direncinin (1/U) hesaplanması; bir yapı bileşeninin ısı geçirgenlik direncine (R), yüzeysel ısı iletim direnç değerleri (R_i , R_e) eklenerek eşitlik 4.2' ye göre hesaplanır. R_i ve R_e değerleri Çizelge 4.6'da verilen hesaplanmış yüzeysel ısı iletim (taşınım) direnç değerlerinden alınmaktadır.

$$U = 1/(R_i + R + R_e) \dots\dots\dots(4.2)$$

Burada; U= Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı ($W/m^2.K$), R_i = İç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci ($m^2.K/W$), R_e = Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci ($m^2.K/W$) dir.

Yapı bileşeninin ısı kaybı hesabı; Kararlı durumdaki bir ısı akış yoğunluğu (q), eşitlik 4.3'e göre hesaplanır.

$$q = U.(t_i - t_d) \dots\dots\dots(4.3)$$

Burada; q =Isı akış yoğunluğu (W/m^2), t_i = İç ortam, t_d = İç ortam sıcaklığı($^{\circ}C$).

Belirli iklim koşullarındaki bir yapı elemanının F alanından Z zamanda geçen toplam ısı miktarı Q (kcal) eşitlik 4.4'ten elde edilir.

$$Q = q. A. Z \dots\dots\dots(4.4)$$

Eşitlik 4'te q'nun birimi (W/m^2), A=alan (m^2) ve Z= zaman (s) olarak yazarsak Q'nun W.s = jolur. Q eşitlik 4.5'ten kWh'te dönüştürülmüştür.

$$Q = 278 \cdot 10^{(-9)} \text{ kWh} \dots\dots\dots(4.5)$$

Bu deneysel çalışmada kullanılan yapı bileşenlerinde tüketilen elektrikli enerji (kWh) sonuçları ile hesaplama sonucunda elde edilen sonuçlar birbirileri karşılaştırılmıştır.

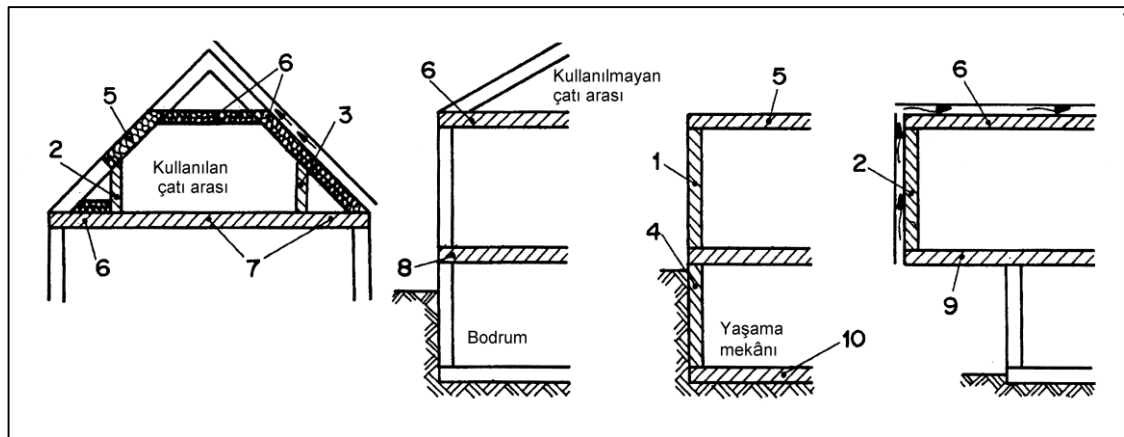
4.2.6. Deneysel çalışmalarda tüketilen enerjinin maliyet analizi

Hesaplama 1m² alandan dış ortam sıcaklıkları -20, -15, -10 ve -5 $^{\circ}C$ olduğu durumlar için A-T, Ç-T, A-T-Ç, Ç-T-Ç, A-G, Ç-G, A-G-Ç ve Ç-G-Ç numunelerinin 30

günlük enerji tüketimlerinin maliyet analizleri 0,44 TL / kWh birim fiyatıyla çarpılıp maliyetler elde edilmiştir.

Çizelge 4.6. Hesaplanmış yüzeysel ısı iletim (taşınım) direnç değerler (TS 825, 2013).

Sıra No	Yapı Bileşeni Tipi ³⁾	Yüzeysel Isıl İletim Direnci ^{1) 2)}	
		R _i (m ² K/W)	R _e (m ² K/W)
1	Dış duvar (Sıra no 2 ‘de verilenin dışındaki dış duvarlar)	0,13	0,04
2	Arkadan havalandırılan giydirme cepheli ⁴⁾ dış duvarlar, ısı yalıtımı yapılmayan tavan arasını ayıran alçak duvarlar		0,07
3	Daireler arasındaki ayırıcı duvarlar, merdiven duvarı, farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran duvarlar, sürekli olarak ısıtılmayan mekânlara bitişik bölme duvarı, ısı yalıtımlı tavan arasına bitişik alçak duvar		5)
4	Toprak temaslı dış duvar		0
5	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan yatay veya eğimli, yukarıda yer alan (havalandırılmayan çatı) tavan veya çatı	0,13	0,04
6	Kullanılmayan bir tavan arası veya havalandırılan bir mekân altındaki tavan (havalandırılan çatı kabuğu)		0,07
7	Daireler arası ayırıcı taban veya farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran taban		
7,1	Aşağıdan yukarıya ısı akışı olması hâlinde	0,13	5)
7,2	Yukarıdan aşağıya ısı akışı olması hâlinde	0,17	
8	Bodrum tavanı	0,17	5)
9	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan çıkma tabanları		0,04
10	Altında bodrum olmayan bir yaşama mekânının zemine oturan tabanı		0
1) Basitleştirmek amacıyla bütün durumlarda Ri =0,13 m ² K/W ve 4 ve 10’uncu sıradaki durumlar hariç olmak üzere Re = 0,04 m ² K/W değerleri hesaplamalarda kullanılabilir.			
2) Yapı elemanlarından buhar geçişinin tahkiki ve sınırlandırılması ile ilgili hesaplamalarda kullanılacak olan iç ve dış yüzeysel ısıl iletim direnci için Madde 2.4.6’ya bakınız.			
3) Yapı bileşenlerinin bina üzerindeki konumları için Şekil 4.16’ya bakınız.			
4) Hava boşluklu sandviç duvarlarda Sıra no 1 ‘de verilen değerler kullanılır.			
5) Yapı bileşeninin iç mekânda yer alması durumunda, hesaplamalarda iç ve dış yüzey ısıl iletim direnç değerleri aynı kabul edilmelidir.			

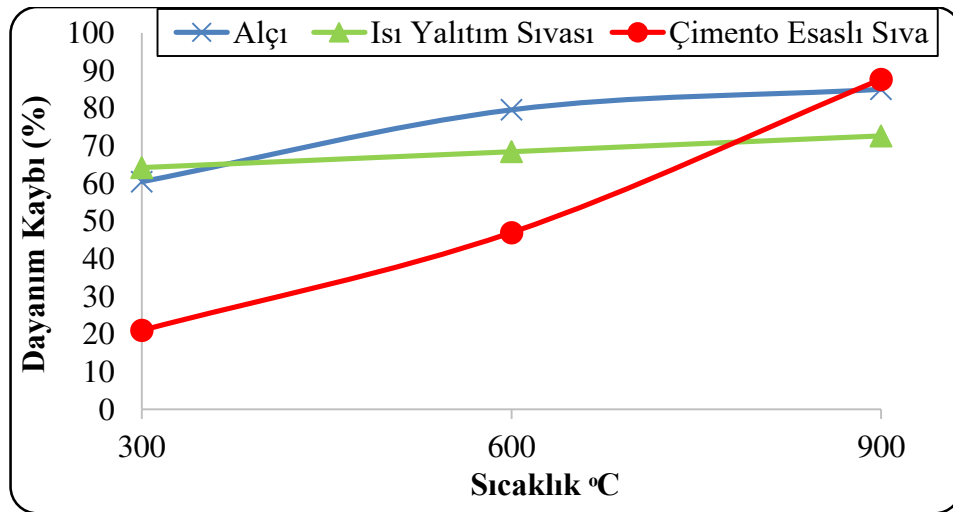


Şekil 4.16. Yapı bileşenlerinin tasarım ve yerleşimi (numaralar Çizelge 4.6'daki sıra numaralarına göre verilmiştir).

5. BULGULAR

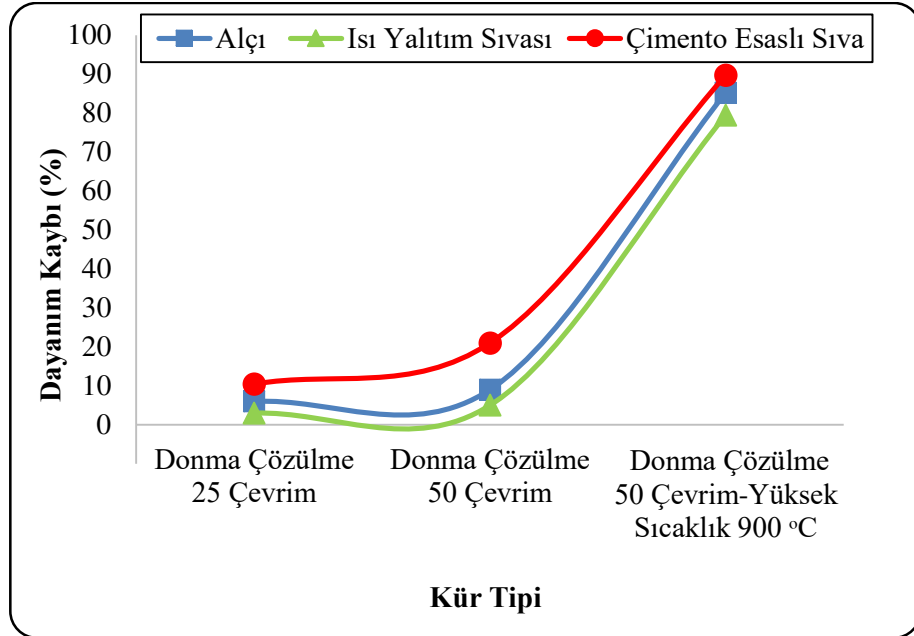
5.1. Farklı Koşullarda Sıvaların Dayanım Özellikleri

Farklı tip sıva malzemelerinin dayanım özelliklerine yüksek sıcaklık ve donma-çözülme etkisi araştırılmıştır. Numunelerin yüksek sıcaklık sonrası dayanım kayıpları Şekil 5.1’ de verilmiştir. Şekil 5.1 incelendiğinde 300 °C’de en büyük ve en küçük dayanım kayıpları sırası ile % 64 ve % 21 olarak ısı yalıtım ve çimento esaslı numunelerden elde edilmiştir. 600 °C’de en büyük ve en küçük dayanım kayıpları sırası ile alçı ve çimento esaslı sıvalardan % 80 ve % 47 olarak bulunmuştur. Numunelerin 900 °C’deki sıcaklıktan sonraki dayanım kayıpları incelendiğinde en büyük dayanım kaybının % 88 olarak çimento esaslı numunelerden, en küçük dayanım kaybı ise % 73 oranında ısı yalıtım sıva numunelerinden elde edilmiştir. Çimento esaslı numunelerin 300 °C’de en düşük dayanım kaybı olmasına rağmen 900 °C sıcaklığa maruz kaldıktan sonra en büyük dayanım kaybı oluşmuştur. Bu durumun çimento esaslı beton ve harçlarda 350 °C sıcaklığa kadar dayanımlarda bir miktar artış olabileceği görülmektedir. Bu durum literatürde özellikle 350 °C sıcaklıktan önce Ca(OH)_2 bozunmasının gerçekleşmediği, bu nedenle de dayanım kaybı olmadığı veya düşük seviyede olduğu şeklinde açıklanmaktadır (Demirel ve Keleştemur, 2010, Kong vd., 2007). Beton dayanımının % 50’sini 600°C’de, % 80’ini ise yaklaşık 800°C sıcaklığa ulaştığında kaybettiği bilinmektedir (Kızılkant ve Yüzer, 2008, Topçu ve Demir, 2006). 900 °C sıcaklık sonrasında ısı yalıtım sıvası alçı sıvadan % 12, çimento esaslı hazır sıvadan % 15 daha düşük dayanım kaybına uğramıştır (Kaya, vd., 2016).



Şekil 5.1. Yüksek sıcaklık sonrası dayanım kayıpları.

Donma – çözülme sonrası referans numuneye göre basınç dayanım kayıpları Şekil 5.2’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde 25 - 50 çevrim sonrası en küçük dayanım kayıpları ısı yalıtım sıvası ile hazırlanan numunelerden elde edilmiştir. 25 çevrim sonucunda ısı yalıtım sıvasındaki dayanım kaybı % 3, alçı sıvada % 6 ve çimento esaslı hazır sıvada % 10 olarak bulunmuştur. 50 çevrim sonuçları incelendiğinde ısı yalıtım sıvasında % 5, alçı sıva da % 9 ve çimento esaslı sıvada ise % 21 dayanım kaybı meydana gelmiştir. Ayrıca 50 çevrim donma - çözülme deneyinden sonra 900 °C yüksek sıcaklığa maruz bırakılan numunelerin dayanım kayıpları incelenmiştir. En yüksek ve en düşük dayanım kayıpları sırasıyla % 90 ve % 79 oranlarında çimento esaslı hazır sıva ve ısı yatım sıva numunelerinde meydana gelmiştir.



Şekil 5.2. Donma- çözülme sonrası dayanım kayıpları.

Yüksek sıcaklığa maruz bırakılan numunelerden 300 ve 600 °C sıcaklıklar sonrasında numunelerde gözlenebilir herhangi bir yüzeysel bozukluğa rastlanmazken, 900 °C sıcaklıklar sonrasında yüzeysel çatlaklar gözlemlenmiştir. Bu çatlaklar alçı ve ısı yalıtım sıva numunelerinde mikro düzeyde kalırken, çimento esaslı sıva numunelerinde belirgin olarak görülmüştür. Numunelere ait örnekler Şekil 5.3’ te sunulmuştur.



Çimento esaslı sıva

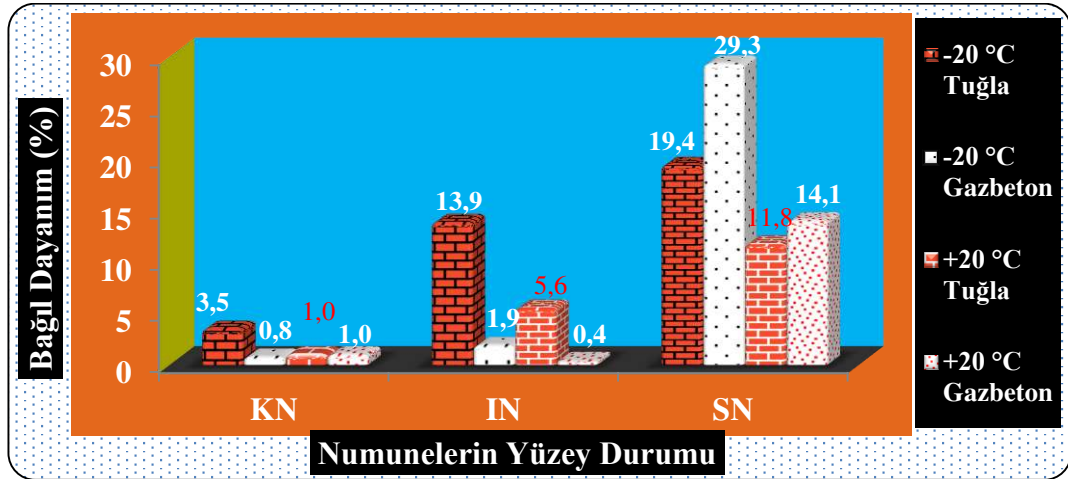
Alçı sıva

Isı yalıtım sıvası

Şekil 5.3. 900 °C sonrası numunelerde yüzey durumu.

5.2. Farklı Koşullarda Tuğla ve Gazbetonda Oluşan Dayanım Kayıpları

Kullanılan tuğla ve gazbeton numunelerinin deneyler sırasında -20 ve +20 °C sıcaklığa maruz kaldıklarında dayanımlarındaki kayıplar Şekil 5.4'te verilmiştir. Kuru numunelerde (KN) en düşük kayıp % 0,8, yüzeyleri ıslatılmış numunelerde (suya daldırılıp çıkarılan, IN) % 1,9 ile gaz beton numunesinden elde edilirken su içinde tutulan (SN) numunelerde % 19,4 ile tuğla numunesinden elde edilmiştir. Bu durumun gazbeton bloklarda mevcut olan boşluk yapılarının su ile dolması ve donmaya maruz kaldığında su hacminin artması ile malzeme içinde oluşan gerilmeler sonucunda dayanım kayıplarında artış sağladığı düşünülmektedir.

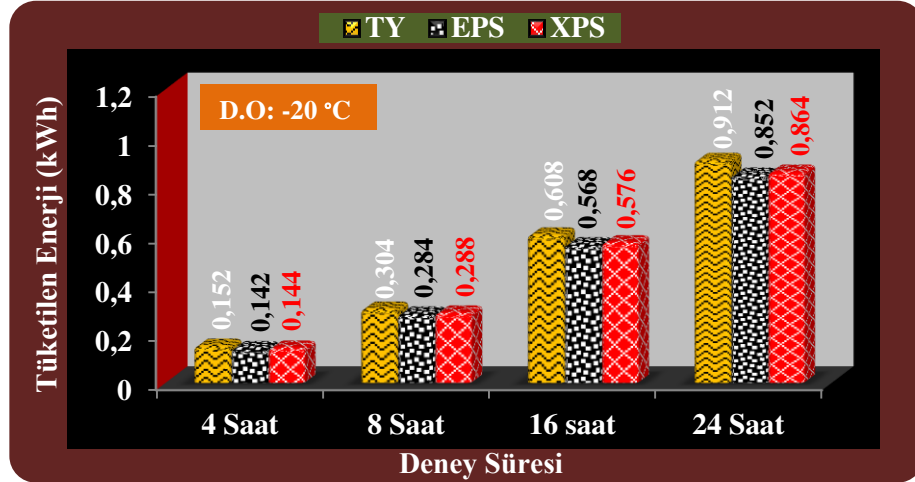


Şekil 5.4. Tuğla ve gazbeton blokların -20°C sonrası dayanım kayıpları.

5.3. Isı Yalıtım Malzemelerinin Enerji Verimliliği Analizi

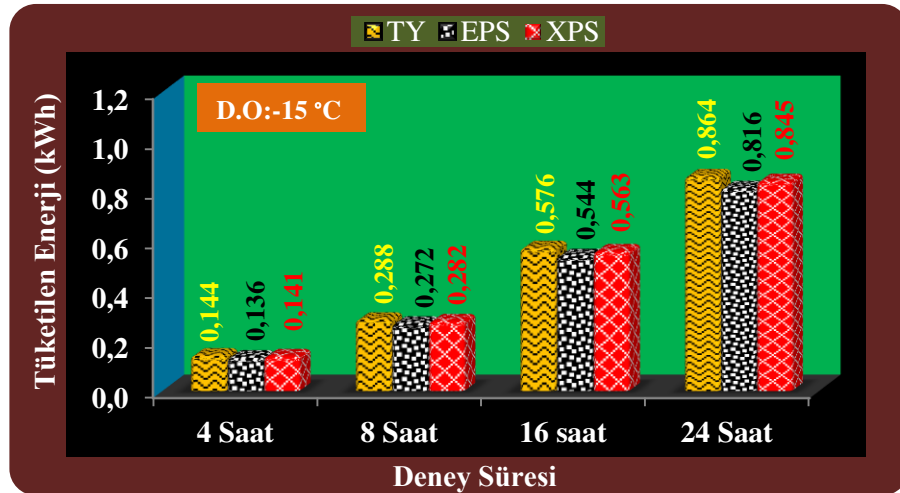
Enerji verimliliğinin deneysel olarak incelendiği bu çalışmada deney düzeneğinin iç ortam sıcaklığı 18-22 °C olacak şekilde planlanmıştır. TY, EPS ve XPS ile kaplanan düzeneğin -20, -15, -10 ve -5 °C dış ortam sıcaklığında malzemelerin 4, 8, 16 ve 24 saatlik sürelerde tüketilen elektrik enerjisi miktarları belirlenmiştir. -20 °C'de

farklı sürelerde tüketilen elektrik enerji miktarları Şekil 5.5'te verilmiştir. Şekil incelendiğinde 4-8-16 ve 24 saatlik deney süresince yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik özelliklerinde zamana bağlı bir değişimin olmadığı sonuçların liner olarak değiştiği görülmüştür. Sonuçlar enerji verimliliği açısından birbirilerine yakın ve en iyi verimlilik değerleri sırasıyla EPS, XPS ve TY malzemelerinde elde edilmiştir.



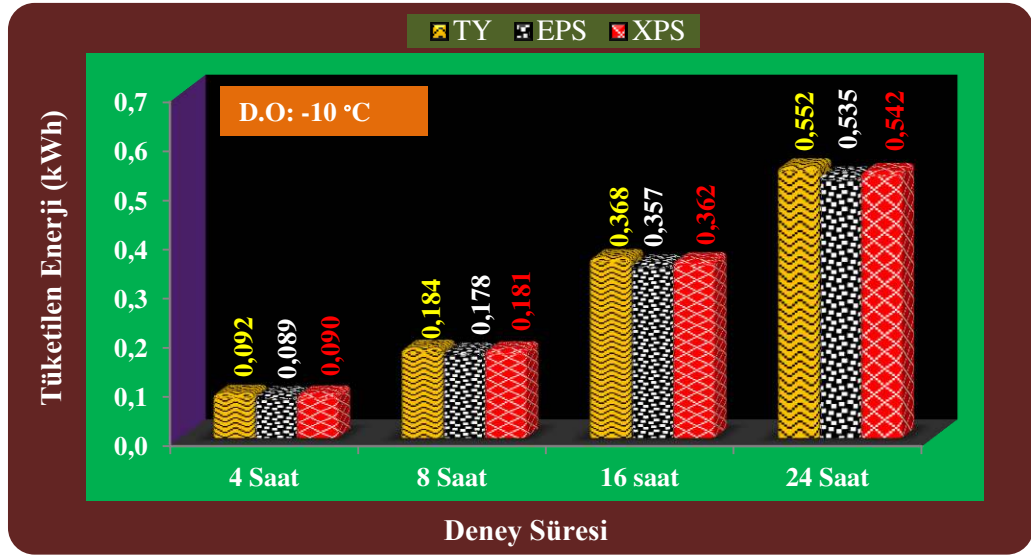
Şekil 5.5. -20 °C Dış ortam sıcaklığında tüketilen enerji miktarları.

Dış ortam sıcaklığının -15, -10 ve -5 °C'de tüketilen enerji miktarları -20 °C dış ortam sıcaklığındaki deney sonuçlarında olduğu gibi en düşük ve en yüksek enerji kayıpları TY ve EPS malzemelerinden elde edildiği Şekil 5.6-5.8'de görülmektedir. Şekil 5.6 incelendiğinde -20 °C dış ortam sıcaklığındaki enerji tüketimleri TY'de 0.864, EPS'de 0.816 ve XPS numunesinde 0.845 kWh olduğu görülmektedir.



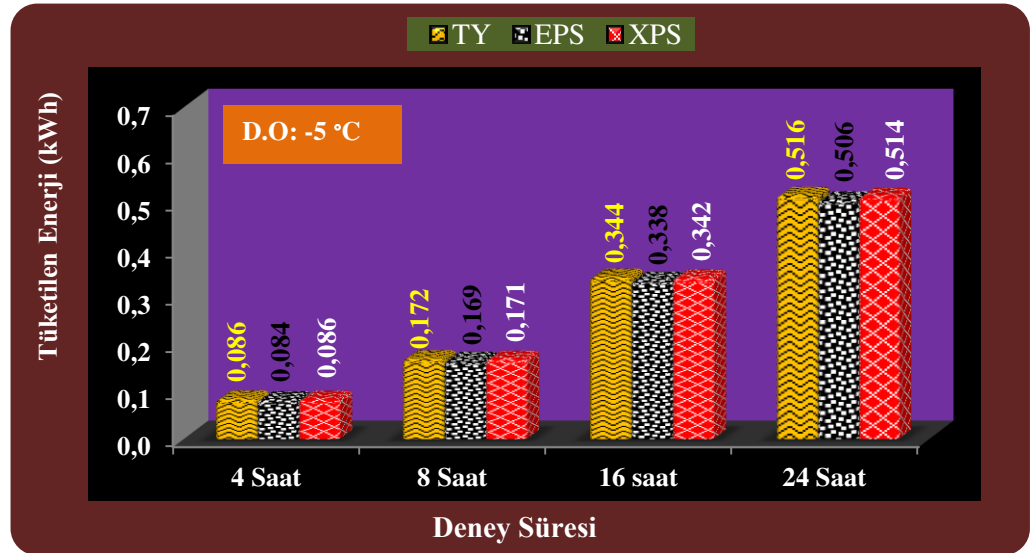
Şekil 5.6. -15 °C Dış Ortam sıcaklığında tüketilen enerji miktarları.

Dış ortam sıcaklığının -10 °C olduğunda tüketilen enerji miktarları TY'de 0.552, EPS'de 0.535 ve XPS numunesinde 0.542 kWh olduğu görülmektedir.



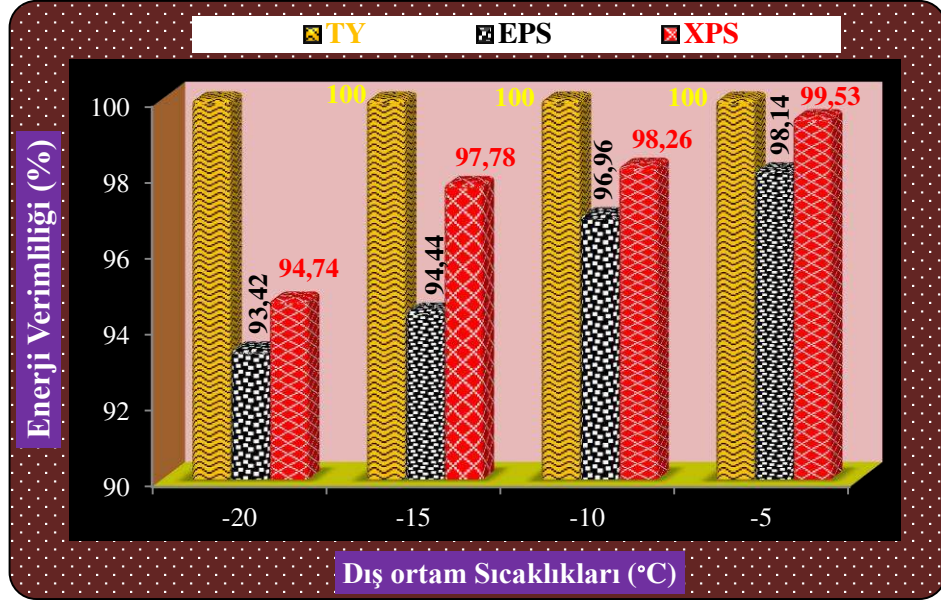
Şekil 5.7. -10 °C Dış Ortam sıcaklığında tüketilen enerji miktarları.

Sıcaklığın artması ile enerji tüketiminde azalmaların olduğu Şekil 5.5-5.8’de görülmektedir. Dış ortam sıcaklığının -5°C olduğu tüketimlerin -20°C de maruz kalan numunelerdeki tüketimlere oranla TY % 43.5, EPS’de % 40.6 ve XPS’te % 40.5 azaldığı görülmüştür.



Şekil 5.8. -5 °C Dış ortam sıcaklığında tüketilen enerji miktarları.

Enerji verimliliklerinin incelendiği bu deneysel çalışmada -20°C dış ortam ve 24 saatlik zamanda en fazla enerji tüketen malzeme (TY) referans alınarak enerji tüketim yüzdeleri Şekil 5.9’ da verilmiştir. Şekil incelendiğinde TY malzemesine göre EPS % 6.58 ve XPS % 5.26 daha verimli olduğu görülmüştür. Dış ortam sıcaklığının düşmesi ile malzemeler arasındaki enerji verimliliğinde azaldığı belirlenmiştir.



Şekil 5.9. Enerji verimlilik oranları.

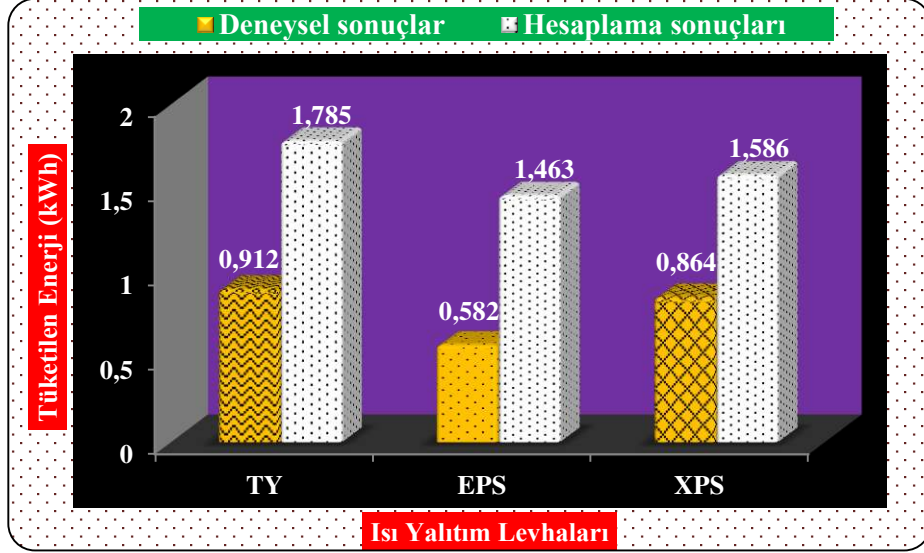
5.4. Isı Yalıtım Malzemelerinin TS 825'e Göre Enerji Tüketim Miktarları.

Bu deneysel çalışmada kullanılan 5cm kalınlığında TY, EPS ve XPS levhalarının standartta belirtilen hesap yöntemine göre -20°C dış sıcaklık ve 20°C iç ortam sıcaklığına göre 24 saatte tüketilen enerji miktarları Çizelge 5.1' de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Hesap metodu ile TY, EPS ve XPS' ten elde edilen enerji tüketimleri.

Yapı Elemanları	d (m)	λ (W/mK)	Sıcaklık		A (m ²)	Z (Gün)	d/ λ (m ² K/W)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	q (W/m ²)	Q (Ws)	kWh	kWh/m ²
			t _i	t _d									
R _i							0.130						
TY	0.05	0.04	20	20	0.18	1	1.250	1.420	0.704	412.887	6421223.662	1.785	9.917
R _e							0.040						
R _i							0.130						
EPS	0.05	0.032	20	20	0.18	1	1.563	1.733	0.577	338.413	5262994.286	1.463	8.128
R _e							0.040						
R _i							0.130						
XPS	0.05	0.035	20	20	0.18	1	1.429	1.599	0.626	366.765	5703928.794	1.586	8.808
R _e							0.040						

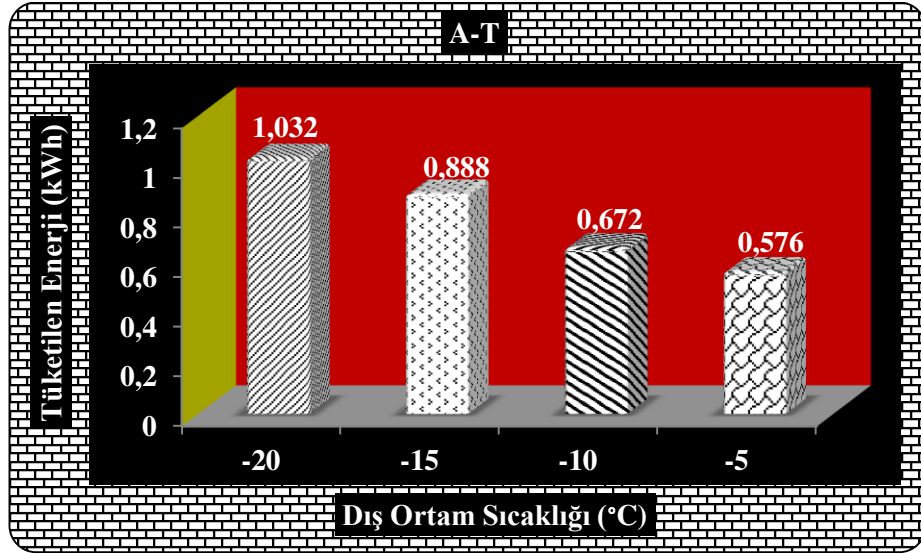
Isı yalıtım levhalarının hesaplama ve deneysel sonuçları Şekil 5.10'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde deneysel sonuçların daha düşük çıktığı görülmektedir. Hesaplama ile elde edilen sonuçların deneysel sonuçlara oranla artış yüzdeleri sırasıyla TY, EPS ve XPS levhalarından % 95, % 150 ve % 83 olarak elde edilmiştir.



Şekil 5.10. Deneysel ve hesaplama metodu ile tüketilen enerji miktarları.

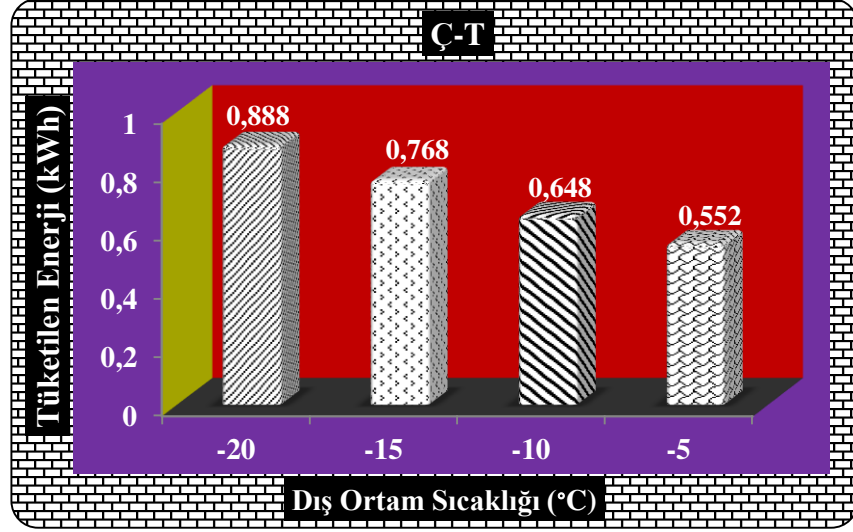
5.5. Tuğla Duvar Üzerine Uygulanan Sıvaların Enerji Tüketimleri

Tuğla duvar üzerine sadece iç sıva olarak alçı sıvanın uygulandığı deney numunesinden elde edilen sonuçlar Şekil 5.11' de verilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek ve en düşük enerji kayıpları sırasıyla -20 °C ve -5 °C dış ortam sıcaklıklarında 1.03 ve 0.57 kWh olarak tüketildiği görülmektedir.



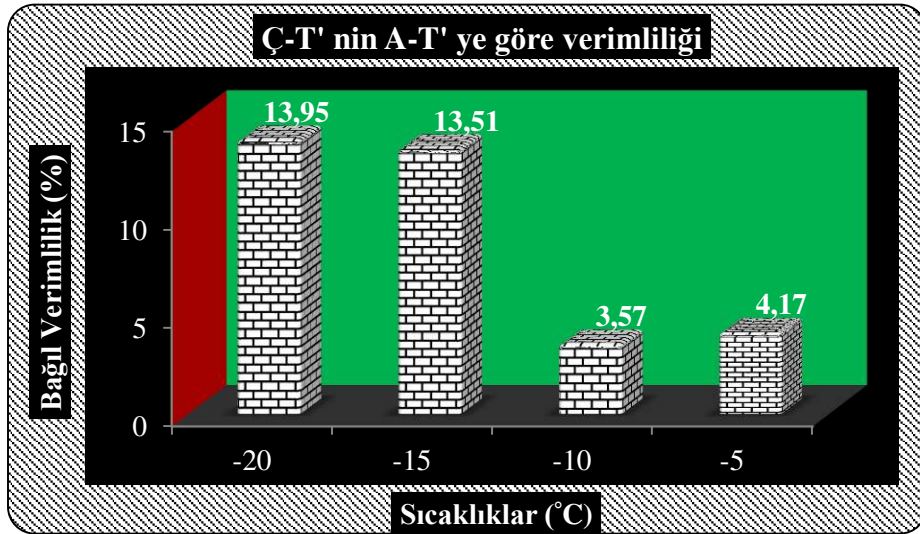
Şekil 5.11. A-T numunede tüketilen enerji miktarı.

Tuğla duvar üzerine sadece iç sıva olarak çimento esaslı sıvanın uygulandığı deney numunesinden elde edilen sonuçlar Şekil 5.12' de verilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek ve en düşük enerji kayıpları sırasıyla -20°C ve -5°C dış ortam sıcaklıklarında 0.88 ve 0.55kWh olarak tüketildiği görülmektedir.



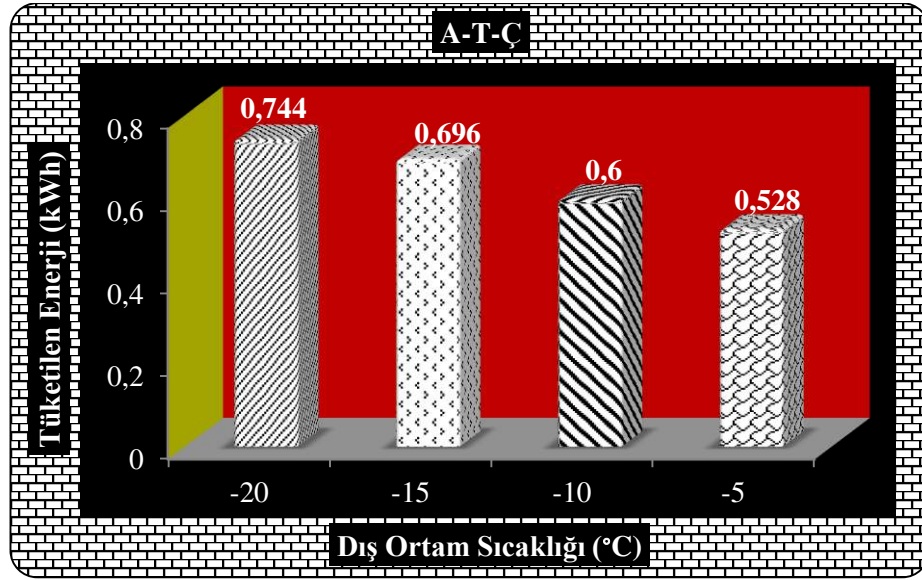
Şekil 5.12. Ç-T numunede tüketilen enerji miktarı.

Tuğla duvar üzerine sadece iç sıva uygulanan numunelerdeki enerji tüketim değerleri enerji verimliliği açısından yüzde olarak değerlendirilip Şekil 5.13'te verilmiştir. Şekil incelendiğinde çimento esaslı sıva numunesinin alçı esaslı numuneye oranla enerji verimliliği açısından sırası ile -20 , -15 , -10 ve -5°C de % 13.9, % 13.5, % 3.5 ve % 4.1 daha verimli sonuçlar verdiği görülmüştür.



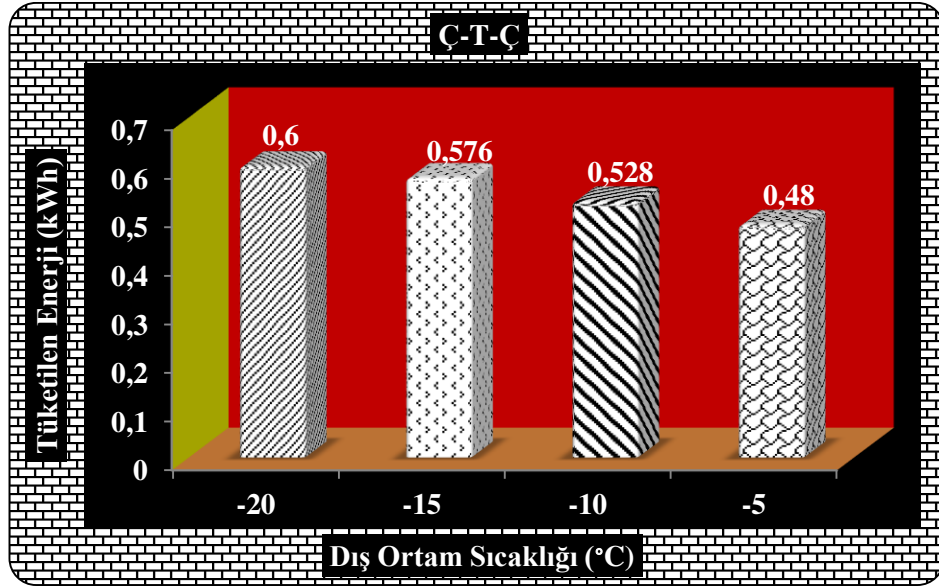
Şekil 5.13. Ç-T nin A-T numunesine göre enerji verimliliği.

Tuğla duvar üzerine iç sıva alçı ve dış sıva olarak çimento esaslı sıvanın uygulandığı deney numunesinden elde edilen sonuçlar Şekil 5.14'te verilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek ve en düşük enerji kayıpları sırasıyla -20°C ve -5°C dış ortam sıcaklıklarında 0.744 ve 0.528 kWh olarak tüketildiği görülmektedir. A-T numunesinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında -20°C ' de çimento esaslı dış sıva yapılması halinde % 28, Ç-T numunesi ile karşılaştırıldığında ise % 5 oranında bir enerji tasarrufu olacağı görülmektedir.



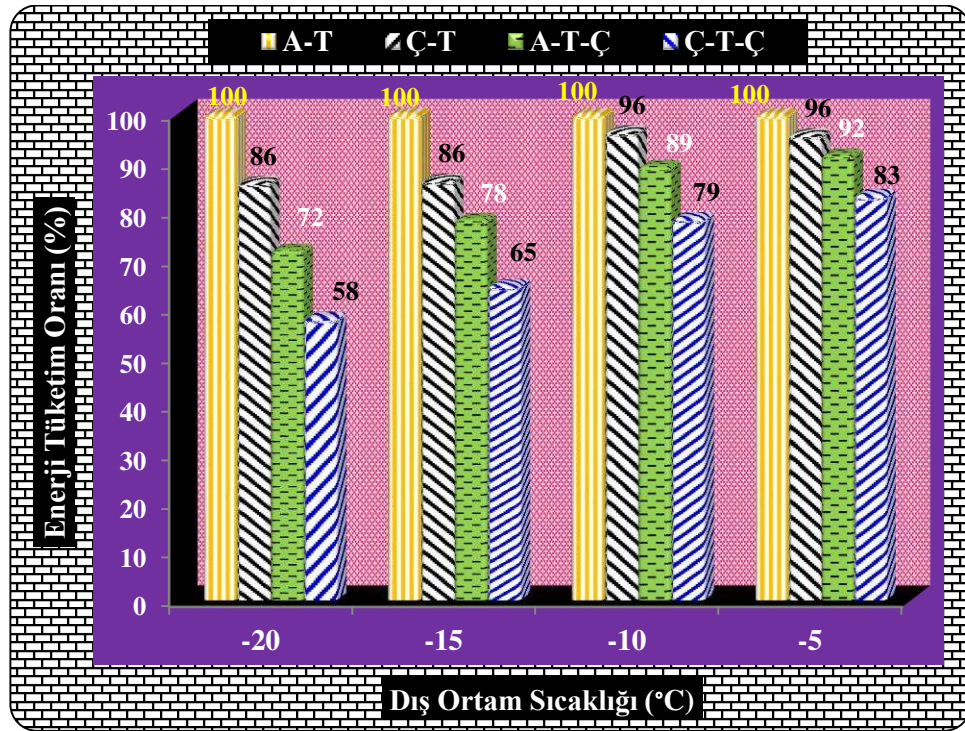
Şekil 5.14. A-T-Ç numunesinde tüketilen enerji miktarı.

Tuğla duvar üzerine iç - dış sıva olarak çimento esaslı sıvanın uygulandığı deney numunesinden elde edilen sonuçlar Şekil 5.15'te görülmektedir. Şekil incelendiğinde en yüksek ve en düşük enerji kayıpları sırasıyla -20°C ve -5°C dış ortam sıcaklıklarında 0.6 ve 0.48 kWh olarak tüketildiği görülmektedir. A-T numunesinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında -20°C de çimento esaslı dış sıva yapılması halinde % 42, Ç-T numunesi ile karşılaştırıldığında % 32 ve A-T-Ç numunesi karşılaştırıldığında ise % 20 oranında bir enerji tasarrufu olacağı görülmektedir.



Şekil 5.15. Ç-T-Ç numunesinde tüketilen enerji miktarı.

Tuğla duvar ve iç- dış sıvaların enerji verimliliklerinin deneysel olarak incelendiği bu çalışmada farklı dış ortam sıcaklıklarından elde edilen sonuçlar arasında en yüksek kayıp referans alınmıştır. Referans olarak A-T numunesi % 100 alınıp enerji verimliliği açısından tüm numunelerin enerji kayıp yüzdeleri belirlenip Şekil 5.16' da verilmiştir.

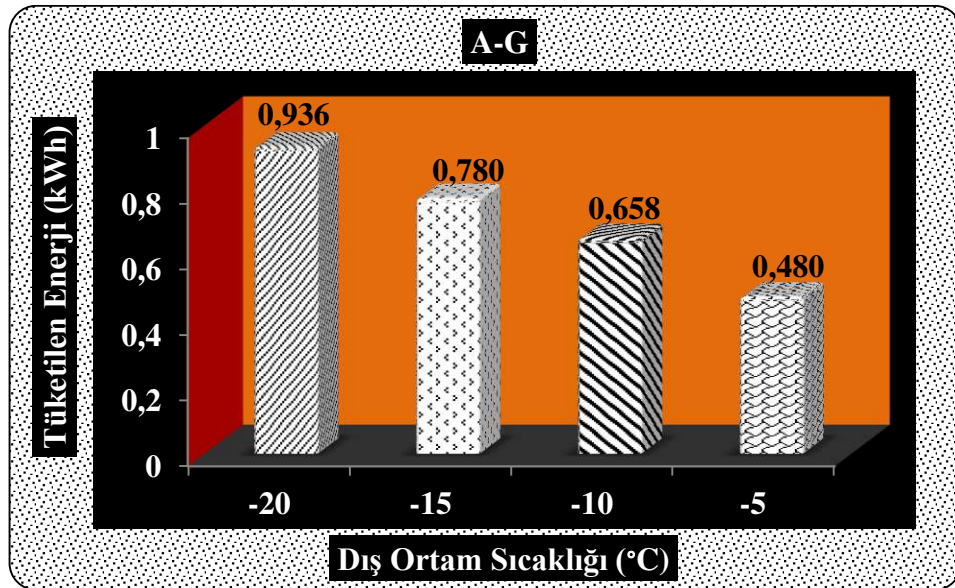


Şekil 5.16. Tuğla duvar ve sıvalardan hazırlanan numunelerde tüketilen enerji oranları.

Grafik incelendiğinde -20°C dış ortam sıcaklığında Ç-T-Ç numunesinin % 42, A-T-Ç numunesinde % 28, Ç-T numunesinde ise % 14 gibi enerji verimliliği olduğu görülmektedir. Dış ortam sıcaklığındaki artışa bağlı olarak numuneler arasındaki enerji tüketim farkının azaldığı görülmektedir. Dış ortam sıcaklığının -5 olduğu durumda Ç-T-Ç numunesinin % 17, A-T-Ç numunesinde % 8, Ç-T numunesinde ise % 4 gibi enerji verimliliği elde edilmiştir.

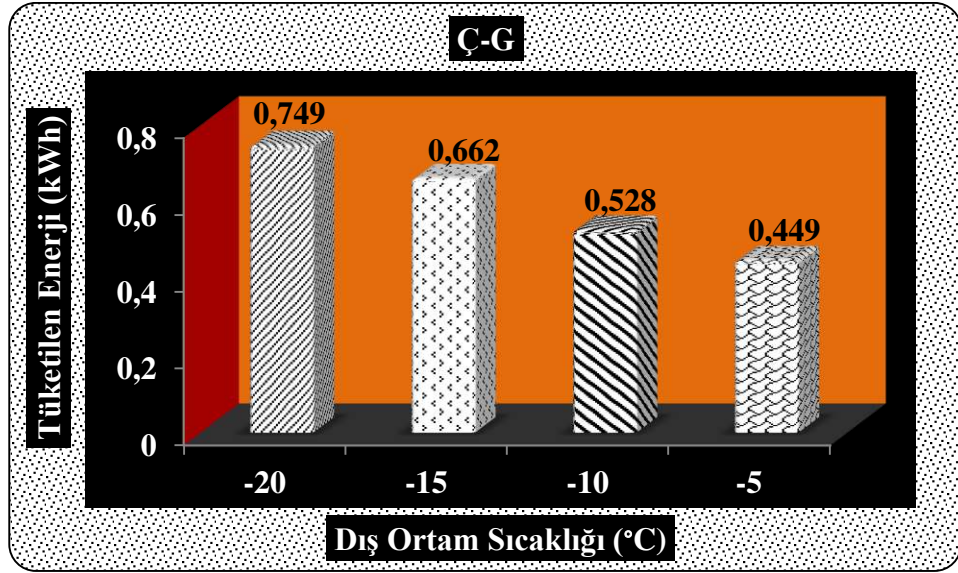
5.6. Gazbeton Üzerine Uygulanan Sıva Numunelerinden Elde Edilen Bulgular.

Gazbeton duvar üzerine sadece iç sıva olarak alçı sıvanın uygulandığı deney numunesinden elde edilen sonuçlar Şekil 5.17' de verilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek ve en düşük enerji kayıpları sırasıyla -20°C ve -5°C dış ortam sıcaklıklarında 0.936 ve 0.480 kWh olarak tüketildiği görülmektedir.



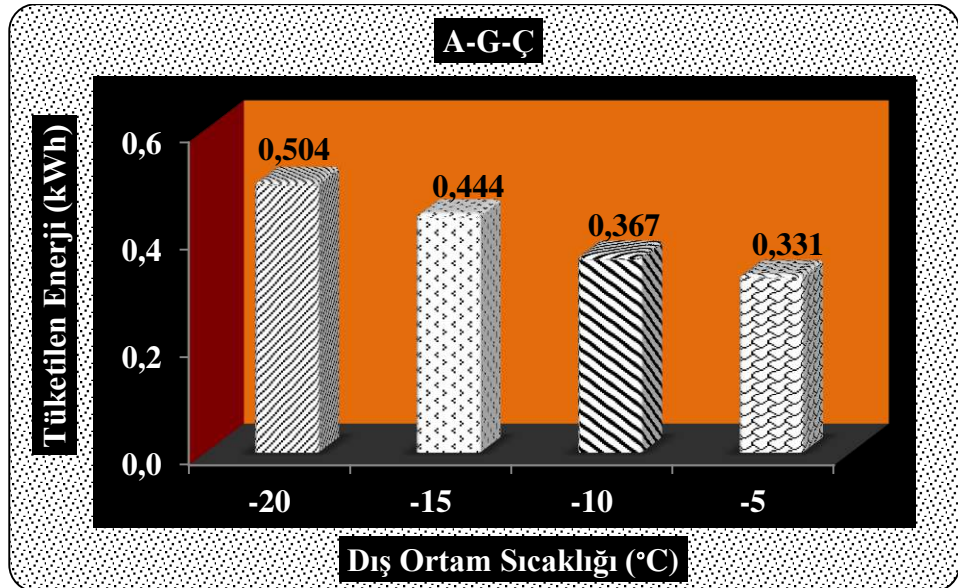
Şekil 5.17. A-G numunesinde tüketilen enerji miktarı.

Gazbeton duvar üzerine sadece iç sıva olarak çimento esaslı sıvanın uygulandığı deney numunesinden elde edilen sonuçlar Şekil 5.18' de verilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek ve en düşük enerji kayıpları sırasıyla -20°C ve -5°C dış ortam sıcaklıklarında 0.749 ve 0.449 kWh olarak tüketildiği görülmektedir. Gazbeton üzerine sadece iç sıvanın uygulandığı numunelerdeki enerji kayıpları değerlendirildiğinde çimento esaslı sıva numunesinin enerji verimliliği açısından -20°C de % 14 , -5°C de 4.2 daha verimli sonuçlar verdiği görülmüştür.



Şekil 5.18. Ç-G numunesinde tüketilen enerji miktarı.

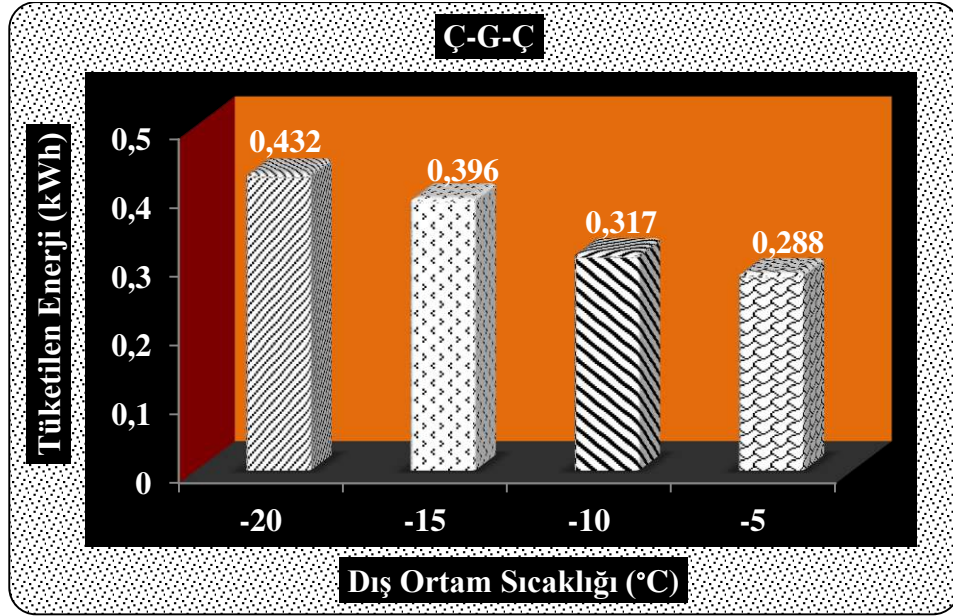
Gazbeton duvar üzerine iç sıva alçı ve dış sıva olarak çimento esaslı sıvanın uygulandığı deney numunesinden elde edilen sonuçlar Şekil 5.19’da verilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek ve en düşük enerji kayıpları sırasıyla -20 °C ve -5 °C dış ortam sıcaklıklarında 0,504 ve 0,33 kWh olarak tüketildiği görülmektedir. A-G numunesinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında -20 °C’ de çimento esaslı dış sıva yapılması halinde % 46, Ç-G numunesi ile karşılaştırıldığında ise % 33 oranında bir enerji tasarrufu olacağı görülmektedir.



Şekil 5.19. A-G-Ç numunesinde tüketilen enerji miktarı.

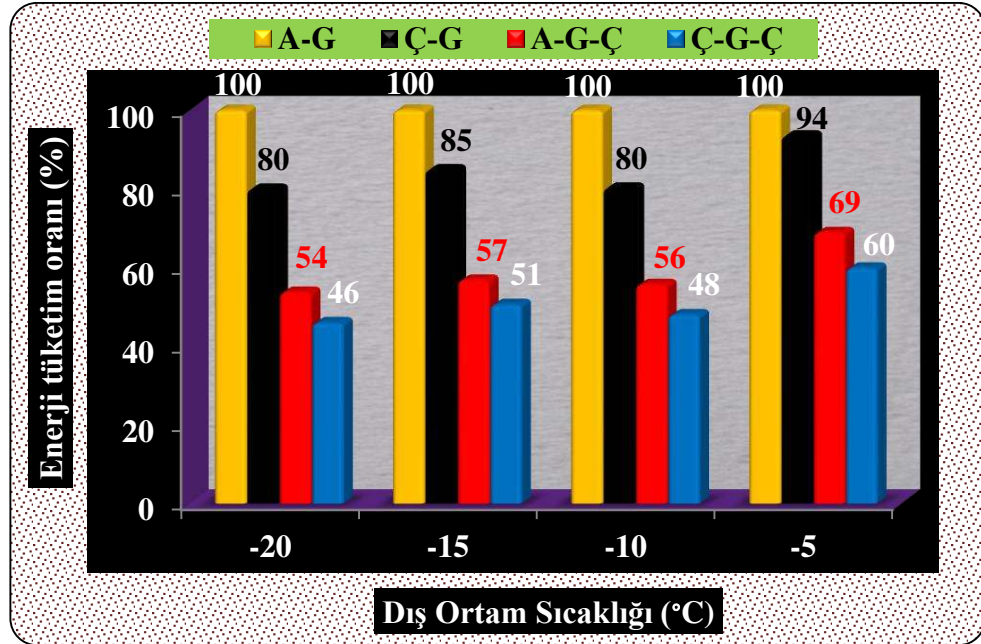
Gazbeton duvar üzerine iç - dış sıva olarak çimento esaslı sıvanın uygulandığı deney numunesinden elde edilen sonuçlar Şekil 5.20’ de görülmektedir. Şekil

incelendiğinde en yüksek ve en düşük enerji kayıpları sırasıyla -20°C ve -5°C dış ortam sıcaklıklarında 0.432 ve 0.288 kWh olarak tüketildiği görülmektedir. A-G numunesinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında -20°C de çimento esaslı dış sıva yapılması halinde % 54, Ç-G numunesi ile karşılaştırıldığında % 43 ve A-T-Ç numunesi ile karşılaştırıldığında ise % 14 oranında bir enerji tasarrufu olacağı görülmektedir.



Şekil 5.20. Ç-G-Ç numunesinde tüketilen enerji miktarı.

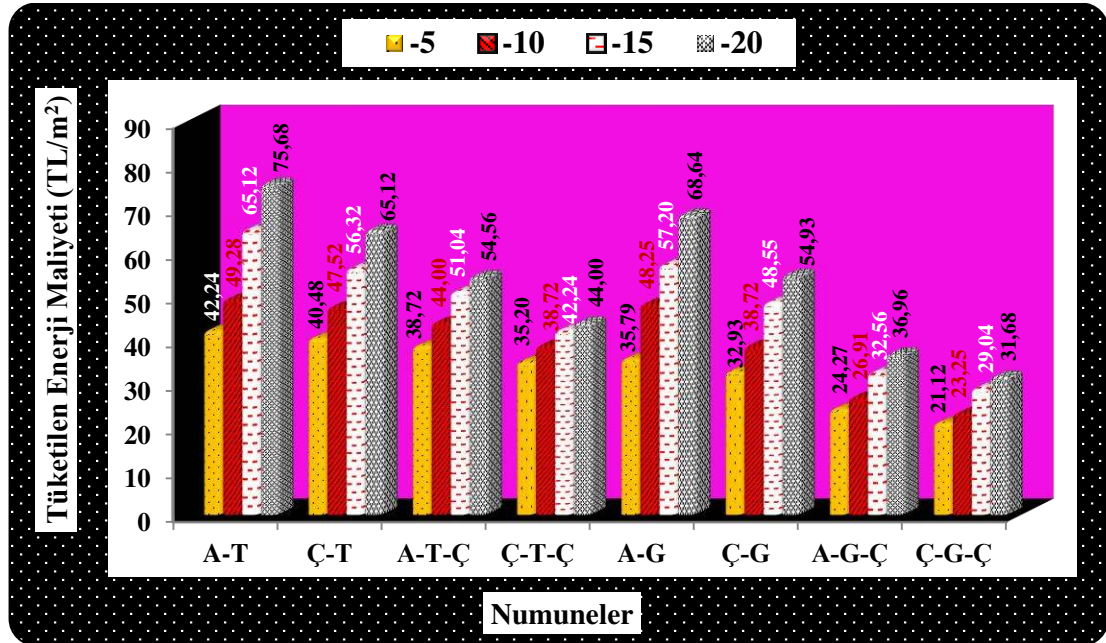
Gazbeton duvar ve iç - dış sıvaların enerji verimliliklerinin deneysel olarak incelendiği bu çalışmada farklı dış ortam sıcaklıklarından elde edilen sonuçlar arasında en yüksek kayıp referans alınmıştır. Referans olarak A-G numunesi %100 alınıp enerji verimliliği açısından tüm numunelerin enerji kayıp yüzdeleri belirlenip Şekil 5.21’ de verilmiştir. Grafik incelendiğinde -20°C dış ortam sıcaklığında Ç-G-Ç numunesinin % 54, A-G-Ç numunesinde % 46, Ç-G numunesinde ise % 20 gibi enerji verimliliği olduğu görülmektedir. Dış ortam sıcaklığındaki artışa bağlı olarak numuneler arasındaki enerji tüketim farkının azaldığı görülmektedir. Dış ortam sıcaklığının -5 olduğu durumda Ç-G-Ç numunesinin % 40, A-G-Ç numunesinde % 31, Ç-G numunesinde ise % 6 gibi enerji verimliliği elde edilmiştir.



Şekil 5.21. Gazbeton duvar ve sıvalardan hazırlanan numunelerde tüketilen enerji oranları.

5.6. Deneysel Çalışmalarda Tüketilen Enerjinin Maliyet Analizi

Bu deneysel çalışma sonucunda tuğla, gazbeton ve sıvalardan hazırlanan kompozitlerde aylık tüketilen enerji maliyetleri hesaplanmış ve Şekil 5.22’de verilmiştir. Enerji maliyeti açısından A-T numunesi en fazla maliyetli, Ç-G-Ç numunesi ise en ekonomik olduğu görülmüştür.



Şekil 5.22. Tuğla, gazbeton duvar ve sıvalarla hazırlanan numunelerde aylık tüketilen enerji maliyetleri.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında yapılan deneysel çalışmalardan aşağıdaki sonuç ve önerilere ulaşılmıştır.

- Sıva numunelerinin 300 – 600 ve 900 °C’de en büyük ve en küçük dayanım kayıpları % 88 ve % 73 oranında çimento esaslı ve ısı yalıtım sıva numunelerinden 900 °C sıcaklık sonrası elde edilmiştir.
- Sıva numunelerinin 25 çevrim donma-çözülme sonucunda ısı yalıtım sıvasındaki dayanım kaybı % 3, alçı sıvada % 6 ve çimento esaslı hazır sıvada % 10 olarak bulunmuştur. 50 çevrim donma-çözülme sonrasında ısı yalıtım sıvasında % 5, alçı sıva da %9 ve çimento esaslı sıvada ise %21 dayanım kaybı meydana gelmiştir. 50 çevrim donma - çözülme deneyinden sonra 900 °C yüksek sıcaklığa maruz bırakılan numunelerin en yüksek ve en düşük dayanım kayıpları sırasıyla % 90 ve % 79 oranlarında çimento esaslı hazır sıva ve ısı yatım sıva numunelerinde meydana gelmiştir.
- 900 °C sıcaklıklar sonrasında yüzeysel çatlaklar gözlemlenmiştir. Bu çatlaklar alçı ve ısı yalıtım sıva numunelerinde mikro düzeyde kalırken, çimento esaslı sıva numunelerinde belirgin olarak görülmüştür.
- Tuğla ve gazbeton numunelerinin -20 °C’ de 24 saat bekletildikten sonra dayanımlarındaki kayıplar; kuru numunelerde en düşük kayıp % 0.8 ve ıslak numunelerden % 1.9 ile gaz beton numunesinden elde edilirken su içinde kalan numunelerde % 19.4 ile tuğla numunesinden elde edilmiştir. Gazbetonun su içinde dayanım kaybı % 29 olduğu görülmüştür.
- Farklı yalıtım malzemelerinin 4, 8, 16 ve 24 saatlik enerji tüketimlerinde doğru orantılı bir artış olduğu görülmüştür. Bu durumun 24 saatlik zamanda malzemenin ısı iletkenlik değerinde olumsuz bir durum olmadığını göstermiştir. Enerji verimliği açısından EPS, XPS ve TY incelendiğinde en iyi sonuçlar EPS malzemesinden elde edilmiştir.
- Dış ortam sıcaklığı -20 °C ve 24 saatlik etki süresinde TY malzemesine göre EPS % 6.58 ve XPS % 5.26 daha verimli olduğu görülmüştür. Dış ortam sıcaklığının düşmesi ile malzemeler arasındaki enerji verimliliğinin azaldığı görülmüştür. Deneysel çalışmalardan elde edilen enerji tüketimi sonuçlarının,

yalıtım malzemesi üreticisi olan firmaların incelenen malzemeler için verdikleri ısı iletkenlik değerleri ile uyumlu oldukları görülmüştür.

- Isı yalıtım levhalarında hesaplama ile elde edilen sonuçların deneysel sonuçlara oranla artış yüzdeleri sırasıyla TY, EPS ve XPS levhalarından % 95, % 150 ve % 83 olarak elde edilmiştir.
- Tuğla duvarda sadece iç sıva uygulaması ile numunelerdeki enerji kayıpları değerlendirildiğinde çimento esaslı numunelerin enerji verimliliği açısından -20 °C'de % 14 , -5 °C'de % 4.2 daha verimli sonuçlar verdiği görülmüştür. -20 °C'de referans olarak A-T numunesine oranla Ç-T-Ç numunesinin % 42, A-T-Ç numunesinde % 28, Ç-T numunesinde ise % 14 gibi enerji verimliliği elde edilmiştir. Dış ortam sıcaklığındaki artışa bağlı olarak numuneler arasındaki enerji tüketim farkının azaldığı görülmüştür. Dış ortam sıcaklığının -5 °C olduğu durumda Ç-T-Ç numunesinin % 17, A-T-Ç numunesinde % 8, Ç-T numunesinde ise % 4 gibi enerji verimliliği olduğu görülmüştür.
- -20 °C dış ortam sıcaklığında Ç-G-Ç numunesinin % 54, A-G-Ç numunesinde % 46, Ç-G numunesinde ise % 20 gibi enerji verimliliği olduğu görülmektedir. -5 °C'de Ç-G-Ç numunesinin % 40, A-G-Ç numunesinde % 31, Ç-G numunesinde ise % 6 gibi enerji verimliliği elde edilmiştir.
- Tuğla, gazbeton ve sıvalardan hazırlanan kompozitlerde aylık tüketilen enerji maliyetlerinde -20 °C'de 31.68 TL/m² ile Ç-G-Ç numunesi en ekonomik, 75.68 TL/m² ile AT numunesi ise en maliyetli olduğu görülmüştür.
- Bu çalışma sonucunda ısı yalıtım malzemesi olarak EPS, duvar malzemesi olarak gazbeton ve hazır çimento esaslı sıvanın enerji verimliliği açısından daha performanslı oldukları ve yapılarda verimli şekilde kullanılabileceği önerilmektedir. Ancak EPS ve gazbetonun kullanıldığı yerlerde nem ve suyun varlığının ısı özellikleri etkilediği belirlendiğinden bu malzemelerin uygun yalıtım önlemlerinin alınmasıyla kullanımlarının uygun olduğu düşünülmektedir. Gazbetonun tuğlaya göre sulu ortamda donmaya maruz kalmasında dayanımın yaklaşık üçte birini kaybettiği görülmüştür. Yapılarımızda dış sıva yapılması ile enerji tasarrufu elde edebileceği gibi betonarmenin servis ömrü boyunca etkilerinde kalacağı olumsuz koşullara karşı kalıcılığını artıracaktır.

KAYNAKLAR

- Abs, “Alçı sıva teknik özellikleri”, http://www.absalci.com.tr/alci_esasli_urunler/yapi-alcilari/abs-siva-alcisi, (02.07.2015).
- AkıllıBina, “Yeşil binalar, birçok sektörün lokomotifi olacak”, <http://www.akillibinam.com/yesil-binalar-bircok-sektorun-lokomotifi-olacak-2/> (2014).
- Aksoy, T., Aytaç, A., “Enerji Tasarrufu İçin Dış Duvarlarda Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Isıtma Maliyeti İlişkisi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21 (4): 753-758 (2006).
- Aksoy, U. T., İnallı, M., “Bina Kabuğundaki Yalıtım Uygulamalarının Isıtma Enerjisine Etkisinin Sayısal Analizi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 35: (2003).
- Akyol, T., “Binaların Isı Yalıtımında Enerji Ve Ekserji Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir, (2006).
- Anonim, “Isı Yalıtımının Önemi”, *Dünya İnşaat*, 79: 6 (1991 a).
- Arslan, O., Köse, R., “Thermoeconomic Optimization of Insulation Thickness Considering Condensed Vapor in Buildings”, *Energy and Buildings*, 38: 1400-1408 (2006).
- Aydın, F., Akgül T., Aydın E., Vural İ., “Konutlarda Kullanılan Farklı Duvar Çeşitlerinin Isı Yalıtım Performanslarının İncelenmesi”, *NWSA International e-Journal*, .6, (4): 1250-1258 (2011).
- Aydın, İ., “Binalarda Uygulana Isı Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, (2010).
- Bayer, G., “Binalarda Uygulanan Isı Yalıtım Sistemleri ve Örnek Bir Projede Isı Yalıtım Maliyet Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, (2006).
- Bilal, F., “Enerji Verimliliği ve Yalıtım”, *İzolasyon Dünyası Dergisi*, 83: 54-57 (2010).
- Bolattürk, A., “Determination of Optimum Insulation Thickness For Buildings Walls With Respect To Various Fuels and Climate Zones in Turkey”, *Applied Thermal Engineering*, 26: 1301–1309 (2006).
- Candan, N. , “Isı Yalıtım Sistemleri Ve Özelliklerinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya (2007).
- Cevreonline, “Yeşil Binalar”, <http://cevreonline.com/yesil-binalar/> (20.05.2016).
- Çamur, C., “Isı Yalıtım Malzemelerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemiyle Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*

Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2010).

Çomaklı, K., Yüksel, B., “Optimum Insulation Thickness of External Walls For Energy Saving”, *Applied Thermal Engineering*, 23: 473–479, (2003).

Dağsöz, A. K., “Yapılarda Isı Yalıtımı ve Buhar Geçiş”, *Alp Teknik Yayınları*, İstanbul, (1991).

Değirmenci, A. İ., “Türkiye’de Uygulanan Yalıtım Tekniklerinin Araştırılmasında Termal Kameranın Etkin Biçimde Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi*, Sakarya, (2010).

Dikici, A., “Yapılarda Isı Yalıtımı”, *T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mimarlık Bölümü, Seminer, Edirne, (1991).

Dilmaç, Ş., “Çift Duvar Arası Isı Yalıtımı ve Ülkemizdeki Sorunları”, *Tuğla ve Kiremit Endüstrisi*, 2(8): 8-16, (1999).

Dilmaç, Ş., "Binaların Enerji Gereksiniminin Hesaplanması ile İlgili Uluslararası Yönetmeliklerin Gelişimi", *İzolasyon Dergisi*, 1, (1): 16-21, (1996 f).

Dilmaç, Ş., Eğrican, N., "Binalarda Isı Konforu Amaçlı Enerji Tüketimi Üzerine Malzeme Seçiminin Etkisi", *21. Yüzyılda Tüm Yönleriyle Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, İstanbul, (1994 b).

Dilmaç, Ş., Uludağ, M., "Energy Analysis of Buildings in Istanbul", *Proceedings of the First Trabzon International Energy and Environment Symposium*, (1996 c).

Enerji, “Temiz Enerji”, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Temiz-Enerji/> (22.07.2016).

Erdabak, M., “Binalarda Isı Yalıtımındaki Eksikliklerin Enerji Tasarrufuna Olan Etkilerinin Uygulamalı Olarak Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas, (2011).

Gölcü, M., Dombaycı Ö.A., Abalı S., “Optimization of Insulation Thickness For External Walls Using Different Energy-Sources”, *Applied Energy*, 83 (9): 921-928 (2006).

İşbilir, D., “Isı Yalıtımı Uygulamaları ve Sorunlarının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, (2009).

Kalekim. http://kalekim.com/Urunler.asp?Prod_GroupID=22&ProductID=305&ident=1&ident1=2/ (27 04 2016).

Kaya, T., Çerçevik, A.,E., Karakurt, C., “Farklı Tip Sıvaların Yüksek Sıcaklık ve Donma –Çözülme Etkisinde Mekanik Davranışı”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4: 697-703 (2016).

- Kçs, “Gaz teknik özellikleri” <http://kipascimento.com/tr-TR/gaz-beton/> (12. 04. 2015).
- Keskin, T., “Binalar Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu”, Türkiye’nin İklim Değişikliği Ulusal eylem Planı’nın Geliştirilmesi Projesi, (2010).
- Kızıllkanat A.B., Yüzer N., “Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Harcın Basınç Dayanımı-Renk Değişimi İlişkisi”, *İMO Teknik Dergi*, 289: 4381-4392 (2008).
- Koçu, N. ve Dereli M., “Dış Duvarlarda Isı Yalıtımı İle Enerji Tasarrufu Sağlanması Ve Detaylarda Karşılaşılan Sorunlar (Konya Kentinden Örnekler)”, *5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, İzmir, (2010).
- Koçu, N. ve Korkmaz, Z. S., “Konya Çevresindeki Yapılarda Isı Yalıtım Uygulamalarının TS 825'e Göre Değerlendirilmesi ve Çevre Kirliliğine Etkisi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 73: 75-87 (2003).
- Kong Y., Daniel L., Sanjayan G.J., Crentsill S.K., “Comparative performance of geopolymers made with metakaolin and fly ash after exposure to elevated temperatures”, *Cement and Concrete Research*, (37) 12: 1583-1589 (2007).
- Mantosür, “Isı yalıtım sıvası teknik özellikleri”, <http://www.mantosur.com.tr/> (04.07.2015).
- Özel, M ve Pıhtılı, K., “Duvar Yönünün Yalıtım Kalınlığına Etkisi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22 (1): 95-101 (2007).
- Özel, M., “Bina Dış Duvarlarının Optimum Yalıtım Kalınlıkları İçin Dinamik Yaklaşım ve Maliyet Analizi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 (4): 879-884 (2008).
- Özenç, A., “Edirne'deki ısı yalıtım uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi”, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne, (2007).
- Paralı, D., “Bina Duvarlarında Uygulanan Isı Yalıtım Sistemlerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, (2009).
- Powerenerji, “Akıllı ev sistemleri”<http://www.powerenerji.com/akilli-ev-sistemleri-akilli-bina-ofis-otomasyonu-akilli-ev-nedir-android-ios-akilli-ev-ozellikleri.html> (20.07.2016).
- Şişman, N., “Derece-Gün Bölgeleri için Bina Dış Duvarlarında Farklı Yalıtım Malzemesi ve Duvar Yapı Bileşenleri Kullanılması Halinde Ekonomik Analiz Yöntemi İle En İyi Yalıtım Kalınlığının Tespiti”, Yüksek Lisans Tezi, *Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, (2005).

- Taşıyünü, “Isı yalıtım levhası teknik özellikleri”, <http://www.tasyunu.gen.tr/merhaba-dunya/> (25.04.2016).
- Tolun, M., “Farklı Derece-Gün Bölgeleri İçin Yalıtım Probleminin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, İstanbul, (2010).
- Topçu, İ.B, Demir, A., “Kiremit Kırıkları Betonlarda Yüksek Sıcaklık Etkisi”, *7th International Congress in Civil Engineering*, İstanbul, Türkiye, (2006).
- TS 13566, “Çimento esaslı yapıştırıcılar- Isı yalıtım levhası için”, *Türk Standartları Enstitüsü*. Ankara, Türkiye (2013).
- TS 825, “Binalarda ısı yalıtım kuralları”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, Türkiye, (2013).
- TS EN 13279-1, “Yapı ve sıva alçıları – Bölüm 1: Tarifler ve gerekler”. *Türk Standartları Enstitüsü*. Ankara, Türkiye, (2014).
- TS EN 196-1, “Çimento Deney Metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, Türkiye, (2009).
- TS EN 998-1, “Kagir harcı-özellikler – Bölüm 1: Kaba ve ince sıva harcı” *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, Türkiye, (2011).
- Ulusoy, M., “Konya’da Apartman Yapılarının Tarihsel Gelişimi”, *Memleket Yayıncılık*, Konya, (2006).
- Ülker, S., “Isı Yalıtım Malzemelerinin Özelliklerinin Uygulamaya Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2009).
- Ünalın, H., Gökaltın E., Uğurlubilek R., “Yapı Kabuğunda Isı Kayıplarının Azaltılması ve Bir İyileştirme Projesi Örneği”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 9(4): 49-56 (2006).
- XPS, “Isı Yalıtım Levhası” <http://www.xpsturkiye.org/sayfa.asp?ID=129/> (01.05.2016).
- Yılmaz, A., “Apartmanların Dış Kabuğuna Uygulanan Isı Yalıtımının Bina Enerji Performansına Etkisi (Konya ve Erzincan Örneği)”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, (2012).
- Yılmaz, R., “Betonarme Karkas Yapılarda Kolon Ve Kirişlerdeki Isı Kayıplarının Önlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, (2006).
- Zintaş, “Çimento Esaslı Sıva”, <http://www.zintascimento.com/1982.html> (04.07.2015).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Turgut KAYA
Doğum Yeri ve Tarihi : Mardin, 1982



Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Fırat Üniversitesi T.E.F. Yapı öğretmenliği Bölümü(2006)
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce
Bilimsel Faaliyetleri :

İş Deneyimi

Stajlar :
Projeler :
Çalıştığı Kurumlar : Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü 2013-bugüne

İletişim

Adres :Gazipaşa Mh. Efeyapı Kat:1 Bilecik
Tel : 0543 322 72 42
E-Posta Adresi : turgut.kaya@bilecik.edu.tr

Akademik Çalışmaları

—
—

Yabancı Dil Bilgisi

Tarih:21/07/2016