

B NALARDA ISI YALITIMINDAKİ EKSİKLİKLERİN  
ENERJİ TASARRUFUNA OLAN ETKİLERİNİN  
UYGULAMALI OLARAK ARAŞTIRILMASI

MUSTAFA ERDABAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MİMARLIK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
2010

CUMHUR YET ÜN VERS TES  
FEN B L MLER ENST TÜSÜ

B NALARDA ISI YALITIMINDAK EKS KL KLER N  
ENERJ TASARRUFUNA OLAN ETK LER N N  
UYGULAMALI OLARAK ARA TIRILMASI

MUSTAFA ERDABAK

YÜKSEK L SANS TEZ

MAK NE MÜHEND SL ANAB L M DALI

TEZ DANI MANI  
PROF. DR. ERTAN BUYRUK

S VAS  
2010

Bu çalı ma Cumhuriyet Üniversitesi Fen/Sa lık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmı ve jürimiz tarafından Makine Mühendisli i Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmi tir.

Ba kan Prof. Dr. H. brahim ACAR

Üye Yrd. Doç. Dr. Sevil ÇET NKAYA

Üye (Danı man) Prof. Dr. Ertan BUYRUK

ONAY

Bu tez çalı ması, 28/12/2010 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmi tir.

Prof. Dr. Mustafa DE RMENC  
FEN B L MLER ENST TÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 24.09.2008 tarihli ve 009 sayılı toplantısında kabul edilen Fen/Sa lık Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

## ÖZET

### BİNALARDA ISI YALITIMINDAKİ EKSKLİKLERİN ENERJİ TASARRUFUNA OLAN ETKİLERİNİN UYGULAMALI OLARAK ARAŞTIRILMASI

MUSTAFA ERDABAK

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ertan BUYRUK

2010, 128 sayfa

Bu çalışmada, Sivas'ta bulunan de ik binaların iç ve dış ortamlarından, termal kamera çekimleri yapılarak, ısı kaybının gerçekleşebileceği kritik bölgeler üzerine yoğunlaşılmıştır. Elde edilen görüntülerin bilgisayar ortamında analizinin yapılması sonucunda yüzey sıcaklık haritaları elde edilmiştir. Çalışmanın devamında, Türkiye'nin ve AB'nin enerji politikaları hakkında bilgiler verilmiş ve Türkiye'de konutlarda uygulanan ısı yalıtım sistemleri ve TS 825 ısı yalıtım standardı tanıtılmıştır. Daha sonra düzlem duvar, ısı köprüsü, lokal ve radyatör arkası yalıtımın, dolgu malzemesinin, pencerenin sıcaklık da lımına etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Bu amaçla FLUENT paket programı yardımıyla ısı transferinin sayısal çözümü sürekli artlarda elde edilerek sıcaklığın değişimi görselleştirilmiştir. İç ortam ve dış ortam sıcaklıkları sırasıyla 20 °C, -20 °C ve iç ortam ve dış ortam ısı ta nım katsayıları 8 W/m<sup>2</sup>K ve 25 W/m<sup>2</sup>K kabul edilerek, öncelikle yalıtımsız düzlem duvar için sıcaklık da lımı elde edilmiştir. Daha sonra aynı sınır ko ullarında farklı yalıtım kalınlıklarının sıcaklık da lımı üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmanın devamında farklı şekillerde yalıtımlı geometriler için ısı köprülerinin sıcaklık da lımına olan etkileri incelenmiş ve iç ve dış yüzey sıcaklıkları ve ısı akılarının değişimi düzlem duvar ve ısı köprüsü için kıyaslanmıştır.

Anahtar kelimeler: Enerji tasarrufu, fluent, ısı yalıtımı, Türkiye'nin enerji politikaları.

## ABSTRACT

### PRACTICAL INVESTIGATION OF EFFECTS ON ENERGY SAVING OF HEAT INSULATION DEFECTS AT THE BUILDINGS

MUSTAFA ERDABAK

Master of Science Thesis, Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ertan BUYRUK

2010, 128 pages

In the present study, it is worked on critical areas where heat loss could be occurred by using thermal infrared (IR) imaging from inside and outside environment of different buildings in Sivas. Surface temperature datas were presented from computer analysis results of obtained images. The other part of study, informations were mentioned about Turkey's and AB's energy policies and also thermal insulation systems and TS 825 thermal insulation standart applied in Turkey's houses. Then, effect of plane wall, thermal bridge, local and back of radiator insulation and also filling material, window on temperature distribution were numerically investigated. For this aim Fluent package program was used to solve the heat transfer numerically and temperature distribution with steady state condition were illustrated. Inside and outside environment temperatures were assumed as 20 °C, -20 °C respectively and inside and outside environment heat transfer coefficients 8 W/m<sup>2</sup>K ve 25 W/m<sup>2</sup>K. Firstly temperature distribution for non-insulation plane wall and then effects of different insulation thicknesses were investigated at the same boundary conditions. Then, effects of thermal bridges of different geometries with changing of insulation location were investigated at different building models and surface temperature and surface heat flux results were illustrated and compared with previously obtained results with steady state condition both for plane wall and thermal bridge.

Key words: Energy saving, fluent, heat insulation, energy policies of Turkey's.

## TE EKKÜR

Danımanım çok değerli hocam Prof. Dr. Ertan BUYRUK'a tez boyunca yaptığı katkılardan dolayı, bana inanıp, güvendiği ve her konuda, her zaman yanımda olduğu için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezin paket programı FLUENT'de çözülmesi aşamasında bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen Arş. Gör. Koray KARABULUT'a teşekkür ederim.

Tezin ekil olarak düzenlenmesinde yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Hsran BULUT ve Tuuba TA PINAR'a teşekkür ederim.

Bana inanan, güvenen, maddi ve manevi her zaman yanımda olan değerli eim Pınar ERDABAK ve sevgili oğlum Batuhan ERDABAK'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

## Ç İNDEK İLER D Z İN

ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
TE EK KÜR.....	vi
EK LLER D Z İN .....	x
TABLolar D Z İN .....	xii
S MGELER D Z İN .....	xiii
1 G R .....	1
1.1 Giri .....	1
1.2 Literatür Taraması.....	4
2 DÜNYADA ENERJİ .....	7
2.1 Giri .....	7
2.2 Dünyada Kullanılan Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Durumu ...	9
2.2.1 Güne Enerjisi .....	9
2.2.1.1 Türkiye'nin Güne Enerjisi Potansiyeli .....	11
2.2.1.2 Türkiye'deki Çalı maların Geli imi.....	13
2.2.2 Rüzgar Enerjisi.....	14
2.2.2.1 Türkiye'deki Rüzgar Enerjisi Kaynakları .....	16
2.2.2.2 Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Geli iminin Mevcut Durumu.....	17
2.2.3 Biyokütle Enerjisi.....	18
2.2.3.1 Endüstriyel Biyokütlenin Yanması .....	18
2.2.3.2 Türkiye'de Biyokütle Enerjisi Kullanımı.....	20
2.2.3.3 Dünyada Biyokütle Enerjisi Kullanımı .....	21
2.2.3.4 Ülkemizdeki Biyokütle Enerjisi Sonuçları.....	23
2.2.4 Hidroelektrik Enerji .....	24
2.2.4.1 GAP Projesi ve Hidroelektrik Enerji.....	25
2.2.4.2 Türkiye'deki Hidroelektrik Potansiyelin Dünyadaki Yeri .....	26
2.2.5 Jeotermal Enerji.....	26
2.3 Dünyada ve Türkiye'de Enerji, Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları .....	28
2.4 Dünyada Enerji Alanında 2000-2020 Yılları Arasındaki Olası Geli meler .....	31
2.5 Türkiye'nin Mevcut Enerji Durumu .....	33
2.5.1 Ham petrol ve Doğalgaz.....	36
2.5.2 Kömür.....	37
2.5.3 Hidrolik .....	38
2.6 AB'nin Enerji Politikası ve Bu Politikanın Geli imi.....	39
2.7 AB Enerji Tüketimi ve Dışa Ba ımlılı ı .....	41
3 KONUTLARDA UYGULANAN ISI YALITIM S İSTEMLERİ .....	44
3.1 Giri .....	44
3.2 Isı Yalıtımı .....	45
3.2.1 Isı Yalıtımının Amacı.....	45
3.3 Duvarlarda Isı Yalıtımı.....	46
3.3.1 Dıştan Isı Yalıtımı .....	47
3.3.1.1 Kolonlar Arası Duvar .....	48



3.3.1.2 Havalandırmaz Duvar .....	49
3.3.1.3 Isı Yalıtımsız Duvar .....	49
3.3.1.4 Kiri Isı Yalıtımlı Duvar .....	49
3.3.1.5 Tam Isı Yalıtımlı Duvar .....	49
3.3.1.6 Havalandırmalı Duvar .....	49
3.3.1.7 Yı ma Dı Kaplamalı Duvar .....	50
3.3.1.8 Izgaralı veya Profilli Levha Kaplamalı Duvar .....	50
3.3.1.9 Dı Kaplamalı Isı Yalıtımlı Duvar .....	50
3.3.1.10 Kolonlar Önü Duvar .....	51
3.3.1.11 Isı Yalıtımsız Duvar .....	51
3.3.1.12 Kenar Isı Yalıtımlı Duvar .....	51
3.3.1.13 Tam Isı Yalıtımlı Duvar .....	51
3.4 Dı Duvarlarda Ortadan (Sandviç) Isı Yalıtımı .....	51
3.5 çten Isı Yalıtımı .....	56
3.6 Bodrum ve Temel Perdelerde Isı Yalıtımı .....	58
3.6.1 Isıtılan Bodrum .....	58
3.6.2 Isıtılmayan Bodrum .....	58
3.7 Dö emelerde Isı Yalıtımı .....	59
3.7.1 Zemine Oturan Dö emelerde Isı Yalıtımı .....	61
3.7.1.1 Isı Yalıtımsız Dö eme .....	61
3.7.1.2 Tam Isı Yalıtımlı Dö eme .....	61
3.7.1.3 Kiri Yalıtımlı Dö eme .....	62
3.7.1.4 Altı Açık Dö emede Isı Yalıtımı .....	62
3.7.2 Zemine Oturmayan Dö eme .....	62
3.7.2.1 Isı Yalıtımsız Dö eme .....	62
3.7.2.2 Üstü Isı Yalıtımlı Dö eme .....	62
3.7.2.3 Tam Isı Yalıtımlı Dö eme .....	62
4 TS 825 B NALARDA ISI YALITIM STANDARDI VE SON GELİMLER .....	63
4.1 Giriş .....	63
4.2 Standardın Amacı .....	64
4.3 Standardın Uygulama Alanı .....	64
4.4 Standardın Genel Esasları .....	65
4.5 Standardın Gelişim Süreci .....	66
4.6 Son Gelişmeler .....	67
5 KULLANILAN ÖLÇÜM YÖNTEMİ .....	70
5.1 Kızılötesi .....	70
5.2 Termografi .....	70
5.2.1 Pasif ve Aktif Termografi .....	73
5.2.2 Kızılötesi Film ve Termografi Arasındaki Fark .....	73
5.2.3 Termografinin Avantajları .....	73
5.2.4 Uygulama Alanları .....	74
5.2.4.1 Veterinerlik Uygulamaları .....	75
5.2.4.2 Medikal Görüntüleme .....	75
5.2.4.3 Akapunktur Alanında Medikal Görüntüleme .....	76
6 TERMAL KAMERA İLE ELDE EDİLEN BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER .....	78
6.1 Giriş .....	78

6.2 Bulgular ve De erlendirmeler .....	78
6.2.1 Kiri ve Kolonlarda Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera le Analizi .....	78
6.2.2 Pencere Ba lantı Bölgelerinde Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera le Analizi .....	82
6.2.3 Açık Pencereleden Olan Isı Kayıplarının Termal Kamera le Analizi .....	83
6.2.4 Dı Duvar Birle im Bölgelerinde Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera le Analizi .....	85
6.2.5 Radyatör Arkası Bölgelerden Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera le Analizi .....	86
6.2.6 Lokal Yalıtımlı Bölgelerden Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera le Analizi .....	88
6.2.7 Kullanılan Dübellere Ba lı Olarak Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera le Analizi .....	89
6.2.8 Kullanılan Boya Rengine Ba lı Olarak Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera le Analizi .....	90
6.2.9 Sundurmalardan Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera le Analizi .....	91
6.2.10 Isı Kayıplarının ç Ortamdan Termal Kamera le Analizi .....	93
6.2.11 Tesisattaki Isı Kayıplarının Termal Kamera le Analizi .....	96
7 KULLANILAN SAYISAL YÖNTEM VE TEMEL DENKLEMLER.....	98
7.1 Kullanılan Sayısal Yöntem .....	98
7.1.1 Sonlu Hacimler Yöntemi.....	98
7.1.2 Sonlu Hacimler Formülasyonları .....	100
7.1.2.1 Kütleinin Korunumu .....	100
7.1.2.2 Momentumun Korunumu.....	100
7.1.2.3 Enerjinin Korunumu .....	101
7.1.2.4 Duvarlardaki Isı Transferi için Enerji Denklemi .....	102
8 FLUENT SONUÇLARI .....	103
8.1 Düzlem Duvar ve Isı Köprüsünün Sıcaklık Da ılımlarının ncelenmesi .....	103
8.1.1 Düzlem Duvar Sıcaklık Da ılımının ncelenmesi .....	105
8.1.1.1 çten Yalıtımlı Düzlem Duvar Sıcaklık Da ılımının ncelenmesi ..	103
8.1.1.2 Sandviç Yalıtımlı Düzlem Duvar Sıcaklık Da ılımının ncelenmesi	108
8.1.1.3 Dı tan Yalıtımlı Düzlem Duvar Sıcaklık Da ılımının ncelenmesi	110
8.1.2 Isı Köprüsünün Sıcaklık Da ılımının ncelenmesi .....	113
8.2 Dolgu Malzemesinin Yapının Sıcaklık Da ılımının ncelenmesi .....	117
8.3 Lokal Yalıtımın Yapının Sıcaklık Da ılımına Etkisinin ncelenmesi .....	117
8.4 Radyatörün Yapının Sıcaklık Da ılımına Etkisinin ncelenmesi .....	118
8.5 Pencerenin Yapının Sıcaklık Da ılımına Etkisinin ncelenmesi .....	119
9 SONUÇLAR VE ÖNER LER.....	121
KAYNAKLAR .....	126
ÖZGEÇM .....	128

## EK LLER D Z N

ekil 2.1	Türkiye'nin rüzgar hızı da ılım haritası .....	17
ekil 2.2	Türkiye'nin rüzgar potansiyeli da ılım haritası.....	17
ekil 2.3	Dünya enerji tüketiminin da ılımı: 2000-2030 (milyon tpe) (EET)...	40
ekil 2.4	AB enerji tüketiminin da ılımı: 2000-2030 (milyon tpe)(EET) .....	41
ekil 3.1	Dı tan ısı yalıtım detayı ( zoder).....	47
ekil 3.2	Kiri önü ve sandviç ısı yalıtımlı detay ( zoder).....	47
ekil 3.3	çten ısı yalıtımlı duvar ve kö e detayı ( zoder).....	48
ekil 3.4	Havalandırılmalı duvar detayı ( zoder) .....	49
ekil 3.5	Sandviç duvar yalıtım detayı ( zoder).....	51
ekil 3.6	çten ısı yalıtım detayı .....	57
ekil 3.7	Bodrum ve temellerde ısı yalıtım detayı ( zoder) .....	58
ekil 3.8	Dö emelerde ısı yalıtım detayı ( zoder).....	59
ekil 3.9	Zemine oturan dö emelerde ısı yalıtımı ( zoder).....	61
ekil 5.1	a) Veterinerlik uygulamasına ait termal kamera görüntüsü b) Termal kamera (Testo) .....	75
ekil 6.1-2	Bina kolon ve kiri lerinde meydana gelen ısı kaybı termal kamera görüntüsü.....	78
ekil 6.3-5	Bina kolon ve kiri lerinde meydana gelen ısı kaybı termal kamera görüntüsü.....	79
ekil 6.6-8	Bina kolon ve kiri lerinde meydana gelen ısı kaybı termal kamera görüntüsü.....	80
ekil 6.9	Bina kolon ve kiri lerinde meydana gelen ısı kaybı termal kamera görüntüsü.....	81
ekil 6.10-11	Pencere ba lantı bölgelerindeki ısı kaybı termal kamera görüntüsü ....	82
ekil 6.12-13	Açık pencerelerden olan ısı kayıplarının termal kamera görüntüsü ...	83
ekil 6.14-15	Açık pencerelerden olan ısı kayıplarının termal kamera görüntüsü ...	84
ekil 6.16-18	Dı duvar birle im bölgelerindeki ısı kaybı termal kamera görüntüsü .	85
ekil 6.19	Dı duvar birle im bölgelerindeki ısı kaybı termal kamera görüntüsü .	86
ekil 6.20	Radyatör arkası bölgelerden meydana gelen ısı kaybı termal kamera görüntüsü .....	86
ekil 6.21-22	Radyatör arkası bölgelerden meydana gelen ısı kaybı termal kamera görüntüsü .....	87
ekil 6.23-24	Lokal yalıtımlı bölgelerden meydana gelen ısı kaybı termal kamera görüntüsü .....	88
ekil 6.25	Kullanılan dübellerin ısı kaybına olan etkisinin termal kamera görüntüsü .....	89
ekil 6.26	Duvar yüzeyine açık ye il-koyu ye il boya uygulanmasının termal kamera görüntüsü .....	90
ekil 6.27	Güne alan cephenin termal kamera görüntüsü .....	90
ekil 6.28	Kuzey cephedeki termal kamera görüntüsü .....	91
ekil 6.29	Sundurmalardan meydana gelen ısı kaybının termal kamera görüntüsü	91
ekil 6.30-31	Sundurmalardan meydana gelen ısı kaybının termal kamera görüntüsü	92
ekil 6.32-34	ç ortamdan olan ısı kayıplarının termal kamera görüntüsü.....	93
ekil 6.35-37	ç ortamdan olan ısı kayıplarının termal kamera görüntüsü.....	94
ekil 6.38	ç duvar- dı duvar iç yüzey sıcaklıklarının kar ıla tırıldı ı termal kamera görüntüsü .....	95
ekil 6.39	ki dı cepheli odanın termal kamera görüntüsü .....	95
ekil 6.40	Yalıtımlı-yalıtımsız termal kamera görüntüsü .....	96
ekil 6.41	Yalıtımsız vanalardaki ısı kaybının termal kamera görüntüsü.....	96

ekil 6.42-43	Yalıtımsız vanalardaki ısı kaybının termal kamera görüntüsü.....	97
ekil 7.1	Düzlem duvar ve ısı köprüsünün yapı ekli ve sınır artlarının gösterimi.....	102
ekil 8.1	Yalıtımsız durum için oluşturulan model.....	103
ekil 8.2	Modele uygun a yapısı .....	103
ekil 8.3	Düzlem duvarın dış yüzeyinde meydana gelen sıcaklık değişimleri ....	104
ekil 8.4	Çıten farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvarların sıcaklık dağılımları ...	105
ekil 8.5	Çıten farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için dış yüzey sıcaklık değişimleri.....	106
ekil 8.6	Çıten farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için dış yüzey ısı akısı değişimleri.....	106
ekil 8.7	Çıten farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için iç yüzey sıcaklık değişimleri.....	107
ekil 8.8	Çıten farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için duvar kesiti sıcaklık değişimleri.....	107
ekil 8.9	Sandviç farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvarlardaki sıcaklık dağılımları.....	108
ekil 8.10	Sandviç farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için dış yüzey sıcaklık değişimleri.....	109
ekil 8.11	Sandviç farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için dış yüzey ısı akısı değişimleri.....	109
ekil 8.12	Sandviç farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için iç yüzey sıcaklık değişimleri.....	110
ekil 8.13	Sandviç farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için duvar kesiti sıcaklık değişimleri .....	110
ekil 8.14	Dıştan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar sıcaklık dağılımları .....	111
ekil 8.15	Dıştan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için dış yüzey sıcaklık değişimleri.....	112
ekil 8.16	Dıştan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için dış yüzey ısı akısı değişimleri.....	112
ekil 8.17	Dıştan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için iç yüzey sıcaklık değişimleri.....	113
ekil 8.18	Dıştan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için duvar kesiti sıcaklık değişimleri.....	113
ekil 8.19	Farklı ekillerde yalıtımlı ısı köprüsünde oluşan sıcaklık dağılımları	114
ekil 8.20	Isı köprüsü modellerinde oluşan dış yüzey sıcaklık değişimi.....	115
ekil 8.21	Isı köprüsü modellerinde oluşan dış yüzey ısı akısı değişimi.....	115
ekil 8.22	Isı köprüsü modellerinde oluşan iç yüzey sıcaklık değişimi.....	116
ekil 8.23	Isı köprüsü modellerinde oluşan iç yüzey ısı akısı değişimi.....	116
ekil 8.24	Dolgu malzemeli ısı köprüsü modelinde sıcaklık dağılımı.....	117
ekil 8.25	Lokal yalıtımlı ısı köprüsü modelinde sıcaklık dağılımı.....	118
ekil 8.26	Radyatör-ısı köprüsü sıcaklık dağılımı a) radyatör arkası yalıtımsız b) radyatör arkası yalıtımlı .....	119
ekil 8.27	Pencere camı-duvar bloğunun sıcaklık dağılımı .....	120

## TABLULAR D Z N

Tablo 2.1	Türkiye'nin bölgelere göre güne lenme potansiyeli (D E) .....	12
Tablo 2.2	Türkiye' deki güne enerjisi potansiyeli ve güne lenme süresi(D E) .....	13
Tablo 8.1	Malzemelerin özellikleri .....	103

## SİMGELER DİZİNİ

$c_{p,i}$	Sabit basınç altındaki özgül ısı (J/kgK)
$F_i$	Cisim kuvvetleri (N)
$g_i$	Yerçekimi ivmesi (m/sn <sup>2</sup> )
$h$	Duyulur entalpi (J/m <sup>3</sup> ) ta ınım (konveksiyon) katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
$J$	Difüzyon akısı (mol/m <sup>2</sup> s)
$k$	Isı iletim katsayısı, (W/m K)
$k_{eff}$	Efektif kondüktivite (ısı iletkenlik) (W/m K)
$p$	Statik basınç (Pa)
$S_m$	Da ınım faz tarafından sürekli faza eklenen kütleyi (kg)
$S_h$	Kimyasal reaksiyon ısısı (W)
$S_y$	Yalıtım kalınlı ı (cm)
$T$	Sıcaklık (K)
$t$	Zaman (sn)
$u_i$	Hız vektörü (m/s)
$\vec{v}$	Hız vektörü (m/sn)
$\rho$	Yo unluk (kg/ m <sup>3</sup> )
$\tau_{ij}$	Gerilme tensörü (N/m <sup>2</sup> )
$\mu$	Moleküler viskozite (Ns/m <sup>2</sup> )
$h_{iç}$	ç ortam ısı ta ınım katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
$h_d$	D1 ortam ısı ta ınım katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
$T_{iç}$	ç ortam sıcaklı ı (K)
$T_d$	D1 ortam sıcaklı ı (K)

## 1.1 Giri

Enerji temel ihtiyaçların kar ılanması ve ya amın sürdürülebilmesi için vazgeçilmez bir unsurdur. Ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel girdilerinden biri olan enerjinin, dünyanın ve insanlı ın gelece indeki belirleyici konumu her geçen gün daha da önemli hale gelmektedir. Günümüz toplumlarında modern enerji hizmetlerinin yaygınla ması kalkınma ve sosyal geli me açısından ya amsal önemdedir (TMMOB Enerji Raporu, 2006).

Sürekli artmakta olan dünya nüfusu, hızla geli en sanayile me ve kentle me, günümüzde enerji tüketimini arttıran etkenlerin ba ında yer almaktadır. Fosil enerji kaynaklarının tükenebilir olması ve bu kaynakların kullanılmasının evre kirlili ine yol aması, evre ve enerji sorunlarını beraberinde getirmi ve dünyada sürdürülebilir temiz enerji kaynaklarının kullanılması gündeme gelmi tir. Geli mi ülkeler, enerjinin verimli kullanılması, alternatif enerji kaynakları ve enerji tasarrufu ile ilgili olarak e itli politikalar retmi lerdir. Geli me sürecinde olan ülkemizde ise, her geçen gün enerji ihtiyacı artmakta, ancak Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlı ı'nın verileri incelendi inde, enerji üretimimizin bu ihtiyaca cevap veremedi i ve aradaki farkın enerji ithalatı yapılarak kar ılandı ı görülmektedir ( en, 2004).

Geli mi ülkeler, 1974 yılındaki petrol krizine kadar, enerji ile ilgili önemli bir problem ya amadılar. Ürettikleri enerjii kaygısızca tkettiler. 1974'e kadar enerji verimlili i ve tasarruf kavramları gündemlerine girmediler. Petrol krizinden sonra ise, bu ve bundan sonra olu abilecek benzer krizlerin etkilerinden korunabilmek için, stratejiler geli tirdiler. Stratejilerin temel amacı, üretilen enerjinin do ru ve ekonomik kullanımını sa layarak, sosyal ve ekonomik büyüme hedeflerine engel olu turmayacak ekilde enerji tüketiminin azaltılması idi (ilingiro lu, 1997).

Dünya nüfusunun artması, teknolojiadaki geli melere paralel olarak artan enerji ihtiyacının kar ılanması, çevresel, sosyal ve ekonomik olarak srdrlebilirli i sa lama iste i, Kyoto Protokolü gere ince CO<sub>2</sub> ve di er sera gazı emisyonlarının azaltılması zorunlulu u, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmı tir. Alternatif enerji kaynaklarının ara tırılmasının yanı sıra enerjinin daha verimli kullanılması da önemli bir konu haline gelmi tir.

Dünya enerji tüketiminin 2005-2030 yılları arasında % 50'den fazla artacağı, bu artışın sanayilemiş ülkelerde % 25 civarında olurken, özellikle Asya, Orta ve Güney Amerika olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde iki kat olarak gerçekleşeceği öngörülmektedir (TMMOB Enerji Raporu, 2006).

Enerji verimliliği artırılarak daha az enerji ile daha düşük maliyetle ve çevreye zarar vermeden daha fazla üretilir. Enerji verimliliğinin artırılması, bütün sektörler için önemli olduğu gibi, bina sektörü için de önemlidir. Isıtma amaçlı enerji tüketiminin, yaklaşık % 35-40'ı konutlarda yapılmaktadır. Bu sektörlerde yapılacak iyileştirmelerde, enerjinin geri dönüşümü o oranda yüksek olacaktır (Dilmaç,1996).

Isı yalıtımı; kapalı mekânların iç sıcaklıklarını istenilen düzeyde tutabilmek için dış iklim koşullarına karşı yapılan ısıtma-soğutma sistemlerinde kullanılan enerjiden tasarruf sağlamak, çevre sorunlarını çözmek ve hava kirliliğini azaltmak amacıyla alınan her türlü önlemler bütünüdür. Isı yalıtımı yapıyı dış etkilerden koruyarak ömrünün uzamasını ve işletme maliyetlerinin düşürülmesini sağlar. Henüz alt yapısını tamamlayamamış, gelişmekte olan ülkemizde kalkınma hamlemizin başarıya ulaşabilmesi için özellikle “yapılarda ısı yalıtımı” konusu üzerinde önemle durulmalıdır (Yetgin, 2008).

Türkiye’de yalıtım uygulamaları ile ilgili yönetmelikler incelendiğinde; ilk olarak 1970 yılında TSE tarafından “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”nın hazırlanmış olduğu görülmektedir. Ancak o dönemde bu yönetmeliğin uygulanması konusunda bir zorunluluk getirilmemiştir. 1977 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca çıkarılan “Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği” ile bu konuda önemli bir adım atılmıştır. 30.10.1981 tarihinde “Isı Yalıtım Yönetmeliği” yürürlüğe konmuş ve 16.01.1985 tarihinde çeşitli değişiklikler yapılmıştır. 1995 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” revize çalışmalarına başlanmış, 29.04.1998 yılında TS Teknik Kurulu'nca onaylanarak yürürlüğe girmiştir (Karagöz, 2004).

TS 825 standardı 14.06.1999 gün ve 23725 sayılı resmi gazetede yayınlanmış, 14.06.2000 tarihinden itibaren de zorunlu standart olarak, yeni yapılacak binalarda uygulanmaya başlanmıştır. Bu tarihten itibaren mevcut binalarda herhangi bir yasal uygulamaya gidilmemiştir, ancak uygulanan tüm yapıların ısı yalıtım proje hesaplarında bu standarttaki kurallara uyulması zorunlu hale getirilmiştir. AB sürecini yaşadığımız günlerde bunun önemli bir gelişme olduğunu söylemek mümkündür. TS 825; binaların



alan ve hacim oranlarına göre ısıtma harcamalarına yeni sınırlar getirmi tir. Konutlar, bürolar, tiyatrolar, kongre ve konser salonları, kültür merkezleri, eğitim yapıları, spor tesisleri, hastaneler, yurtlar, konaklama tesisleri, bankalar, oteller gibi ısı konforu ihtiyaç duyarak ya da her türlü mekân TS 825'in uygulama alanları içinde yer almaktadır (TS 825, 1999).

Çalışmanın, binalarda ısı yalıtımındaki eksikliklerin enerji tasarrufuna olan etkilerinin uygulamalı olarak araştırılması olarak seçilmesinin en büyük sebebi, yapılan yalıtım uygulamalarındaki hata ve eksikliklerin termal kamera görüntüleri ile tespit edilerek enerji tasarruf bölgelerinin vurgulanmasıdır. Yapıların ısıtılması (soğutulması) sırasında gereğinden fazla enerji harcanmakta, yapı konforu azalmakta, çevre kirliliği ve işletme maliyeti artmakta bu da ülke ekonomisine büyük zararlar vererek gereksiz döviz kaybına neden olmaktadır. Bunun için TS 825'e göre ısı yalıtım kurallarına uygun detayların yapılarda uygulanmasına dikkat edilmeli ve enerjiyi daha verimli kullanabilmek için gerekli önlemler alınmalıdır.

Bu çalışmada; daha önceden izin alınarak termal kamera çekimleri yapılan çeşitli kamu ve müstakil özel binaların sıcaklık haritaları çıkarılmıştır. Daha sonra yetersiz veya hatalı yalıtımın işaretleri olan ısı kayıp bölgeleri tespit edilerek sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmada kolon ve kirişlerden (ısı köprüleri), pencere başlıklarından, açık pencerelerden, dış duvar birleşimleri, radyatör arkası ve lokal yalıtımlı bölgelerden meydana gelen ısı kayıplarına, kullanılan dübel sayısına, pencere tipine ve boya rengine bağlı olarak meydana gelen ısı kayıplarına, sundurmalar ve tesisattaki yetersiz ve eksik yalıtımdan dolayı meydana gelen ısı kayıplarına özel önem verilerek; meydana gelen ısı kayıpları iç ortamdan da çekilen termal kamera görüntüleri ile gösterilmiştir.

Çalışmanın devamında Türkiye'nin ve AB'nin enerji politikaları, Türkiye'de yapılan yalıtım ve uygulamaları ve TS 825 Binalarda Isı Yalıtım yönetmeliğinin araştırılması ve sonlu hacimler yöntemi kullanılarak içten, dıştan ve sandviç yalıtımlı düzlem duvar ve ısı köprüleri modellenerek sıcaklık dağılımları elde edilmiştir.

## 1.2 Literatür Taraması

Günümüzde dünya üzerindeki birincil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, enerji tasarrufu ve enerjinin verimli kullanılması üzerine yapılacak çalışmaların önemini artırmaktadır. Ülkemizde de son yıllarda yalıtım ve yalıtımın öneminin daha iyi anlaşılmasına bağlı olarak bu konunun önemini arttıran gözlemler yapılmıştır. Böylece yapılardaki enerji tasarrufunun; ülkemizde de dikkate alınması için yapılan çalışmaların

sayısının artırılması, öneminin bina tasarımından yapıma kadar her kademedeki önemsetilmesi gerekmektedir. Bu nedenle çalışma binalarda ısı kayıplarına neden olan detayların görselleştirilmesi ve bunların önlenmesi için alınacak tedbirler üzerinde geliştirilmiştir.

Akıncı H., (2007), yapılarda kullanılan ısı yalıtım malzemelerini, özelliklerini, seçim kriterlerini ve yapılarda ısı yalıtımının uygulanma şekillerini incelemiştir.

Sezer Enkal F., (2005), çalışmada ülkemizde ısı yalıtımının gelişimi hakkında bilgi vermiş ve konutlarda uygulanan dış duvar ısı yalıtım sistemlerine ait mevcut uygulamaları değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda yapı fizik açısından en uygun konfor koşullarının sağlanmasında, dış duvar ısı yalıtım sistemlerinin doğru şekilde seçilmesi ve uygulanması konusunda öneriler sunulmuştur.

İman N., (2005), kullanılan üç farklı yalıtım malzemesi ile Türkiye'nin tüm illeri için en uygun izolasyon kalınlığı, tasarrufun mali karlılığı, yalıtım yatırım tutarı ve geri ödeme sürelerini hesaplamıştır.

Sevinç S., (2006), Bursa'da dört farklı mimari tasarım özelliklerine sahip bina modelleri için 1992-2005 yılları arasındaki meteorolojik verilerden yararlanarak, 14 yıllık ortalama dış ortam sıcaklık değerlerinin kullanılmasıyla ısı kayıp hesaplamaları yapmıştır. Isıtma enerjisi gereksiniminin tespitinin ardından yakıt tüketimi hesaplamalarına geçmiş ve yakıt olarak ise son yıllarda kullanımı yaygınlaşan doğalgaz seçmiştir. Bursa ili için yıllık doğalgaz tüketim değerini belirledikten sonra, hesaplamalarda duvar bileşenlerinin yanında, bina dış duvar alanının, hava deşim oranının, kullanılan cam tipinin ve binada yaşayan insan sayısının ısıtma ihtiyacı için tüketilecek yakıt miktarını nasıl etkilediğini incelemiştir.

Dilmaç., (2001), çalışmada TS 825'in amacını, uygulamada dikkat edilmesi gereken hususları, eksiklikleri ve günümüzde az sayıda gerçekleştirilen uygulamalarda yapılan hataları belirtmiştir.

Erbil Y. ve Akıncıtürk N., (2006), Bursa'da tünel kalıp sistemiyle üretilen bir toplu konut örneğinde ısısal konfor koşullarını incelemişler ve bunun için kullanıcılarla yapılan anketlerin ve termal kamera çekimlerinin sonuçlarını TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Standardı'nda belirtilen hesaplama yöntemiyle birlikte değerlendirmişlerdir.

Yılmaz Z., (2007), TS 825'e göre aynı iklim bölgesinde değerlendirilen İstanbul ve Mardin illerinde inşa edilen iki binanın ısı performansları ve enerji verimliliği stratejileri araştırılmış ve termal kütleli önemi vurgulanmıştır.

Dechao T., (1997), alı masında Shwarz'ın alternatif metodunu kullanarak yapılar da kö elerdeki sıcaklık da ılımını ıkarmı tır. Analitik ve nümerik sonuçlar arasında kar ıla tırma yapmı ve iki metod arasındaki farklılıkları kıyaslamı tır. Elde etti i genel sonuca göre, mühendislik tasarımlarında kullanılabilcek parametrik analizler yapmı tır.

Fukuyo K., (2003), ısı akı mın görselle tirilmesi için, ısı akı mın çiziminde katı bir model üzerinde çalı ılmasını önermi tir. Isı akı yo unluklarını, her bir hacim için ısı kazanımı ve kaybı olarak tanımlamı tır. Yapıdaki iki boyutlu, zamandan ba ımsız ısı akı mın modellenmesi için iki ko ul sunmu , elde etti i sonuçları ısı akı ve sıcaklık e rilerinin çizimiyle göstermi tir. Önerdi i metotla ısı köprülerinin etkisini etkin bir ekilde görselle tirmi tir.

Yılmaz R., (2006), betonarme yapılar da kolon ve kiri bölgelerinde meydana gelen ısı kayıplarına sebep olan ısı köprülerinin nasıl olu tu unu, ısının nasıl iletildi ini ve hangi tedbirler alınarak bu kayıpların önlenebilece i üzerinde ara tırmalar yapmı tır.

Karabulut K., Buyruk E. ve Fertelli A., (2009), betonarme ta ıyıcı sistemlerdeki kiri lerin olu turdu u ısı köprülerinin ısı transferi yapıları farklı kalınlıklarda dı tan yalıtımlı balkon uzantılı ve içten ve dı tan yalıtımlı ara kat dö emeleri için sayısal olarak incelenmi tir. Elde edilen sonuçlardan ısı köprüsünü önlemek için en uygun yalıtım yönteminin dı tan yalıtım oldu u ve yalıtım kalınlı mın artması ile ısı kaybının azaldı ı sonucuna varılmı tır.

Deque F., Ollivier F. ve Roux J.J., (2001), binaların enerji verimlili i üzerinde ısı köprülerinin etkisinin de erlendirilmesi için ısı köprüsünü bilgisayar ortamında modelleyerek incelenmi lerdir. Ba langıçta duvar kesimleriindeki ısı transferini Sisley adlı bilgisayar programında modellemi ve bu modelleri daha sonra Clim 2000 adlı programa uyarlamı lardır. Modelleme sonuçlarını, ısı yasalarından elde edilen modellerle kıyaslamı lardır. Böylece standart duvar modellerinde, binaların ısı kayıplarının de erlendirilmesi bakımından ısı kayıplarının modellenmesinde %5'lik ilave bir hassasiyet sa lamı lardır.

Akgün G., ve Dilmaç ., (2005), alı malarında ara kat dö emelerinin incelenmesinde, uzun kanatçık modeli ile TS 8441'de duvar-kolon birle imleri için tanımlanan hesap yönteminin dö eme-duvar birle imlerine uyarlanması denemi ler ve her iki yöntem ile elde edilen sonuçları bir ba ka çalı mada verilen ölçüm sonuçları ile ve farklı yalıtım sistemleri için QuickField programından elde edilen hesap sonuçları ile kar ıla tırmı lardır. Yapılan hesaplamalar sonucunda aynı yakla ımların teras-çatı

dö emeleri için kullanamayaca ını belirlemi ler ve bu tip ısı köprüsü modellemesi için sınır-de er problemi ve elektrik benze im metodunu kullanmı lardır.

Karabulut K., (2010), çalı masında ısı köprüleri hakkında bilgi vermi , kiri lerden olu an ısı köprüleri üzerinde farklı geometrilerin, dı ve iç ortam sıcaklı ının ve yalıtım kalınlı ının sıcaklık da ılımına etkisini incelemi ve iç ve dı yüzey sıcaklık ve ısı akılarının de i imini kıyaslamı tır.

Karaca H., (2007), çalı masında ısı yalıtımı ve ısı yalıtımı uygulamasının önemi üzerinde durmu ve yapılan termal kamera çekimleri ile yalıtımlı ve yalıtımsız binalar arasındaki farkı incelemi tir.

Jeong Y.S., Choi G.S., Kim K. W., ve Lee S. E., (2007), çalı malarında duvarlarla olu turulan dört tip kö e noktasının, yüzey sıcaklıkları ve ısı akı modellemesini elde ederek ısı köprüsü etkisi incelemi lerdir. Bunun için termal kamera ve sonlu hacimler yöntemini kullanmı lardır. Termal kamerayla ısı köprüleri ve ısı yalıtımının etkisini göstermi lerdir. Sonlu hacimler yöntemini kullanarak, yapı ekli, ısı yalıtımı ve ortam sıcaklıklarını de i tirerek duvarların kö e noktalarındaki ısı transferi özelliklerini zamandan ba ımsız olarak incelemi ler ve her bir ko ul için sıcaklık de i imlerini kıyaslamı lardır.

Balaras C.A., Argiriou A.A., (2002), çalı malarında enerji denetleme yöntemi olan TOBUS yöntemiyle termal kamerayı bina yapısındaki, elektrik ve mekanik ve ısııl açıdan kar ıla ılan problemlerin te hisinde kullanmı lardır.

Ayrıca benzer ekilde Grinzato E., Vavilov V. ve Kauppien T., (1998), termal kameranın binalarda ısı köprülerinin de erlendirilmesi, kusurlu bölgelerin belirlenmesi, hava kaçaklarının tespiti ve rutubet içeri inin haritasının çıkarılması amacıyla kullanılması ve niteliksel de erlendirme yapılabilmesi için geli tirilen metotları ve çalı maları aktarmı lardır.

Dilmaç ., Can A., Kartal S., (2004), ısı yalıtım sistemlerinin, ısı köprülerinin ısııl davranı ları ve enerji verimlili i üzerine etkilerini incelemi lerdir.

## DÜNYADA ENERJİ

### 2.1 Giriş

Dünyanın yıllık enerji ihtiyacı nüfus artışına paralel olarak hızla artmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte petrol ve doğal gaz fiyatlarındaki ani artışlar, kömür kullanan tesislerin ve nükleer enerjinin çevre üzerindeki olumsuz etkileri, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Fosil yakıtların yanması sonucu oluşan ve atmosfere verilen, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, ve toz gibi kirletici emisyonlarla beraber sera etkisi yaratarak iklim değişikliğine neden olan CO<sub>2</sub> emisyonları çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle ısı değerleri düşük, kül ve kükürt içerikleri yüksek olan kalitesiz yerli linyitlerin kullanılması, hava kirliliğini artırmaktadır. Bu olumsuz etkiler yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının önemini artırmaktadır. Bugün gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler kendi olanakları içinde değişik enerji kaynaklarının kullanılmasına öncelik vermektedirler. Dünyanın bilinen petrol rezervlerinin 2050 yılında, doğal gaz rezervlerinin 2070 yılında ve kömür rezervlerinin 2150 yılında tükenmeye başlanmaktadır. Bu nedenle enerji üretiminde 21. yüzyılın başlarında fosil yakıtların kullanılması gerek çevre, gerekse artan fiyatlar nedeniyle ekonomik olmaktan çıkacaktır.

Sanayide fosil kökenli enerji kaynaklarının tasarrufunda kısa vadeli önlemler olarak yalıtım ve uygun malzeme seçimi uzun vadeli önlemler olarak da yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketiminin artırılması önerilmektedir. Bunun için sanayi dallarında enerji ihtiyacının dağılımı (proses sıcaklıklarının mevsimsel dağılımı gibi) belirlenmeli ve yenilenebilir enerji kaynakları içinde hangisinin daha uygun olduğu saptanmalıdır.

Oldukça geniş bir güç bölgesinde (0.1 kW-1 MW) tasarlanabilecek olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması amacıyla bazı sorulara cevap aranır. Bunlar: (i) Çevreden ne kadarlık bir enerji sağlanabilir?, (ii) Toplanan enerji nerede ve hangi amaç için kullanılır? (iii) Bu enerjinin maliyeti ve diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında ekonomikliliği nedir? İlk iki sorunun yanıtı her bir yenilenebilir enerji kaynağı incelenirken verilmeye çalışılacaktır. Üçüncü soru, uygulama esnasında her zaman sorun olacaktır.

Dünyada enerji tüketiminin sürekli büyüdüğü gözlenmektedir. Ekonomik yönden değerlendirilebilir olup olmadıkları dikkate alınmaksızın teknolojik araçlarla yararlanılabilir duruma getirilebilen doğal kaynaklarının tümü "enerji varlıkları" olarak belirtilebilir.

Bu varlıkların bir bölümü, ekonomik yönden i letilebilir durumda ya da ileride ekonomik olarak de erlendirilebilece i bilinen veya beklenen tükenebilir enerji kaynaklarıdır. Bunların di er bir bölümü de, yine ekonomik yönden i letilebilir durumda olan ve sürekli yenilenebilen do al enerji kaynaklarıdır. Tükenebilir enerjilere “stok enerjiler” yenilenebilir enerjilere "akım enerjileri" de denilmektedir. Katı yakıtlar, petrol, do al enerjiler tükenebilir enerjileri olu tururlar. Hidrolik enerji, yeni enerjiler ve ticari olmayan enerjilerin tamamı yenilenebilir enerjileri olu tururlar. Bunlardan hidrolik ve yeni enerjilerin olu turdu u gruba modern enerjiler de denmektedir. Hidrolik enerji, uzun yıllardan beri ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmını kar ıladı ı için konvansiyonel enerji olarak ta kabul edilmektedir.

Enerjinin herhangi bir de i im ya da dönü üm uygulanmamı biçimi "birincil enerji” olarak tanımlanır. Uluslararası literatürde birincil kaynaklar a a ıdaki ekilde sınıflara ayrılır: (i) katı yakıtlar (kömür, linyit...), (ii) petrol (petrol ürünleri), (iii) do al gaz, (iv) hidrolik enerji, (v) nükleer enerji, (vi) yeni enerjiler (güne , rüzgar, jeotermal, biyogaz, dalga ...), (vii) ticari olmayan enerjiler (biyoyakıt, odun atı ı, ehir çöpleri, bitki ve hayvan atıkları, etanol, biyodizel). Birincil enerjinin dönü türülmesi sonucu elde edilen enerji çe idi ikincil enerji olarak tanımlanmaktadır. kincil enerjinin en önemli ve en çok kullanılan türü elektrik enerjisidir. Dünyada tükenebilir enerji kaynaklarının artan bir tempoda kullanılması kar ısında bir gün bitece i dü ünülmektedir. Bu konuyla ilgili de i ik tahminlerin birle ti i nokta; petrol, do al gaz ve uranyumun gelecek yüzyılın sonlarına do ru tükenece i üzerinedir. Do anın bu stokları olu turmak için milyonlarca yıl geçirmesine kar ılıklı insano lu bunları birkaç yüzyılda kullanıp bitirmi olacaktır. Bu durumda geriye kömürün dı ında yenilebilir enerji kaynakları kalacaktır (Say, 1992). Endüstri öncesi toplumların geli mesi odun, rüzgar, hayvan gücü gibi geleneksel denilen bazı enerjilere dayanmı tır. Bugünün geli mi enerji tüketimlerinin % 80'nin den fazlası 15. yüzyılda odun ile insan ve hayvan enerjisinden olu uyordu. Endüstri devrimi bunların marjinalle mesine katkıda bulunmu tur. Bu tür enerjiler, kalkınmakta olan bazı ülkelerin tüketiminde yine ba lıca payı almaktadır. "Yeni" olarak adlandırılan enerjilerin ortak özelli i, bunların yararlı enerjiye dönü türdükleri do al birinci kayna ın "yenilebilir” özellikte olmasıdır.

Yenilenebilir enerji kaynakları ise unlardır. a) Güne , b) güne , ay ve dünyanın hareket ve çekim kuvveti, c) yeryüzündeki kimyasal reaksiyonlar, so umadan ve radyoaktif parçalanmadan jeotermal enerji. Ayrıca u ekilde de bir sınıflandırmaya gidilebilir: (a) Bir ısı yenilenmesinden türeyen enerjiler, (b) jeotermal, güne enerjisi ve

denizlerin yüzeyi ile dibinin sıcaklık farkından oluşan okyanusların ısı gücü, (c) bir hareket yenilenmesinden türeyen enerjiler, rüzgar enerjisi, hidrolik enerji, gelgit enerjisi, dalgalar ve akıntılar enerjisidir. Yenilenebilir enerjiden başka, mineral kaynaklardaki kimyasal reaksiyonlardan, fosil yakıtlardan, biyoyakıt yani fotosentez yöntemiyle türeyen bitkisel maddelerden elde edilen enerjiler de vardır ve “sonlu enerji” olarak adlandırılır.

## 2.2 Dünyada Kullanılan Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Durumu

### 2.2.1 Güne Enerjisi

Türkiye'de 1995 yılı sonu itibarıyla üretilen elektrik enerjisinin, % 50 termik, % 50 hidrolik kaynaklı olması beklenmekteydi. 2000 ve 2010 yıllarında ise, termik ve hidrolik santral kaynaklı üretimin sırasıyla % 57 ve % 61 olması ve bu nedenle daha fazla doğalgaz ve kömürün ithal edilmesi, ayrıca 2005-2010 yılları arasında iki nükleer enerji santralının devreye girmesi planlanmıştır.

Çevre sorunları denince hemen gündeme gelen hava kirliliğinin, temelde enerji gereksiniminin karşılanması sürecinden oluştuğu gerçeğini anımsadığımızda, yeni termik ve nükleer santrallerin yapımı, çevre açısından daha büyük sorunlar yaratmaktan başka bir şey değildir. Oysa Türkiye'nin doğalgaz girdiklerinden biri de, bol güneşli günleridir. Hiçbir çevre sorunu yaratmayan, çok özel bir kaynak olarak yeterli potansiyeli ile güneş, yararlanılmayı bekler durumdadır. Güneş enerjisinin yeterince kullanılabilmesi, uygun teknolojilerin geliştirilmesi ile mümkün olacaktır. Ancak, birçok ülkede yaygınca kullanılmakta olan sıcak su üretim sistemleri dahi, Türkiye'de oldukça az ve özellikle de Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde hemen hemen hiç kullanılmamaktadır. Güneş santralleri için önkoşul sayılan yıllık en az 2000 saat güneşli olma süresi; Türkiye'de yaklaşık 2600, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ise 3000 saattir. Güneş santralleri de dâhil olmak üzere, sıcak su üretim sistemleri güneş ocakları, güneş pilleri, güneş soğutucuları kullanılarak güneş enerjisinden yararlanılabilir. Böylece her yıl 2 milyar dolarlık yatırım gerektiren enerji gereksinimimize küçük de olsa bir katkı sağlanabilir. Güneş enerjisinden yeterince yararlanmak; daha az yakıt (kömür, petrol, doğalgaz) kullanmak daha az yakıt daha temiz ve sağlıklı çevre demektir.

Dünyanın en görkemli ve temiz enerji kaynağının güneş enerjisi olduğu kuşkusuzdur. Alınılmamış ya da alternatif enerji kaynakları denilen yeni ve yenilenebilir ya da tükenmez enerji kaynaklarının başta geleni, güneş enerjisidir. Aynı grupta yer alan rüzgar enerjisi, deniz dalga enerjisi, okyanus sıcaklık farkı enerjisi, biyokütle

enerjisi, güne enerjisinin türevleridir. Alınması tükenmez kaynak olan akarsu gücü, güne enerjisiyle gerçekleştirilen su çevriminden kaynaklanır. Jeolojik çağlar öncesi oluşan fosil yakıtlar bile, temelde biyokütle döngüsüyle ortaya çıkmış olduklarından, jeolojik olarak depolanmış güne enerjisi varsayılırlar. Kısacası, pek çok doğal enerji kaynağının kökeni güne enerjisidir.

Güne enerjinin bilinçli kullanımı, yerel, tükenmez ve çevre dostu kaynak olmasından önem kazanmaktadır. Güne enerjisinin üstünlükleri arasında ısıl ve elektriksel özyapıda olması, taşıma, iletim ve dağıtım sorununun olmayışı yer almaktadır. Zaman zaman güne enerjisi bedava kaynak olarak tanıtılmasına karşın, bedava değildir. Çünkü denetimli kullanım amacıyla toplanması için gerekli sistemler gerekmektedir bu sistemlerin bir maliyeti bulunmaktadır. Ancak, fosil yakıtların oluşturdukları çevresel zararların yanında, güne enerjisinin toplanması ve kullanılması daha çekici olabilmektedir.

Güne enerjisinin en çok tanınmış uygulaması olan Güne li su ısıtıcılar (ya da güne kolektörleri), klasik düz yüzeyli toplama, pompalı dolanımli veya termosifon sistemli, ısı dağıtımli (e anjörli) veya ısı-değiştiricisiz depolu olanlardır. Dolaplı türde ya da zorlanmış hava akımlı depolu biçimde yapılan tarımsal kurutucularda düz yüzeyli toplayıcılar kullanılır. Güne kolektörleri de denilen, deniz suyundan ya da acı sulardan tatlı su ve tuz mineral üreten Güne li damıtma düzenekleri, yine düz yüzeyli toplama alçak sıcaklık uygulamalarıdır.

Güne li kaynatıcılar ve yemek pişiriciler, güne li sterilizörler ise genelde odaklı toplama olup, güne ışınlarının yoğunlaştırılmasıyla elde olunan yüksek sıcaklıklı ısıyı kullanırlar. Bu toplama çoğu kez çanak biçimindedir. Ancak, pişiricilerin düz yansıtıcı plakalarla donatılmış ısı kutusu türleri de vardır.

Havuzun tabanında çok tuzlu, orta kesiminde tuzlu ve üstünde tatlı su bulunur. Havuz tabanı ısı soğuracak yapıdadır. Bu ısı bir ısı dağıtımli ile dışarı çekilerek kullanılır. 150 kW güçlü ve 0.74 ha alanlı böyle bir güne havuzu sırail Ein Borek de ısı-elektrik üretimi amacıyla kullanılmaktadır. Bu tür Güne havuzlarının dışında, bir dizi Güne havuzları vardır. Bunlar birkaç cm kalınlıkta su dolu plastik döşeme olarak ve 50-200 m'lik modüller biçiminde kurulmaktadır.

Güne enerjisinin depolanması, bir döngü ya da çevrimle elde olunan ikincil enerjinin depolanması biçiminde gerçekleştirilmektedir. Depolama yöntemleri ısıl, mekaniksel, kimyasal, elektriksel yöntemlerle yapılır. Isıl depolamada özgül ısı kapasitesi yüksek ve kolay bulunur ucuz malzemeler kullanılır. Su, yağ, çakıl taşı yatakları bunlar



arasındadır. Isıl depolama için gizli ısı kapasiteli, parafin gibi faz de i im malzemelerinden de yararlanır. Mekaniksel depolamada güne le çalı tırılan bir pompa ya da kompresör ile basılan yüksek basınçlı akı kan, uygun bir ortamda toplanır. Kimyasal depolamada hidrat tuzlardan yararlanır. Elektriksel depolama bataryalarla yapılır. Bu amaçla kur un asitli akümülatörler, nikel-kadmiyum tipi kuru bataryalar ve sodyum-sülfür bataryaları kullanılır.

1992’de yapılan R O Konferansında, Dünyada karbondioksit salınımının 1990 düzeyinin korunması üzerindeki görü ler benimsenmi tir. Bu demektir ki, fosil yakıtlar yerine temiz ve tükenmez enerji kaynaklarının kullanılmasına daha çok yer verilmesi gerekecektir. Atmosferdeki karbondioksitin neden oldu u etki, son yüzyıl içinde dünya ortalama sıcaklı nı 0.7 K yükseltmi tir. Bu sıcaklı nın 1 K yükselmesi dünya iklim ku aklarında görünür kaymalara, 3 K düzeyine varacak artı lar kutupların erimesine, denizlerin yükselmesine, göllerde kurumalara ve tarımsal kuraklı a neden olabilecektir. Enerji vazgeçilemez girdi oldu una göre, insanlık bu gidi e alı ılmı kaynaklar yerine güne gibi do al alternatif enerjileri kullanarak dur diyecektir.

Giderek artan genel enerji tüketimi % 85-90 oranlarında tükenir fosil yakıtlara dayalıdır. Fosil yakıtların var olan rezervlerinin kullanılabilme süreleri ise sınırlıdır. Yapılan hesaplamalarda de i ik de erler verilmekle birlikte, yaygın görü udur: Yakla ık yüz yıldır kullanılan petrolün üretimi 1995-2005 yılları arasında tepe de erinden geçerek azalacak, do al gazın üretimi 2000 yılından sonra bir süre de i mez kalacak ve sonra azalacaktır. Kömür için yakla ık 200 yıllık bir üretim süresi hesaplanmaktadır. Fosil yakıtların endüstriyel hammadde olduklarını unutmamak ve onları ba ıbo tüketmeden gelecek ku aklara da bırakmak gerekir. Özellikle, 45° kuzey ve güney enlemleri arasında kalan ve güne ku a ı denilen dünya ku a ında, güne enerjisi kullanımının geli tirilmesi, 21. yüzyılın temel geli imlerinden biri olacaktır. Fosil yakıtların sınırlı rezervleri ve olu turdukları çevre sorunları bu geli imin harekete geçirici ö esidir.

#### 2.2.1.1 Türkiye’nin Güne Enerjisi Potansiyeli

Co rafya olarak 36–42<sup>0</sup> kuzey enlemleri arasında bulunan Türkiye, güne ku a ı içerisindedir. Ancak, güne ku a ının bu kesiminde iyi bir güne lenme görülmekle birlikte, mevsim de i iklikleri alt sınırdan az, üst sınırdan çok etkili olmaktadır.

Uzun yıllar meteorolojik gözlemlerin (heliograf ölçümlerinin) ortalaması ile Türkiye'nin yıllık günelenme süresi 2609 saat olup, en yüksek de er 362 saat ile Temmuz ayında ve en düşük de er 98 saat ile Aralık ayında gerçekleşmektedir.

Tablo 2.1 Türkiye'nin bölgelere göre günelenme potansiyeli (D E)

Bölgelere Göre Günelenme Potansiyeli		
Bölge Adı	Toplam Güne Enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> -yıl)	Güne Enerjisi (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
Ç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güne enerji potansiyeli açısından birçok ülkeye göre üstün durumdadır. Devlet Meteoroloji İleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen günelenme süresi ve ımmı iddetlerinden yararlanarak E E tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık tam günelenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ımmı iddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güne enerji potansiyeli ve günelenme süresi değerleri ise:

Tablo 2.2 Türkiye güne enerjisi potansiyeli ve günelenme süresi (D E)

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNE ENERJİSİ		GÜNE LENME SÜRESİ
	(Kcal/cm <sup>2</sup> -ay)	(kWh/m <sup>2</sup> -ay)	(Saat/ay)
OCAK	4,45	51,75	103
UBAT	5,44	63,27	115
MART	8,31	96,65	165
NİSAN	10,51	122,23	197
MAYIS	13,23	153,86	273
HAZİRAN	14,51	168,75	325
TEMMUZ	15,08	175,38	365
AĞUSTOS	13,62	158,4	343
EYLÜL	10,6	123,28	280
EKİM	7,73	89,9	214
KASIM	5,23	60,82	157
ARALIK	4,03	46,87	103
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308 cal/cm <sup>2</sup> -gün	3,6 kWh/m <sup>2</sup> -gün	7,2 saat/gün

### 2.2.1.2 Türkiye'deki Çalışmaların Gelişimi

Ülkemizde güne enerjisi çalışmaları 1960'lı yıllarda ve üniversitemizde başlamıştır. Hemen aynı yıllarda, ama sırasıyla İstanbul Teknik Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi, Ankara Üniversitesi ilk bilimsel çalışmalara girişen üniversitemizdir. Diğer üniversitelerin konuya el atmaları 1970'li yıllarda olmuştur. Bu dönemde İstanbul'da Saç Profil sanayi adlı bir özel kuruluş ilk yerli yapı güne li su ısıtıcıları üretmiştir.

1973 yılının sonunda Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bünyesinde Güne Enerjisi Koordinasyon Kurulu adlı bir kurul oluşturularak, bu kurul bünyesinde tüm bakanlıkların temsilcileri ve üniversite ö retim üyeleri bir araya getirilmiştir, Türkiye'de güne enerjisinin kullanımı için gerekli ön çalışmalar başlatılmıştır. Bu kurulun çalışmaları 1975 yılının ortalarına kadar sürmüştür. Güne Enerjisi Koordinasyon Kurulunun çalışmaları durdurulduktan sonra, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından güne enerjisi çalışmaları için Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA)

görevlendirilmiştir. MTA çalışanları ile Marmaris Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Araştırma Merkezi (kısa adıyla MAGREAM) kurulmuştur. 1980 sonrası bu Merkez kapatılarak, 1981 yılında güneş enerjisi çalışanları görevi Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'ne verilmiştir.

Amerika'da 1954 yılında kurulan, daha sonra uluslararası kimlik kazanan ve şu anda merkezi Avustralya'da bulunan International Solar Energy Society (ISES) kuruluştunun çalışanlarına katılabilmek amacıyla EİE bünyesinde bir örgütlenme çalışması yapılarak, 1992 yılında Uluslararası Güneş Enerjisi topluluğu Türkiye Bölümü Bakanlar Kurulu onayı ile kurulmuştur. Kısa adı UGETTB olan bu kuruluş, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, bakanlığa bağlı ve ilgili kuruluşlar, çeşitli kamu kuruluşları, yerel kuruluşlar, özel sektör kuruluşları, üniversiteler ve bu alanda çalışan bilim adamları üyesi bulunmaktadır.

Türkiye'de güneş enerjisi ile ilgili çeşitli konular üzerinde teorik ve uygulamalı bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. TÜBİTAK tarafından desteklenmiş ve desteklenmekte olan çeşitli projeler vardır. Güneşli su ısıtıcılarının kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu ısıtıcılarla ilgili Türk Standardı çıkarılmıştır. EİE tarafından yapılan anket çalışmalarına göre, 1994 yılında ülkemizde 1.5 milyon m<sup>2</sup> su ısıtıcı düzlemsel güneş toplacı saptanmış olup, kullanılan güneş enerjisi yılda 40 000 TEP (1760 TJ) dolayındadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı raporlarına göre, 2010 yılında bunun 308 000 TEP (12 320 TJ) düzeyine çıkarılması hedeflenmiştir. Oysa, 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Genel Enerji Özel İhtisas Komisyonu Raporu 2010 yılında güneşten ısı üretiminin 21 960 TJ olmasını ve ayrıca 61 MWh güneş elektrik üretiminin hedeflenmesini öngörüyordu. Kaldı ki, Türkiye bu hedefleri aşılabilecek teknolojik ve ekonomik güce sahiptir.

### 2.2.2 Rüzgar Enerjisi

Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak isimlendirilen alternatif kaynaklardan yararlanılması; hidrolik enerji dışında, teknolojik gelişmelerinin yenileri ve geleneksel kaynaklarla ekonomik açıdan rekabet edebilme güçlükleri nedeniyle, bugüne kadar arzulanan düzeye ulaşamamıştır. Bununla birlikte jeotermal, güneş, rüzgar ve modern biyokütle enerjisi teknolojileri, bugün dünya enerji pazarlarında yer almaya başlamışlardır. Enerji bitkileri, fotovoltaik ve rüzgar enerjisi teknolojilerindeki Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir. Yeraltında ısı enerjisi depolaması özellikle gelişmiş

ülkelerde hızlı bir yaygınlaşma sürecine girerken, hidrojen enerjisi teknolojisinde yoğun ara tırmaların sürdüğü görülmektedir.

Rüzgardan elektrik üretimi 100 yıl önce başlamıştır. 1950 yılı öncesinde daha çok 20-100 kW'lık makineler üzerinde durulmuş olmakla birlikte, 1250 kW'lık türbinler de yapılmıştır. 1974-1978 yapay petrol krizine kadar 100-800 kW'lık rüzgar türbinleri üzerinde durulduğu görülmektedir. 1980'li yıllarda yeni teknoloji ve malzemelerle yeniden geliştirilerek dizayn edilen ve maliyetleri düşürülen rüzgar türbinleri rüzgar elektriği için çağı açmıştır.

Rüzgar gücü yenilenebilir enerji teknolojilerinin en ileri ve ticari olarak mevcut olanıdır. Tamamen doğal bir kaynak olarak kirliliğe neden olmayan ve tükenme olasılığı olmayan bir güç sağlanmaktadır. Son yıllarda dünyanın en hızlı büyüyen enerji kaynağı olmuştur.

1998 sonuna gelindiğinde dünya çapındaki hemen hemen 50 ülkede 10 000 MW'dan fazla elektrik üreten rüzgar türbinleri çalışmaktadır. Son altı yılda rüzgar türbinlerinin satışlarındaki ortalama yıllık büyüme % 40 civarında gerçekleşmiştir. Rüzgar enerjisi endüstrisi 600 kW büyüklüğünde orta boy makinelerin seri üretimini sürdürmekte ve megawatt büyüklüğündeki 10 adet tasarımın prototiplerini üretmektedir. Mevcut kurulu kapasitedeki artış (500-600 kW'dan, 1.5 MW'a 3 kat) çarpıcıdır ve 1990'dan bu yana çok hızlı bir gelişme gerçekleşmiştir. Büyük ünitelerin ortaya çıkması, endüstrinin büyük deniz üstü uygulamalara hazırlandığından dolayı, zamanında gerçekleşmiştir.

Son yıllarda rüzgar enerjisinin en başarılı pazarları, özellikle Danimarka, Almanya ve İspanya olmak üzere Avrupa ülkeleridir. Arasında Hindistan, Çin ve Güney Amerika'nın da bulunduğu bazı gelişmekte olan ülkelerin yanı sıra Amerika Birleşik Devletlerinde de bu teknolojinin kullanımında bir sıçrama görülmektedir.

Rüzgar enerjisi bir dizi farklı ekonomi ve sosyal yapıda başarılı olmaktadır. Rüzgar enerjisi aynı zamanda en ucuz yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Rüzgarlı yörelerde yeni geleneksel fosil yakıt ve nükleer üretimi ile daha yakından tümüyle rekabet edebilmektedir. Teknoloji iyileştirme ve arazilerin kullanımı iyileştirme maliyetleri de azalmaya başlamaktadır.

Çevresel üstünlükleri tanındıkça, birçok ülke hükümet destekli girişimlerle rüzgar enerjisinin gelişimini desteklemeye başlamışlardır. Bu desteklerin hedefi pazarın hareketlendirilmesi, maliyetlerin düşürülmesi, konvansiyonel yakıtların örnek devlet

sübvansiyonları yoluyla sağladıkları hakça üstünlüklerinin etkisinin azaltılmasıdır. Farklı ülkelerde bir dizi pazar hareketlendirme mekanizmaları kullanılmı tır.

#### 2.2.2.1 Türkiye'deki Rüzgar Enerjisi Kaynakları

Türkiye'deki rüzgar enerjisi kaynakları teorik olarak Türkiye'nin elektri inin tamamını karşılayabilecek yeterliliktedir. Fakat rüzgar enerjisinin sisteme girişinin tutarlı bir biçimde gerçekleştirilmesini kolayla tırmak için gerekli altyapı tasarlanmalıdır.

Türkiye'nin teknik potansiyeli 83.000 MW'dır. Bu, Türkiye'nin bir an önce kullanması gereken önemli bir rüzgar enerjisi potansiyeli olduğunu göstermektedir. Türkiye'nin Anadolu ve Rumeli kısımlarına dengeli bir dağılımla seçilen 20 meteorolojik istasyon çevresinde Türkiye Rüzgar Atlası çalışmaları Dr. Tanay Sıdkı Uyar ve çalışma arkadaşları tarafından 1989 yılında tamamlanmıştır. Bu çalışma meteoroloji istasyonlarında toplanan verilerin rüzgar enerjisinden yararlanmak amacıyla yapılacak çalışmalarda kullanılabilir düzeyde temsil edilmediğini kanıtlamıştır.

Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği TÜREB'in kuruluşundan sonra yatırımcılar, akademisyenler, imalatçılar ve diğerleri, Türkiye'de rüzgar enerjisi gelişimini desteklemek üzere bir araya geldiler.

1996 yılında da ETKB'nin Türkiye'de rüzgar enerjisi kullanımına ilişkin politikası pek iyimser değildi. Resmi açıklamalar, Türkiye'de rüzgar enerjisi gelişimine çok önem tanımıyorlardı.

Son üç yıldır, Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği'nin çabaları ve ETKB ile Elektrik Enerji Etüt İdaresinin (E E ) TÜREB çalışmalarına katılımı sonrası Türkiye'deki rüzgar enerjisi potansiyeli kabul görmeye başlamıştır.

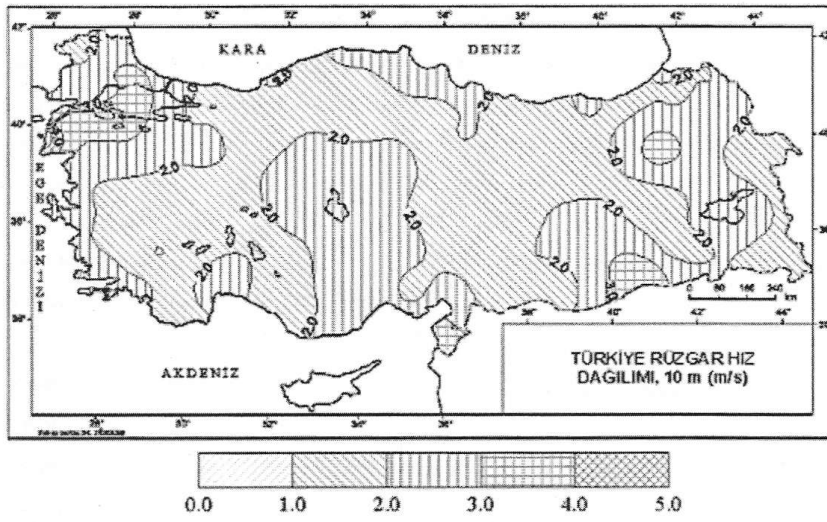
Türkiye'de rüzgar enerjisinin gelişiminin önündeki sorunları belirlemek üzere Berotel Sarıgerme Park Ortaca'da Kocaeli Üniversitesi Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri Araştırma Birimi tarafından 3 adet Uluslararası Rüzgar Enerjisi Atölye Çalışması düzenlenmiştir. Bu atölye çalışmalarına katılanlar daha sonra uzun süreli ortaklıklar kurmuş ve Türkiye'de rüzgar enerjisi kullanımını çalışmaları yaygınlaştırmıştır.

Kocaeli Üniversitesi YEKAB birimi tarafından İstanbul'da koordinasyonu ve tasarımı yapılan 2 adet uluslararası enerji teknolojileri fuarı kamuoyu ve karar vericilere modern rüzgar türbinlerinin gelişimi liğini göstermiştir.

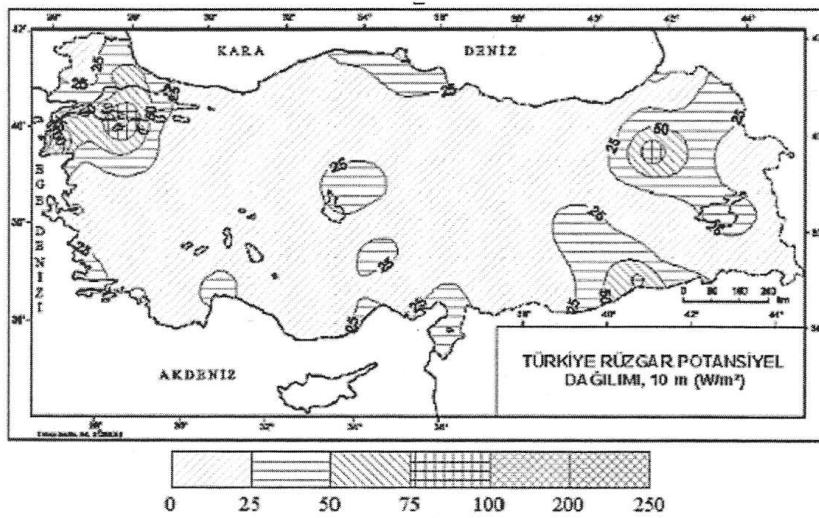
### 2.2.2.2 Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Gelişiminin Mevcut Durumu

Bugüne kadar ETKB tarafından değerlendirilen 39 adet Rüzgar Çiftli i projesi bulunmaktadır. Bu projelerin toplam kapasitesi 1370 ile 1440 MW’dır. Bu 39 projenin, 215 MW’lık kapasiteye sahip 8 tanesinin yatırımcılarla yapılan görüşmeleri sonuçlandırılmıştır.

ETKB’nın 9 Eylül 1999’da açtığı Y D modeli ile Rüzgar Güç Santralleri yaptırılması konusundaki resmi ihale gündemdeki toplam proje sayısını 55’e çıkartmıştır. Böylece Türkiye’de gerçekleştirilecek olan rüzgar güç santrallerinin toplam kurulu gücü 1700 MW’a ulaşmıştır.



ekil 2.1 Türkiye’nin rüzgar hızı dağılım haritası (D E)



ekil 2.2 Türkiye’nin rüzgar potansiyeli dağılım haritası (D E)

### 2.2.3 Biyokütle Enerjisi

Biyokütle maddeler, ön hazırlama ve dönü me i lemlerinden geçirilerek biyoyakıtlara çevrilir. Biyoyakıtlar, ısı ve elektrik üretimi için kullanılabilir. Biyoyakıtların fosil yakıt türevleri ile karı tırlı biçimde kullanılması da olanaklıdır. Biyoyakıt kullanımı büyük merkezi güç santrallerinden ta ıtlara kadar uzanmaktadır. Modern biyoyakıtların birim maliyetlerinin veya fiyatlarının fosil yakıt fiyatlarının üzerinde olması kullanımı sınırlandırmaktadır. Birle ik ısı ve güç üretim teknolojileri (kojenerasyon ve entegre enerji sistemleri) ile biyokütle enerjisinden yararlanmak daha ekonomik olabilmektedir.

Modern biyokütle enerji teknikleri, maddenin fiziksel durumu sabit kalacak veya de i ecek biçimde dönü türülmesi çevrimlerine dayanır ve alçak biyoteknikler ile yüksek biyoteknikler olmak üzere ikiye ayrılır. Alçak biyokütle teknikler, do rudan yanma, anaerobik bozunma, fermantasyon-distilasyon i lemleridir. Yüksek biyokütle teknikler ise piroliz, hidrogazifikasyon, hidrojenasyon, parçalayıcı distilasyon, asit hidroliz, biyolojik hidrojen üretimi i lemlerinden olu ur. Modern biyokütle enerjisi, çevre ile tam uyumlu, sürdürülebilir bir enerji kayna ıdır.

Biyokütleden de i ik yöntemler kullanarak hem enerji hem de yeni kimyasal maddeler üretmek mümkün olabilmektedir. Bu yöntemler unlardır:

- \*Anaerobik ortamda fermantasyon (biyogaz ve melastan etanol üretimi),
- \*Isıl parçalanma (katı yüzdesi fazla olan atıklardan piroliz ile gaz yakıt ve aktif karbon üretimi, hidrogazifikasyon ve hidrojenasyon ile sentetik yakıt üretimi),
- \*Do rudan yakma (çöp veya katı atıkların havayla yakılması ile ısı enerjisi ve elektrik üretimi) ve kompostla tırma (çöp ve hayvan dı kılarının kompostlanması sonucu organik gübre üretimi).

Biyokütle maddesinin yakma dı ında en basit de erlendirilmesi, anaerobik fermantasyonla biyogaz üretimidir. Biyogaz, organik içerikli biyolojik parçalanabilir maddelerin havasız ortamda anaerobik bakteriler tarafından parçalanması esnasında olu an ve bile imi organik maddeyi olu turan bile iklere göre de i ebilen yanıcı bir gaz karı ımıdır. Biyogazı olu turan bile enler metan, karbondioksit, su buharı, hidrojen sülfür, amonyak, azot, hidrojen olabilmektedir.

Bu tanıma göre insan faaliyetleri sonucu üretilen organik içerikli çöpler, tarım faaliyetleri sonucu aç ı a çıkan hayvan dı kıları, pamuk, mısır, bu day ve benzeri sap ve saman artıkları, eker ve gıda sanayi faaliyetleri sonucunda olu an melas, meyve posaları gibi atıklar biyokütle için kaynak olu turmaktadır.



### 2.2.3.1 Endüstriyel Biyokütlenin Yanması

Endüstriyel biyokütle yanma tesisatları odun, tarım artıkları, kağıt hamuru çözeltisi, belediye katı çöpü ve çöp türevi yakıt içeren biyokütle yakıtının bir çok çeşidini yakabilir. Yanma teknolojileri biyokütle yakıtlarını ticari ve endüstriyel kullanım için kullanılabilir enerjiye dönüştürüyor: Sıcak hava, sıcak su, buhar ve elektrik fırını en basit yanma teknolojileridir. Bir fırında, biyokütle yakıtı yanma odasında yanar ve biyokütleyi ısı enerjisine dönüştürür. Biyokütle yandı ında sıcak gazlar salınır. Bu sıcak gazlar yakıtın potansiyel enerjisinin % 85'ini içerir. Ticari ve endüstriyel tesisat fırınları ısı için yalıtımdan dolayı olarak sıcak hava veya su biçiminde ısı deşerifini de kullanır. Bir biyokütle yakma kazanı yalıtımdan yanma teknolojisine daha kolay uyum sağlar, çünkü kazan, yanma ısısını buhara aktarır. Buhar; elektrik, mekanik enerji veya ısı için kullanılabilir. Biyokütle kazanları birçok endüstriyel ve ticari kullanım için düşük fiyata enerji sağlar.

Bir kazanın buhar çıkışı, biyokütle yakıtındaki potansiyel enerjinin % 60-85'ini içerir. Biyokütle yakma kazanlarının en önemlileri; yalıtımlı yakıcılar, sabit ve hareket eden ızgara yanma odaları ve akıkan yatak yanma odalarıdır.

Yalıtımlı ocakları, her biri yüksek ve alçak yanma odasına sahip hücrelerden oluşur. Biyokütle yakıtı alçak odada ızgara üzerinde yanar ve uçucu gazlar çıkar. Gazlar ise yüksek (ikincil) yanma odasında yanarlar. Operatörler, yalıtımlı ocakların küllerini almak için düzenli olarak kapatmalıdırlar. Yüksek nemli yakıtların ve kirlenmiş yakıtların yürütülebilmesine rağmen, yalıtımlı ocaklar otomatik külbetaraf sistemli daha verimli yanma tasarımlarının gelişmesiyle demode olmuştur.

Durgun veya hareketli ızgara yanma odasında, otomatik besleyici, yakıtın yandı ızgaranın üstüne yakıtı dağıtır. Yanma havası ızgaranın altına girer. Durgun ızgara tasarımında kül, toplanmak için çukura düşürülür. Hareketli ızgara sisteminde ise külü tanka düşüren hareketli bir ızgara vardır.

Akıkan yataklı yanma odaları, kum gibi tanecikli maddelerin sıcak yata ında biyokütle yakıtını yakar. Havanın yata ına enjekte edilmesiyle kaynayan sıvıya benzer bir düzensizlik oluşur. Bu düzensizlik yakıtı dağıtır ve askıda tutar. Bu tasarım ısı transferini artırır ve azot oksit (NO<sub>x</sub> emisyonunu azaltarak 972 °C (1700 °F) civarında emisyon yapılmasına olanak sağlar. Akıkan yataklı; yanma odaları yüksek küllü yakıtları ve tarım biyokütle artıklarını kontrol altında tutabilir.

Geleneksel yanma ekipmanları, tarım artıklarını yakmak için tasarlanmadı. Saman ve ot, potasyum ve sodyum bileşikleri içerir. Bu bileşikleri (alkaliler), açığa ve bitkilerin

büyümlerinde etkilidir, yıllık ekin ve ekin artıklarında bulunurlar. Yanma boyunca alkali, silisle birleşir, silis ayrıca tarım artıklarında da bulunur. Bu reaksiyon yüksek sıcaklıklarda odunun yanması için tasarlanan doğal yanma ekipmanlarında cüruf ve kirlenme problemlerine yol açar.

Uçucu alkali, külün ergime sıcaklığını düşürür. Geleneksel yanma ekipmanlarındaki fırın gazları yaklaşık 1450 °F'da çıkar. Tarım artıklarının yanması cüruf ve ısı transfer yüzeylerinde tortuya neden olur. Özellikle küçük fırınlı tasarlanan kazanların çıkış sıcaklıkları, cürufu ve bu yakıtların yanmadan oluşan kirlenmesini azaltır. Düşük sıcaklıkta gazla tırma, doğrudan yanmada karışılan cüruf ve kirlenme problemlerinden korunmada verimli enerji üretimi için bu yakıtları kullanmanın diğer bir yöntemidir.

#### 2.2.3.2 Türkiye'de Biyokütle Enerjisi Kullanımı

Türkiye'de klasik biyokütle, yani odun ve tezek, enerji üretiminde önemli bir orana sahiptir. 1995 yılı verilerine göre odun yaklaşık % 30 ve tezek % 10 oranında enerji üretimi içinde pay almaktadır. Ancak, son yıllarda azalan ormanlar ve hayvancılıkta görülen gerileme ile doğal gaz, kömür gibi ithal ürünlerin artması bu oranları azaltmaktadır. Modern biyokütle enerjisi kullanımına geçilmesi ülke ekonomisi ve çevre kirliliği açısından önemlidir. Birçok ülke bugün kendi ekolojik koşullarına göre en uygun ve en ekonomik tarımsal ürünlerden alternatif enerji kaynağı sağlamaktadırlar. Türkiye de bu potansiyele ve ekolojik yapıya sahip ülkeler arasındadır.

Türkiye'de enerji ormancılığı yönünden ekonomik değeri yüksek ve hızlı büyüyen yerli ağaç türleri arasında, akkavak, titrek kavak, kızılçam, meşe, diğbudak, fıstık çamı, karaçam, sedir ve servi ağaçlarını saymak olanaklıdır. Türkiye ortamında yetişecek yabancı kökenli ağaçlar arasında ise akoliptüs, papulus euramericana, pinus pinaster, acacia cynophilla gibi türleri saymak olanaklıdır. Burada kavak, söğüt gibi oldukça fazla su isteyen ağaçların yanı sıra, oldukça kurak alanlarda yetişebilecek ağaçlara da önem verilmesi gerekmektedir.

Enerji üretimine yönelik olarak, modern biyokütle çevrim teknolojilerinin de kullanıldığı, çalılık malar küçük ölçekli olarak 1993 yıllarından sonra başlamıştır. Bunlara örnek olarak mischantus ve tatlı sorgum bitkileri üzerinde yapılan çalılık malar gösterilebilir. Etanolü, Brezilya örneğinde olduğu gibi Türkiye'de de tarımlarda benzine seçeneği olarak rahatlıkla kullanmak olanaklıdır. Ayrıca, hava kirliliğinden büyük

ölçüde etkilenen birçok şehirde, biyokütle ve bunlardan türetilen yakıtların kullanılması ve kükürt dioksit ve benzeri zararlı gazların büyük ölçüde azalması da açıktır.

### 2.2.3.3 Dünyada Biyokütle Enerjisi Kullanımı

Güne enerjisinin depolanmasına olanak sağlayan ve çevreye zarar vermeyen bu yakıtın, son zamanlarda gelişmekte olan ülkelerin yanı sıra, gelişmiş ülkelerde de büyük oranlarda kullanılmaya başlandığı gözlenmiştir. Bunun başlıca nedenleri arasında, fosil yakıt kullanımını yüzünden dünyanın giderek artan boyutta çevre kirliliği problemi yaşamaktadır. Biyokütlenin çoğaltılması ve verimlendirilmesi için hızlı büyüyen özel bitkiler ve genetik mühendisliği yardımıyla yeni tohumlar geliştirilmektedir. Burada dünya nüfusunun % 80'inin 35° kuzey ve 35° güney enlemleri arasında yaşadığı göz önüne alınırsa, bu bölgede metrekareye düşen güne enerjisinin yılda 3000-4000 saati bulunduğuna ve bunun da enerji olarak 2000 kWh/m<sup>2</sup> ettiğini ortaya çıkmıştır. Bütün bu verilerden yola çıkarak, güne enerjisinden fotobiyolojik çevrim sonucu elde edilebilecek biyokütle enerjisinin büyüklüğü ve çevre etkisi çok az olan bu yakıtın sağlanacağı yararların önemini açıkça göstermektedir.

Son yıllarda hızla sanayileşme, nüfus artışı, kentleşme ve yaşam düzeyinin yükselmesi gibi etkenler yalnız Türkiye'de değil, dünyada da enerji tüketimini artırmıştır, bu da fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmesine ve dolayısıyla çevre kirliliğine yol açmıştır. Dünyada enerji tüketimi 1900 yıllarının başlarında  $2 \times 10^{18}$  J iken 1998 yılında 17 kat artarak  $3.4 \times 10^{20}$  J değerine ulaşmıştır. Bütün bunların sonucu olarak, gerek bu enerji açığını karşılamak gerekse çevre kirliliğini azaltmak için dünyada biyokütle çalışmaları büyük hız verilmiştir. Biyokütleden elde edilebilecek yıllık enerjinin 1.120.000 MW'ı samandan, 500.000 MW'ı hayvan atıklarından 1.360.000 MW'ı orman atıklarından, 2.400.000 MW'ı çöplerden ve 17.700.000 MW'ı ekilebilir kamışı, odunsu bitkiler gibi enerji tarlalarından olmak üzere yaklaşık toplam 23.100.000 MW gibi büyük bir potansiyele sahiptir. Biyokütle elde etmek için harcanan enerji ve % 20 dolayında bir çevrim göz önüne alındığında, yılda net 3000 MW gibi bir enerji elde edileceği açıkça görülmektedir. Bu büyük potansiyelin yanı sıra biyokütlenin ekonomik, bölgesel ve çevre dostu olması gibi özellikleri de göz önüne alındığında, biyoenerji konusuna olan ilgi hızla artmaktadır. Birçok gelişmekte olan ülke biyoenerjiyi, geleceğin temel enerji kaynağı olarak görmektedir. Özellikle biyokütle enerjisi, karbondioksit salınımını azaltmaya yönelik çalışmalarda en iyi seçenek olarak ortaya çıkmaktadır.

Orta verimdeki bir arazi parçası üzerinde yapılan hesaplara göre 1 hektar tarladan yılda ortalama 80-100 ton ya veya 25-30 ton biyokütle elde edilmektedir. İklim koşulları açısından daha uygun olan yarı-tropik bölgelerde ise verimin hektar başına 40 ton biyokütle düzeyine çıkabileceği kesindir. Biyokütleden elde edilen enerjinin birim maliyeti diğer yakıtlarla yarışabilecek düzeydedir.

Brezilya biyokütlenin geniş çapta, özellikle taşıtlarda kullanılması yönünden dünyadaki en iyi örneklerden biridir. Bu ülkede yaklaşık 5 milyon tona, 1989'dan beri yakıt olarak benzin yerine c-ve kamı veya benzeri ürünlerden elde edilen saf biyo-etanolü, yine bir çok araçta da benzin/etanol karışımını kullanmaktadır. Bunun sonucu olarak ülkede bu biyokütle yakıtları ile doğrudan 700,000 dolaylı olarak da 1.5-2 milyon yeni iş yaratılmaktadır. 1976 ile 1987 yılları arasında petrol ithalatı yerine yerli üretim etanol kullanılmasından dolayı tasarruf edilen miktar 12,48 milyar dolar düzeyindedir. Ülke ekonomisine büyük katkı yapan bu program için yatırım ise sadece 6.97 milyar dolar olup, üretim maliyeti 1979'dan beri hala her yıl yaklaşık % 4 dolayında düşmektedir, yetiştirilen biyokütleden önce elde edildikten sonra geri kalan posa kısmının yakıt olarak daha ekonomik kullanımı ile bu maliyetin daha da düşeceği düşünülmektedir.

Mauritius'daki önceki kamı endüstrisi ürettiği biyokütlenin atıklarını modern fırınlarda yakarak elektrik üretmekte ve enerji gereksiniminin % 60'ını karşılamaktadır. Zimbabwe, 1983-1990 yılları arasında, önceki kamı ndan 40 milyon litre etanol üretmiş ve bunu taşıtlarda yakıt olarak kullanılmıştır.

Organik atıklardan havasız çürütme yöntemiyle biyogaz üretimi, oldukça basit ve hemen her yerde yapılabilecek bir işlemdir. Hindistan'da halen çeşitli büyüklükte bir milyondan fazla biyogaz üretim tesisi bulunmaktadır. Çin'de 1 milyarın üzerindeki nüfusun büyük çoğunluğu yakıt olarak biyokütle kullanmakta olup daha çok yemek pişirmek ve aydınlanmak için kullanılan biyogaz üretimi için 5 milyondan fazla küçük tesis yaklaşık 25 milyon insan tarafından işletilmektedir. Sayıları 10,000 dolayında olan orta ve büyük ölçekli tesislerden üretilen biyogaz ise elektrik üretimi ve büyük fabrikaların enerji gereksinimi için kullanılmaktadır. Çin'de büyüklüğü 10 kW ve üzeri olan 800 biyogaz üretim tesisinin toplam kapasitesi 8500 kW dolayındadır.

svaç, enerjisinin % 16'sı gibi büyük bir kısmını biyokütleden elde etmektedir. Avusturya da 11,000'den fazla biyokütle ile çalışan enerji üretim sisteminin toplam gücü 1200 MW'ya ulaşmıştır. Bu ülke de enerjisinin % 13'ünü biyokütleden sağlamaktadır. Amerika da biyoenerji kaynaklı elektrik üretimi 9000 MW'ı geçmiştir.

durumda olup, bu ülke de toplam enerjisinin % 4'ünü biyokütleden sağlamaktadır. Bu da enerji nükleer enerjiden elde edilen miktara yakındır.

Burada üzerinde önemle durulması gereken diğer bir konuda, fosil yakıtlar için yapılan ekonomik analizlerde, çevre etkilerinden ileri gidilebilecek maliyet artışlarının henüz yer almı olmamasıdır. Bu konuda yapılan kapsamlı bir araştırmada fosil yakıtlardan, örneğin kömürden elde edilecek her bir milyar joule için 9 \$'lık ek bir maliyet hesaplanmıştır. Burada 1 milyar joule yaklaşık 80 kg linyit kömürü yakılmasına karşılık gelmektedir. Bu maliyetler fosil yakıtlara eklendiğinde, biyokütlelerin daha da üstün konuma geleceği açıktır.

#### 2.2.3.4 Ülkemizdeki Biyokütle Enerjisi Sonuçları

1) Ülkemizde klasik biyokütle kaynaklarından olan odun ile bitki ve hayvan artıkları, uzun yıllardan beri, özellikle ısınma ve pişirme alanlarında kullanılmaktadır. Ancak bu kullanım ilkel ve ekonomik olmayan bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Modern biyokütle kaynakları ise, enerji ormancılığı ürünleri ile orman ve ağaç endüstrisi artıkları, enerji bitkileri tarımı (bir yetiştirme sezonunda ürün alınan enerji bitkileri), tarım kesimindeki bitkisel ve hayvansal atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır.

2) Türkiye'de atıklara dayalı biyokütle enerjisi (biyogaz ve çöp santralleri) için bazı çalışmalar yapılmıştır. Ormancılık potansiyeli ile ilgili bilgiler bulunmakla birlikte, ormanlarımız, biyokütle enerjisi üretim potansiyeli açısından değerlendirilmemiştir. Enerji plantasyonları biçimindeki tarımsal üretim olanakları üzerinde hiç durulmamış ve konu tarımsal üretim planlarında ele alınmamıştır. Ayrıca kent zararlısı bazı ağaçların uygun peyzaj türleri ile değerlendirilerek biyokütle madde kazanılması olanağı da hiç ele alınmamıştır. Kısacası Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyeli tam olarak bilinmemektedir.

3) Ülkemizin biyokütle enerji potansiyeli'nin saptanması öncelikle ele alınmalı ve bir proje ile enerji ormancılığından, enerji bitkileri tarımından, çeyitli yan ürün, atık ve artıklardan elde edilebilecek biyokütle malzemenin çeyitleri ve coğrafi bölgeler açısından yıllık miktarları belirlenmelidir.

4) Biyokütle enerjisi üretim stratejileri, uygulama olanakları ve ekonomik rekabet edebilirlikleri araştırılarak, ülkemiz için uzun dönemli 'biyokütle enerjisi ana planı' yapılmalıdır. Bu plan çerçevesinde, biyokütle üretimine yönelik ormandışı ağaç

plantasyonları ve enerji bitkileri için ülke genelinde bir tarımsal üretim planlaması yapılmalı ve konunun ekonomik boyutları ortaya konulmalıdır.

5) Biyokütle kökenli akaryakıt konusu, e güdümlü olarak tarımsal üretim planlaması ve enerji planlaması kapsamında ele alınmalıdır.

6) Katı yakıt olarak kullanılacak biyokütlenin endüstriyel tesislerde ve termik santrallerde yüksek verimle yakılabilmesi için özel akı kan yataklı kazanlar geli tirilmesi üzerinde durulmalıdır.

7) Tarımsal üretimin ve tüketimin oldukça fazla oldu u ülkemizde biyokütle enerjisinden faydalanma yolunda gerekli adımlar atılmalı, en azından di er geli mi ülkelerin teknolojileri ülkemize getirilmelidir.

8) Biyokütlenin enerjiye dönü türülmesi sırasında biyokütlerde kütle ve hacimsel bir azalma olur. Büyük ehirlerde sorun haline gelen evsel nitelikli çöplerin ve arıtma çamurlarının bertarafında bu atıklardan enerji eldesi, hem ekonomik bir kazanç getirecek hem de nihai bertaraf alanlarındaki depolama hacmi ihtiyacını azaltarak bu alanların ömrünün uzamasını sa layacaktır.

9) Ayrıca biyogaz üretimi sırasında metan olu umunun engellenmesi, gübre de erinin artırılması, bitkilerden enerji eldesi, çiftlik gübresinden enerji üretimi gibi yollarla CO<sub>2</sub> emisyonlarında büyük oranda azalma mümkün olabilir.

10) Büyük oranlarda fosil yakıt kullanımıyla meydana gelen global ısınma biyokütle enerjisinin kullanımı ile belli oranlarda azalabilecektir.

#### 2.2.4 Hidroelektrik Enerji

Enerji deyince akla çok fazla ey geliyor. Çünkü enerji çok fazla çe itten olu yor. Konu mak, hareket etmek ve aklımıza gelen ne varsa bütün bunları yapabilmek için enerjinin gerekli oldu unu biliyoruz.

Bütün bu ihtiyaçları kar ılayabilmek için de daha fazla enerjiye ihtiyacı var. Enerji elde etmek için, bir dizi santraller kuruyor. Hidroelektrik santraller, termik santraller ve hatta nükleer santraller. Hidroelektrik santraller ile elektrik üretimi, dünyada toplam elektrik üretimine yakla ık % 23 oranında katkıda bulunmaktadır. Hidroelektrik santraller ile enerji üretimi için uygun co raflı ko ulların sa lanması gerekmektedir. Günümüz ko ullarında kullanılabilir hidroelektrik kapasitenin büyük bir bölümü hali hazırda kullanılmaktadır. Türkiye açısından enerjinin durumu ele alındı ında, bazı kaynaklar için ansılı bir ülke oldu umuz ortaya çıkmaktadır. Özellikle Güney ve Do u Anadolu bölgelerimizde hidroelektrik santraller sayesinde üretilen

elektrik enerjisi küçümsenemez boyutlardadır. Kurulması planlanan veya in aatı süren birçok hidroelektrik santralleri, Türkiye'nin gelece ine damga vuracaktır. Hidroelektrik santralleri, temiz enerji kaynakları arasında de erlendirmek gerekir.

#### 2.2.4.1 GAP Projesi ve Hidroelektrik Enerji

GAP, Dicle ve Fırat nehirlerinin a a 1 kısımları ile bunlar arasında uzanan ovaları kapsamaktadır. Gaziantep, Adıyaman, anlıurfa, Diyarbakır, Mardin, Siirt, Batman ve ırnak illerinin tamamı veya bir kısmı proje alanı içinde kalmaktadır.

Güneydo u Anadolu Bölgesinin yerüstü su kaynaklarını olu turan iki önemli nehir Fırat ve Dicle nehirleridir. Fırat nehrinin sınırlarımızdaki toplam su potansiyeli uzun yıllar ortalaması 30 km<sup>3</sup> civarında, Dicle nehrinin sınırlarımızdaki toplam su potansiyeli uzun yıllar ortalaması 16 km<sup>3</sup> civarındadır.

2001 yılı içinde GAP barajlarının üretti i hidrolik enerji (yakla ık 11.5 milyar kwsaat), Türkiye'nin toplam hidrolik enerji üretiminin de yakla ık yarısını olu turmaktadır. Aynı dönemde Türkiye'nin 123 milyar kilovatsaatlik toplam enerji üretiminde (termik, hidrolik ve rüzgar) GAP'ın payı ise % 9.3 olmu tur.

GAP ba ımsız bir proje olmayıp, bölgede su ve toprak kaynaklarının geli tirilmesini kapsayan tarım, enerji, hizmetler ve çevre sektörüne yönelik 13 adet projeyi içermektedir. Bunlardan yedisi Fırat, altısı da Dicle Havzasındadır. 1,7 milyon hektarlık bir alanın sulanması ve 7476 MW kurulu güçle yılda ortalama 27345 milyar kWh elektrik enerjisi üretiminin gerçekleştirilmesi için 22 adet baraj ile 9 adet hidroelektrik santralin yapımı öngörülmü tür. GAP kurulu gücü ülkemizde halen mevcut kurulu gücün % 75'ini, GAP enerji potansiyeli ise 1996 yılında ülkemizde fiilen üretilen hidroelektrik enerjinin % 65'ini ve de ülkemizin toplam elektrik üretiminin ise % 28'ine tekabül etmektedir.

Proje kapsamında yer alan Karakaya (1800 MW, 7354 GWh/yıl) ve Atatürk (2400 MW, 8900 GWh/yıl) Hidroelektrik Santrallerinin tamamlanmasıyla halen toplam kurulu gücün 4200 MW'lık bölümü servise alınmı bulunmaktadır. Bu iki santral ülkemizin toplam hidroelektrik enerji üretiminin % 45'ini sa lamaktadır. Bu iki projenin toplam elektrik enerjisi üretim potansiyeli yılda 16254 GWh olmasına ra men, 1996 yılında bu iki santralde 19500 GWh mertebesinde rekor seviyede elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmiştir. Her iki projede 1996 yılında sırasıyla 10500 GWh ve 9000 GWh mertebelerinde gerçekleştirilen üretim de erleri her iki santralin bugüne kadarki yıllık üretim rekorlarıdır.

#### 2.2.4.2 Türkiye'deki Hidroelektrik Potansiyelin Dünyadaki Yeri

Ülkemiz hidroelektrik potansiyelinin dünyadaki yerine gelince; Türkiye Avrupa'da Norveç'ten sonra en fazla yıllık hidroelektrik enerji üretim potansiyeline sahip ikinci ülke sıfatını taıtmaktadır. Bu potansiyel Avrupa ülkelerinin toplam hidroelektrik potansiyelinin (758705 GWh/yıl) ise % 16.5'u mertebesindedir. Bu oran Almanya, İsviçre, İtalya, Avusturya, Polonya ve Norveç için sırasıyla % 3,5,6,7,9,12.5,15.8 ve 26 mertebesindedir. Sadece GAP'ın yıllık hidroelektrik enerji üretim potansiyeli Avrupa'nın toplam potansiyelinin % 3.5'u mertebesinde olarak Arnavutluk, Belçika, Bulgaristan, Danimarka, Finlandiya, Almanya, Yunanistan, Macaristan, Portekiz, Romanya, Lüksemburg, İspanya, İngiltere, Hırvatistan, İrlanda gibi ülkelerin hidroelektrik potansiyelinden daha fazladır.

Halen işletmede olan hidroelektrik santrallerin kapasite sıralamasında ise GAP kapsamındaki Atatürk, Karakaya hidroelektrik santralleri dünyada sırasıyla 23. ve 28. sırada, Avrupa'da ise Batı Avrupa Devletleri Topluluğunda yer alan hidroelektrik santralleri takiben yine sırasıyla 8. ve 11. sırada yer almaktadır. Görüldüğü gibi, projelerin Avrupa ve Dünya ölçeğinde sahip oldukları yerler GAP'ın büyüklüğü ve önemini açıkça ortaya koymaktadır. Proje peyderpey gerçekleştirilince ülkemiz gayri safi milli hasılasına her yıl milyarlarca \$ katkıda bulunmaya devam edecek, bölgenin ve ülkemizin gözbebeği olmaya özelliğini sürdürecektir.

Dünyanın büyük bir bölümünde olduğu gibi Türkiye'de de genel görünüm, elektrik talebinin genel enerji talebinden daha fazla artmasıdır. Bu durum ekonomik krizler, enerji verimliliğini artırma gayretlerine ve çevreyi temiz tutma çabalarına rağmen geçerliliğini korumaktadır. Nitekim Dünyada elektrik tüketilen enerji 1970'li yıllarda % 20'lerde iken bugün % 30'una ulaşmıştır. Bu oranın 2030'larda % 50'ye yükselmesi beklenilmektedir.

Ülkemizde ise bugün enerjinin elektrikle çevrilerek kullanılan bölümü % 24 dolayındadır. Otuz yıl sonra bunun % 40'a ulaşması beklenilmektedir. Kısaca üçüncü endüstriyel devrimin rakipsiz enerjisi olan elektrikin 21.yüzyılda da rolünün çok büyük olacağı şimdiden görülmektedir.

#### 2.2.5 Jeotermal Enerji

Jeotermal, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının olduğu türdendir, kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazlardır. Jeotermal enerji de bu jeotermal kaynaklar ve bunların olduğu türdendir enerjiden doğrudan veya dolaylı yollardan faydalanmayı



kapsamaktadır. Jeotermal enerji yeni, yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmez, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yerel bir enerji türüdür.

Jeotermal kaynaklar ile;

1. Elektrik enerjisi üretimi,
2. Merkezi ısıtma, merkezi soğutma, sera ısıtması v.b. ısıtma/soğutma uygulamaları,
3. Proses ısısı temini, kurutma işlemleri gibi endüstriyel amaçlı kullanımlar,
4. Karbondioksit, gübre, lityum, ağırlık su, hidrojen gibi kimyasal maddeler ve minerallerin üretimi,
5. Düşük sıcaklıklarda (30 °C'ye kadar) kültür balıkçılığı,
6. Mineraller içeren içme suyu üretimi gibi uygulama ve değerlendirme alanlarında kullanımlar gerçekleştirilmektedir.

Yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmez bir enerji kaynağı olması; Türkiye gibi jeotermal enerji açısından zengin ülkeler için bir özkaynak teşkil etmesi; temiz ve çevre dostu olması; yanma teknolojisi kullanılmadığı için sızdıran emisyonlara sebebiyet vermesi; konutlarda, tarımda, endüstride, sera ısıtmasında ve benzeri alanlarda çok amaçlı ısıtma uygulamaları için ideal şartlar sunması; rüzgar, yağmur, güneş gibi meteoroloji şartlarından bağımsız olması; kullanıma hazır niteliği; fosil enerji veya diğer enerji kaynaklarına göre çok daha ucuz olması; arama kuyularının doğrudan üretim tesislerine ve bazen de reenjeksiyon alanlarına dönüştürülebilmesi; yangın, patlama, zehirlenme gibi risk faktörleri taşımadığından güvenilir olması; % 95'in üzerinde verimlilik sağlaması; diğer enerji türleri üretiminin (hidroelektrik, güneş, rüzgar, fosil enerji) aksine tesis alanı ihtiyacının asgari düzeylerde kalması; yerel niteliği nedeniyle ithalinin ve ihracının uluslararası konjonktür, krizler, savaşlar gibi faktörlerden etkilenmemesi; konutlara fuel-oil, mazot, kömür, odun taşıması gibi problematikler içermediği için yerel alanlarında kullanımının rahatlığı; gibi nedenlerle büyük avantajlar sağlamaktadır.

Yağmur, kar, deniz ve magma sularının yeraltındaki gözenekli ve çatlaklı kayalar kütlelerini besleyerek oluşturdukları jeotermal rezervleri, yeraltı ve reenjeksiyon kuyuları devam ettiği müddetçe yenilenebilir ve sürdürülebilir özelliklerini korurlar. Kısa süreli atmosfer kuyularından etkilenmezler. Reenjeksiyon, jeotermal rezervuarlardan yapılan sondajlı üretimlerde jeotermal akışkanın çevreye atılmaması ve rezervuarı beslemesi bakımından, işlevi tamamlandıktan sonra tekrar yeraltına gönderilmesi esastır. Reenjeksiyon birçok ülkede yasalarla zorunlu hale getirilmiştir.

talya'da Larderello sahasında 1904 yılından beri, Kaliforniya'da Geysir sahasından 48 yıldır jeotermal elektrik enerjisi üretilmektedir. 1890'dan beri Boise, Idaho'da (ABD) ve 1934'den bu yana Reykjavik'de (İzlanda başkenti) jeotermal kaynaklı merkezi ısıtma sistemi bulunmaktadır. Ayrıca, Paris banliyölerinde 85.000 konut jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır.

2.3 Dünyada ve Türkiye'de Enerji, Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları  
Ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişmelerinin sürükleyici unsuru ve en temel gereksinimlerinden biri, enerjidir. Bu nedenle de ülke yönetimlerini üstlenenler, enerjiyi kesintisiz, güvenilir, temiz ve ucuz yollardan bulmak ve bu kaynakları da mutlaka çeşitlendirmek durumundadırlar. Kimi geleneksel enerji kaynakları ile geri kalmı teknoloji kullanımının, doğal çevrede geri dönüşmez tahribatlara yol açmaması içinse, "sürdürülebilir kalkınma" kavramı gündeme gelmiştir. Buna paralel olarak da, yalnız enerji kaynağı teminini ve enerji üretimini temel alan planlamanın yerini, gelişmiş toplumalarda enerji-ekonomi-ekoloji dengesini özenle gözetilen planlama anlayışı ile, kaynak çeşitliliğini ve jeopolitik gerçekleri dikkate alan enerji güvenli modelleri almaya başlamıştır. Birincil enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisinin depo edilememesi nedeniyle uygulanması gereken ve kaynakların optimum yararlı kullanılabilmesi için vazgeçilmez olan bir diğer temel unsur ise, planlamadır.

Başta ABD olmak üzere, dünyanın gelişmiş ülkelerinin, enerji politikalarında gözettikleri en önemli unsurlardan birisi de enerji verimliliğini arttırmak, enerji yoğunluğunu azaltmak ve enerji tasarrufuna özen göstermektir. Enerji yoğunluğu, 1 dolarlık gayri safi hasıla yaratabilmek için kullanılan enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır. Çağdaş enerji politikalarında hedef, yalnızca kısımlarına kullanılan enerji ya da elektrik tüketim miktarını arttırmak değil, enerjiyi en verimli biçimde kullanabilecek sistemleri geliştirerek, en az enerji harcaması ile en fazla enerjiyi üretebilecek, iletecek ve tüketecek yapıyı kurabilmektir. Örneğin ABD'nde, 30 yıl öncesi ile kıyaslandığında, bugün 1 dolarlık gayri safi hasıla yaratabilmek için % 56 daha az enerji kullanılmaktadır. Bunu temin edebilmenin yolları arasında; konutların tasarımından, evde ve sanayide kullanılan elektrikli aletlerin tasarımına ve standardizasyonuna, araçlarda ileri teknoloji kullanımına, tüketicinin bilinçlendirilmesinden, vergi ve teşvik uygulamalarına uzanan geniş bir yelpazeye yayılan politikalar yer almaktadır. Bu alanda öncü olan ABD'nde, 1973'den günümüze kadar geçen yaklaşık 30 yıllık süreçte, ekonomi (Gayri Safi Hasıla) % 126'lık bir

büyüme ya arken, enerji kullanımındaki büyüme yalnızca % 30 oranında olmu tur. Bu büyük farklılık, enerji alanındaki yava lamanın de il, hızlı büyüme ve artan tüketime kar ın, enerjinin verimli kullanımının, bir di er anlatımla da enerji yo unlu undaki azalmanın, somut ve örnek alınması gereken bir ifadesidir.

Enerji kaynaklarını "sürekli emre amade" bulundurabilmemizin, 3 temel yolu vardır. Bunlardan birincisi ve önceliklisi, ülkemizin kendi kaynak potansiyelini do ru saptamak ve bunu geli tirerek en uygun biçimde enerjiye dönü türmektir, ikincisi, yurt dı ındaki kaynakların aranması ve üretilmesi sürecine, kendi irketlerimizle katılarak ve bu kaynaklarda hisse sahibi olarak, enerji üretimimiz için gerek duyulan kaynaklar ve bunların ta ınma yolları üzerinde kontrol elde edebilmektir. Ve nihayet üçüncü yol da, ilk iki yolun yetersiz kaldı ı durumlarda, ya da stratejik-ekonomik amaçlarla, kısa-orta ya da uzun vadeli olarak, ithalata yönelmektir. thalatın zorunlu göründü ü durumlarda, dikkate alınması gereken en önemli ilkelerden birisi de, kaynak çe itlili inin sa lanmasıdır. Enerji temininin bu 3 temel yolundan herhangi birini, "tek yol" olarak de erlendirmek ve di er yollarla tamamlamamak, enerji güvenli imiz için oldu u kadar, ekonomik ve ulusal güvenliklerimiz açısından da, ya amsal sakıncalar do uracaktır. Özellikle, enerji teminini, yalnızca bir ticaret alanı olarak gören anlayı lar, ülkeyi bunalıma sokması kaçınılmaz olan, sakıncalı anlayı lardır. Bugün için tüketti i petrolün % 90'ını, do al gazın ise neredeyse tamamını ithal eden Türkiye için bu gerçek, son derece yalın olarak ortadadır. Gelecekteki fiyat olu umları üzerinde de hiçbir kontrolümüz olmayan ve genel enerji tüketimimiz içindeki toplam payları % 65'ler seviyesinin altına dü meyen bu iki kayna ın ithalatına, 2002 yılında 8.1 milyar dolar (ham petrol ve ürünlerine 5.3 milyar \$, do al gaz ve petrol gazlarına 2.8 milyar \$) döviz ödeyen Türkiye, mutlaka ulusal kaynaklarını geli tirmek; petrol, do al gaz ve kömür alanında, yıllardır durma noktasına gelen yurt içi aramacılı ını yeniden ve bir "master plan" dahilinde canlandırmak zorundadır.

Enerji politikalarımızın belirlenmesinde, arz güvenli i açısından, kendi kaynaklarımızın geli tirilmesinin yanında, en fazla özen gösterilmesi gereken ilke, ithal edilecek kaynaklarda, gerek enerji kayna ı türü ve gerekse bu kaynakların sa landı ı ülkeler açısından, kaynak çe itlili inin sa lanmasıdır. ABD, tüketti i petrolün yakla ık % 53'ünü ithal ederken, ithalatını ba ta Kanada, Meksika, Venezüella ve Suudi Arabistan olmak üzere, çok sayıda ülkeye yaymı durumdadır. 2030'larda, % 66'ya ula ca ı tahmin edilen ithal petrole ba ımlılı ında, Afrika ve Hazar bölgesi de dahil tüm olanakları geli tirmeye ve kontrolü giderek zorla an Orta Do u'ya gereksinimini,

olabildi ince azaltmaya ve ucuz kaynaklara ulaşmaya çalışılmaktadır. ABD, elektrik üretiminde kendi topraklarında çok zengin olan kömürü % 52, nükleer enerjiyi ise % 20 oranında kullanmaktadır. Fosil kaynaklar üretimi giderek azalan AB ülkelerinin de, ithal enerji kaynaklarına olan gereksinimleri hızla artmaktadır. AB'nin bu konudaki en temel yaklaşımlarından birisi, ithal kaynaklara bağımlılığın riskleri en aza indirebilmektir. Bu yaklaşımın temelinde de, gerek tür açısından, gerekse ithalatın yapıldığı ülkeler açısından, çeşitlendirme ve denge, en önemli unsurlar olarak yer almaktadırlar. Dünyanın en büyük gaz rezervlerine sahip Rusya Federasyonu ise, bir bakımdan bu çeşitliliği yaşıyor ama geçirmeye, ve Avrupa'ya, tamamen Ukrayna üzerinden yapmakta olduğu gaz ihracatında, Polonya başta olmak üzere, yeni güzergahlar arayışına girmektedir.

21. yüzyıla girerken dünya, yılda 8.8 milyar ton petrol ve diğer enerji tüketmektedir. Bu tüketimin yaklaşık % 40'ı petrolden, % 25'i kömürden, % 24,7'si doğal gazdan, % 7,6'sı nükleerden ve % 2,6'sı da hidroelektrikten elde edilmiştir. Vurgulanması gereken husus, alternatif arama çabalarına karşın petrolün başta rolünü sürdürmesi ve fosil yakıtların, toplamda, dünya birincil enerji gereksiniminde % 90'a varan belirleyici konumudur. Nükleer enerji, dünya enerji üretiminde yaklaşık % 7,6'lık paya sahiptir. Özellikle atık sorununun halen çözülememesi olması nedeni ile, ABD ve AB ülkelerinde, mevcut teknolojilerle yeni santraller inşa edilmemekte ve ekonomik ömürlerini tamamlayanlar da devre dışı bırakılmaktadır. Ancak, gerek atık sorununun çözülebilmesi ve gerekse yeni teknolojilerle, güvenli santraller inşa edilebilmesi için yoğun AR-GE çalışmaları sürdürülmektedir. Dünyada hidrojen ve toryum gibi yeni kaynaklara yönelik çalışmalar, önümüzdeki on yıllara damga vurabilecek ve enerji alanında köklü değişimlere yol açabilecek çalışmalardır. AR-GE çalışmalarına GSYİH'nın yalnızca % 0.63'ünü, enerji alanındaki AR-GE çalışmalarına ise bu zaten son derece düşük oranın % 0.27'sini ayıran Türkiye'nin, bu alanda mutlaka atılım yapması gerekmektedir. Hidrolik kaynaklar, temiz ve yenilenebilir kaynaklar olarak, dünya ülkelerinin enerji üretimlerinde çok önemli paya sahiptirler. Dünya genel enerji üretiminde % 2,6 payı olan bu kaynak, ülkemiz için de çok önemli ve diğer ülkelere farklı olarak, henüz dörtte üçü kullanılmamış bir kaynaktır. Güneş, rüzgar ve jeotermal başta olmak üzere tüm yeni ve yenilenebilir kaynaklara da, gerek temiz yakıtlar olmaları ve gerekse yenilenebilir kaynaklar olmaları nedeniyle, geleceğin enerji kaynakları olarak bakılmaktadır. Bu kaynaklar henüz diğer konvansiyonel kaynaklarla ekonomik olarak rekabet edecek teknolojilere kavuşmadıkları da, başta AB olmak üzere, hem

temiz enerjinin teşvik edilmesi, hem de kaynak çeşitliliği politikaları doğrultusunda, enerji politikalarında ayrı ayrı giderek artan kaynaklar olarak öne çıkmaktadırlar.

#### 2.4 Dünyada Enerji Alanında 2000-2020 Yılları Arasındaki Olası Gelişmeler

Birçok uluslar arası ya da ulusal kuruluş, önümüzdeki on yıllar için, belli varsayımları esas alarak, enerji alanındaki olası gelişmeleri öngörmeye çalışmaktadırlar. Bu çalışmalar, belli aralıklarla revize edilmektedir ve genel sonuçları itibarı ile kabul edilebilir oranlarda, birbirlerini teyit etmektedirler.

Dünya Enerji Ajansı'nın yayınladığı "World Energy Outlook, 2002" raporunda, dünya birincil enerji tüketiminde, enerji kaynaklarının 2030 yılına kadarki paylarında kaynaklar bazında beklenen gelişmelere bakıldığında, 3 fosil kaynağın (petrol, doğalgaz, kömür) bugün olduğu gibi, birincil enerji tüketiminde, önümüzdeki on yıllarda da toplamda % 90'a yakın bir ağırlıkla belirleyici olacaktır anlaşılmaktadır. Doğalgazın, 2010'dan itibaren, kömürü yakalayarak geçmesi beklenmektedir.

Önümüzdeki 20 yıllık süreçte, dünyada enerji alanındaki olası gelişmeleri ana başlıkları ile, şöyle toparlayabiliriz: Önümüzdeki 20 yılda, küresel boyutlu ekonomik bir bunalım olmadıkça takdirde, dünya genel enerji talebinde % 50 artma beklenmektedir. Bu beklenti, yılda ortalama % 2'lik bir artış ifade etmektedir ve 2020 yılı dünya genel enerji tüketiminin 13.700 milyon (13.7 milyar) ton petrol eşdeğeri olması beklenmektedir. Bu artış, halen görece çok yüksek miktarda enerji tüketen sanayilemiş ülkelerde daha düşük (% 23), başta Asya ülkeleri olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde mevcut miktarların iki katı kadar olacaktır. Dünya birincil enerji talebinde, önümüzdeki 20 yıllık dönemde OECD ülkelerinin paylarının, diğer ülkeler arasında % 10 oranında azalması beklenmektedir. OECD'nin talepteki mevcut % 54'lük payının, 2020'de, % 44 olacağı hesaplanmaktadır. Öngörülen enerji talep artışı, ağırlıklı olarak gelişmekte olan ülkelerin taleplerinden (% 68) kaynaklanırken, Çin'in mevcut % 11'lik payını, 2020 yılında, % 14'e yükseltmesi beklenmektedir. 2020 yılında dünya genel enerji talebinin, bugün olduğu gibi, yaklaşık % 90'ının yine fosil kaynaklardan karşılanacağı hesaplanmaktadır. Bu toplam yüzde içinde dikkati çeken gelişme, önümüzdeki 20 yılda doğalgazın payının; petrol, kömür ve nükleerden aldığı paylarla, pazardaki yüzdesini yaklaşık % 7 arttıracağı öngörülmektedir. Önemli oranda artması beklenen petrol ve doğalgaz talebine karşın, gerek rezervler ve gerekse üretim açısından, bu kaynakların arzında bir sorun olmayacağı tahmin edilmektedir. Sorun daha ziyade, petrolün Orta Doğu'da; doğalgazın ise Orta Doğu, Rusya ve Orta Asya-Kafkasya bölgesinde

yo unla ıy or olmasından kaynaklanacaktır. Fosil yakıtlar içinde petrol, genel enerji kullanımında ba ta gelen konumunu, kömür ise elektrik üretimindeki merkezi yerini koruyacaktır. Buna kar ın do al gaz, çe itli özellikleri nedeniyle gerek miktar gerekse genel yüzde içindeki yeri itibarı ile önemli artı gösterecektir. Nükleer enerji, gerek miktar ve gerekse toplam yüzde içindeki yeri itibarı ile dü ü gösterecektir. Ba ta hidroelektrik olmak üzere yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımında, miktar açısından artı olacaksa da, bu kaynakların toplam içindeki oranında, çok belirleyici bir artı öngörülmemektedir. Hidroelektrik enerji kaynaklarının kullanımındaki artı n görece az olmasının temel nedeni, ba ta ABD, Kanada ve özellikle Avrupa'da bu kaynakların tamamına yakınının devreye alınımı olması da etkindir. ran Körfezi, bugün oldu u gibi 2020'de de, petrol açısından dünyanın en önemli ve kilit arz merkezi olacaktır. Asya kıtasının talebi açısından Körfez'in önemi daha da artacak, Avrupa'nın talebi açısından ise, mevcut önemi devam edecektir.

Rusya dahil, BDT ülkelerinden gelecek petrol üretiminin, mevcut % 9'luk payını, 2020'de % 12'ye çıkarması beklenmektedir. Hazar Bölgesi üretimi önemli olacak, fakat belirleyici olmayacaktır.

Kuzey Amerika ve Avrupa'nın (özellikle Kuzey Denizi) toplam arza katkısında azalma olacaktır. Do al gaza giderek artan talep, yeni jeopolitik geli melere ve uluslararası planda yeni ba ımlılık ve safla malara yol açabilecektir.

Bu kapsamda, özellikle Avrupa'nın Rus gazına ba ımlılı ı artacak ve bu da önemli bir ba ımlılık unsuru olarak, stratejik sonuçlar do urabilecektir. Do al gaza ba ımlılı ın bir di er önemli etkisi, gaz fiyatlarındaki artı beklentisi olarak ortaya çıkmaktadır. Sektörel açıdan bakıldı ında, enerji talebi açısından, elektrik üretim sektörü en hızlı büyüyen sektör olacaktır. Bu alanda Asya ve Güney Amerika'nın, en fazla tüketim artı ı gösteren bölgeler olacakları öngörülmektedir. Teknolojik de i im ve geli meler, enerjinin etkin kullanımını açısından önemli katkılar sa lamakta ve bu yönüyle daha önceki arz-talep dengelerini de i tirmektedir. Bu geli meler özenle takip edilerek, enerji arz ve talep dengelerinde gerekti inde de i iklikler yapılmalıdır. Bölgeler arası petrol ticaretinin, 1997'de 28 milyon varil/gün olan hacminin, 2020 yılında 60 milyon varil/güne ula ca ı hesaplanmaktadır. ç üretimi hızla azalan OECD ülkelerinin, halen % 54 olan ithal petrol gereksinimlerinin, 2020'de % 70 olaca ı öngörülmektedir. OECD ile birlikte, Çin ve Hindistan'ın da ithal gereksiniminin hızla artacak olması, ihracatçı ülkelerin pazarlık gücünü önemli oranda arttıracaktır. Yalnızca Çin'in 20 yıllık dönemdeki petrol talep artı ının, günde 7 milyon varil olaca ı ve bu

miktarın, bir basma Japonya, Avustralya ve Yeni Zelanda'nın mevcut toplam tüketimlerinden yüksek oldu u dikkate alınır sa, Çin'de beklenen artı n büyüklü ü dikkat çekicidir. Orta Do u'da yer alan OPEC üyesi ülkelerin bu ticaretteki mevcut % 26'lık paylarının, 2020'de % 41'e yükselmesi beklenmektedir. Dolayısı ile, Basra Körfezi'nin mevcut stratejik önemi, bazılarının öngördü ü gibi azalmayacak, aksine daha da artacaktır. Basra Körfezi, ABD ile AB arasında giderek açığı a çıkı maktadır. Rekabetin, önemli alanlarından biridir ve Körfez'in mevcut rolü daha da önem kazanacaktır. OECD ve dinamik Asya ekonomilerinin, ithal petrole ba ımlılık oranlarının, özellikle 2010'dan sonra artması beklenmektedir.

Do al gaz ticaretinde en yo un geli menin, Avrupa ve Asya-Pasifik bölgesinde olması ve gaza olan talebin, gaz fiyatlarında yükselmeye neden olaca ı de erlendirmesi yapılmaktadır. Mutlak de er olarak en büyük artı n OECD Avrupa'da olması ve artı miktarının, 1997-2020 dönemindeki dünya toplam artı nın % 19'una ula ması beklenmektedir. Asya-Pasifik pazarında, sıvıla tırılmı do al gazın (LNG) egemenli inin sürece i ve mevcut Japonya ile Kore pazarlarına, Çin ile Hindistan'ın büyük ithalat hacimleriyle katılacakları öngörülmektedir. Avrupa'da bölgeler arası ithalat/ihracatta artı beklenirken, Kuzey Amerika'da ithalatın yerli üretime oranında, belirgin bir artı beklenmemektedir. Buna kar ın, Venezüella'dan LNG (Sıvıla tırılmı Do al Gaz) formunda, Meksika'dan ise boru hattı ile do al gaz ithalatı söz konusudur. Dünya kömür ticaretinde, rezervlerin dünyada homojen da ılımının da etkisiyle, mevcut hacimde çok büyük artı olmasa da; Asya Pasifik bölgesinde, özellikle Japonya'nın en büyük kömür ithalatçısı konumunun devam edece i öngörülmektedir. ABD'nin, kendi zengin rezervleri nedeniyle, di er ülkelerin Kyoto Protokolü'ne uyum ça rılarına kar ın, elektrik üretiminde kömüre verdi i a ırlı ın artaca ı de erlendirmesi yapılmaktadır. Birçok Avrupa ülkesinin kömür ithalatı azalırken, Almanya ve İspanya'nın ithalatlarının artması beklenmektedir. Dünya kömür ihracatında Rusya'nın Avrupa için en önemli kaynak olma (do al gazda oldu u gibi) konumunun devam etmesi beklenmektedir.

## 2.5 Türkiye'nin Mevcut Enerji Durumu

Türkiye, 2001 yılında 977 milyon ton petrol e de eri (mtp) enerji tüketimi , buna kar ın yakla ık 26.3 mtp enerji üretimi gerçekle tirmi tir. Yerli üretimin, tüketimi karşı lama oranı % 35'dir. Bir di er ifade ile ülkemiz, enerji gereksiniminin % 65'ini ithalat yoluyla karşı lamaktadır. Yerli üretim hızla dü tü ünden, bu oran da azalma

e ilimindedir. Mevcut politikalar sürdürüldü ü takdirde, 2020 yılı enerji tüketimimizde ithalatın payı, % 78'e yükselecektir. Enerji Bakanlığı tahminlerine göre, enerji tüketimimiz 2010 yılında 154 mtpe, 2020 yılında ise 282 mtpe olacaktır. Enerji üretimimiz ise, 2010'da 42 mtpe, 2020 yılında 62 mtpe düzeyinde gerçekleşecektir. Üretimin tüketimi karşılayabilme oranı, 2010'da % 27'ye, 2020 yılında ise % 22'ye düşeceği öngörülmüştür. Türkiye, kişi başına yılda 1,2 tonluk enerji tüketimiyle, 1,45 tonluk dünya ortalamasının altındadır. Bu veri, Kuzey Amerika (ABD ve Kanada) için 6,5 ton, Avrupa için 3,1 ton olarak gerçekleşmektedir. Türkiye'nin kişi başına yıllık elektrik tüketimi ise, Enerji Bakanlığı'nca 1.965 kwh olarak verilmektedir. Yine Bakanlık hesaplamalarına göre, bu miktarın 2010 yılında 3.974 kwh'e, 2020'de ise 6.794 kwh'e yükselmesi hedeflenmektedir. Bugünkü veriler itibarı ile, dünya genelinde de olduğu gibi, Türkiye'nin genel enerji tüketimi içinde fosil kaynakların (petrol, gaz ve kömür) payı, yaklaşık % 90'dır. Geçtiğimiz dönemin Enerji Bakanlığı tarafından yapılan tahminlere göre, önümüzdeki 20 yıllık süreçte de, bu üç yakıtın toplam paylarının genel olarak % 90'lar civarında gerçekleşeceği öngörülmektedir. Yine bu tahminlere göre, önümüzdeki 20 yıllık süreçte, doğal gazın payının önemli oranda artacağı (% 16'dan % 25.2'ye), petrolün mutlak değer olarak artmakla beraber, genel içindeki payında azalma olacağı (% 40.6'dan % 21.6'ya) ve kömürde de, ithal kömürün de artmasına paralel olarak, önemli oranda artacağı (% 30.4'den % 42.5'e) görülmüştür. Mevcut politikalar nedeniyle, özellikle son 10 yılda neredeyse durmuş olan arama yatırımlarımızın da sonucu olarak, özellikle petrolde yaklaşık % 90, gazda ise % 96 olan doğrudan kaynaklarımız, giderek artmaktadır. Kömürde ithalatın payı % 13'dür. Bu tahminlerin, önümüzdeki 20 yılda, petrol, gaz ve kömür aramalarının tamamen duracağı ve dolayısıyla yeni kaynak bulunamayacağı varsayımına göre yapıldığı görülmektedir. Kendi kaynaklarını yadsıyan bir anlayışla yapılan bu tahminlerin, yepyeni bir anlayışla ele alınması ve Türkiye'nin enerji arz ve talep senaryoları için bilimsel temelde yeni bir çalışma yapması en önemli gereksinimlerimiz arasındadır. Ancak genel olarak, enerji tüketimimizde, önümüzdeki on yıllarda da çok hızlı bir şekilde artması kaçınılmaz olacak fosil yakıtlar için, yeni bir arama hamlesi şarttır. Bunun ilk adımı, ilgili kurumların yeniden yapılanması, partizanca atamalardan arındırılması ve özerk yönetimlere kavuşturulmalarıdır. Bunun ardından her üç fosil kaynak için, öncelikli alanlar belirlenerek, yeni bir yurt içi arama atılımı başlatılmalıdır. Bu husus, ekonomik krizleri yaşamamız için en kritik parametre olan, üretimin artırılması hedefimiz açısından da hayati önemdedir. 2002 yılı için, yalnızca petrol



ve gaz dı alım faturamız, 8.1 milyar dolar olarak gerçekle mi tir. Türkiye, neredeyse tamamını ithal etmek zorunda kaldı ı do al gazı da, elektrik enerjisi üretiminde OECD lkeleri arasında en yüksek fiyatla satın alan ülke konumundadır. Bunun somut kanıtı, 2001 yılında Rusya'dan mevcut boru hattı ile aldı ımız gaza, 1000 metre küp için yıllık ortalamada 133 dolar denmi olmasıdır. Bu gerçeklere kar ın, ısrarla uygulanan yanlı politika sonucunda, elektrik üretiminde do al gazın payı hızla artmakta ve 2010 yılında, do al gazın elektrik üretimindeki payının, % 55'e çıkarılması hedeflenmektedir. Dünya do al gaz fiyatlarının, önümüzdeki 20 yıllık süreçte ikiye katlanaca ı, Uluslararası Enerji Ajansı tarafından öngörülmektedir. Bu da, ilk yatırım maliyetleri d k oldu u ve görelili olarak çabuk in a edildi i için, özel sektör tarafından hızla yönelinen gaz santrallarına, elektrik üretimi için bu denli yüksek oranda ba lanmanın, bir di er sakıncasına i aret etmektedir. Do al gaz ithalatında, tek bir ülkeye (Rusya) büyük oranda ba ımlılık ise, enerji ve ulusal güvenli imiz açısından, bir ba ka yanlı uygulamadır. Türkiye, zengin linyit kaynaklarını da yeterince devreye koyamamı tır. 8 milyar tonun üzerindeki linyit rezervlerimizin (300 milyon ton belirlenmi ve potansiyel kaynakla 8.4 milyar ton), akı kan yatak teknolojilerine dayalı olarak in a edilecek santrallarda kullanımı ile, hem santral veriminde artı a lanması, hem de evre etkisinin kabul edilebilir sınırlara inmesi mümkün olmaktadır. Petrol ve gazda oldu u gibi kömürde de, neredeyse 30 yıldır durma noktasında olan arama çalı malarının yeni bir anlayı la ele alınması ve bir arama hamlesinin ba latılması gerekmektedir. Zengin hidrolik kaynaklarımızın, henüz dörtte üç  kullanılmamı tır. Avrupa'da neredeyse tamamı devreye konulmu olan bu temiz kaynaktan, ülkemizin hızla yararlanması gerekmektedir. Devletin in a edece i büyük santrallarla, özel sektöründe kk hidroelektrik santralların in ası ile katkı koyması, elektromekanik sanayimizin canlandırılması, yerli kaynaklarımızın daha çok kullanılmasını, dı a ba ımlılı ın azaltılmasını ve istihdamın artmasını sa layacak en akılcı çıkı yollarından birini olu turmaktadır. Türkiye'de, hidrolik kaynaklarımızın dı nda kalan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda da son derece yetersiz kalınmı tır. Rüzgar, güne ve jeotermal ba ta olmak üzere, önce potansiyelimizin sa lıklı saptanması, buna paralel olarak da bu temiz ve yenilenebilir kaynaklarımızın, toplam enerji tüketimi içindeki paylarının arttırılması sa lanmalıdır.

### 2.5.1 Hampetrol ve Doğal gaz

Türkiye'nin bağımlıktan bugüne kefedilen üretilebilir petrol rezervi, yaklaşık 1 milyar varıldır. Bu rezervin bugüne kadar yaklaşık % 70'i tüketilmiş olup, kalan rezervimiz 296 milyon varıldır (43,1 milyon ton). Bu rezervin de gene yaklaşık % 70'i ulusal kuruluumuz TPAO'ya aittir. Türkiye, yılda yaklaşık 25 milyon ton hampetrol tüketmekte, bunun % 89'unu ithal etmektedir. Mevcut politikaların devamı halinde, yerli üretimin hızla düşmesi, ithalatın da giderek artması kaçınılmazdır. 2002 yılı için Türkiye'nin ham petrol ve petrol ürünleri dış alımına ödediği döviz miktarı, yılda 5.3 milyar dolar civarındadır. Ülkemizde petrol alanında, bugüne kadar yapılmış olan arama çalışmaları son derece yetersizdir. Bağımlıktan bugüne kadar (yaklaşık 70 yılda) açılmış arama, tespit ve jeolojik sondajların toplamı, sadece 1.623 adettir. Bu rakam, Türkiye'den çok daha az yüz ölçümü olan ve sermaye birikimi çok yetersiz olan ülkelerde 1 yılda açılan kuyu sayısından azdır. Son dönemde, Türkiye'nin petrol potansiyeli üzerine yoğun tartışmaların sürdürüldüğü görülmektedir. "Türkiye'de petrol yoktur" ya da "Türkiye petrol denizinin üstünde yüzmektedir" gibi birbirleriyle taban tabana zıt ve her ikisi de bilimsel dayanaktan yoksun olan yaklaşımların, petrol varlığının potansiyelinin ortaya konabilmesi açısından yararlı olmadığını açıklar.

Hemen bağımlıktan belirtilmesinde yarar olan husus, 1 milyar varil petrol kefedilen yapılmış bir ülkede, petrol varlığının ispatlanmış olduudur. Bu saptamayı yaptıktan sonra, ülkemizde petrol aramacılığının temel kavramları üzerinde biraz daha yoğunlaabiriz. Türkiye, kuzeyden ve güneyden, oldukça duyarlı iki büyük kara parçası arasına sıkışmış ve bilhassa güneydeki kara parçasının devamlı olarak kuzeydoğusunda yönünde hareketinden jeolojik olarak etkilenen bir ülke konumundadır. Bu nedenle de, milyonlarca yıllık süreçte, jeolojik evrimin geçirmiş olduğu büyük deoluşumlarının hemen tümünü ya amı, kırılmış, kıvrılmış, faylanmış, metamorfizmaya ve erozyona uğramış ve bağımlı kapanlanma olmak üzere çok yönlü etkiler altında kalmış; petrol ve gaz oluşumu ve birikimi açısından bazı özellikleri sınırlanmıştır. Buna karşın 600 milyon yıl, neredeyse hiçbir değişiklik olmadan sakin bir topografyası, bir yer altı düzeni olan bölgeler vardır ve bugün bu bölgeler, petrol ve gazın yoğun olarak bulunduğu bölgeleri oluşturumaktadırlar. Böylesi zor bir jeolojisi olan ülkemizde, petrol ve gaz aramacılığında doğu olarak zordur. Bu nedenle de Türkiye'de aramacılık; bilimsel planlamayı, uzun süreli ve kesintisiz çalışmayı, sahaların yapısını iyi bilen uzmanların varlığını ve geliştirenteknolojinin sürekli takibini ve uygulanabilmesini gerekli kılar. Türkiye'de petrol potansiyeli olan karasal basenlerimiz arasında bağımlıcaları; Güneydoğusunda Anadolu, Tuz

Gözü, Trakya basenleri ba ta olmak üzere, Sivas-Gürün, Batı Toroslar, Erzurum-Tekman, Mu , Van, Sinop-Boyabat, Gediz, Mudurnu-Göynük ve Çankırı-Çorum havzalarıdır. Akdeniz, Karadeniz ve Ege, son derece sınırlı aranımı , ancak önemli potansiyel içerdi i dü ünülen alanlarımızdır. Karadeniz'de petrol ve özellikle gaz varlı na dair önemli bulgular elde edilmi tir. Önemli olan bunların ekonomik olarak üretilebilir olması ve büyük rezervuarların ke fedilebilmesidir. Bunların tümü, öncelikle ülkemizde petrol ve gaz aramacılı mın gereklili ine inanan, petrol ve gazı yalnızca bir ticaret unsuru olarak görmeyen, bu kaynakların stratejik ve ekonomik önemini kavrayan, ulusal bir politikanın uygulanmasını gerektirir.

### 2.5.2 Kömür

Türkiye'nin 8,3 milyar ton linyit, 1,1 milyar ton ta kömürü, 82 milyon ton asfaltit ve 1,6 milyar ton bitümlü ist rezervi mevcuttur. Linyitlerimizin % 80'e yakın kısmının ocak çıkı ısı de erinin 3000 kcal/kg'dan az oldu u ve bu nedenle de sanayi ve ısınma amaçlı kullanıma uygun olmadığı bilinmektedir. Ancak bazı çevreler, söz konusu linyitlerimizin elektrik üretimi için de uygun olmadığı nı öne sürerek, bu çok önemli yerli kayna mızı, kategorik olarak "yok sayma" e ilimindedirler. Oysa linyitlerimizin, temiz yakma teknolojilerine göre ve özellikle "akı kan yatak teknolojisi" ile kurulacak santrallarda yakılması halinde, hem veriminin yükselece i, hem de çevreye olumsuz etkisinin kabul edilir sınırların altına inece i, ülkemizin saygın ve bu konuda uzman bilim adamlarınca ısrarla öne sürülmektedir. Bunun da ötesinde, ta kömürü ve linyit yönünden, ülkemizin gerçek potansiyelini ortaya koyabilecek yo unlukta arama çalı masının yapılmadı ı açıktır. Türkiye'nin, jeolojik bakımdan linyit içermesi mümkün olabilecek formasyonlarının yer aldı ı ve alanı 100.000 kilometre kareyi bulan sahalarında, henüz sadece % 40'nda kömür araması yönünden etüt yapılabilmi , bir di er ifade ile, yansından fazlası aranmamı tir. Yeni linyit yataklarının devreye konulabilmesi bakımından, son 20 yılda kayda de er bir yatırım, ya da atılım yapılmamı tir. leri teknoloji ile ve farklı yakla ımlarla, kömür rezervlerimizin gerçek potansiyelinin saptanması için bir arama yatırım seferberli inin ba latılması gerekmektedir. Dolayısıyla, ülkemizin kömür potansiyeli, enerji ve özellikle elektrik üretimimiz için çok önemli bir potansiyeldir. Bu potansiyelin gerçek miktarı belirlenmeli, uygun ve temiz yakma teknolojileriyle elektrik üretiminde devreye sokulması sa lanmalıdır.

### 2.5.3 Hidrolik

Türkiye'nin yıllık brüt hidroelektrik enerji potansiyeli 433 milyar kwh/yıl olarak belirlenmiştir. Teknik yönden değerlendirilebilir brüt hidroelektrik enerji potansiyeli ise 216 milyar kwh/yıl olarak tahmin edilmektedir. Diğer taraftan, çeşitli amaçlara yönelik olarak sektörel bazda sulama, içme- kullanma ve sanayi suyu temini amacıyla geliştirilen projelerde, tüketilen su miktarı göz önünde bulundurulduğunda, brüt teknik potansiyelde bir azalma olacaktır. Bu çerçevede, 26 havzada yapılan hesaplamalarda net teknik potansiyelin 190 milyar kwh/yıl olarak tahmin edilmektedir. Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinin bu safhaya kadar olan hesaplamalarında, enerji sektöründe çalışan uzmanların görüşlerinde bir mutabakat mevcuttur. Ancak, Türkiye'nin 190 milyar kwh/yıl olarak hesaplanan net teknik potansiyelinin içinden, ekonomik olarak yapılabilir hidroelektrik tesislerde üretilen yıllık elektrik üretimi miktarında çok ciddi görüş ayrılıkları mevcuttur. 2001 yılı sonu itibarıyla DSİ ve Eİİ Genel Müdürlükleri'nin yanı sıra, özel sektör tarafından ön inceleme, master plan ve fizibilite kademesinde yapılan çalışmalar sonucunda, 551 adet proje geliştirilmiş olup, 35.500 MW kurulu güç ile ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik enerji potansiyelimiz, 126 milyar kwh/yıl olarak belirlenmiştir. Burada anahtar kavram, "ekonomik olarak yapılabilirlik" kavramıdır. Bu safhada, Türkiye'nin hidroelektrik potansiyelinin değerlendirilmesinde kullanılan ve herhangi bir HES'in ekonomik olarak yapılabilir olup olmadığına karar vermede temel olan kriterlerin sorgulanması ve gerekirse revize edilmesi gereklidir. Böylece; Türkiye'nin mevsimsel elektrik tüketim trendleri ile, güvenilir ve ikincil enerji kavramlarının yeniden değerlendirilmesi, "güç" faydasının yeniden tesbiti, referans santral olarak düşünülen termik santrallerin dışsal maliyetlerinin (sera gazı emisyonları, asit yağmurları, atık maddelerin muhafazası, çevre kirliliğinin önlenmesi maliyetleri) dikkate alınması, ayrıca HES yapılarında ekonomik ömürlerin arttırılması gerekli olacaktır. Yukarıda anılan kavramların dikkate alınmasıyla düzenlenecek yeni ekonomik kriterlerle,  $190-126 = 64$  milyar kwh'lık ilave değerlendirilebilir net teknik potansiyelin yaklaşık % 50'sine karşılık gelen 32 milyar kwh'ın büyük HES potansiyeli olabileceği ve bu potansiyelin dörtte üçü olan 24 milyar kwh'ın, ekonomik olarak üretilebileceği düşünüldüğünde yalnız ilave büyük HES projelerinden dolayı ekonomik potansiyelin, 150 milyar kwh'a yükselbileceği görülmektedir. Değerlendirilmesi gereken diğer önemli bir husus da, Türkiye küçük HES potansiyelinin bugüne kadar gereince hesaplanmamış olmasıdır. 126 milyar kwh'lık ekonomik HES potansiyelinin dışında, Enerji Bakanlığı'nın portföyünde, özel

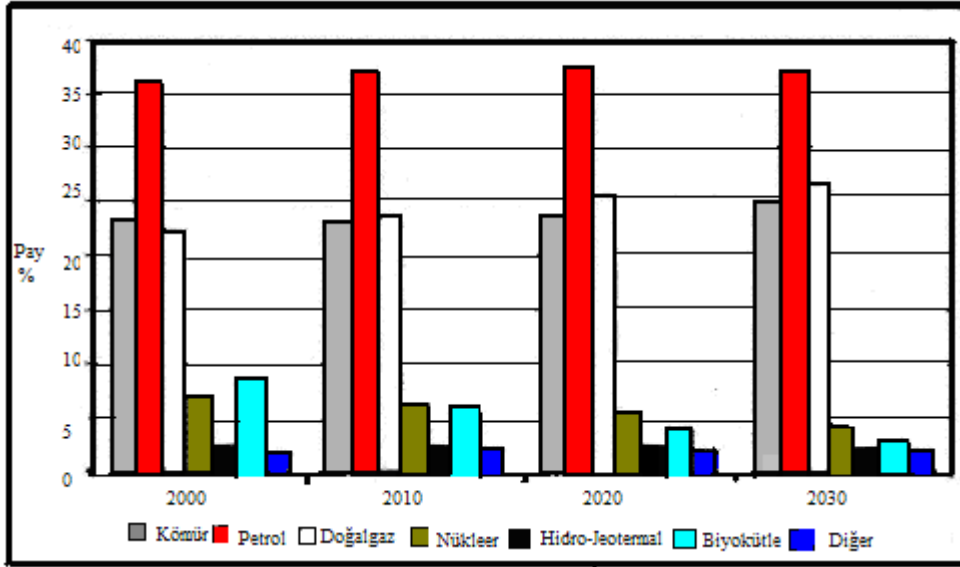
sektörün 3096 sayılı kanun uyarınca gerçekleştirilmek için müracaat ettiği, Y D ve Otoproduktör olarak toplam 170 adet küçük HES'leri bulunmaktadır. Toplam 8.000 MW kurulu güç kapasitesinde olan ve yılda 30 milyar kwh enerji üretebilecek bu tesisler, 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'ndaki ilgili hükümlere tabi olarak bekletilmektedir. Bu projelerin realize edilmesiyle, Türkiye'nin ekonomik hidroelektrik potansiyelinin 180 milyar kwh/yıla yükseltilmesi söylemek mümkün görülmektedir. Sonuç olarak, Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinin geliştirilmesinden sorumlu Genel Müdürlükleri, HES projelerinin seçiminde kullanılan ekonomik kriterleri yeniden gözden geçirerek güncelleştirmeli, tesbit edilecek esaslara göre, başta küçük HES'ler olmak üzere, uygun koşullara sahip olduğuna karar verilerek bir veya iki pilot havzada, proje bazında çalışmalara başlanmalı ve alınacak neticeleri diğer havzalar için de kullanarak, Türkiye'nin ekonomik hidroelektrik enerji potansiyelini yeniden tesbit etmelidirler. Resmen kabul edilen 125 kwh'ın bile henüz üçte birinin kullanıldığı dikkate alınırsa, ülkemizin enerji gereksiniminde; yerli, ucuz, temiz ve yenilenebilir hidroelektrik kaynaklarımızdan, çok daha yüksek oranda yararlanmasının gerekliliği, açıkça ortaya çıkmaktadır.

## 2.6 AB'nin Enerji Politikası ve Bu Politikanın Gelişimi

Bilindiği üzere, Avrupa Birliği, dünya üzerinde enerji tüketiminin en fazla olduğu bölgelerden birisini temsil etmekle birlikte, enerji kaynakları açısından yeterli imkanlara sahip bulunmamaktadır. Bu bağlamda, AB'nin enerji açısından ithalata bağımlılığında, beşinci genel enerji sonucunda üye sayısının 25 olmasıyla birlikte daha belirgin bir artış gözlemlenmektedir. Bu durum enerji arzı güvenliği açısından AB için yeni açılımları ve yaklaşımları zorunlu hale getirmektedir. AB'nin politika seçenekleri arasında çoklu boru hatları politikasının uygulanması, böylece enerji ithalatında kaynak çeşitliliği oluşturulması öne çıkan konular arasında yer almaktadır. Enerjide kaynak çeşitlendirilmesi konusunun Türkiye'nin AB'ye üyeliğinin önemli katkılarından birisini oluşturacağı da düşünülmektedir. Avrupa Birliği'nin (AB) dünya üzerinde enerji tüketiminin en yoğun olduğu bölgelerden birisi olduğu, buna karşılık ise enerji kaynakları açısından ise yeterli imkanlara sahip olmadığı bilinmektedir. Son genellemenin ardından üye sayısının 25 olmasıyla birlikte AB'nin enerji açısından dışa bağımlılığında artış anlamı taşır. Bu durum enerji arzı güvenliği açısından AB için yeni açılımları zorunlu hale getirmiştir. AB'nin politika seçenekleri arasında çoklu boru hatları politikasının uygulanması, böylece enerji ithalâtında kaynak çeşitliliği

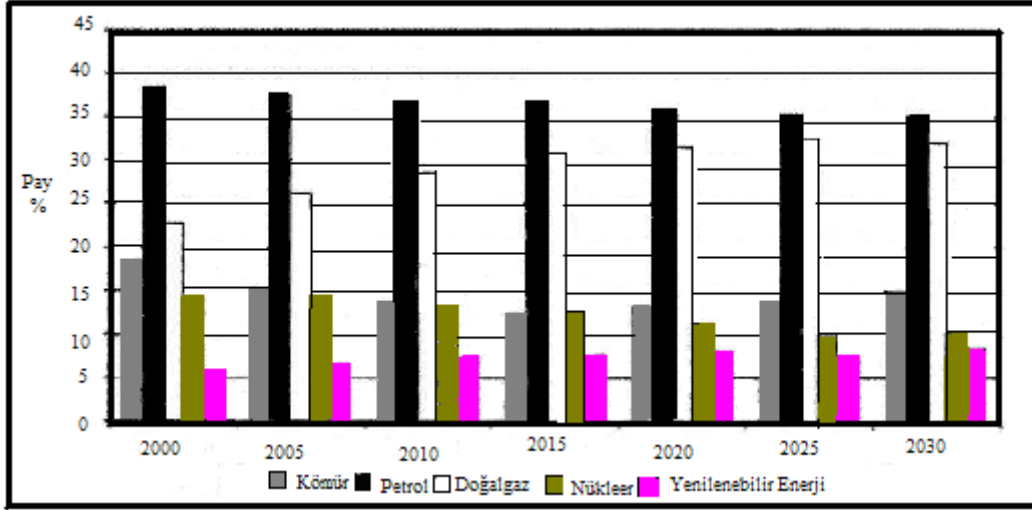
yaratılması öne çıkan konular olmaktadır. Bu konu aynı zamanda Türkiye'nin AB'ye üyesi inin önemli katkılarından birisini olu turacaktır.

Avrupa Komisyonu Enerji ve Taımacılık Genel Müdürlü ü tarafından yayımlanan, enerji alanında 2000-2030 dönemine ait tahminlerin ortaya konuldu u çalı madaki veriler esas alınarak çizilen ekil 2.3'ün incelenmesinden de görülece i üzere, dünya üzerinde enerji tüketimi içerisinde petrol, do al gaz ve kömürün paylarını korumaya devam etti i anla ılmaktadır.



ekil 2.3 Dünya enerji tüketiminin dağılımı:2000-2030 (milyon tpe) (EET)

Söz konusu çalı madaki temel senaryoya göre 25 üyeli AB'nin 2005 yılında enerji tüketiminin 1.727,4 milyon ton petrol e de eri (tpe) düzeyinde olaca ı öngörülmektedir. ekil 2.4'de sunulan veriler çerçevesinde, toplam enerji tüketiminin % 37,4'ü petrol, % 26,1'i do al gaz, %15,1'i kömür, % 14,7'si nükleer enerji ve % 6,5'u ise yenilenebilir enerji kaynakları ile kar ılanmaktadır. Bir ba ka ifadeyle, AB'nin enerji tüketiminin yakla ık 2/3'ünü petrol ve do al gaz olu turmaktadır.



ekil 2.4 AB enerji tüketiminin dağılımı:2000-2030 (%) (EET)

## 2.7 AB Enerji Tüketimi ve Dışa Bağımlılığı

Söz konusu senaryoya göre, 25 üyeli AB'nin 2005 yılında 1.727,4 milyon tpe enerji tüketimi gerçekleşireceği göz önüne alındığında, 2010-2020 döneminde ortaya çıkacak enerji ihtiyacının sırasıyla % 3,5 ve % 9,7 daha fazla olacağı tahmin edilmektedir. Enerji ihtiyacındaki bu artışın yanı sıra, özellikle tüketilen enerjinin hangi kaynaklardan karşılandığı da önem taşımaktadır. Öngörülen senaryoda belirtildiği üzere, toplam enerji tüketimi içinde 2030 yılına kadar doğal gazın ve yenilenebilir enerji türlerinin payının artacağı, katı yakıtların (örneğin kömür) ve nükleer enerjinin katkısının ise azalacağı değerlendirilmektedir. AB ve dünya kamuoyunun gelecekte önemini artacağı bekledikleri yenilenebilir kaynakların (örneğin güneş enerjisi) katkısı ancak % 6,2 olabilecektir.

Bu bağlamda, AB'ye 2004 yılında katılım ülkeleri de dikkate alındığında, AB'nin gelecekte enerji ihtiyacının artacağı beklenmektedir. Yeni üyelerin enerji tüketimlerinin katı yakıtlarda AB ile benzerlik gösterdiği bilinmektedir. Ancak, bu 10 ülke, özellikle petrol ve doğal gaz itibarıyla 15 üyeli AB'den daha fazla dışa bağımlı durumdadırlar. Bu veriler çerçevesinde, AB'nin genişlemesinin enerji alanında dışa bağımlılığı artırdığını söylemek mümkündür.

AB'de giderek artan çevre kaygıları nedeniyle, ekonomik ve teknik ömrünü tamamlamaya yüz tutmuş nükleer santrallerin devre dışı bırakılması ve elektrik üretiminde doğal gaz kullanımının teşvik edilmesi de AB'nin enerji açısından dışa bağımlılığı artıran faktörler arasında bulunmaktadır. Ayrıca, Kuzey Denizi'ndeki petrol ve doğal gaz kaynaklarının tükenme eğilimine girmesi, sosyal güvenlik ve işçilik

maliyetleri nedeniyle kömür üretiminin dümesi gibi nedenlerle AB gelecekte fosil yakıt ithalatını da artırmak zorunda kalacaktır. AB'nin do al gaza baımlılıının artması, do al gaz rezervlerinin yo un olarak bulundu u ve rekabete açık olmayan pazarlara sahip olan ülkelere (Rusya, ran, Cezayir) baımlı kalması sonucunu yaratmaktadır. Bu durum ise AB için enerji arzı güvenli i riskini ortaya çıkaracaktır.

AB ülkeleri, enerjinin arz güvenli i riskini en aza indirebilmek amacıyla yıllık do al gaz tüketimlerinin % 20'si kadar bir miktarı depolama imkanı olu turmu lardır. Bu ba lamda, AB ülkelerinin üyesi oldu u Uluslararası Enerji Ajansı petrol alanında da depolama kabiliyeti olu turulmasını savunmaktadır. ABD, bu kapsamda stratejik petrol rezervleri adı verilen rezervler (500-550 milyon varil) ile yakla ık 90 günlük petrol ihtiyacını yer altında depolamaktadır. AB'de benzer bir politikayı hayata geçirmek için çaba harcamaktadır.

Riskin azaltılmasında bir di er önemli husus da arz kaynaklarının çe itlendirilmesidir. AB, kaynak çe itlendirilmesi hedefi çerçevesinde "çoklu boru hatları politikası" yanında, do al gazı sıvıla tırılmı (Liquified Natural Gas (LNG)-Sıvıla tırılmı Do al Gaz) olarak almak amacıyla terminaller projelendirmeye ve in a etmeye yönelmi bulunmaktadır.

AB enerji kaynakları açısından fakir olmamakla birlikte, kendi kendine yeterli de de ildir. 1991 yılında ya anan Körfez Sava ı gibi bazı dı oklar, AB'nin nispeten küçük çaplı ve kısa süreli enerji krizlerine kar ı dayanabildi ini göstermi tir. Buna kar ın, 1970'lerde ardı ardına ya anan petrol krizleri gibi uzun süreli istikrarsızlıklara kar ı AB'nin çok uzun süre direnç göstermesi mümkün görülmemektedir. Birlik, petrol ithalatının önemli bir kısmını AB üyesi olmayan Norveç'ten kar ılamaktadır. Bununla birlikte, bu ülkenin mevcut rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle AB'nin petrol ithalatında ikinci sırada yer alan Rusya ile enerji alanında sürmekte olan i birli ine büyük önem verilmektedir. AB'nin, Orta Do u ülkelerinden yaptı ı ithalatın toplam içindeki payı ise 1/3'ü geçmemektedir. Bu a ırlılı ın gelecekte daha da artması muhtemel görülmektedir.

2005-2030 döneminde AB'de gerçekle mesi muhtemel senaryoya göre, enerji talebinin sektörel da ılımına baktı ımızda a ırlılı ın ula tırma ve sanayi sektörlerinde olaca ı görülmektedir. Bu sektörlerdeki 2005-2030 döneminde enerji talebinin artı oranları sırasıyla % 23 ve % 20.7'dir. Birli in enerji tüketiminde önemli bir a ırlılı a sahip olan petrolün ana kullanım alanı ula tırma sektörüdür. Yıllık tüketimin 2/3'ü bu sektörde gerçekle mektedir. Ayrıca, ula tırma sektörü üretim ve pazarların



bütünle tirilmesi sürecinde önemli rol oynamaktadır. Ancak, AB hem çevre kirliliğine neden olması hem de alternatif enerji kaynakları kullanımının önündeki teknolojik engellerin petrol bağımlılık yaratması sebebiyle ulaştırma sektöründe raylı taşımacılığın kullanımını teşvik etmektedir.

AB, genişleme ile birlikte yeni katılan ülkelerin birbirlerinden kopuk ve nispeten küçük olan enerji piyasalarını birleştirerek verimliliği artırmaya çalışmaktadır. Enerji (elektrik ve doğalgaz) piyasalarının birbirlerine bağlanması ve enerji piyasalarının (elektrik ve doğalgaz piyasaları) serbestleştirilmesi yoluyla, AB çapında bir enerji piyasası oluşturulması hedeflenmektedir.

AB, enerji tüketiminde de verimliliği artıracak teknolojik gelişmeleri desteklemeyi planlamaktadır. Böylece, daha az enerji tüketilerek dışa bağımlılığın azaltılması ve çevrenin korunması beklentilerinin karşılanması hedeflenmektedir (D E).

## KONUTLARDA UYGULANAN ISI YALITIM S STEMLER

### 3.1 Giri

Dünyada günümüzde enerji tasarrufu özellikle bina sektöründe önemle üzerinde durulan bir konudur. Geli mi ülkelerin hiç birinde, ülkenin enerji darbo azına giriyor endi esinin kar ılı 1, yeni enerji santralleri yapımı olmamı tır. Bunun yerine sektörlerde enerji verimlili inin artırılmasına çalı ılmı tır. Günümüzde bunun daha da kazançlı oldu u görülmü tür. Ayrıca enerji tasarrufunun artırılmasıyla, geli mi ülkelerde hava kirlili i sorununun kalmadı ı görülmektedir. Bu ülkelerin hemen hemen hepsi 1973 ilk petrol krizinden itibaren bu stratejiyi uygulayarak ülke ekonomilerine önemli katkılarda bulunmu lardır. Avrupa'da bir binanın yıllık enerji gereksinimi 100 kwh/m<sup>2</sup>'nin çok altına çekilmi tir. Ülkemizde bir binanın yıllık enerji gereksinimi ise, daha önce yapılan çalı maların sonuçlarına göre, 200 kwh/m<sup>2</sup>'nin üstüne çıktı ını göstermektedir. Bunun sonucunun ülke ekonomisine olumsuz etkisi açıktır. Ayrıca ülkemizde ya anan enerji darbo azının da önemli sebeplerinden biridir. Bu a ırı tüketimin a a ı çekilebilmesi için; binalarda ısı yalıtımının uygulanması ve do al ya da mekanik havalandırmalardan kaynaklanan ısı kayıplarının azaltılmasının sa lanması gerekmektedir.

Ülkemizde ısı yalıtım uygulamalarının istenilen seviyede olmamasının yanı sıra, uygulamalarda önemli hatalar yapılmakta ve sistemin performansını önemli ölçüde azaltmaktadır. Isı yalıtımının uzman bir ekip tarafından do ru bir teknikle uygulanması, amaca uygun yeterli kalitede malzeme ve donanım sayesinde bu sorunun önüne geçilebilecektir. Detaylarda ise, kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin ekonomik yalıtım kalınlı ı, minimum yatırım maliyeti ile maksimum enerji tasarrufu sa layabilecek kalınlıktır. Bu da malzemenin ısıl özelliklerine, malzeme ve uygulama maliyetine, iklime ve enerji fiyatlarına ba lı olarak de i ebilmektedir.

Neticede yapıların ısıtılması (so utulması) konusunda gere inden fazla enerji harcanmakta, yapı konforu azalmakta, çevre kirlili i ve i letme maliyeti artmakta bu da ülke ekonomisine büyük zararlar vererek gereksiz döviz kaybına neden olmaktadır. TS 825'e göre ısı yalıtım kurallarına uygun detayların yapılarda uygulanması konusunda ba ta e itimcilere, yerel yönetimlere, mimar-mühendislere, yapı sahiplerine, basın yayın kurulu larına büyük görevler dü mektedir (Koçu ve Korkmaz, 2003).

### 3.2 Isı Yalıtımı

Kış aylarında soğuk dış hava ile bina içerisindeki ısıtılmış havanın arasında oluşan büyük sıcaklık farkı sebebiyle, bina içerisindeki ısı süratle bina dışına doğru hareket eder, çatıdan, pencereden ve büyük miktarda duvardan kaçar.

Dışarı kaçan ısının yerini doldurmak için, daha çok enerji harcarız. Bina dışı duvarlarında, dışarıdan bir ısı yalıtımı uygulaması var ise, dışarı doğru kaçmaya çalışılan ısı, yalıtım levhalarından az geçer, dolayısıyla iç havayı sürekli ısıtmaktan kurtuluruz. Isıtmak için sarf edeceğimiz yakıt önemli ölçüde azalır. Bu durum hem bireysel ekonomiye, hem devlet ekonomisine hem de hava kirliliğinin azalmasına büyük katkı sağlanmaktadır.

Bu arada bina dışı duvarını dışarıdan yalıtırken, çatı ve pencereler için de gerekiyorsa bodrum tabanı üzerinde tedbir alınmalıdır.

Isı yalıtımının bir diğer faydası için şöyle bir örnek verebiliriz; Bir otomobilin arka camı düdüklü tünde, kış günlerinde arabanın içi ısıtıldığı zaman içerideki su buharı dışı havanın etkisiyle soğuk olan arka cam üzerinde terleme yapar ve bir süre sonra su tanecikleri süzülür. Bunu önlemek için cam (içerisinden geçen elektrik telleri vasıtasıyla) ısıtılır ve terleme biter.

Aynı olay bir bina için düşünülrse, yalıtılmamış bir binada dışı duvarlar kış aylarında (özellikle kuzey cephelerinde) soğuk olmaktadır. Çamkanda oluşan sıcak su buharı (insan nefesi, mutfak, banyo v.s) soğuk duvarlar üzerine yoğunlaşmakta ve duvar yüzeyinde rutubet ve küf oluşmakta ve hatta duvardan sular akmaya başlamakta ve dışarıdan yağmur sularının içeri girdiği zannedilmektedir. Bunu önlemek, dışı duvarın sıcak olması sağlanmalıdır (Da söz, 1999).

#### 3.2.1 Isı Yalıtımının Amacı

Sıcaklık etkilerinden yeterli olarak korunma, sağlıklı ve uygun bir iç iklimsel çevrenin oluşmasını sağlamak, binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamak ve enerji tasarrufunu artırmakla mümkün olur. Sıcaklık etkilerinden yeterince korunma, hacmi çevreleyen yapı bilemlerinin yüzeylerinde su buharı yoğunlaşmasını önler. Bilemlerde sıcaklık değişimlerinin oluşturduğu hareketleri küçültür ve böylece yapıda bu olaydan ileri gelebilecek zararları önleyerek yakıt giderlerini azaltmakla birlikte, binanın bakım ve onarım giderlerini de azaltır. Duvarın iç ve dış yüzeylerindeki ısı farklılıklarını en aza indirerek, terleme sonucu oluşan küflenme ve siyah lekelerin oluşmasını önler, böylece sıva, boya ve duvar kaplamaları korunmuş olur. Bu

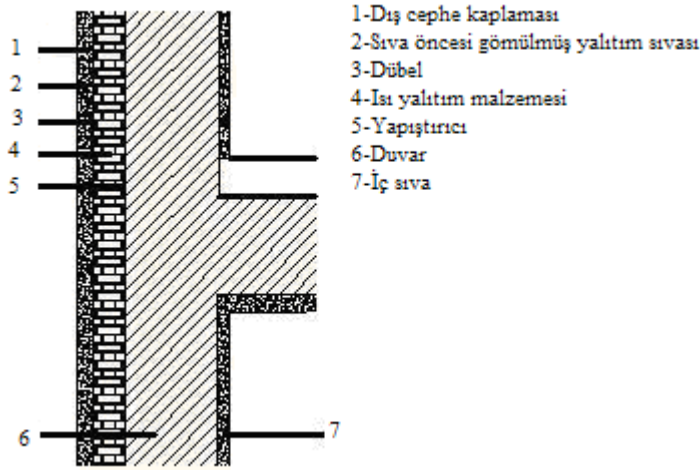
etkileri göz önünde bulundurarak, ısı yalıtımının gerekçeleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Yazın aşırı sıcaktan, kışın soğuktan korumak.
- Bina içinde ve duvar yüzeyinde soğuk noktaları önlemek, homojen bir sıcaklık ve konfor elde etmek.
- Binaların dış kabuğunu ve yapı elemanlarını büyük ısısal gerilmelerin ve rutubetin tahribinden korumak (Dış kabukta oluşan ısısal farklılıklar tonlarca yüklenmeye sebep olur ve gerilmeler ve çatlama yapabilmektedir).
- Yolu ısıyı önlemek ve terasta su yalıtımını ısısal tahribattan korumak.
- Hava kirliliğini azaltmak
- Gerek ısıtmada gerek soğutmada (klimada) yakıt ve enerji masraflarından ve işletme giderlerinden tasarruf sağlamak.
- Isı yalıtımı ile ısı kaybı ve kazanç azaldığından ve dolayısıyla daha küçük ısıtma soğutma cihazı ve armatürleri kullanılacağından ilk yatırım maliyetini azaltmak.
- Doğal kaynakların tüketimini azaltarak gelecek nesillere de bırakabilmek için gereklidir (Polipan, 2006).

### 3.3 Duvarlarda Isı Yalıtımı

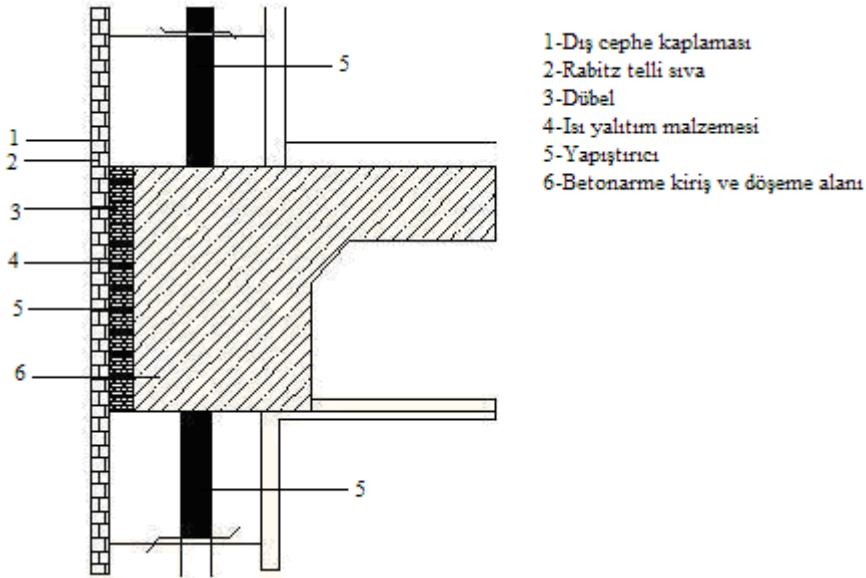
Duvarlarda yapılacak ısı yalıtımı için malzeme seçimi ve seçilen malzemenin kalınlığı en önemli iki faktördür. Seçilecek olan malzemenin bünyesine kesinlikle su almaması, buhar difüzyon direncinin yüksek olması, üzerine doğrudan sıva uygulanabilirliği, basınç ve darbeye karşı dayanımının yüksek olması ve ısı iletim katsayısının çok düşük olması gerekmektedir. Ayrıca, ısı yalıtım kalınlığı seçilirken yalıtım sorununun önlenmesi için gerekli hesapların mutlaka yapılması gerekir.

### 3.3.1 Dı tan Isı Yalıtımı



ekil 3.1 Dı tan ısı yalıtım detayı ( zoder)

Isı yalıtımı, binayı çevreleyen kabuk yani dı duvarın dı yüzeyine uygulanır. Bina dı kabu unu ısıl gerilimlerden koruyarak bina ömrünü uzatır ve ısıtma sistemi kapatıldıktan sonra özellikle konutlarda konfor artlarının devamını sa lar.

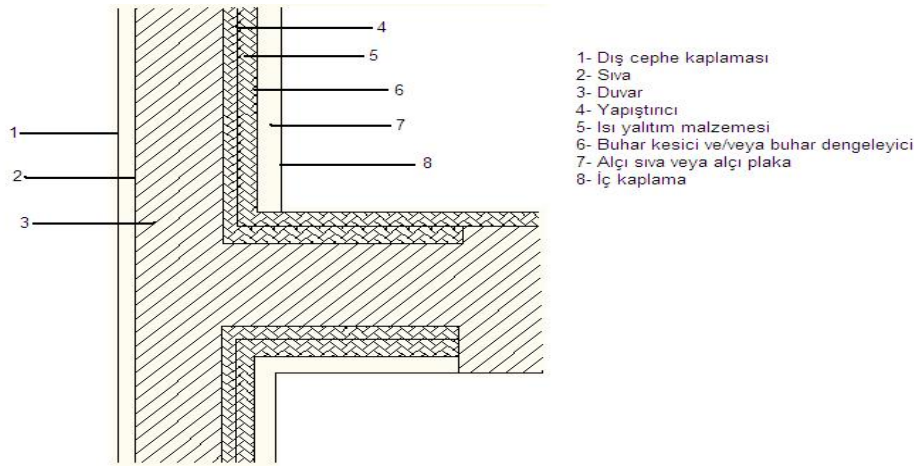


ekil 3.2 Kiri önü ve sandviç ısı yalıtımlı detay ( zoder)

Dı tan uygulamada, yalıtım levhaları, duvar yüzeyine reçine katkılı çimento esaslı harçlar ile yapı tırılır. Daha sonra, 1 m<sup>2</sup>'ye 6 adet gelecek ekilde plastik çivili yalıtım dubelleri ile mekanik tesbiti yapılır. Yapı tırmada kullanılan harç ile ince bir sıva yapılır. Bu sıvanın üzerine tüm duvar yüzeyini kaplayacak ekilde alkaliye dayanıklı

cam elyafı file tatbik edilir. Daha sonra, üzeri tekrar sıvanır ve sıva kurduktan sonra boyanarak bitirilir. Bu uygulamada sıva kalınlığı asgari 5 mm olmalıdır.

Havalandırılmalı giydirmeye cephelerde, yanıcı ısı yalıtım malzemeleri kullanılıyorsa, her kat hizasındaki mineral yün yangın bariyerlerine ilave olarak her kat döşemesi hizasında metal yangın kesici bantlar kullanılması faydalı olacaktır. Geçirimsiz dış kaplama ile ısı yalıtım malzemeleri arasında mutlaka havalandırma boşluğu bulunmalı ve muhtemel yağmur suyu için drenaj imkanı sağlanmalıdır. Yanıcılık sınıfı A1, A2 ve B1 sınıfı ısı yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Yangına dirençli tespit elemanları ve her kat hizasında 100 mm'lik bant halinde mineral yün yangın bariyerleri takviye edilmelidir. Yağmur suyu sızmasına karşı, kaplama arkasında bir membran kullanılıyorsa mutlaka buharı dışarı atan, suyu iç tarafa geçirmeyen (nefes alan su yalıtım membranı) bir membran kullanılmalıdır.



ekil 3.3 çten ısı yalıtımlı duvar ve köşe detayı (zoder)

Oturulmakta olan binalarda dış duvarlara iç taraftan ısı yalıtımı yapılması daha kolay ve ekonomiktir. Bu uygulamalarda mineral yünler ekstrüde polistren uygundur. Dış duvarlarda radyatör arkasındaki ısı kayıpları da önemlidir. Radyatör arkalarına yansıtıcı ısı yalıtım levhaları konularak yaklaşık % 5 yakıt tasarrufu sağlanabilir.

### 3.3.1.1 Kolonlar Arası Duvar

Bina taşıyıcı iskeletini oluşturan dış kolon ve kirişlerin arasına duvarların yerleştirilmesi uygulama açısından kolaylık sağlamakla birlikte, önlem alınmaması durumunda fazla ısı köprüsü oluşması nedeniyle yetersiz bir çözümdür.

### 3.3.1.2 Havalandırmaz Duvar

Duvar gövdesi veya ısı yalıtımı üzerine boşluk bırakmadan doğrudan dış kaplama uygulaması havalandırmaz duvar olarak tanımlanabilir. Bu durumda geride sızıntı veya yoğunlaşma suyu uzaklaştırılacak veya kurumasını sağlayacak bir hava boşluğu bulunmaması nedeniyle, en dış katmanın tümüyle su geçirimsiz olması beklenir. Ayrıca, yoğunlaşmanın oluşmasını da engellemek gerekmektedir.

### 3.3.1.3 Isı Yalıtımsız Duvar

Kalınlığı ve katmanları açısından duvarın, su yalıtım özelliklerinin yeterli olmasının yanında taşıyıcı sistemin de aynı düzeyde yeterli olması gerekmektedir. Bu yönden dış kiriş ve kolonlar ısı köprüsü oluşturmakta ve yoğunlaşma neden olmaktadır.

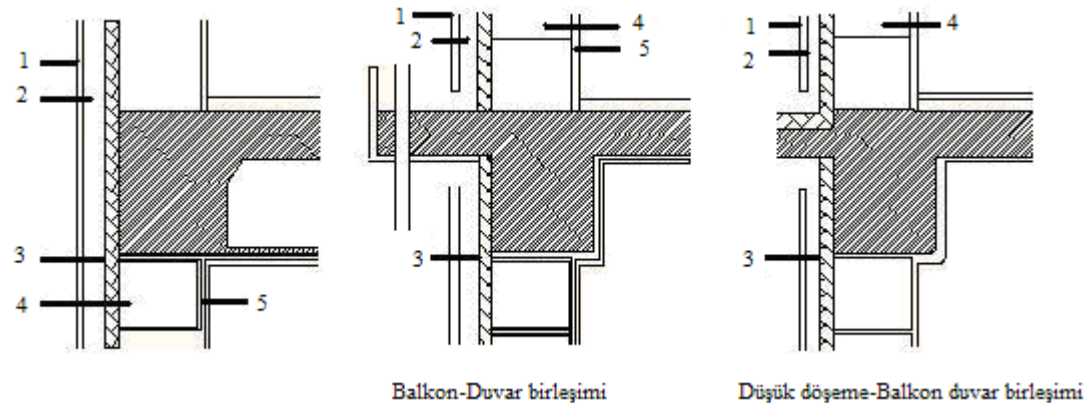
### 3.3.1.4 Kiriş Isı Yalıtımlı Duvar

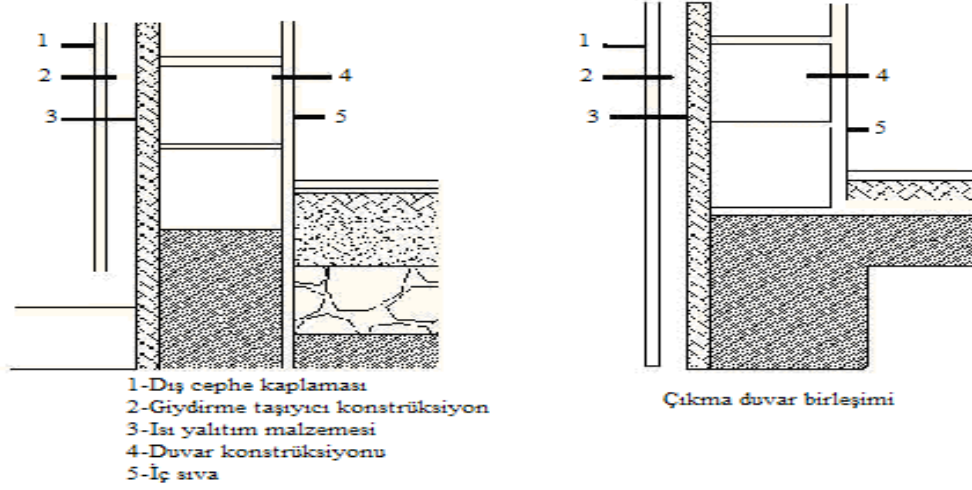
Duvar gövdesi kendisinin ısı yalıtımı açısından yeterli olması durumunda yalnızca taşıyıcı elemanların dış yüzeyine yalıtım uygulamasıyla yetinmek mümkündür. Duvarın kiriş kenarından ısı yalıtımı kadar dışarıya taşınmasıyla yapılır. Duvar kaplaması ve taşıyıcı eleman yalıtım malzemesi arasındaki derz üzerinde sıva donatısı kullanılması çatlakların önlenmesi açısından gereklidir.

### 3.3.1.5 Tam Isı Yalıtımlı Duvar

Isı köprüleri bu çözüm yoluyla tümüyle giderilir. Aynı zamanda duvar kalınlığı azaltılmış ve ısı depolama kapasitesinden yararlanılmış olur. Diğer taraftan kat kullanım alanı artar.

### 3.3.1.6 Havalandırmalı Duvar





ekil 3.4 Havalandırılmalı duvar detayı ( zoder)

Dış kaplamadan sızan ya da su buharının yoğunlaşması sonucu oluşan suların uzaklaştırılması, duvar içinde sürekli bir boşluk oluşturularak gerçekleştirilebilir. Duvarın tepesinde ve dibinde bırakılacak aralıklar veya delikler su çıkışını ve hava girişini sağlar. Bu boşluk aynı zamanda sıcak bölgelerde gölgeleme levhalarını de yüklenir. Isı yalıtımı açısından boşluk içinde bir ısı yalıtım katmanı da bulunmalıdır.

### 3.3.1.7 Yalıtımlı Dış Kaplamalı Duvar

Her kat düzeyinde yatay çelik profiller yardımıyla tabanabilen cephe tuşası gibi kâğıt kaplamalar belli aralıklarla plastik veya metal kenetlerle ısı yalıtımının arasından iç duvar örgüsü ile birleştirilebilir. Yine her kattaki en alt ve üst örgü sırasında su boşaltma ve havalandırma amacıyla tuşalar arasında boşluklar bırakılır.

### 3.3.1.8 Izgaralı veya Profilli Levha Kaplamalı Duvar

Taşıyıcı sistem önüne yerleştirilen bir cephe ızgarası üzerine kaplama yapılabilir veya trapez/ondüle levhalar kaplama olarak kullanılabilir. Isı yalıtımı ızgaranın dikme veya kayıtları arasında yer alır. Böylece cephe kalınlığı ile birlikte ağırlığı da yalıtım kaplamaya göre azalır.

### 3.3.1.9 Dış Kaplamalı Isı Yalıtımlı Duvar

Önceki çözümlerden farklı olarak burada ısı yalıtımı dış kaplamaya bitirilir ve hava boşluğunun dış tarafında bulunur. Sıcak bölgelerde boşluktaki havanın kaplama yoluyla ısınmasını engelleyerek serinlemeyi sağlar.



### 3.3.1.10 Kolonlar Önü Duvar

Kolonların duvar arasında kalarak ısı köprüsü oluşmasını önlemek üzere, döşeme kenarı kirişten sonra dışarı doğru uzatılarak, duvarlar kolonların önüne yerleştirilebilir. Böylece, yalnızca yatay düzlemde söz konusu döşeme uzantısının aldığı ısı köprüsü durumunda kalır. Buna karşılık duvarlarla geride kalan kolonlar arasında kenetler yardımıyla yanal yükler açısından bağlantı sağlanmalıdır. Ayrıca belli aralıklarla duvarda hareket imkânı sağlayan dikey derzler bırakılmalıdır. Aşağıdaki çözümler ayrıca havalandırılmalı olarak da düzenlenebilir.

### 3.3.1.11 Isı Yalıtımsız Duvar

Isı köprüsünün alanı cephe üzerinde en aza indirgenmesi olması nedeniyle soğuk bölgelerde ek yalıtıma ihtiyaç duyulmayabilir.

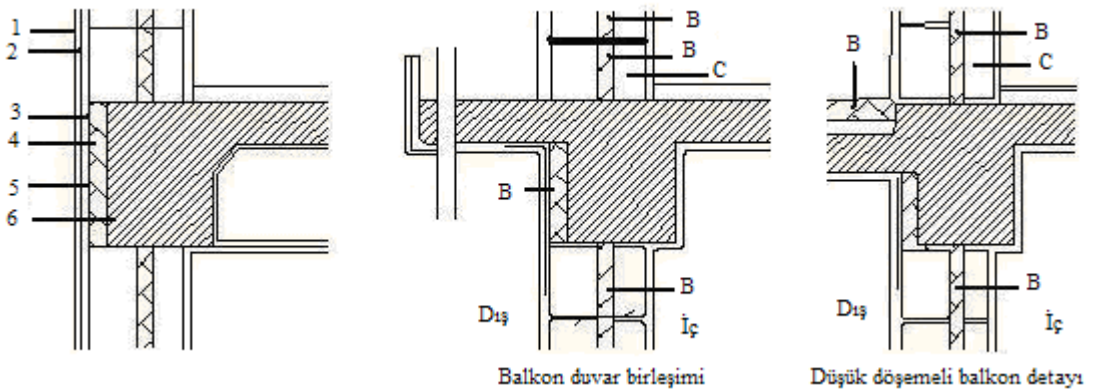
### 3.3.1.12 Kenar Isı Yalıtımlı Duvar

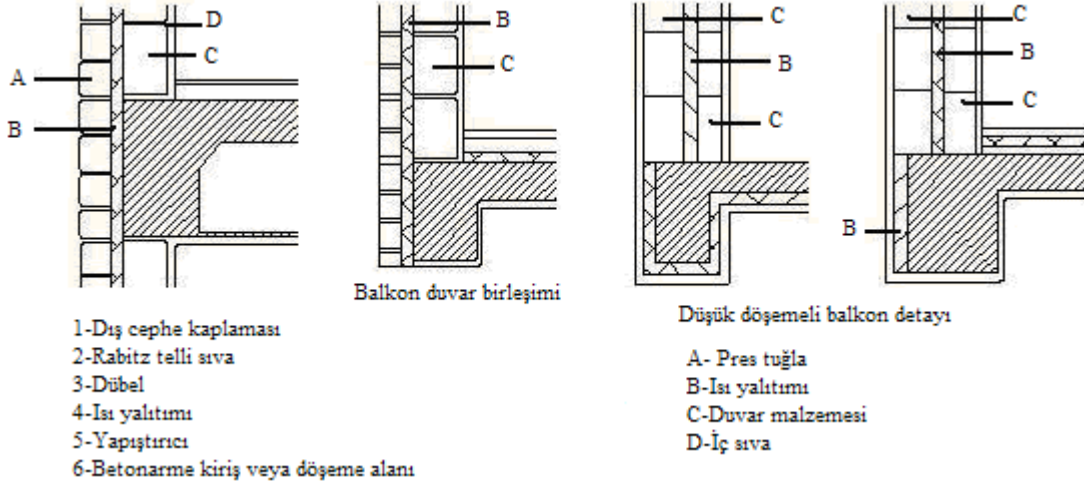
Döşeme uzantısının altına ısı yalıtımı yerleştirilmesiyle tüm ısı köprüleri giderilmiştir. Duvar, daha önce olduğu gibi ısı yalıtım katmanını kalınlığı kadar döşeme kenarından dışarı çekilir.

### 3.3.1.13 Tam Isı Yalıtımlı Duvar

Yukarıda açıklanan her iki çözümün birleştirilmesiyle yeni bir çözüm elde edilir. Böylece tam duvar kalınlığı azaltılmış hem de ısı köprüleri ortadan kalkmıştır.

## 3.4 Dış Duvarlarda Ortadan (Sandviç) Isı Yalıtımı





ekil 3.5 Sandviç duvar yalıtım detayı ( zoder)

ki masif yapı kabu u ve bunların arasında yer alan ısı yalıtım katmanının olu turdu u çift kabuk dı duvar sistemi "ortadan ısı yalıtımlı dı duvar" olarak adlandırılabilir. Ortadan ısı yalıtımlı dı duvarlar iki de i ik ekilde uygulanabilir. Bunlar, birbirinden dü ey hareketli bir hava katmanıya ayrılma iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından olu an çift kabuk dı duvar sistemi (havalandırmalı-so uk) ve iki masif duvar ve ısı yalıtım tabakasından olu an hava bo lu u içermeyen çift kabuk bir duvar sistemidir.

Her iki sistemde, dı ve iç kabuk aynı veya ayrı masif yapı malzemelerinden örülür veya yapılır. Genellikle beton blok ve briketler, dolu tu la, pres tu la, klinker tu la vb ile do al ta , beton gibi alı lıgelmi malzemeler kullanılır, iç ve dı kabuk yalnız tu lalardan olu turulabildi i gibi kabuklarda birisi, tu la vb di eri beton, briket vb olabilir veya her iki kabuk betondan yapılır.

Ortadan ısı yalıtımlı dı duvarlarda, camyünü, ta yünü, ah ap yünü, koyunyünü, mineral lifli plak ısı yalıtım malzemeleri, EPS ve XPS sert köpük, poliüretan sert köpük, genle tirilmi üre formaldehit köpük vb plak üreten ısı yalıtım malzemeleri, cam köpü ü ya da genle tirilmi perlit veya verniküit, bims vb taneli yalıtkan dolgu malzemeleri ısı yalıtım malzemeleri olarak kullanılmaktadır. Ancak, taneli dolgu malzemeleri daha çok havalandırmaz dı duvarlar için uygun olan ısı yalıtım malzemesidir.

Ortadan ısı yalıtımlı dı duvarlarda, iç ve dı kabuk arasında yapısal bir ba lantı yoktur. Bununla beraber her iki kabu un mekanik dayanım açısından birlikte çalı ması gerekir. Bunun için, iç ve dı masif katman yeterli sıklıkta metal ba larla birbirine ba lanır. Ba lanma, duvar örülürken, ba ların bir ucu dı , di er ucu iç katmana ve

kar ılıklı aynı düzlemdeki derzlere veya iç ve dış kabukta boşluklara sokularak bağlanır. Bağlar için en uygun metal, bakır, bronz, galvanizli demir ve paslanmaz çeliktir. Bağlantı için çok değişik boyut ve biçimlerde paslanmaz çelik köşebentler ve özel bağlantı elemanları üretilmektedir.

Ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlar hem iskelet ve hem de yapıya uygulanmaktadır, iskelet yapılarında kabukların her ikisi ince olabileceği gibi biri kalın (iç kabuk), diğeri ince olabilir. Yapıya yapılarında ise statik açıdan daha kalın duvarların yapımı gerektiğinden kabuklardan birisi özellikle iç kabuk diğeriinden daha kalın olarak inşa edilmektedir.

Havalandırılmalı çift kabuk dış duvar sistemlerinde yer alan katmanında herhangi bir hapsedilmişlik, durgunluk ve nem depolama niteliği olmayıp aksine bir serbestlik, sürekli bir hareket, dolayısıyla da nem tahliyatı ve yapıdan aldığı nem beraberinde yapıdan uzaklaştırıcılık gibi olumlu nitelikler söz konusudur. Burada yapı bileşeni hem konstrüksiyon hem de seviye yönünden hareketli hava katmanı tarafından ikiye bölünmüştür. Aynı şekilde havalandırılan hava katmanının ısı artları dış ortamla aynı kabul edilir.

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırılmalı çift kabuk dış duvarlarda dış kabuk en az 9 cm, iç kabuk ise en az 11.5 cm kalınlığında olmalıdır, iki kabuk arası en fazla 15 cm'dir. Hava tabakasının en az kalınlığı 4 cm'dir. Isı yalıtım tabakası ise en fazla 11 cm kalınlığındadır.

Havalandırılmadığı duvarlarda, sistemi oluşturan tüm malzeme katmanlarına ait nemsal ve ısı dirençler birbiri arkasından kesintisiz sıralanmaktadır. Bu tür dış duvarlarda rüzgâr etkisi altındaki yağmur suyu geçirimsiz dış kabuk ve derzler yoluyla konstrüksiyona girebilir. Bu su, hem don hasarına ve hem de dış kabuğun iç yüzeyi ile temas halinde olan ısı yalıtım malzemesinin nemlenmesine neden olabilir.

Isıl konfor arttıran bu duvarlarda soğuk dönemde iç kabuk sıcak, don bölgesinde bulunan dış kabuk ise soğuktur. İç kabuk yavaş, dış kabuk ise hızla soğur. Çiğ noktası ısı yalıtım tabakasının içindedir. Sıcak dönemde ise dış kabuk çok hızla ısınır. Tahliyat niteliğindeki iç kabuk dış kabuk tarafından korunduğu için yüksek sıcaklıkların etkisi altında değildir. Sıcak dönemde ısı akımına paralel olarak gelen buhar akımı sonucu, su buharı ısı yalıtım tabakasında yoğunlaşır ve yoğunlaşma genellikle düzlemseldir. Tahliyat duvar yıllık sıcaklık farkı nedeniyle çok az genleşir. Dış kabuk, yüksek ısı genleşmelerinin etkisi altındadır ve iç kabuğun ısı depolama yeteneği yüksektir.

Havalandırılmalı sistemde dış kabuk için kullanılacak masif yapı ta larının don etkisine dayanıklı olması ve su geçirmez (sıkı) nitelik ta ıması, buna kar ılık iyi bir kılcal emicilik gücüne sahip olması, yani iyi bir nem depolayıcı olması gerekir. Bu malzemeler, buhar kesicilik özelli i de ta ıyabilir. Bu durumda, kapalı ortamdan difüzyon yoluyla gelen su buharı hareketli hava katmanına eri ir eri mez buradaki hava akımı ile derhal uzakla tırılacaktır. Havalandırılmalı dış duvar sistemi, her yerde kolayca kullanılmayan en hassas ısı yalıtım malzemelerinin (örne in: son derece dü ük yo unluktaki camyünü vb) istenilen düzeyde ısı iletkenlik de erleri içinde ve sa lıklı olarak kullanılmasına imkân vermektedir. Burada kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin tam anlamıyla buhar geçirgen olmasında hiç bir sakınca yoktur. Ancak, bu sistemde cam köpü ü vb difüzyon direnci yüksek ısı yalıtım malzemeleri kullanılacaksa, bunlar açık derzli olarak uygulanmalı ve iç kabuk iç yüzeyine yakın bir bölgede güçlü bir buhar kesici katman ile birlikte yer almalıdır. Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırılmalı dış duvarlarda bo luk tabanında, olası yo u ma ve kabuktan sızabilecek ya mur sularının her iki kabu a zarar vermeden serbestçe dışarı atılmasını sa layan bir sızdırmazlık katmanı uygulanmalı ve bu katman hava giri delikleri ile optimum düzeyde ba da tırılmalıdır.

Havalandırılmasız sistemde genel olarak su buharı difüzyon direnci yüksek yapı ta ları dış kabukta kullanılmamalıdır. Buhar difüzyonuna imkân sa layan bu yapı ta ları suyu bünyesine almamaktadır. Isı yalıtım malzemeleri ise su buharı geçirgen özellikte olmalıdır. Bu tür dış duvarlarda, dış kabuk uygun nitelikte malzemeler ile olu turulmamı ve derzler dâhil, dış yüzeyi su geçirimsiz kılacak önlemler alınmamı ve uygulama hataları yapılmı sa rüzgâr etkisi altındaki ya mur suyu geçirimli dış kabuk ve derzler yoluyla konstrüsiyona girebilir. Bu su, hem don hasarına yol açar hem de iç kabu un iç yüzeyi ile temas halinde olan ısı yalıtım malzemesinin nemlenmesine neden olur.

Poliüretan, ekstrüde veya ekspanded polistren sert köpük vb gibi kapalı gözenekli ısı yalıtım malzemeleri kuvvetli ya mur etkisinde derzlerinin dış ında pratik olarak bünyesine nem almaz. Ta yünü, camyünü vb mineral lifli plaklar, genle tirilmi üreformatdehit köpü ü veya hidrofob genle tirilmi perlit vb gibi açık gözenekli ısı yalıtım malzemeleri ise bünyesine dış kabu a kom u yüzeylerinden nem alabilir. Isı yalıtım malzemesinin tamamen nemlenmesi durumunda nem bu tabakaya iç yüzünden kom u iç kabu a da girebilir ve onun da nemlenmesine yol açabilir. Bu açıdan bakıldı ında, havalandırılmasız dış duvarda, pratik olarak, su emmeyen kapalı gözenekli

sert köpükler veya hidrofob (su itici) özelli i ile su emicili i azaltılmı olan ısı yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Her iki durumda da duvar tabanında sa lıklı bir sızdırmazlık katmanı uygulanmalı ve bu katman hava giri delikleri ile ili kilendirilmelidir.

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dı duvarlarda su buharı difüzyonu sonucu genellikle yo u ma görülür. Isı iletim katsayısı aynı olan ısı yalıtım malzemelerinin yüksek buhar difüzyon direncine sahip olanlar, dü ük dirençlilere göre daha az yo u ma riski ta ır. Yo u ma sonucu olu an nem miktarı, dü ük buhar difüzyon dirençli mineral lifli plakalarda daha fazla, yüksek dirençli yapay sert köpük plaklarda ise daha azdır. Bu açıdan da, ısı yalıtım malzemesi olarak, duvar bünyesinde yo u maya izin verilse bile, kapalı gözenekli sert köpük plaklar kullanılabilir.

Plak türünden ısı yalıtım malzemelerinin kullanıldı ı durumlarda atmosferik yüklerden koruyucu dı kabuk için, nispeten dü ük difüzyon dirençli bir malzeme (1/2 normal dolu tu la vb) öngörülürken, ısı yalıtımının dökülerek veya doldurularak uygulandı ı duvarlarda masif dı kabu un difüzyon direnci nispeten yüksek malzemedan (1/2 dolu klinker tu la vb) seçilmesi gerekir. Isı yalıtım katmanının dolgu malzemesinden olu ması, duvar tabanında sa lıklı bir sızdırmazlık ve sudan arınım sisteminin uygulanmasını zorunlu kılar.

Ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırılmalı çift kabuk dı duvarlar, ya mur geçi inin önlenmesi ve yapı içindeki su buharının yo u maya neden olmadan dı arı atılması yönünden uygun olan yapılardır. Bu sistem ısı geçirgenlik direnci yüksek, buhar geçirgenlik direnci dü ük ısı yalıtım malzemeleri ile kullanılmalıdır. Yapım sırasında, hava giri ve çıkı deliklerinin bırakılmı olması ve duvar diplerinin su geçirmezlik malzemeler ile donatılması gerekir.

Ya mur etkisi ve difüzyon tekni i açısından problemlı olan ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dı duvarlar pratikte çok ancak, bilinçsizce uygulanan bir detaydır.

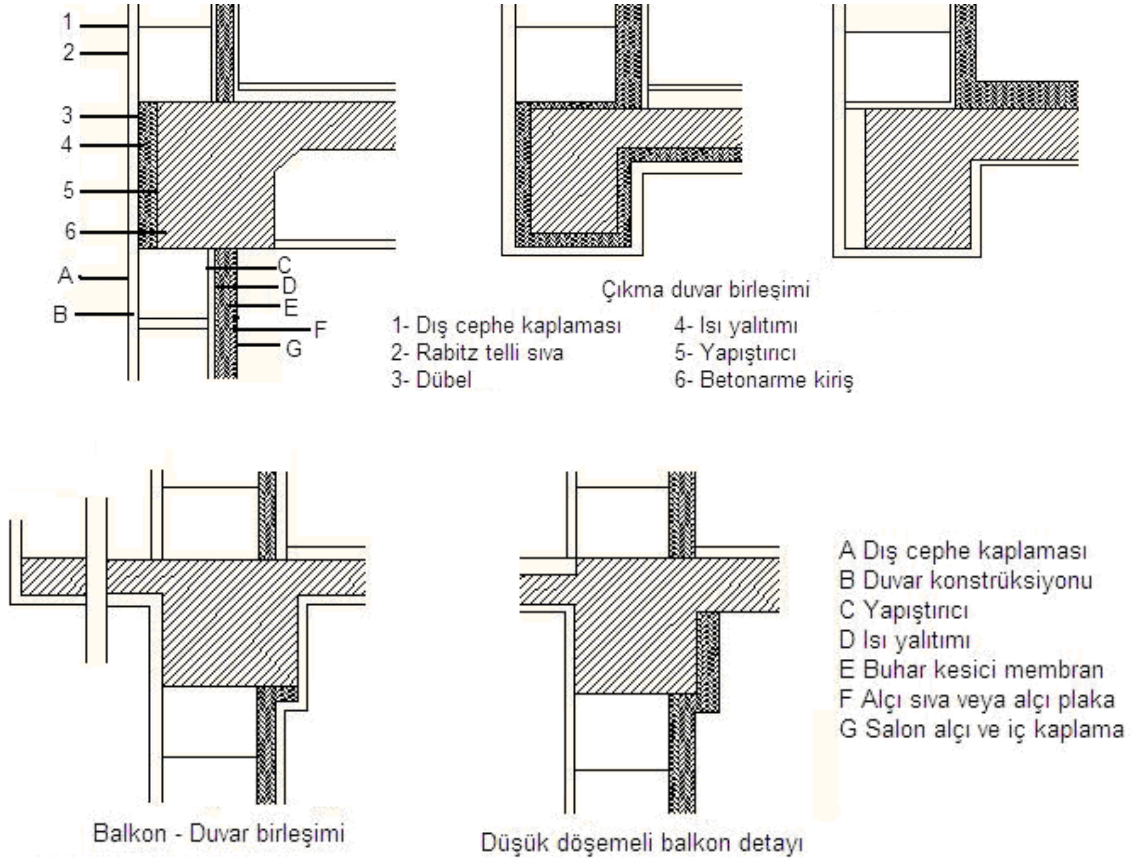
Bu sistemde yeterli performans ancak bir dizi önlem alınarak sa lanabilir. Hidrofor özellikteki dökme perlitli ısı yalıtım tabakasının kalınlı ı en az 5 cm olmalıdır. Mineral lifli, yalıtım malzemeleri kullanılacaksa, konstrüksiyon, uygulama esnasında neme kar ı korunmalıdır. Ya mur ve su buharı etkilerine kar ı nem emmeyen kapalı gözenekli sert köpük plak veya su itici nitelikteki yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır. Nemsel etkenlere açık dı kabu un ısı geçirme de erinin hesaplanması ve bunun ısı korunumu açısından de erlendirilmesi gerekir.

Ya mur suyu etkilerine kar ı duvar diplerine sa lıklı bir sudan arınım sistemi olu turulmalı ve bu bölgeye su geçirimsiz malzeme uygulanmalıdır. Havalandırmaz duvarların farklı iç ve dı kabuk ve farklı ısı yalıtım malzemesi seçenekleri ile difüzyon kontrolü yapılmalı ve alınan sonuçlara ba lı olarak kullanım açısından bir karara varılmalıdır.

### 3.5 İçten Isı Yalıtımı

Duvarların içten yalıtılması yo u ma riskinin yüksek oldu u uygulamalar olup yo u ma kontrolü yapılmalıdır. Isı yalıtımının sıcak tarafına buhar kesici uygulanmalıdır. Buhar kesici tabakanın ek yerlerinde buhar kesici bantlar ile geçirimsizlik sa lanmalı, tespit elemanları ile delinmemelidir.

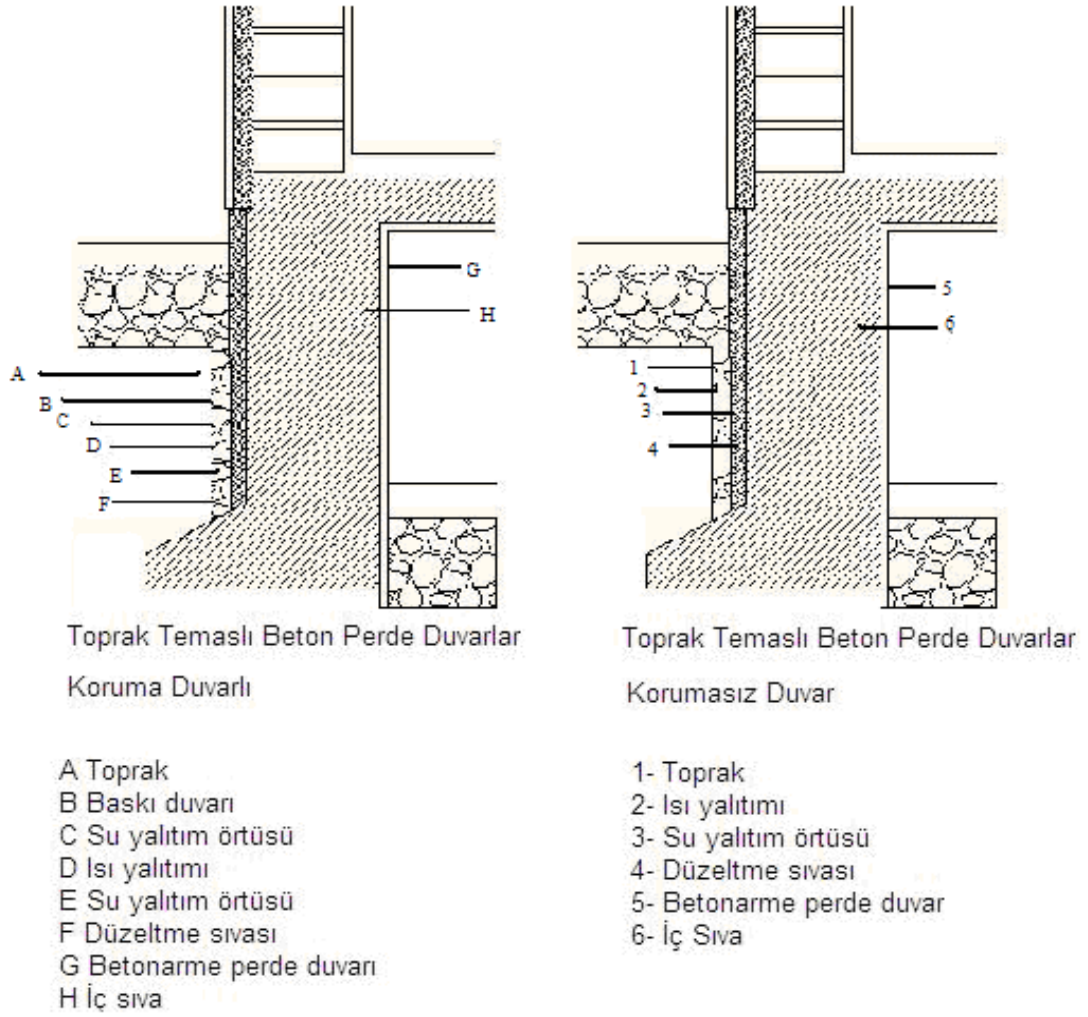
Isı yalıtım malzemesi sürekli olarak uygulanmalı, ısı köprüsü olu turacak profil vb tespit elemanlarından kaçınılmalıdır. Kat dö emeleri ile birle imlerde ısı köprüleri elimine edilecek ekilde ısı yalıtımı uygulanmalıdır. Duvar bünyesinde bulunan kolon, kiri , hatıl vb tüm yapı elemanları dı tan ısı yalıtımı ile kaplanmalıdır. Buhar kesici tabakalar mümkünse tavan ve dö emelere dö ndürülmelidir. Isı yalıtım malzemesinin sıcak tarafında bulunan tabakaların, buhar difüzyon direnç katsayısı, so uk tarafta bulunanlardan 5 kat daha yüksek olması durumunda yo u ma önlenebilir ve buhar kesiciye gerek yoktur. Yalıtım tabakası arkasında hava hareketi önlenmelidir. Kompozit yalıtımlı paneller kullanılıyorsa, tavan ve dö eme ile birle me noktalarında panel arkalarına sürekli yapı tırcı harç sürülmelidir. Ayrıca panel üzerinde yer alan priz vb elik çevreleri aynı ekilde kapatılmı olmalıdır. Mutfak ve banyo gibi yüksek buhar üreten hacimlerde yerlerde kayna a yakın noktada su buharı pasif bir baca veya mekanik havalandırma ile dı arı atılması sa lanmalıdır.



ekil 3.6 çten ısı yalıtım detayı

çten ısı yalıtım uygulamalarında, kat yüksekli indeki ekstrüde polistren (bo luksuz) ısı yalıtım levhaları çimento bazlı yapı tırma harcı ile duvara yapı tırıldıktan sonra ek yerlerine file bant yapı tırılıp üzerine alçı sıva uygulanarak bitirilir. Plastik çivili yalıtım dübelleri ile fiksaj yöntemi, duvar yüzeyinin uygun olmaması veya kat yüksekli inin 3 m'yi a tı ı durumlarda kullanılmalıdır, içten ısı yalıtım uygulamalarında genellikle bir yo u ma sorunu ya anır. Bu açıdan, yo u ma sorununun çözümlenmesi durumunda uygulanmalıdır. Di er taraftan, dı tan ısı yalıtım uygulamalarına oranla daha ekonomik olup ısıl tutuculuk açısından da dı tan uygulananlara oranla daha dü üktür.

### 3.6 Bodrum ve Temel Perdelerde Isı Yalıtımı



ekil 3.7 Bodrum ve temel perdelerde ısı yalıtımı detayı ( zoder)

Su yalıtımı tamamlanmış olan perde veya duvara soğuk bitüm yapıştırılarak polistren ısı yalıtım levhaları hem ısı yalıtımı yapar hem de su yalıtım katmanlarını tahriplere karşı korur.

#### 3.6.1 Isıtılan Bodrum

Isıtılan bodrumlarda ise, perde, duvar ve döşemede su ve ısı yalıtımları birlikte bulunur. Özellikle soğuk bölgelerde döşemede ısı yalıtımı büyük yarar sağlar.

#### 3.6.2 Isıtılmayan Bodrum

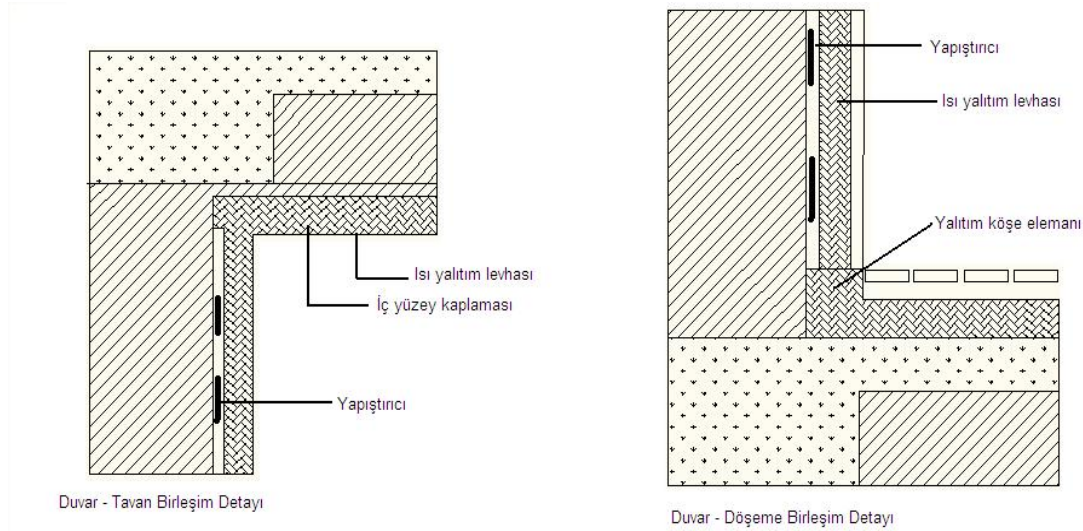
Isıtılmayan bodrumdaki ısı yalıtımı için en etkili konu, dış duvar yalıtımı ile sürekliliğin sağlanabileceği zemin kat döşemesi üst yüzüdür. Yerden ısıtma imkânı da sağlanır. Bu



konumdaki yüklerle karşı yeterli basınç ve darbe dayanımı olmalıdır. Dış duvardaki yalıtımın en az zemin donma derinliğine kadar indirilmesi gerekir. Isı yalıtımsız bodrumların perde ve döşemelerde yalnızca su yalıtımı yapılır ve drenaj ile desteklenir.

### 3.7 Döşemelerde Isı Yalıtımı

Zemin kat döşemelerindeki ısı kayıplarını azaltmak için kullanılan ısı yalıtım detaylarının çözümlenmesi, yapı kabuğunun diğer bölümlerinde uygulanan ısı yalıtım detaylarından farklılık arz etmektedir. Bunun başlıca nedeni, zemine oldukça yakın ya da doğrudan ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, zemin kat döşemelerindeki ısı yalıtımları incelenirken döşeme ve dış duvarlardaki su, buhar yalıtımları ile ilişkilerinin kurulması kaçınılmaz olmaktadır.



ekil 3.8 Döşemelerde ısı yalıtımı detayı ( zoder)

Döşemelerin altından yapılan ısı yalıtımı genellikle döşeme elemanı boyunca yatay olarak uzanır. Burada kullanılacak yalıtım malzemesi yüksek nem direncine sahip ve basınca dayanıklı sert bir tabaka olmalıdır. Eğer nem geçirmeyen tabakanın altında yer alıyorsa, zemin ya da dolgunun zararlı olabilecek etkilerinden korunmalıdır. Bu uygulamada beton döşemelerinde yalıtılırlar ve iki yolla taınırlar. Bunlar;

- Zemin ya da dolguya oturtulurlar,
- Çevre duvarlar vasıtasıyla taınırlar.

Nem geçirmez tabaka beton zeminin altında veya üstünde olabilir. Eğer betonun altında ise ısı yalıtımının altında veya üstünde de olabilir. Zeminin yüksek miktarda sülfata sahip olduğu alanlarda, nem geçirmez tabaka betonun üstünde ise, betonun

zemindeki bile enlerden etkilenmemesi için ek bir ayırıcı tabakaya ihtiyaç vardır. Bu grup uygulamada olabilecek sorunlar;

- Yapısal samlamaların ve ısı performansının azalması,
- Yapım sırasındaki zararlar,
- Isı köprülerindeki olası yollar,
- Döşemede nemin zararı ve
- Tesisatlardaki olası sorunlardır.

Taıyıcının üstünden yalıtılan zemin kat döşemelerindeki yalıtım uygulamaları, zemin döşemesi prekast kiriş ve blok döşemeler ile yerinde dökülen döşemelerde kullanılır. Isı yalıtım malzemesi sert ve üzerindeki yüke uygun olmalıdır. Yalıtım elemanı ahap esaslı döşeme kaplaması veya ahap altında yer alabilir. Bu tür uygulama yalıtılmı ahap döşeme sistemleri için de uygundur. Bu grup uygulamada olabilecek sorunlar;

- Uygulamadaki hatalar ve yapım sırasındaki zararlar,
- Nemden oluşan zararlar,
- Isı köprülerindeki yollar ve
- Tesisattaki olası sorunlardır.

Kenarından yalıtılan zemin kat döşemesi uygulamasında, ısı yalıtım tabakaları döşemenin kenarına, binanın boyut ve eğiline ve de yalıtım kalınlığına bağlı olarak 2 m'ye kadar yatay veya dikey olarak yerleştirilir. Isı yalıtım tabakası döşemenin çevresinde dikey olarak üç şekilde yer alabilir. Bunlar;

D1 duvarın iç tarafına,

- Duvar tabakalarının arasındaki boşluğa ve
- D1 duvarın dış tarafına.

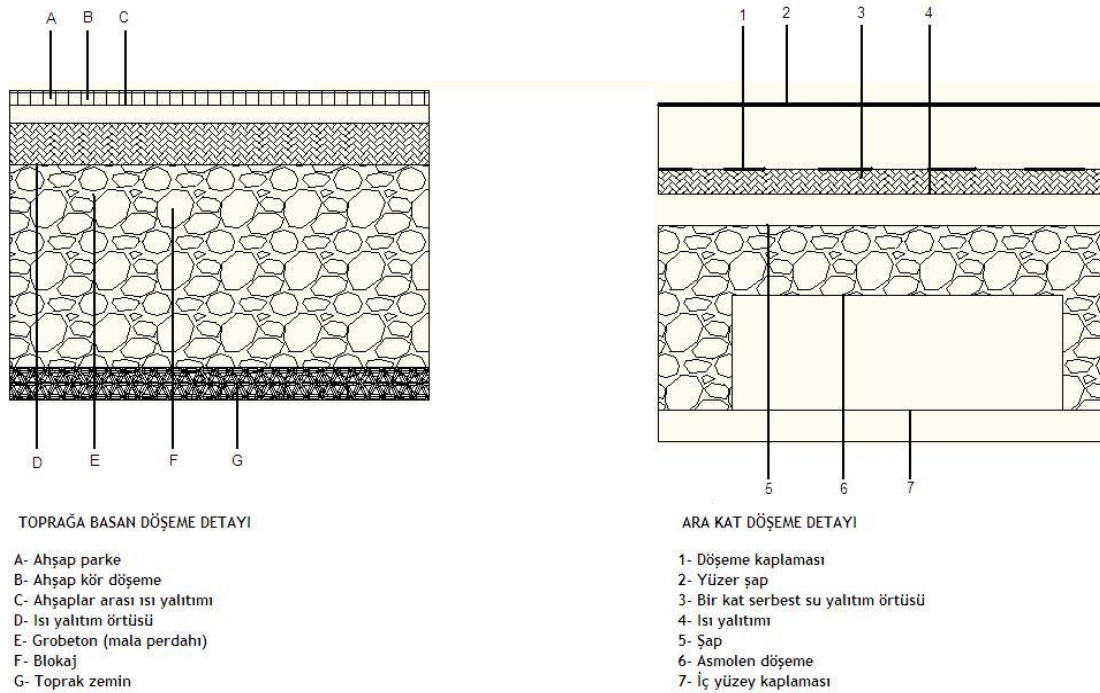
Temellerin derinlik ve tipine bağlı olarak, ısı yalıtım duvarlarda olduğu gibi temelerde de yapılabilir. Dikey yalıtımın dış taraftan uygulanması, binanın içindeki döşemeye uygulanmasının uygun olmadığı yerlerde faydalı olabilir. Fakat temel derinliğinin yeterli olduğu durumlarda temel duvarlarının dış tarafına ısı yalıtım eklenebilir. Bu uygulama özellikle yalıtım tabakasının dış duvar yalıtım tabakası ile devamlılığının sağlanması kolaylığı açısından faydalıdır. Aynı zamanda beton zemin döşemesindeki yüzey yollarına çare olarak kullanılabilir. Bu grup uygulamada olabilecek sorunlar;

- Zeminin altındaki ısı yalıtım malzemesinin ısı performansının azalması,
- Yapım sırasındaki zararlar,

- Temellerdeki taşıyıcı hatalar ve
- Isı köprülerindeki yoğunluktur.

### 3.7.1 Zemine Oturan Döşemelerde Isı Yalıtımı

Soğuk bölgelerde, binanın iç sıcaklığı ile zemin sıcaklığı arasındaki farkın büyük olması durumunda, zemin üzerine oturan döşemede ısı yalıtımı yapmak gerekir. Uygulamada, toprak üzerine 15-20 cm kalınlığında döşenen blokaj üzerine 10 cm kalınlığında grobeton dökülür. Daha sonra aşağıdan yukarıya doğru sırasıyla su ve nem yalıtımı, ısı yalıtımı, koruma harcı ve döşeme kaplaması uygulanır.



ekil 3.9 Zemine oturan döşemelerde ısı yalıtımı detayı (zoder)

#### 3.7.1.1 Isı Yalıtımsız Döşeme

Zemin katlarda ısı kaybı dış duvarlardan dış havaya olduğu kadar döşemeden zemine doğru da gerçekleşmektedir. Burada sürekli bir ısı tutucu olmaması durumunda birim alandaki kayıp miktarı önemsenecek miktardadır.

#### 3.7.1.2 Tam Isı Yalıtımlı Döşeme

Isı yalıtımının döşeme betonunun altında olması, ısı yalıtımı kapasitesinden yararlanılmasını, üstünde bulunması ise hacmin daha çabuk ısınmasını ve yerden ısıtma yapılmasını sağlar. Ancak, bu durumda bir buhar kesici gerekir.

### 3.7.1.3 Kiri Yalıtımlı Dö eme

Yalnızca dı kenar dö eme kiri lerinde ısı yalıtımı yapılması, ısı akı nın bina altından yana do ru olaca ı ve zeminin yüksek ısı depolama kapasitesine sahip oldu u dü üncesiyle so uk olmayan bölgelerde yeterlidir denilebilir. Yalıtımın kabu un dı kısmında olması duvar yalıtımı ile süreklili i sa lar ve ısı köprülerinin giderilmesi açısından oldukça etkilidir.

### 3.7.1.4 Altı Açık Dö emede Isı Yalıtımı

Alt tarafı ısıtılmayan odalarda dö emedeki yalıtım üst veya alt taraftan yapılabilir. Yalıtımsız halde  $U=2,31 \text{ W/m}^2\text{K}$  iken 6 cm alttan yalıtım yapıldı ında söz konusu de er  $U=0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$  'ne kadar dü ürebilece i görülmektedir.

### 3.7.2 Zemine Oturmayan Dö eme

#### 3.7.2.1 Isı Yalıtımsız Dö eme

Zemin dö emesi altındaki bo lu un, nem birikimini azaltmak üzere havalandırılması aynı zamanda yalıtımsız dö eme altında ta nım yoluyla ısı kaybını artırır. Dolayısıyla bu çözüm ancak sıcak bölgelerde uygulanır.

#### 3.7.2.2 Üstü Isı Yalıtımlı Dö eme

Isı köprülerinin giderilmesi ve yerden ısıtma yapılması açısından ısı yalıtımının dö eme üst yüzünde bulunması yarar sa lar.

#### 3.7.2.3 Tam Isı Yalıtımlı Dö eme

Dı duvarda yalıtım bulunması, bir önceki çözümdeki performansı sa lamakla birlikte duvar kalınlı ını azaltmaktadır.

## TS 825 ‘B NALARDA ISI YALITIM KURALLARI’ STANDARDI VE SON GELİMLER

### 4.1 Giriş

Teknolojinin hızla geliştirdiği günümüz dünyasında, enerji, hayatımızın artık ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bununla birlikte, doğal kaynakların hızla tükenmesi, çevrenin her geçen gün biraz daha kirlenmesi, enerji kullanımı için yüksek miktarda paraların ödenmesi; sadece enerjinin temin edilmesini değil enerjinin verimli kullanılmasını, kayıpların asgariye indirilerek aynı miktar enerjiden daha fazla fayda sağlanmasını çok daha önemli hale getirmiştir. Gelişmiş ülkeler başta olmak üzere tüm ülkeler, mümkün olan en az enerji ile mümkün olan en büyük verimi sağlamak için çalışmalar yürütmektedir.

Ülkemizdeki enerji tüketiminin büyük bir bölümünün sanayi ve konutlarda gerçekleştiği, konutlarda tüketilen enerjinin de büyük bir bölümünün ısıtma amaçlı kullanıldığı dikkate alındığında; enerjinin verimli kullanımı ve enerji tasarrufu konusunda en büyük potansiyeli diğer sektörlerle kıyasla konut sektöründe olduğu görülmektedir.

Enerji verimliliği ile ilgili görüşlerini bu çerçevede değerlendiren Türk Standartları Enstitüsü, ilk defa 1970 yılında yayımladığı TS 825 standardını, 1998 yılında geniş çapta bir revizyona tâbi tutmuş ve konuya verdiği önem nedeniyle TS 825’in zorunlu bir standart olması teklifini Bayındırlık ve Şehinçerlik Bakanlığı’na sunmuştur. Bayındırlık ve Şehinçerlik Bakanlığı da teklifi uygun görerek söz konusu standardın zorunlu uygulama kararını 1999 yılında Resmi Gazete’de yayımlamış ve uygulamayı başlatmıştır.

Bilindiği üzere, standardizasyon bilinçli çabalar sonucu ortaya çıkan bir sadeleştirme eylemidir. Bir standardın hazırlanmasında temel kural, standardı uygulayacak kurum ve kuruluşların, daha geniş ifadesiyle toplumun onayını kazanması ve uygulama imkânının olmasıdır. Binalarda ısıtma amaçlı kullanılan enerji miktarını sınırlandırarak enerji tasarrufu sağlamak hedefleyen ‘TS 825’ standardı sektörde büyük bir boşluğu doldurmuş ve tarafların onayını kazanmıştır.

Standardizasyon çalışmalarındaki bir başka kural da, değişen şartları dikkate alarak standartların yeniden gözden geçirilmesinin gerekliliğidir. Sektörden gelen talepler dikkate alınarak, tarafların geniş bir biçimde katılımıyla ‘TS 825’ standardı

üzerinde yürütülen gözden geçirme ve revizyon çalışmaları taslak metnin son haline getirilmesi amacıyla gelmiştir.

#### 4.2 Standardın Amacı

TS 825'in amacı, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamayı, dolayısıyla enerji tasarrufunu arttırmayı ve enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında kullanılacak standart hesap metodunu ve değerlerini belirlemektir.

Ayrıca bu standart;

Yeni yapılacak bir binaya ait çeşitli tasarım seçeneklerine bu standartta açıklanan hesaplama metodunu ve değerlerini uygulayarak, ideal enerji performansını sağlayacak tasarım seçeneğini belirlemek,

Mevcut binaların net ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek,

Mevcut bir binaya yenileme projesi uygulamadan önce, uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek,

Konut sektörünü temsil edebilecek muhtelif binaların enerji ihtiyacını hesaplayarak, konut sektöründe gelecekteki enerji ihtiyacını millî seviyede tahmin etmek, amaçları için kullanılabilir.

Bu standart, yeni inşa edilecek binalar ile mevcut binaların tümünde veya bina dışı bölümlerinde yapılacak olan esaslı tamir, tadil ve eklemelerdeki (mevcut binaların oturma alanının %15'i oranında ve üzerinde yapılacak tadilatlardaki) ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplama kurallarını, izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini ve hesaplama ile ilgili bilgilerin sunum şeklini kapsamakta ve binalarda ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanmasına yönelik bir metod belirlemektedir. Binaların ısıtma amacı dışındaki diğer amaçlar için gerekli olan enerji ihtiyaçları bu standardın kapsamı dışındadır. Standartta tanımlanan hesaplama metodunun kullanılması sırasında gerekli olan bazı bilgiler, yoluma hesabı dahil ekler hâlinde standardın sonuna eklenmiştir.

#### 4.3 Standardın Uygulama Alanı

TS 825 standardı;

Konut olarak kullanılacak binalara,

Büro ve idarî binalara, tiyatrolara, kongre ve konser salonlarına, kültür merkezlerine,

Eğitim yapılarına, kütüphanelere, spor tesislerine, öğrenci yurtlarına,

Hastanelere, huzur evlerine, bakım evlerine, do um evlerine ve kre lere, ceza evlerine ve kı la binalarına,  
Konaklama tesislerine,  
Alı veri merkezlerine, i hanlarına, banka ve borsa binalarına,  
Genel kullanım amaçları dolayısıyla iç sıcaklıkları asgarî 15°C olacak ekilde ısıtılan i yerleri ile endüstri ve sanayi binalarına uygulanmaktadır.

#### 4.4 Standardın Genel Esasları

TS 825 standardı, binaları bir bütün olarak ele almaktadır. Standartta verilen hesaplama metodunda ısıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dı ortamdan ve e er varsa, ısıtılmayan ortamlardan ayıran duvar, dö eme, çatı, kapı ve pencereden olu maktadır. Hesaplamalarda dı tan dı a ölçüler kullanılmaktadır.

Yeni yapılan binaların TS 825'te verilen hesaplama metoduna göre birim alan veya birim hacim ba ına ihtiyaç duydukları ısıtma enerjisi ihtiyacı belirlenmektedir.

TS 825'te binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler; bina özellikleri, ısıtma sisteminin karakteristikleri, iç iklim artları, dı iklim artları, iç ısı kazanç kaynakları ve güne enerjisi olarak belirtilmi , hesaplama metodunda, iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleş en ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve güne enerjisi kazançları dikkate alınmı tır. Bu etkenlerin hesaba katılmasıyla binaların ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplandı ı bir metot belirlenmi tir. Hesaplanan de erin, standartta verilen enerji ihtiyacının sınır de erlerinin altında kalmasını sa layacak ekilde malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve yalıtım ayrıntılarına ait çözümlerinin projelendirilmesi ve raporlanması gerekmektedir.

Yeterli seviyede ısı yalıtımı sa lanmı bir binada, ısıtma periyodunda, iç ortamda belli bir iç sıcaklı ı sa lamak için gereken ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güne enerjisinden sa lanmakta, kalan miktarın ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekmektedir. Standartta tanımlanan hesaplama metodu kullanılarak, ısıtma sisteminin iç ortama iletmesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenmekte ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olarak tanımlanan bu miktar, toplam kayıplardan güne enerjisi kazançları ve iç kazançlar çıkartılarak hesaplanmaktadır.

Tanımlanan hesap metodunda, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunmaktadır. Böylece binanın ısıl performansının gerçe e daha yakın bir ekilde de erlendirilmesi mümkün

olmaktadır. Bununla birlikte tasarımcıya, önerdiği tasarımın güne enerjisinden faydalanma kapasitesini de değerlendirme imkânını da sağlamaktadır.

Ayrıca dış ortam ile temas halinde bulunan tüm yapı bileşenlerinde meydana gelen buhar difüzyonunun analiz edilmesi ve standartta verilen sınırları her bir yapı elemanının sağlayacağı şekilde tasarlanması da gerekmektedir.. Buna göre TS 825'e göre yoğunlaşma miktarının, yoğunlaşmanın meydana geldiği ara kesitteki malzemelere zarar vermeyeceği kabul edilen belirli bir sınırdan geçmesi ve kuruma periyodunda tamamen buharlaşması gerekmektedir.

Enerji sınırları dahilinde kalacak şekilde tasarlanan bir binada bulunan tüm yapı bileşenleri yoğunlaşma kriterlerini de sağlıyorsa yapılan tasarımın uygun olduğu rapor haline getirilmektedir. Yoğunlaşma veya enerji sınırlarından birisini sağlayamayan tasarımlar standarda uygun olmadığından, yapı ruhsatı alamamaktadır.

#### 4.5 Standardın Gelişim Süreci

İlk defaubat 1970'de "Binalarda Isı Etkilerinden Korunma Kuralları" adıyla hazırlanan ve yayımlanan TS 825 standardı, Haziran 1979'da yapılan ilk revizyonunda bugünkü adını almış, bilâhâre Nisan 1985'te ikinci kez revize edilmiştir.

Sektörden gelen talepler doğrultusunda Nisan 1998'de enerji tasarrufu sağlamak amacıyla geniş çaplı bir revizyona tâbi tutulup yeniden düzenlenmiştir. Yapılan bu revizyon çalışmasında hesaplama metodu güncel olan yerel ve yabancı standartlara göre tamamen yenilenmiştir.

1998 yılında yapılan revizyon ile gerçekleştirilen bazı değişiklikleri aşağıda verildiği gibi özetlemek mümkündür:

1981 yılında yayımlanan standart metninde ülkemiz 3 derece gün bölgesine ayrılırken, 1998 yılında yapılan revizyon çalışmasında meteorolojik veriler ışığında 4 derece gün bölgesine ayrılmıştır.

1981 yılında yayımlanan TS 825 standardında; bölgelere göre yapı bileşenlerinin ısı geçirme katsayıları sınırlandırılırken 1998 yılında yayımlanan standartta bina bir bütün olarak ele alınmış ve yapının ağırlıklı (Atop/Vbrüt oranı) ve binanın bulunduğu derece-gün bölgesine göre, binanın bir yılda kaybedeceği ısı miktarı sınırlandırılmıştır.

1981 yılında yayımlanan standardın öngördüğü hesaplama metodunda iç ısı kazançları ve pencerelerden olan enerji kazançları dikkate alınmazken, 1998 yılında yapılan revizyonla oluşturulan hesaplama metodunda bu kazançlar dikkate alınmıştır.



1981 yılında yapı bile enlerinde sadece iletimle meydana gelen enerji kayıpları hesaplanırken, 1998 yılında hazırlanan hesap prosedüründe, yapılarda meydana gelen havalandırma kayıpları da ele alınmıştır.

1998 yılında hazırlanan hesaplama metodunda, enerji ile ilgili sınırlamanın yanı sıra; yapı elemanlarında meydana gelen buhar geçişi analiz edilmiş ve yoğunluk suyu kütlesi sınırlandırılmıştır.

Özellikle AB ülkeleri; iklim Değişikliği Sözleşmesi'ne taraf olunması ve Kyoto Protokolü'nün imzalanması ile küresel ısınma ve hava kirliliği ile mücadele edilmesi yönünde buldukları taahhütler nedeni ile kısa zaman aralıklarında standartlarında yer alan enerji sınırlamalarını yenilemektedir.

#### 4.6 Son Gelişmeler

Gerek yeni yerel ve/veya uluslararası standartların oluşturulması gerekse de 1998 yılından günümüze kadar kazanılan tecrübeler; TS 825 standardının yeniden revize edilmesi gereğini ortaya koymuştur. Yapılan revizyon çalışmaları büyük ölçüde tamamlanmış ve oluşturulan taslak metnin kamu ve özel sektör kurum ve kuruluşlarının görüşüne sunulması amaçlanmıştır.

Yapılan revizyon çalışmasında şu temel ilkeler göz önünde tutulmuştur:

1998 yılından bu yana ortaya çıkan gelişmelerin ve yalıtım sektöründe yayımlanan yeni standartların dikkate alınması,

Mevcut standart metninde yer alan bazı ifadelerin daha basit ve anlaşılır biçimde ifade edilmesi,

Yapı malzeme ve bileşenlerinin ısı iletkenlik değerlerinin bir bütünlük içinde değerlendirilmesi.

Bu genel ilkeler çerçevesinde yürütülen TS 825 standardının revizyonu çalışmaları sonucu oluşturulan değişiklikler aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

Genel olarak yapının net ısı ihtiyacının hesaplama metodunda değişiklik yapılmamıştır. Hesaplama metodunda havalandırma yoluyla olan kayıpların hesaplanmasında kullanılan havalandırma oranı ifadesi yapı malzemelerinde meydana gelen gelişmelere paralel olarak  $n_h=1,0.h^{-1}$  değerinden  $n_h=0,8.h^{-1}$  değerine getirilmiştir.

Mekanik havalandırma yoluyla olan kayıpların hesaplanmasında kullanılan metod ilâve çizelge ve bilgiler ile zenginleştirilmiştir.

Mevcut metotta pencerelerden olan güne enerjisi kazancının hesaplanmasında kullanılan gölgeleme faktörünün hesaplanmasına imkân sağlayan ilâve açıklayıcı bilgi ve çizelgeler eklenmiştir.

Mevcut standartta yer almayan ancak yapılarında kullanılan, asfalt ve benzeri bölümlü bitümlü yüzeyli yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik katsayısının hesaplanması için gerekli olan bağıntı ve çizelgeler ilâve edilmiştir.

Isıl köprüsü hesaplamalarının daha önce TS 8441 standardına göre yapılması yönünde atıf bulunurken, konu ile ilgili yeni standartların çıkması nedeniyle revizyon taslağında TS EN ISO 10211-1, TS EN ISO 10211-2 ve TS EN ISO 14683 standartlarına da ilâve olarak atıf yapılmıştır.

Hesaplama örnekleri uygulamada yapılan hatalar göz önüne alınarak hem sayıca hem de içerik olarak zenginleştirilmiştir.

Aylık ortalama dış sıcaklık değerleri meteorolojiden alınan son 20 yıllık veriler ışığında yenilenmiştir.

Farklı amaçlarla kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri ile ilgili TS 2164'e atıf yapılan çizelge, revizyon çalışmalarında kullanım kolaylığı açısından standart metnine eklenmiştir.

simleri de içinde veya 1998 yılından sonra il statüsü kazanan ilçelerin bilgileri ilgili çizelgelere eklenerek güncellenmiştir.

Yalıtım malzemelerinin hesaplama değerlerini gösteren çizelge DIN 4108-4:2002 standardı esas alınarak dip notları ile birlikte standarda uyarlanmıştır.

1998 tarihinde yayımlanan ve halen yürürlükte olan standartta yapı elemanlarından meydana gelen buhar geçişinin tahkinde Alman standartları (DIN 4108) esas alınmıştır. Revizyon çalışmalarında ise yeni oluşturulan TS EN ISO 13788 standardı esas alınarak yoğuşma ile ilgili hesaplama metodunun; malzeme ve mamul özellikleri ile iç ve dış ortam şartları (dış hava sıcaklıkları ve yapı bileşenlerine temas eden toprak sıcaklığı, iç hava sıcaklığı, bağıl nem) dikkate alınarak daha dinamik bir yapıda buhar geçiş analizi yapılmaktadır. Yeni metotta eski metottan farklı olarak, sadece yapı bileşeni içerisindeki yoğuşma ele alınmamakta, yüzeyde küf oluşmasının önlenmesine yönelik bir analiz ile hesaplama metodu genişletilmektedir. Eski hesaplama metodunda bulunan yıllık analizler ve Almanya şartlarına uygun sabit sıcaklık, sabit bağıl nem, sabit yoğuşma ve buharlaşma periyotları vb. şartlar kaldırılmıştır. Bunun yerine TS EN ISO 13788 standardında belirtildiği üzere ülkemizin iklim verilerinden elde edilen aylık ortalama dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri

kullanılmı tır. Sabit olan yo u ma ve buharla ma periyodu tarifleri yeni metoda uygun olarak tamamen kaldırılmı tır. Böylece ÷lkemiz artlarına uygun hesaplama yapılması imkânı sa lanmı tır. Hesaplamalarda kullanılmak üzere illerimizin ve ilgili ilçelerimizin aylık ortalama ba ıl nem de erlerine dair bir çizelge ve yeni 3 adet hesap çizelgesi eklenmi tir. Örnek hesaplamalar yeni metoda göre tekrar olu turulmu tur (TS 825,1999).

## KULLANILAN ÖLÇÜM YÖNTEM

### 5.1 Kızılötesi

Kızılötesi (IR veya infrared) ışınım, dalga boyu görünür ışıktan uzun fakat terahertz ışınımından ve mikrodalgalardan daha kısa olan elektromanyetik ışınımdır. Teknolojide kabul edilen ismi olan infrared Latince de a a ışın anlamına gelen infra ve İngilizce kırmızı anlamına gelen red kelimelerinden oluşmaktadır ve kırmızı altı anlamına gelir. Kırmızı görünür ışığın en uzun dalga boyuna sahip rengidir. Kızılötesi ışınımın dalga boyu 750 nanometre ile 1 milimetre arasındadır. Normal sıcaklıktaki insan vücudu 10 mikrometre civarında ışınım yapar.

Dünyadan alınan güneş ışınımının % 47 kızılötesi, % 46 görünür ışık ve % 7 morötesi ışınımından oluşur.

### 5.2 Termografi

Infrared termografi kameraları görünmez infrared ya da sıcaklık radyasyonu görüntüleri üretirler ve kesin ve temasız sıcaklık ölçüm imkânı sunarlar. Neredeyse tüm nesnelere bozulmaları ve problemleri ile birlikte sıcaklıkları artar, bu da infrared kameraları çok çeşitli uygulamalarda çok değerli bir problem teşhis aracı haline getirmektedir. Endüstri üretim verimliliğini arttırmaya, enerjiyi yönetmeye, üretim kalitesini arttırmaya ve iş güvenliğini ilerletmeye çalışırken, infrared kameralar için yeni uygulama alanları da doğmaya devam etmektedir.

Termal ya da infrared enerji dalga uzunluğu insan gözünün tespit edemeyeceği kadar uzun olduğu için görünmez olan ışıktır; bizim sıcaklık olarak algıladığımız elektromanyetik spektrumun bir parçasıdır. Görünür ışığın aksine, infrared dünyasında mutlak sıfırın üzerinde sıcaklığa sahip her şey ısı yansıtır. Hatta buz küpleri gibi çok soğuk nesnelere bile infrared yayırlar. Ancak bir nesnenin sıcaklığı ne kadar yüksekse yaydığı IR radyasyonu da o kadar büyük olur.

Bazen bir infrared kamerayla problemi teşhis etmek yeterli olmaz. Aslında doğru sıcaklık ölçümü olmaksızın tek başına bir infrared kamera görüntüsü bir elektrik balantısının ya da aynımı bir mekanik parçanın durumu hakkında çok az şey söyler. Birçok elektrikli hedef, oda sıcaklığının oldukça üstünde olan sıcaklıklarda düzgün bir şekilde çalışır. Ölçümsüz bir infrared görüntü yanıltıcı olabilir çünkü aslında olmayan bir problemi varmış gibi gösterebilir. Sıcaklık ölçüm özelliğine sahip infrared kameralar

kestirimci bakım profesyonellerinin elektriksel ve mekanik hedeflerin çalı ma durumları hakkında do ru hükümler verebilmelerini sa lar. Sıcaklık lmleri daha önceki sıcaklık ölçümleriyle ya da aynı anda benzer bir ekipmanın infrared bulgularıyla kar ıla tırılabilir ve bunun sonucunda önemli bir sıcaklık artı ının bile ene ya da tesisin güvenli ine zarar verip vermeyece i belirlenir. Infrared kameralarda bulunan dijital görüntü saklama özelli i, herhangi bir zamanda ölçülebilen 78.000 ba ımsız sıcaklık ölçümü içeren kalibre edilmi termal görüntüleri üretmektedir.

Görüntüleme yöntemi olarak gözle görülmeyen IR enerjiiyi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını IR enerjiiye göre olu mu renkler ve ekillerin belirlendi i görüntüleme sistemidir. Genelde güvenlik amaçlı da kullanılabilir ama çok e itli sektörlerin de kullanımına açıktır. Özellikle ısıya güdümlü füze, gece görü sistemleri ve benzeri askeri tekniklerin geli mesi ile önemi artmı tır.

Elektrik sektöründe ise, elektriksel problemlerin tespitinde kullanılır. Elektrik akımının geçi i sırasında malzemede olu an ısınma termal kameralar ile gözlenerek problem tespiti kolaylıkla yapılabilir. A ırı yük altındaki g transformatörleri, kablolar, kontak noktaları, kapasitörler, termal kamera ile gözlenerek ısınan noktalardaki problemler herhangi bir elektriksel ölçüm yapmadan tespit edilebilir.

Mimari alanda ise elik yapılarda metal yorgunlu unun tespiti için, sıva altında olu an kf nem veya çatlakların tespiti için de kullanılır.

IR(kızıl ötesi) algılayıcılarıyla cisimlerin ısılarını algırlar. Siyah beyaz veya renkli (kırmızı sıcak, siyah so uk) gibi renklere siyah - kırmızı arasında olu an bir görüntü verir.

Normal kameralar görüntüyü ı ık sayesinde olu tururken, termal kameralar görüntüyü ısı sayesinde olu tururlar. Benzer eilde insan beyni ve gözü görüntüyü olu turmada renkleri ve ı ı ı kullanırken renk farklılıkları önemlidir. Beyaz bir duvar önünde bulunan beyaz bir objenin fark edilmesi son derece zor oldu u gibi ortam sıcaklı ına e it bir sıcaklıktaki bir objenin termal kamera ile görüntülenmesi de son derece zordur. Bu tür kameralarda kullanılan objektifler çok kk sıcaklık farklarını yakalayabilen (0.01°C gibi) ve bu farklılıktan görüntü olu turabilen özelliklerdedir. Ayrıca görüntü olu turabildikleri belli bir sıcaklık aralı ına sahiptirler. Her sıcaklık de erinde farklı IR yayılımlar oldu u ve her IR yayılımının farklı dalga boyuna sahip olasından dolayı da bu objektifler belli sıcaklık aralıklarında görüntü verebilirler. Askeri amaçlı olanlar genellikle do ada bulunan cisimlerin ortak IR yayılımlarının oldu u 8 ile 14 mikrometre dalga boyuna duyarlı oldukları gibi endüstriyel tipte olanlar daha d k

dalga boylarına hassas üretilirler ve daha yüksek veya daha düşük sıcaklıklarda da görüntü oluşturabilme özelliklerine sahip olabilmektedir.

Termografi, termal görüntüleme veya termal video kızılötesi görüntülemenin bir çeşididir. Termografik kameralar elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölümündeki (kabaca 900–14,000 nanometre veya 0,9–14  $\mu\text{m}$ ) elektromanyetik ışıınımı tespit ederler ve bu ışıınımdan resimler oluştururlar. Kızılötesi ışıınım sıcaklıklarına göre tüm cisimlerden salınır, Kara cisim ışıınması kanununa göre, termografi görünür aydınlatma olmadan cisimlerin görünebilmesini sağlar. Bir cisim tarafından salınan ışıınımın miktarı sıcaklık arttıkça artar, bu yüzden termografi sıcaklıktaki farkları görmemizi sağlar. Termografik bir kamera tarafından görüntülendiklerinde, sıcak cisimler daha soğuk arka planların yanında oldukça göze çarpar; insanlar ve diğer sıcakkanlı hayvanlar, gündüz veya gece, çevrede rahatlıkla görülebilir hale gelir. Sonuç olarak termografinin geniş kullanımı tarihi olarak askeri ve gizli servislere bağlanmaktadır.

Termal görüntüleme foto rafçılı ışıın birçok başka kullanım alanı bulur. Örneğin, itfaiyeciler onu insanların dumanın içinden bulmak ve yangının merkezini tespit etmekte kullanırlar. Termal görüntülemeyi, güç hatları bakım teknisyenleri a ır ışıınımı ki bu arızalarının bariz bir i aretidir, ba lantılar ve parçaları, olası tehlikeleri engellemek için kullanırlar. Termal izolasyonda sorun olan yerlerde, inaat teknisyenleri, ısıtma, so utma veya iklimlendirmenin verimlili ini arttırmak için, ısı kaçaklarını görebilirler. Termal görüntüleme kameraları aynı zamanda sürücüye yardımcı olması için bazı lüks arabalara da konulmu tur, ilk kez 2000 model Cadillac De Ville'e bazı psikolojik aktiviteler, özel olarak insanlardaki ve diğer sıcakkanlı hayvanlardaki tepkiler, termografik görüntülemeyle görüntülenebilir.

Ça da bir infrared kameranın görüntüsü ve çalı ması sıradan bir kamerayla aynıdır. Kullanıcının kızılötesi spektrumda görmesini sa lama o kadar kullanılıdır ki kayıtlarının çıktını alabilme ço unlukla opsiyoneldir. Bu yüzden do al olarak bir kayıt modülü de opsiyoneldir.

Yükten ba la ımlı aygıt (CCD) sensörleri yerine, birçok termal görüntüleme kameraları bütünleyici metal oksit yarı iletken(CMOS) odaksal düzlem dizilimini kullanırlar(FPA).En yaygın tipleri InSb, InGaAs ve QWIP FPA'lardır. En yeni teknoloji düşük maliyetli ve so utulmayan mikrobolometre FPA sensörleridir. Çözünürlükleri optik kameralardan oldukça dü üktür, ço unlukla 160x120 veya 320x240 piksel, en pahalı modellerde ise 640x512 pikseldir. Termografik kameralar di er görünür alan kar ılıklarına göre çok fazla pahalıdırlar ve geli mi modellerinde ihraç yasa ı vardır.

Daha eski bolometreler veya daha hassas InSB modelleri, genellikle minyatür bir Stirling çevrimli veya sıvı nitrojenli; kriyojenik soğutma gerektirirler.

### 5.2.1 Pasif ve Aktif Termografi

Mutlak sıfır sıcaklığının üzerindeki tüm cisimler infrared radyasyon yaymaktadırlar. Bu yüzden termal varyasyonları ölçmenin en mükemmel yolu infrared görüntü cihazları kullanılmaktadır. Bu cihazlardan en yaygın kullanılanları ise FPA infrared kameralardır. Bu kameralar orta (3 - 5 µm) ve uzun (7 - 14 µm) dalga boylarını tespit edebilmektedir.

Pasif termografide ilgilenilen cisim arka planından dolayı olarak daha soğuk veya daha sıcaktır. Aktif termografide ise termal kontrast oluşturmak amacıyla harici bir enerji kaynağı gerekmektedir.

### 5.2.2 Kızılötesi Film ve Termografi Arasındaki Fark

Kızılötesi film 250 °C ve 500 °C arasında hassasken, termografi yaklaşık olarak -50 °C'nin altı ve 2000 °C'nin üstünde hassastır. Bu yüzden kızılötesi filmde bir şeyi göstermek için o cisim 250 °C'nin üstünde olmalıdır veya en azından bu kadar sıcak olan bir cisimden gelen ışımayı yansıtıyor olmalıdır. Gece görüş dürbünleri normal olarak, dışarıda uygun olan yıldız veya ay ışığının küçük miktarlarını yükseltir ve sıcaklığı göremez ve tümüyle karanlıkta çalışamazlar.

### 5.2.3 Termografinin Avantajları

- Büyük bir alanın sıcaklığını karıştırmak için görünür bir resim elde ederiz,
- Hareket eden hedefleri eş zamanlı görüntüleyebiliriz,
- Bozulmanın ilk aşamasında olan komponentleri bulabiliriz,
- Diğer yöntemler için ulaşılamaz veya tehlikeli alanları ölçebiliriz.
- Termografinin kısıtlamaları ve dezavantajları
- Kaliteli kameralar pahalıdırlar ve kolayca hasar görürler.
- Elde edilen resimleri doğru şekilde yorumlamak tecrübeli kişiler için bile zor olabilir.
- Salın güçleri dolayısıyla, doğru sıcaklık ölçümleri çok zordur.
- Çoğu kamera  $\pm 2\%$  veya daha kötü doğruluğa sahiptirler.

- Kızılötesi görüntüleme de etim almak ve yeterli kalmak zaman harcar.

#### 5.2.4 Uygulama Alanları

- Medikal görüntüleme
- Ara tırma projeleri
- Makinelerde durum izleme
- Tahribatsız muayene
- Veterinerlik uygulamaları
- Gece görü sistemleri
- Durum gözleme sistemleri
- Volkan inceleme sistemleri
- Kimyasal görüntüleme
- Askeri savunma ve güvenlik amaçlı
- Proses kontrolü

Isıl kızılötesi görüntüleyiciler kızılötesi dalga boyundaki enerjiyi görünür ık video ekranına dönü türürler. 0 derece Kelvin'in üzerindeki tüm cisimler ısıl kızılötesi enerji yayarlar bu yüzden pasif olarak tüm objeleri ortam ı ından ba ımsız olarak görebilirler. Bununla beraber, birçok ısıl görüntüleyici sadece -50 °C' den daha sıcak cisimleri görebilirler.

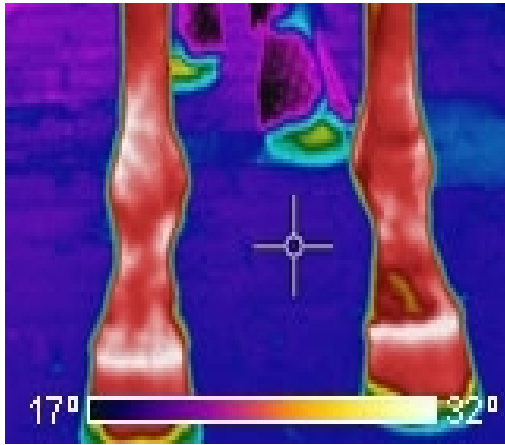
Isıl ınımın spektrumu ve miktarı cismin yüzey sıcaklı na güçlü ekilde ba lıdır. Bu da bir ısıl kameranın bir cismin yüzey sıcaklı nı görüntülemesini mümkün kılar. Bununla birlikte, di er etkiler, bu tekni in do rulu unu kısıtlayan ınımı etkiler. Örne in I nım sadece cismin sıcaklı na ba lı de ildir, aynı zamanda cismin salım gücünün de bir fonksiyonudur. Ayrıca, ınım etraftaki cisimlerden gelir, cisimden yansır ve cismin ınımıyla yansıyan ınım atmosferin so urmasından da etkilenir.



#### 5.2.4.1 Veterinerlik Uygulamaları

Atatürk Üniversitesi (AÜ) Veteriner Fakültesi Ö retim Üyesi Prof. Dr. Arma an Çolak ba kanlı nda yapılan bir ara tırma; Türkiye’de çok yaygın olan ve önemli oranda süt kalitesini bozan, süt kaybına neden olan mastitis hastalı mın, termal kamera ile erken te his edilmeye ba lanmı tır. Mevcut yöntemlerle mastitisin erken te hisi ve tedavisi tam olarak yapılamamaktadır. Bu hastalıkla mücadele kapsamında yaptıkları ara tırmada, süt sı ırcılı ı sektörü için büyük önem arz eden bulgulara ula ılmı tır. Ara tırmalarda, tıpta yaygın olarak kullanılan termal kamera ile ineklerin meme yüzeyindeki sıcaklık tespit edilebilmektedir. Mikroorganizma ve bakterinin meme uçlarından içeriye girmesi sonucu olu an, tedavi imkanı yok denecek kadar az olan mastitisin tespiti için kullanılan termal kamera ile ineklerin meme yüzeylerinde sıcaklık 33°C, gizli seyreden olguların en basitinde 34°C, en ileri ekinde ise 36 °C oldu u görülmü tür. Termal kamerayla 36 °C ve üstü meme sıcaklı ı tespit edilen ineklerin sütlerinde somatik hücre sayısının ise mililitrede 1 milyonun üzerinde oldu unu tespit edilmi tir.

Veterinerlik uygulamalarında termografi kılcal damarlarda çatlamalar, iç kanamalar gibi birçok tespitite kullanılmaktadır.



a)



b)

ekil 5.1 a) Veterinerlik uygulamasına ait termal kamera görüntüsü b) Termal kamera (Testo)

#### 5.2.4.2 Medikal Görüntüleme

Normal artlar altında insan vücudunun sıcaklı ı sabittir. Sıcaklık çok belirgin bir indikatördür, çünkü canlı vücudundaki herhangi bir patolojik proses vücut sıcaklı mı

de i tirmektedir. Pek çok durumda bu sıcaklık de i iklikleri bir hastalı nın ilk belirtilerini olu turmaktadır.

Genellikle inflamasyon ve a rı kan dola ımı sıcaklı ı artırır. Dejeneratif prosesler, fibrosis ve yetersiz dola ım ise etkilenen bölgede lokal sıcaklık dü ü lerinin meydana gelmesine neden olur.

Tıpta termal te his uygulamalarının temeli, insan vücudunun sıcaklı ı ile fonksiyonel durumu arasındaki güçlü ba lantıdan kaynaklanmaktadır.

nsan vücudunun pek çok bölgesinin ısısı dı çevreye 5-14 mcm bandında bir infrared (kızılötesi) spektrum içerisinde yayılmaktadır. Bu bant içerisinde infrared radyasyonun gücü sıcaklık ile orantılıdır.

nsan vücudundan yayılan ısı, infrared kameraların temel parçası olan, özel infrared sensörler tarafından ölçülebilir. Dünyada çok sayıda farklı çe itte termal kamera bulunmaktadır. Bunların pek ço u farklı spektral bantlarından ve yetersiz hassasiyetlerinden ötürü teknik uygulamalara daha uygundur.

#### 5.2.4.3 Akupunktur Alanında Medikal Görüntüleme

Modern Akupunkturun bilimsel geli imini ve batı ile do u tıbbının entegrasyonunu güçle tiren en temel problem, akupunktur manipülasyonlarının temel objesi olan akupunktur noktasının konumunun ve fonksiyonel durumunun ara tırılması için iyi ve güvenilir bir bilimsel metodun bulunmaması gerçe idir.

Bugün akupunktur noktasının fonksiyonel durumunun te hisi için pek çok metot kullanılmaktadır. Bunların tamamına yakını akupunktur noktalarının bazı elektriksel de erlerinin ölçülmesine dayanmaktadır. Bu metotlar kullanılırken, akupunktur noktasının elektriksel parametre ölçümünün yapıldı ı deri bölgesinde bulundu u kabul edilmektedir.

Akupunktur sistemi çok hassas bir sistemdir ve herhangi bir hastalı a kar ı hemen tepki gösterir. Bu durumda akupunktur noktalarının hem fonksiyonel durumu hem de yeri de i ir.

Akupunktur noktasının konumundan bahsederken, Çin bölgesinde 2000 yıldan uzun bir süre önce ya amı istatistiksel bir Çinli adamın akupunktur noktalarının konumunun bulundu unun göz önüne alınması gerekmektedir. Dünya bu zamandan beri de i mektedir ve akupunktur noktalarının konumu da bu süre içerisinde de i mi olabilir.

Tanı metotlarının uygulanmasından kaynaklanan ikinci problem, bunların tümünün aktif olarak adlandırılmasıdır. Yani, kullanılan tanı cihazı akupunktur notlarının projeksiyonu için hastanın derisine bazı etkiler (burada elektriksel güç) uygular ve operatör bu etki altında derinin tepkisini tahmin eder. Bu gerçekten dolayı tüm elektriksel metotların tekrarlamada zorlukları vardır ve gerçek bilimsel bir de erlendirme olarak kabul edilemezler.

Bu nedenle, akupunktur noktalarının ara tırılması için kullanılacak metot a a ıdaki temel özelliklere sahip olmalıdır:

- Pasif ölçme – metot akupunktur noktası üzerinde bir etkiye sahip olmamalıdır.
- Evrensellik– metot en evrensel fizyolojik parametrelerden birini analiz etmelidir.
- Tekrarlanabilirlik – belirli zaman aralıklarıyla yapılan uygulamalarda metot birbirine e it sonuçlar vermelidir.
- Teknik kolaylık – metodu kullanmak son derece kolay olmalı ve gerekli cihaz herhangi bir doktor tarafından rahatlıkla kullanılabilmelidir.

Tüm bu kriterleri sadece bir tek metot sunmaktadır: *INFRARED TERMOGRAFI*

Aslında infrared termografi problemlerin çözümünde çok faydalı çe itli benzersiz özelliklere sahiptir: a) Infrared termografi kontaksız bir metottur ve ara tırılan obje üzerine herhangi bir etki olu turmamaktadır. Bu bir “pasif” te his metodudur. b) Sıcaklık insan vücudundaki en önemli evrensel fizyolojik reaksiyonlardan bir tanesidir. Bu bir “evrenseldir”. c) Thermovisual muayene iyi bir tekrarlanabilirli e sahiptir. Güçlü harici etkileyicilerin yoklu unda akupunktur noktalarının sıcaklık parametreleri bir ay veya daha uzun bir süre boyunca stabil durumda kalmaktadır. d) Infrared termografi “çok kolay” bir metottur (Testo).

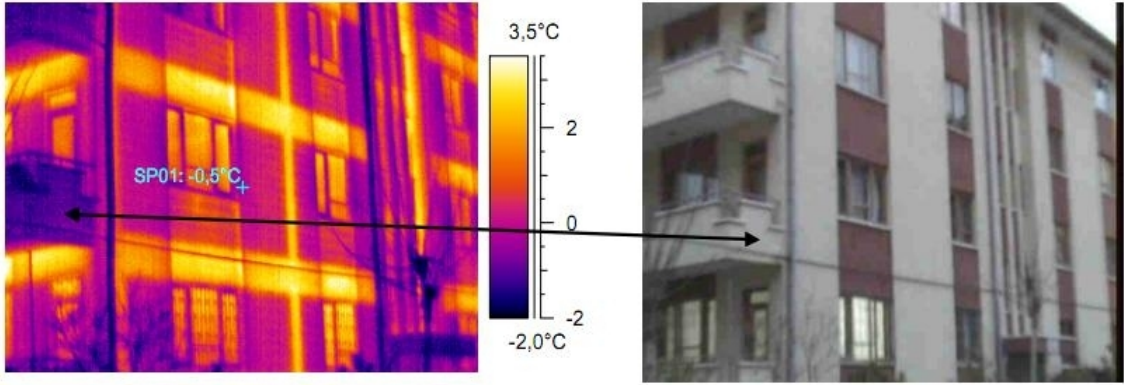
## TERMAL KAMERA İLE ELDE EDİLEN BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

### 6.1 Giriş

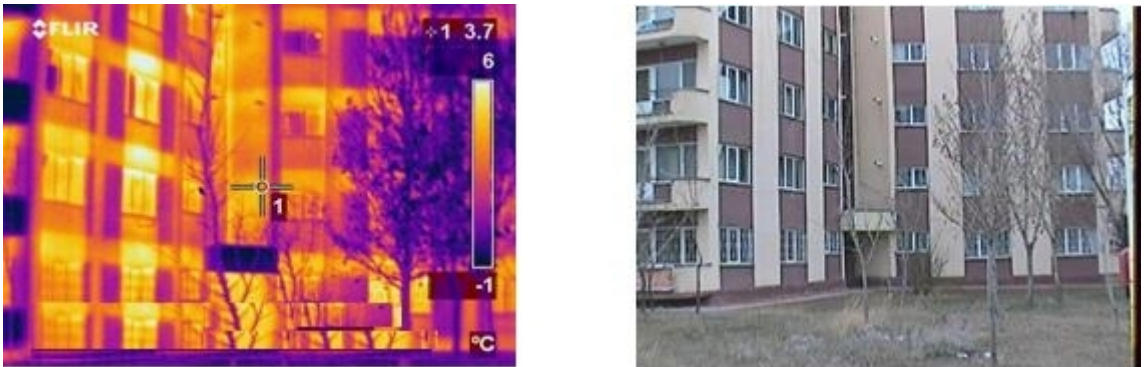
Sivas'ta bulunan de i ik binaların iç ve dış ortamlarından, termal kamera çekimleri yapılmıştır. Termal kamera çekimleri, özellikle binalarda ısı kaybının gerçekleşebileceği kritik bölgeler üzerine yoğunlaştırılmıştır. Elde edilen görüntülerin bilgisayar ortamında analizinin yapılması sonucunda yüzey sıcaklık haritaları elde edilmiştir. De i ik yüzeyler için oluşturulan sıcaklık haritaları aşağıda verilmiştir.

### 6.2 Bulgular ve Değerlendirmeler

#### 6.2.1 Kiriş ve Kolonlarda Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera ile Analizi



ekil 6.1



ekil 6.2



ekil 6.3

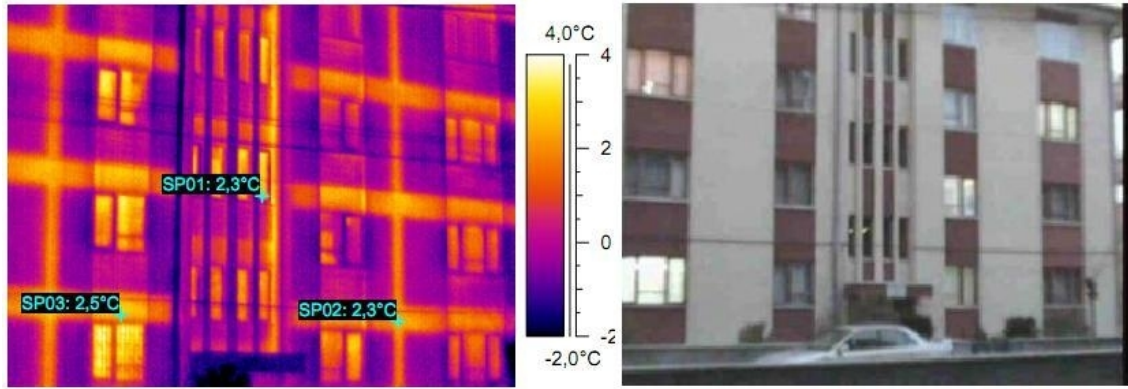


ekil 6.4

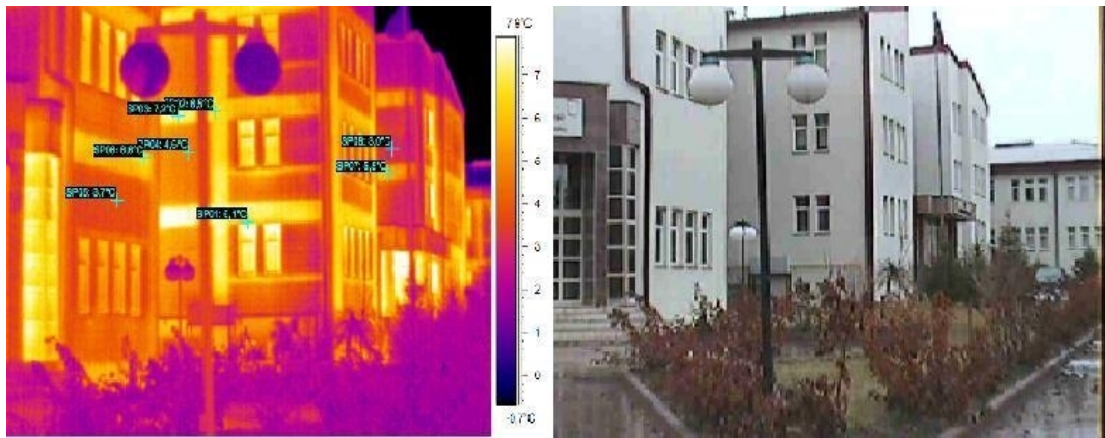


ekil 6.5

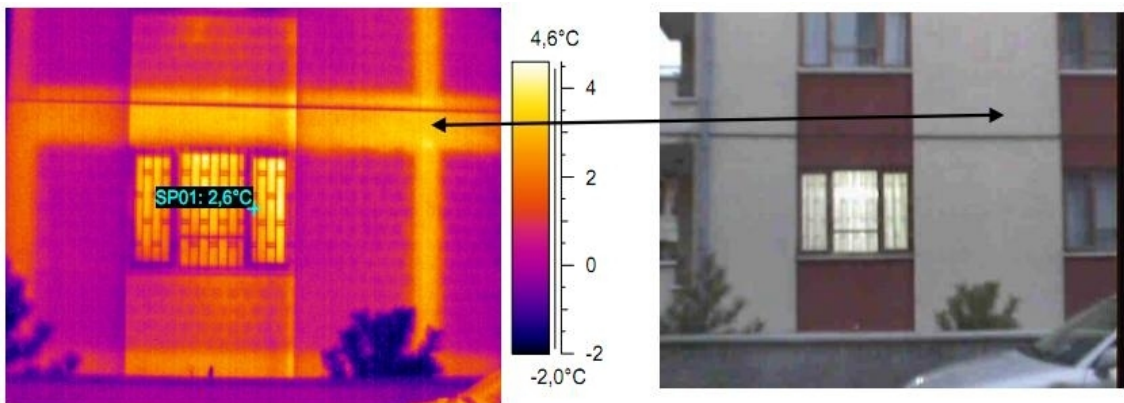




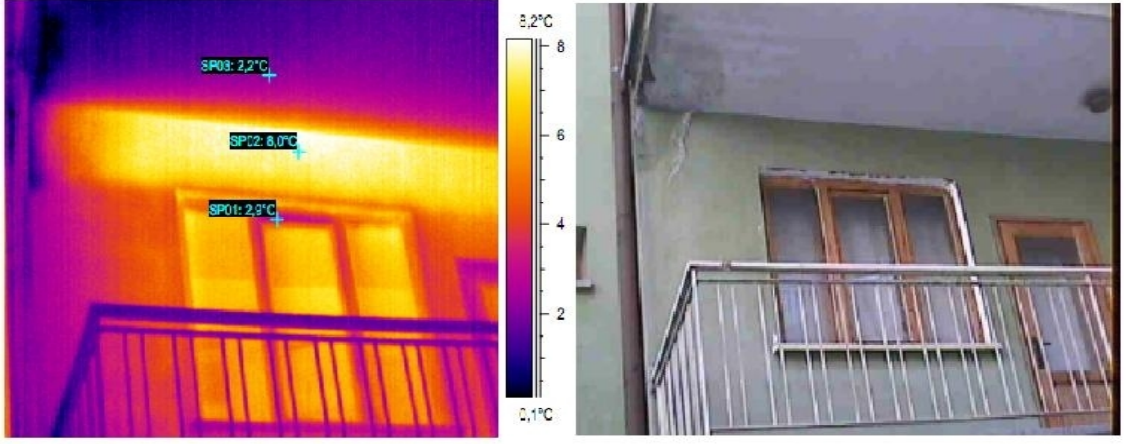
ekil 6.6



ekil 6.7



ekil 6.8

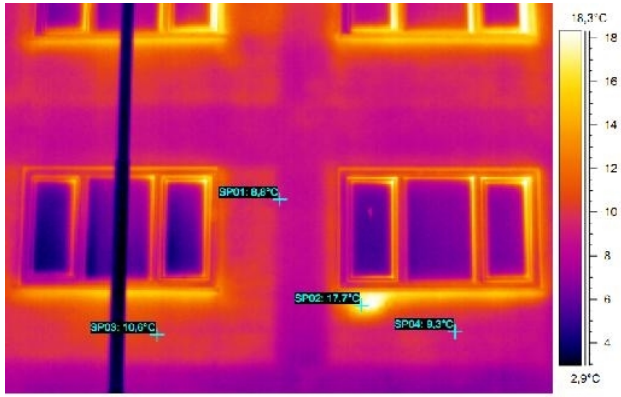


ekil 6.9

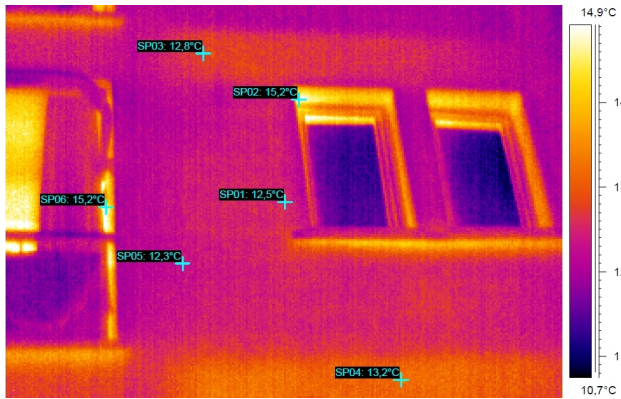
ekil 6.1-9 Bina kolon ve kiri lerinde meydana gelen ısı kaybı termal kamera görüntüsü

Termal kamera kullanılarak, ısı yalıtımı yapılmamış bir binanın dış cephesinden elde edilen sıcaklık haritaları ekil 6.1-9'da gösterilmiştir. Ekiller incelendiğinde özellikle kolon ve kirişlerde ciddi anlamda ısı kaybı meydana geldiği görülmektedir. Bu kayıp kolon ve kirişlerin, tuğla duvara göre enerjiyi daha fazla transfer etmesinden dolayıdır. Donatılı betonun ısı iletim katsayısı  $2.1 \text{ W/m.K}$  iken tuğla duvarın ısı iletim katsayısı  $0.45 \text{ W/m.K}$ 'dir. Bunun sonucunda, kolon ve kirişler tuğla duvara göre ısıyı daha çok ilettiklerinden dış yüzeyde daha açık renkte yani daha yüksek sıcaklıktadır. Ekil 6.5'de kirişte sıcaklık  $3.7 \text{ }^\circ\text{C}$  iken, binanın diğer kısımlarında  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin altına kadar düşmektedir. Benzer olarak ekil 6.3'de de kolonda sıcaklık  $4.1 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ulaşmaktadır. Binalarda ısı kaybının önemli bir kısmının duvarlardan olduğu göz önüne alınırsa, kolon ve kirişler özellikle dikkate alınarak tüm duvarlarda yalıtım malzemeleri kullanılmasının ısı geçi direncini artırarak, ısı kaybını azaltacağı söylenebilir.

## 6.2.2 Pencere Ba lantı Bölgelerinde Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera le Analizi



ekil 6.10



ekil 6.11

ekil 6.10-11 Pencere ba lantı bölgelerindeki ısı kaybı termal kamera görüntüsü

ekil 6.10 ve 6.11'de pencere ba lantı bölgeleri etrafında meydana gelen ısı kayıplarının termal kamera görüntüleri gösterilmektedir. ekiler incelendi inde pencereden ve pencere kasası-duvar arası bölgelerden ısı kayıpları meydana geldi i görülmektedir. Pencere kasaları montajında daha az kırma i leminin yapılması, olu acak bo lukların ısı iletim katsayısı, tu la duvardan daha fazla olan malzeme ile doldurulması sonrasında meydana gelen ısı köprülerinin önlenmesi için önemlidir. Montaj esnasında olu an ara bölge, ço unlukla uygulayıcı dikkat edilmeyerek yüksek ısı iletim katsayılı bir malzeme ile dolduruldu undan, bu kısmın dı yüzey sıcaklı ı duvara göre daha fazla olmaktadır. Bu durumda buralarda ısı köprüsü etkisi görülmekte ve iç ortamda bu bölgede olu an dü ük iç yüzey sıcaklı ı buralarda yo u maya ve ilerleyen a amalarda küf ve mantar olu masına neden olmaktadır. ekil 6.10'da da görüldü ü gibi duvarda sıcaklık 9.3 °C iken dolgu malzemesinin oldu u noktada



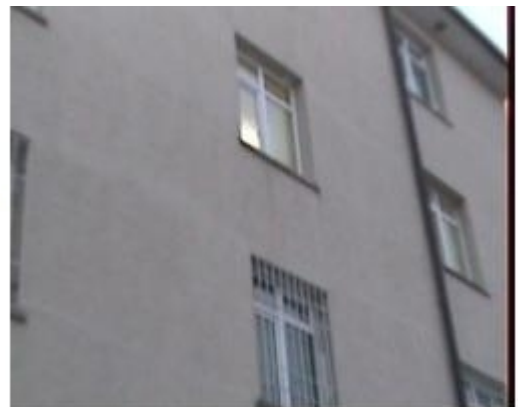
17.7 °C'ye çıkmaktadır. Bu nedenle pencere kasalarının montajına ve kullanılan dolgu malzemesinin özelliklerine özel önem verilerek, ara bölgelerden meydana gelen ısı kayıpları azaltılmalıdır.

Pencerelerden olan ısı kayıplarının da önemi göz önüne alındığında, özellikle pencere büyüklüğünün küçültülerek optimum düzeyde tutulmasının ısı kayıplarını azaltacağı söylenebilir. Kış mevsiminin daha uzun ve aralıklarda geçtiği Sivas ili için pencere büyüklüğü seçilirken dikkat edilmesi gerekmektedir. Pencere camı olarak tek cam kullanılmasına göre, çift cam – ısı cam kullanmasının ısı kaybını % 50, ısı 1 mm'lik çift cam kullanmasının ise % 67 azaltacağı dikkate alınmalıdır. Havanın 300 K sıcaklıkta ısı iletim katsayısı 0.026 W/m.K' dir. Dolayısıyla çift cam arası hava veya daha farklı ısı iletim katsayısı düşük gazların kullanılması iç ortamdan ısı kaybını azaltıcı yönde etki etmektedir. ısı 1 mm'lik çift cam ile ısı camdan iç ortama geri yansıtılması sağlanarak ısı kaybına karşı ek önlem alınmaktadır.

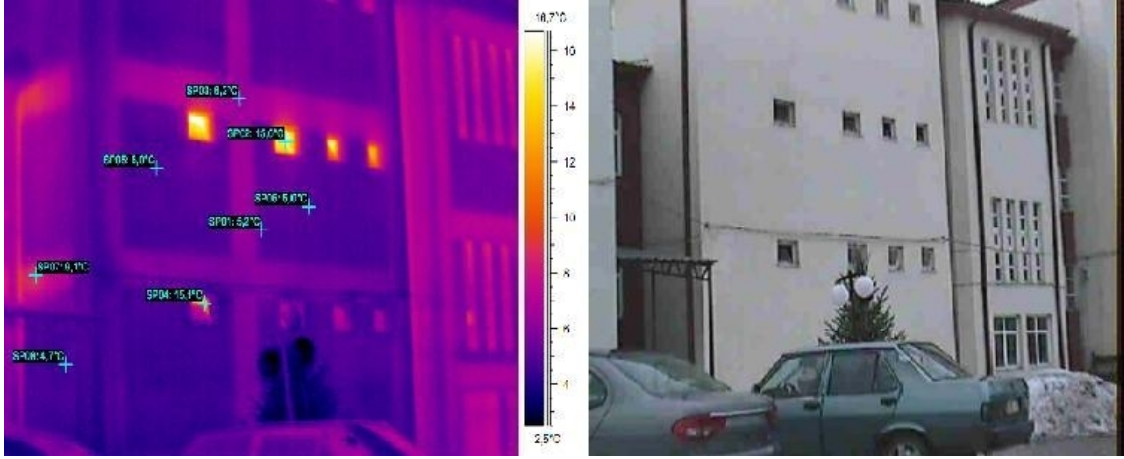
### 6.2.3 Açık Pencerelerden Olan ısı Kayıplarının Termal Kamera ile Analizi



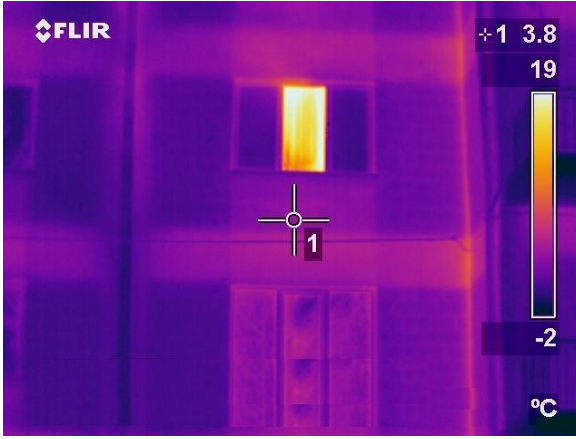
ekil 6.12



ekil 6.13



ekil 6.14



ekil 6.15

ekil 6.12-15 Açık pencerelerden olan ısı kayıplarının termal kamera görüntüsü

ekil 6.12-15'de ise açık pencereden olan ısı kaybı gösterilmiştir. Bu yüzden kısa süreli havalandırma amacı dışında, kış aylarında pencere ve kapıların açık kalmaması gerekmektedir. ekil 6.15'de duvar sıcaklığı 3.8 °C iken açık pencerede 19 °C olmaktadır.

#### 6.2.4 D1 Duvar Birle im BÖlgelerinde Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera ile Analizi



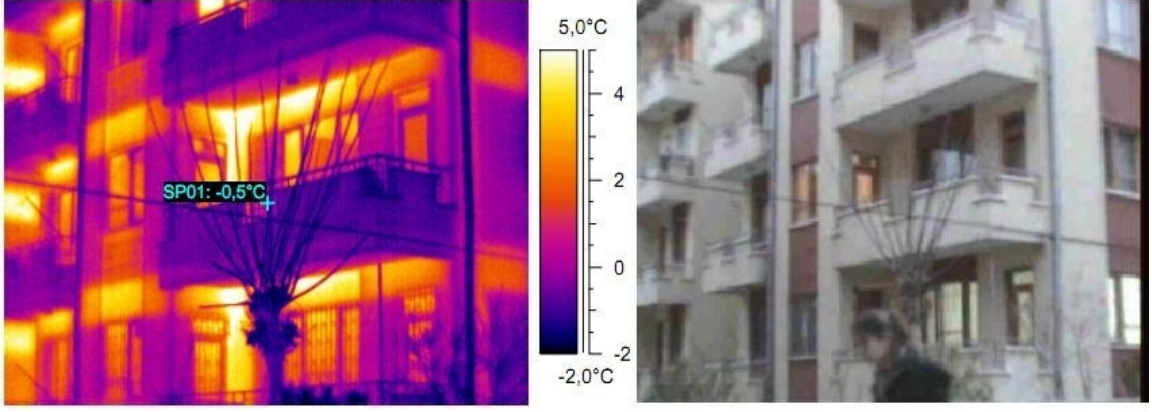
ekil 6.16



ekil 6.17



ekil 6.18

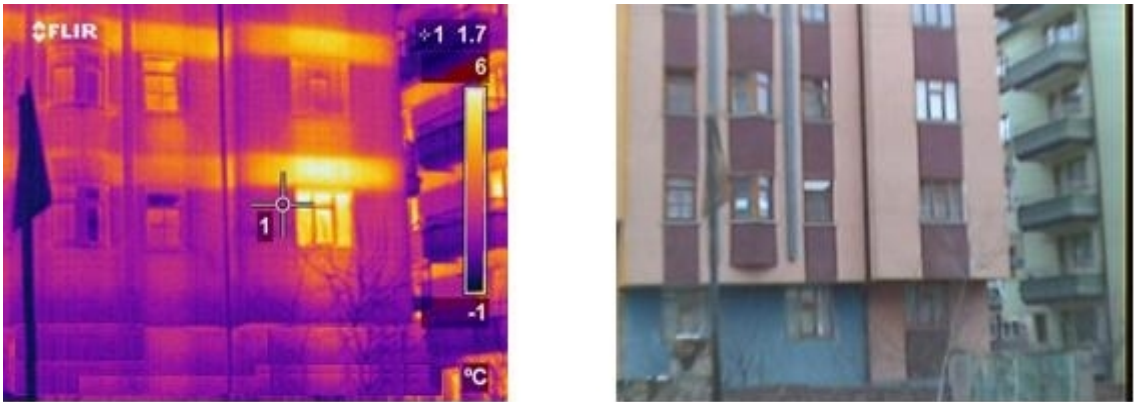


ekil 6.19

ekil 6.16-19 Dı duvar birle im bölgelerindeki ısı kaybı termal kamera görüntüsü

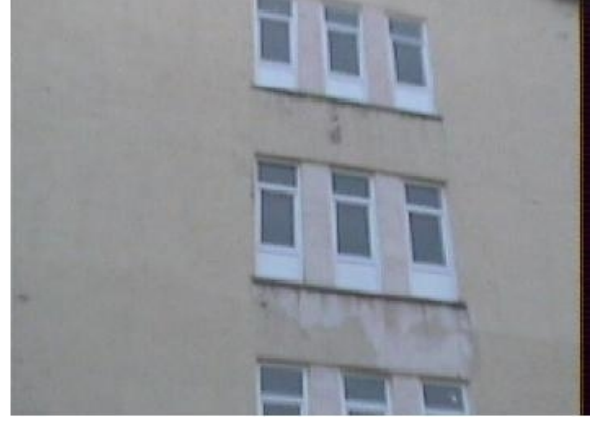
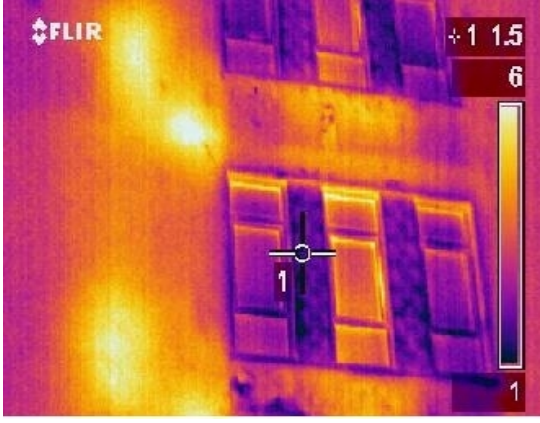
Binaların dı cephe duvarlarının birle im yerlerinin ısı kaybı yönünden kritik bölgeler olu turdu u ekil 6.16-19'dan görülmektedir. ekiller incelendi inde, özellikle kiri lerin kesi im bölgelerinde büyük miktarlarda ısı kayıplarının meydana geldi i söylenebilir. Bununla birlikte iki dı duvarın birle imi boyunca (kö e bölgelerde) yine ısı kayıplarının olu tu u görülmektedir. ekil 6.18'de dı duvarların birle im noktasına yakın bölgede sıcaklık 4.5 °C iken kö e noktasında 6 °C'ye çıkmaktadır. Kö e bölgeleri etkin ısı köprüleridir. Bu nedenle bu bölgelerde iki hatta üç boyutlu ısı iletimi meydana gelmektedir. Bu nedenle kö e bölgelerinin sıcaklıkları, binanın di er kısımlarına göre daha fazladır. Yapım a masında ısı kaybı yönünden kritik olan bu bölgeler için gerekli yalıtım önlemlerinin alınmasına özellikle dikkat edilmelidir.

#### 6.2.5 Radyatör Arkası Bölgelerden Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera le Analizi



ekil 6.20





ekil 6.21



ekil 6.22

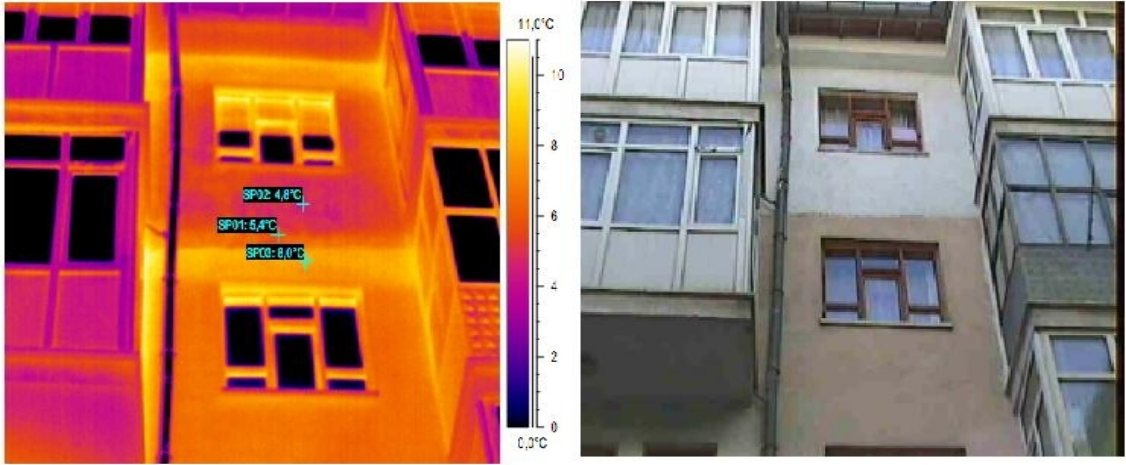
ekil 6.20-22 Radyatör arkası bölgelerden meydana gelen ısı kaybı termal kamera görüntüsü

ekil 6.20-22'de radyatör arkası bölgelerden meydana gelen ısı kayıpları açıkça görülmektedir. Termal kamera ile elde edilen sıcaklık haritalarında, radyatör arka bölgelerinin sıcaklıklarının daha yüksek olması, bu bölgelerden ısı kaybının büyük miktarlarda gerçekleştiğinin göstergesidir. ekil 6.21'de pencereler arası duvarın dış yüzey sıcaklığı  $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  iken radyatör arkası bölgelerde  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşmaktadır. Bu ısının, iç ortamı ısıtmadan dışarı kaçıyor olması yakıt giderlerini önemli ölçüde artırmaktadır. Ayrıca, radyatör arkası bölgeler, duvarda sıcaklık dalgalanmasının bozulmasına neden olarak ısıl gerilmeler oluşmasına yol açmaktadır. Bu ısıl gerilmelerde duvarda çatlak ve sıvanın dökülmesine neden olmaktadır. Radyatör arkalarına 1 inimli ısı yalıtım levhalarının konulmasıyla belirli oranda ısı tasarrufu sağlanabilir.

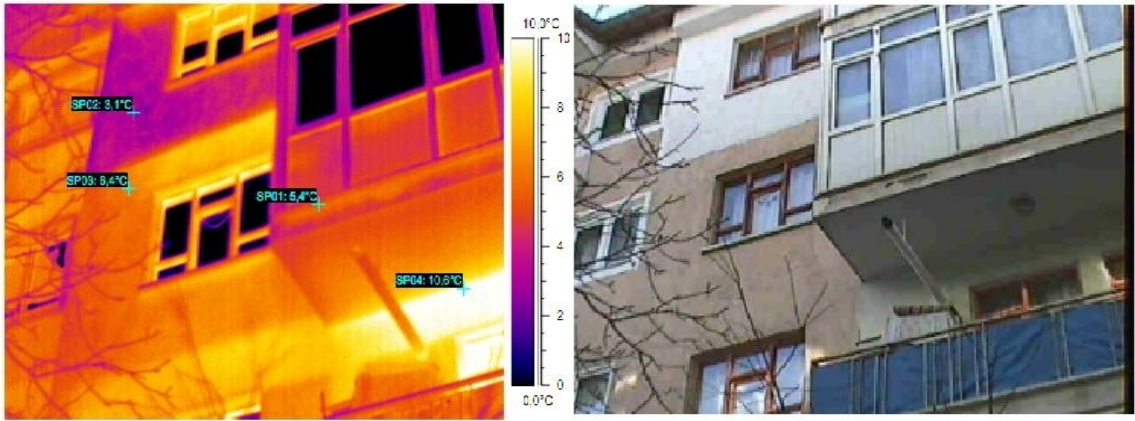
Bununla birlikte dekoratif amaçlı olarak radyatörlerin üzerlerine mermer konulması veya radyatörlerin mobilya ile örtülmesi ortama olan ısı geçişini azaltıp,

dı arı olan ısı kaybını artırmaktadır. Ayrıca pencere perdelerinin radyatörleri örtmesi de sıcak havanın iç ortamla sirkülasyonuna engel te kil edip, so uk olan cam bölgesiyle irtibatta oldu undan ısı kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle, perdelerin sadece pencereyi örtecek biçimde tasarlanmasının ısı tasarrufu açısından da önemli oldu u da vurgulanmalıdır.

#### 6.2.6 Lokal Yalıtımlı Bölgelerden Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera ile Analizi



ekil 6.23



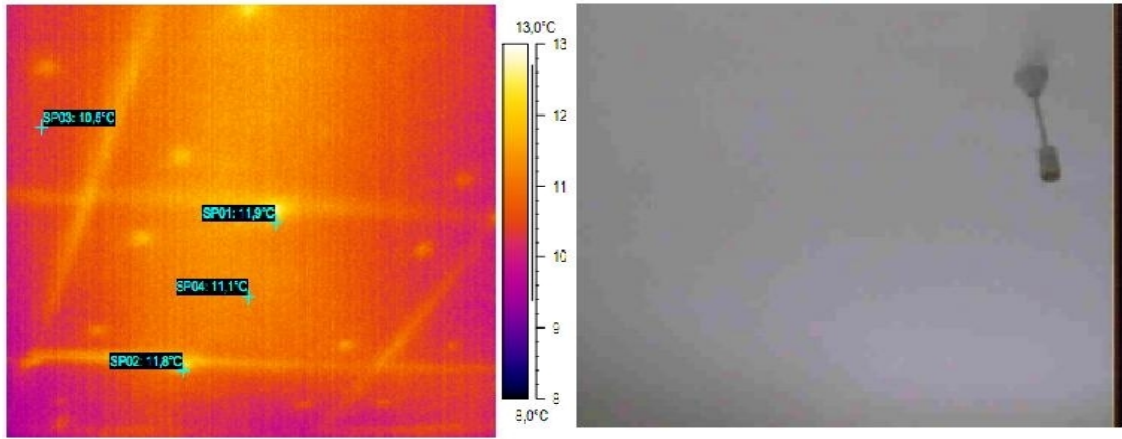
ekil 6.24

ekil 6.23-24 Lokal yalıtımlı bölgelerden meydana gelen ısı kaybı termal kamera görüntüsü

ekil 6.23-24'de lokal yalıtımlı bölgelerden meydana gelen ısı kayıpları görülmektedir. Lokal yalıtımla yalnızca duvarlar yalıtılmakta ve katlar arası kiri yalıtılmadı ından ısı köprüsü olu maktadır. Böylece sadece iç duvar yüzey sıcaklı ında artı sa lanmakta

fakat kiri vasıtasıyla ısı kaybı devam etmektedir. Bunun sonucu olarak yapılan yalıtımın verimi dü makte yani yalıtımdan tam olarak fayda görülememektedir. ekil 6.23'de yalıtımlı dı duvarda sıcaklık 4.8 °C iken yalıtımsız kısma do ru gidildikçe artmakta ve yine duvarda 5.4 °C ve yalıtımsız kiri te 8 °C olmaktadır. Bu nedenle, kat sahipleri arasında anla ma sa lanıp, yalıtımın tüm yüzeye kesintisiz olarak uygulanması sa lanmalıdır.

#### 6.2.7 Kullanılan Dübellere Ba lı Olarak Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera le Analizi



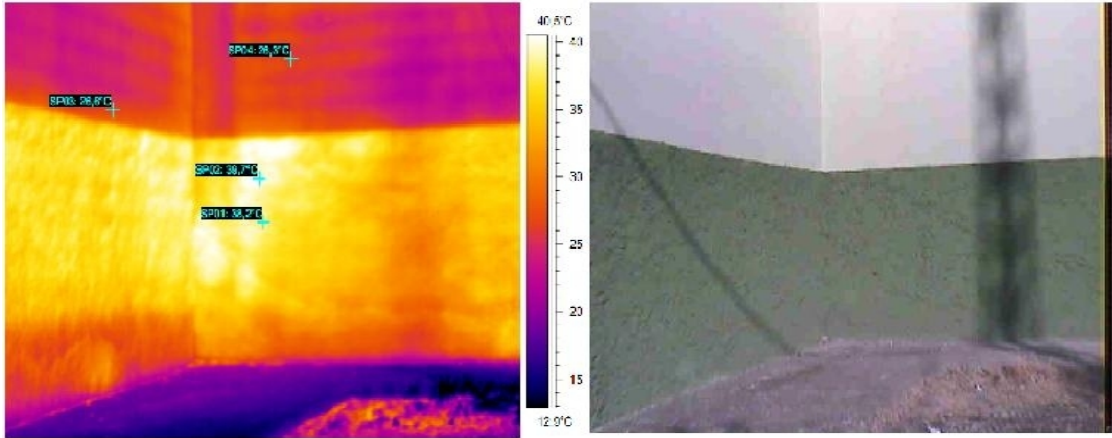
ekil 6.25 Kullanılan dübellerin ısı kaybına olan etkisinin termal kamera görüntüsü

ekil 6.25'de kullanılan dübellere ba lı olarak meydana gelen ısı kayıpları gösterilmektedir. Standartta belirtilen özellikleri ta imayan ve sayıca fazla kullanılan dübeller, yalıtım levhasına zarar vermekte ve onun ısı yalıtım özelli ini bozmaktadır.

ekil 6.25'de de görüldü ü gibi kullanılan dübeller ısı köprüsü etkisi yapmaktadır. Bu nedenle, kullanılan dübel sayısına ve standartına dikkat edilmelidir. Günümüzde yapılan uygulamalarda yalıtım levhaları, duvar yüzeyine reçine katkılı çimento esaslı harçlar ile yapı tırılır. Daha sonra, 1 m<sup>2</sup>'ye 6 adet gelecek ekilde plastik çivili yalıtım dubelleri ile mekanik tesbiti yapılmaktadır.

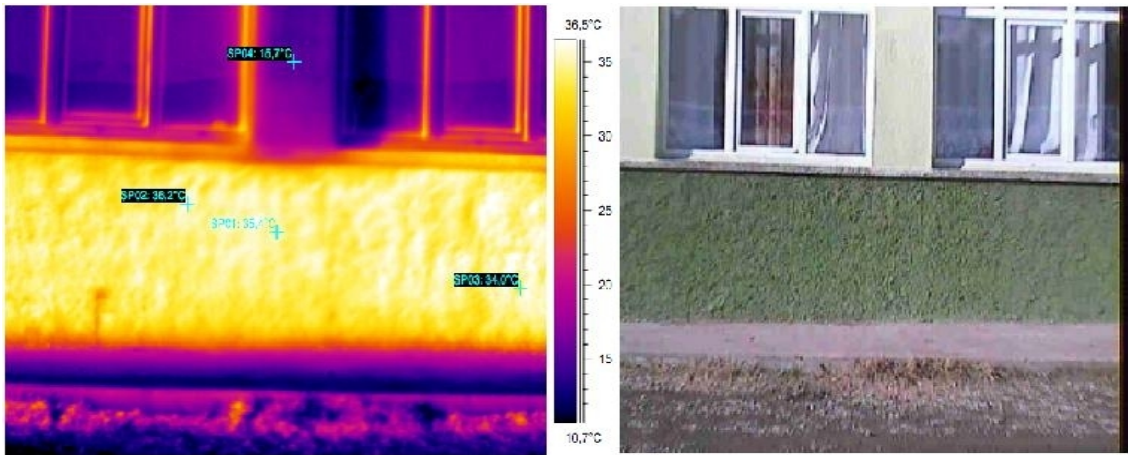


## 6.2.8 Kullanılan Boya Rengine Ba lı Olarak Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera ile Analizi



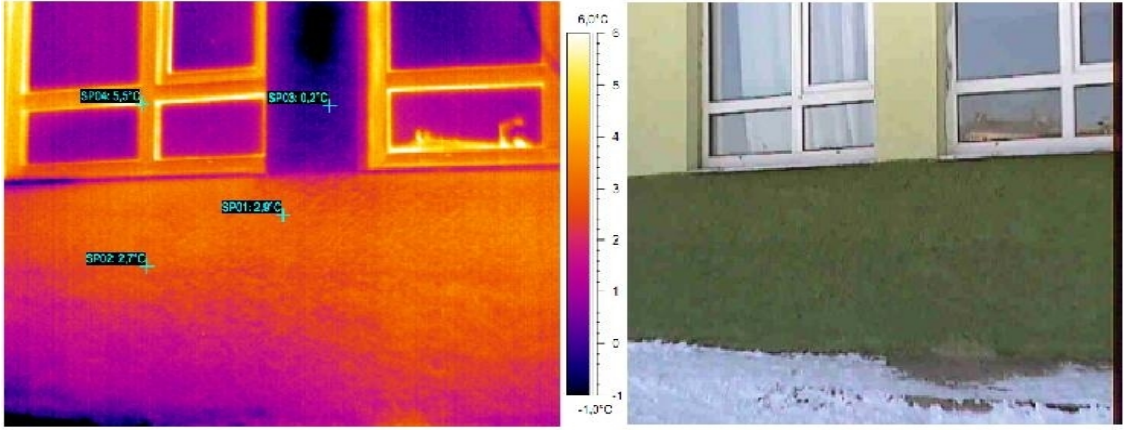
ekil 6.26 Duvar yüzeyine açık ye il-koyu ye il boya uygulanmasının termal kamera görüntüsü

ekil 6.26'da açık ye il ve koyu ye il renk boyanın sıcaklık da ılımı üzerine etkisi görülmektedir. Güne alan bir duvardaki koyu ye il renkli kısımlarda koyu rengin güne ılımı so urması sonucu sıcaklık  $39.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  iken açık ye il rengin sıcaklı ımı ise güne ılımı yansıtması sonucu  $38.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir. Bu durumda duvar yüzeyinde olu an farklı sıcaklıklar duvarda ısıl gerilmelere ve sıvanın dökülmesine neden olabilir. Duvar yüzeyine sonradan yapılan bölgesel uygulamalarda boyanın açıklık-koyuluk durumu bu nedenle önemlidir.



ekil 6.27 Güne alan cephenin termal kamera görüntüsü

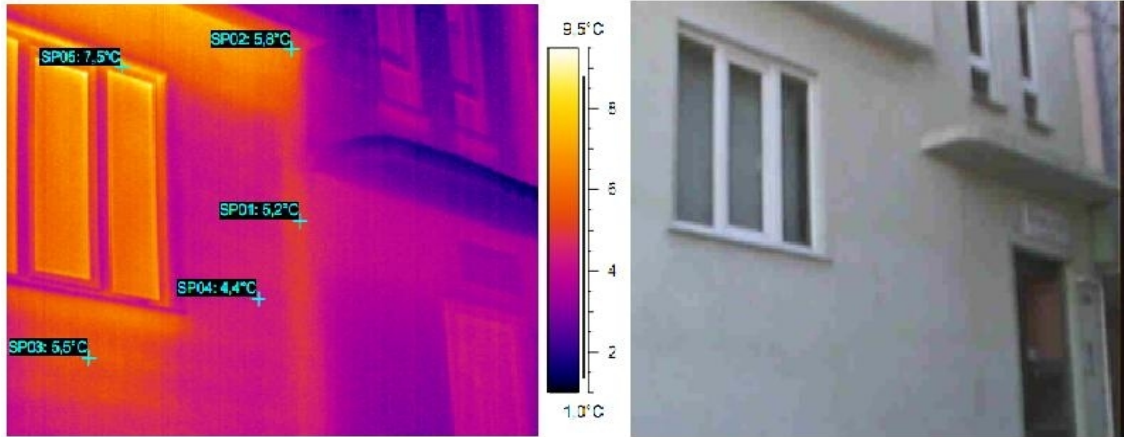




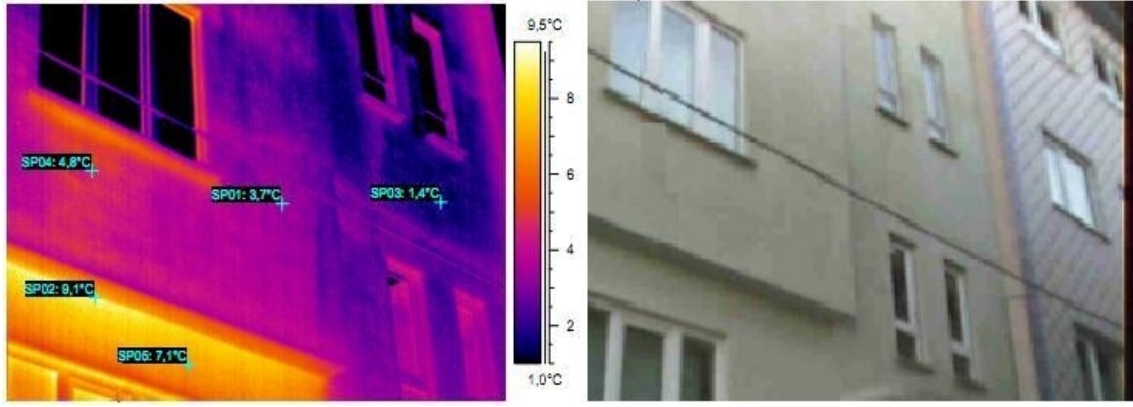
ekil 6.28 Kuzey cephedeki termal kamera görüntüsü

ekil 6.27 ve ekil 6.28'de güne alan ve kuzey cephedeki termal kamera görüntüleri gösterilmektedir. Güne vuran cephedeki sıcaklık (36.2 °C), güne vurmeyen cepheye (2.8 °C) göre oldukça fazladır. Güne ışınları, enerji kaynağıdır ve de yapıları ısıtma enerjisi ile ısıtmaktadır. Bu durumun da oda sıcaklığı üzerindeki etkisi son derece önemlidir. Bu nedenle yapıların güney veya kuzey cepheye bakmaları binanın yakıt tüketiminde farklılıklar göstermesine sebep olmaktadır.

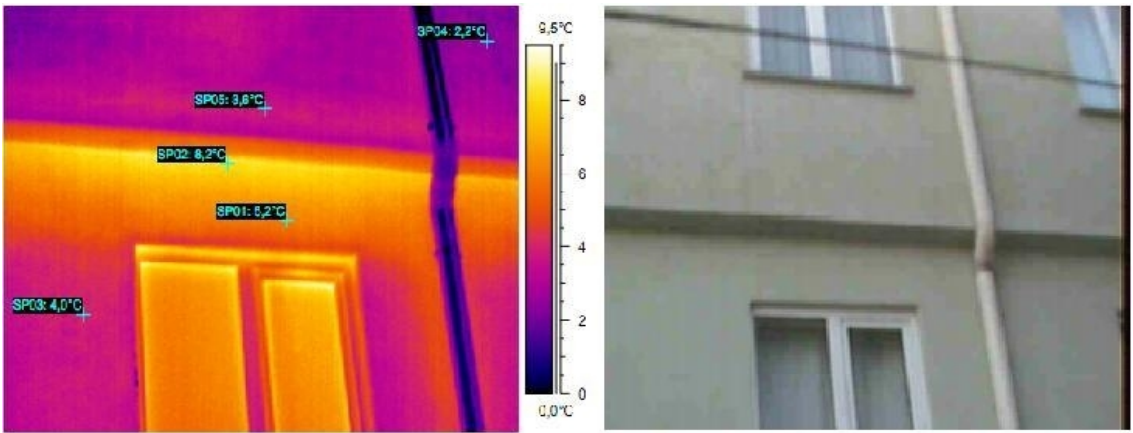
#### 6.2.9 Sundurmalardan Meydana Gelen Isı Kayıplarının Termal Kamera ile Analizi



ekil 6.29



ekil 6.30

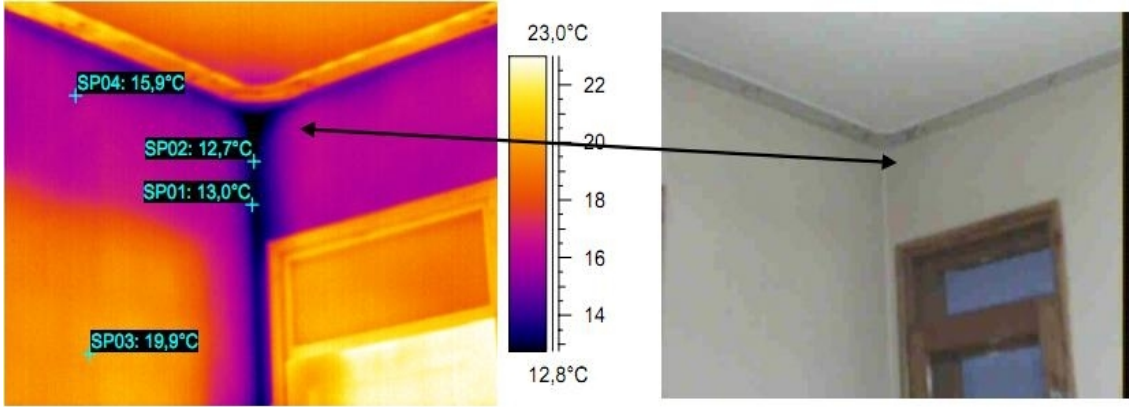


ekil 6.31

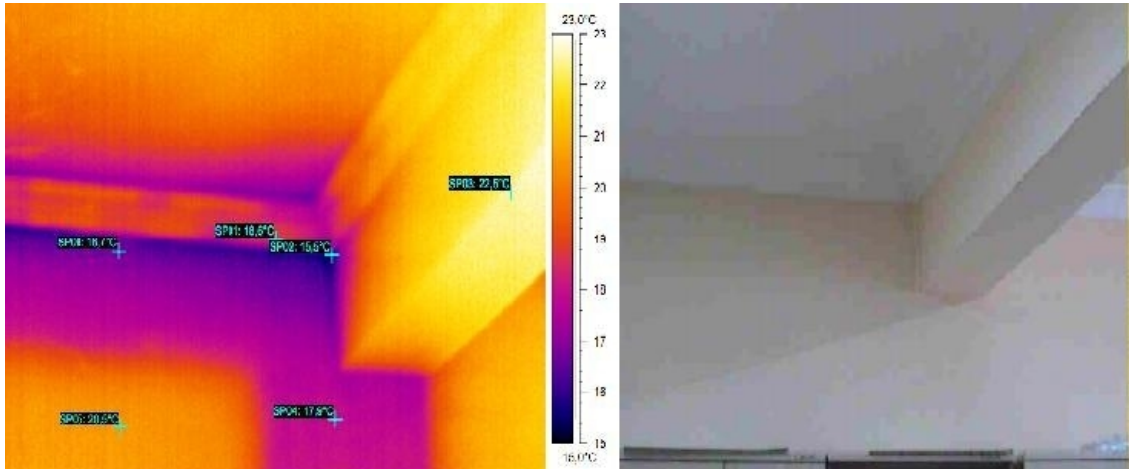
ekil 6.29-31 Sundurmalardan meydana gelen ısı kaybının termal kamera görüntüsü

ekil 6.29-31'da yapıdaki sundurma nedeniyle meydana gelen ısı kayıpları gösterilmektedir. ekillerde sıva yalıtımındaki kalınlık üniform olmadığından dolayı her yerde e it miktarda ısı yalıtımı sağlanamamıştır ve termal kamera görüntülerinde de görüldüğü gibi sıcaklık dağılımında bozulmalar meydana gelmektedir. ekil 6.31'de sıva kalınlığı fazla olan üst kattaki duvarda sıcaklık 2.2 °C iken alt kattaki duvarda 4 °C'dir.

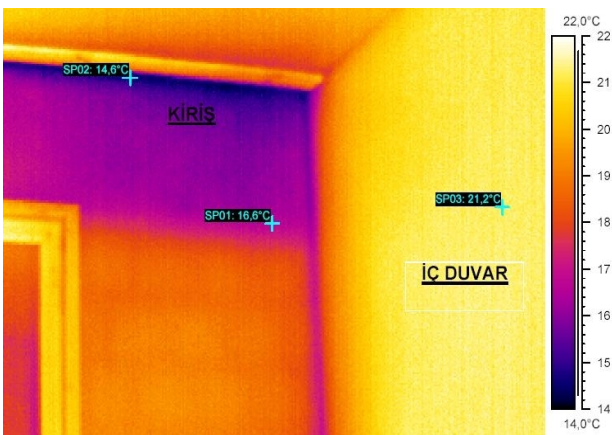
## 6.2.10 Isı Kayıplarının  Ortamdan Termal Kamera ile Analizi



ekil 6.32

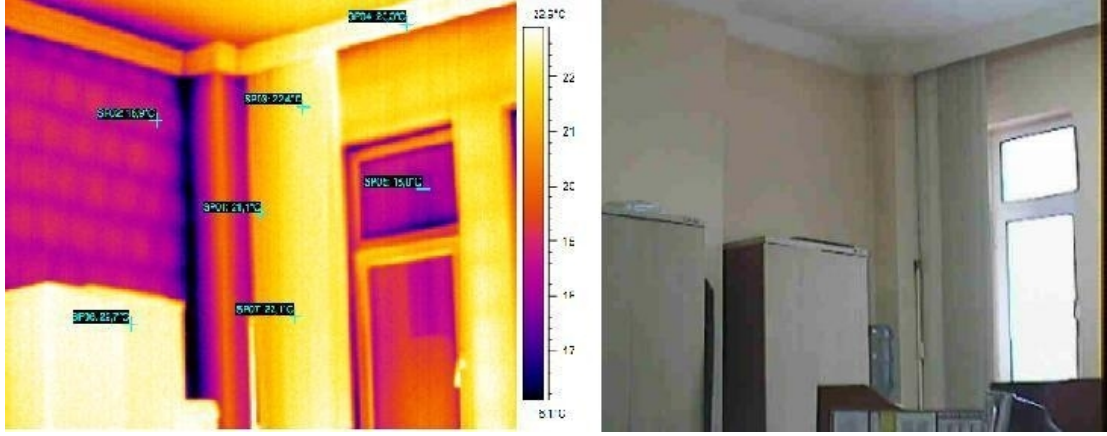


ekil 6.33

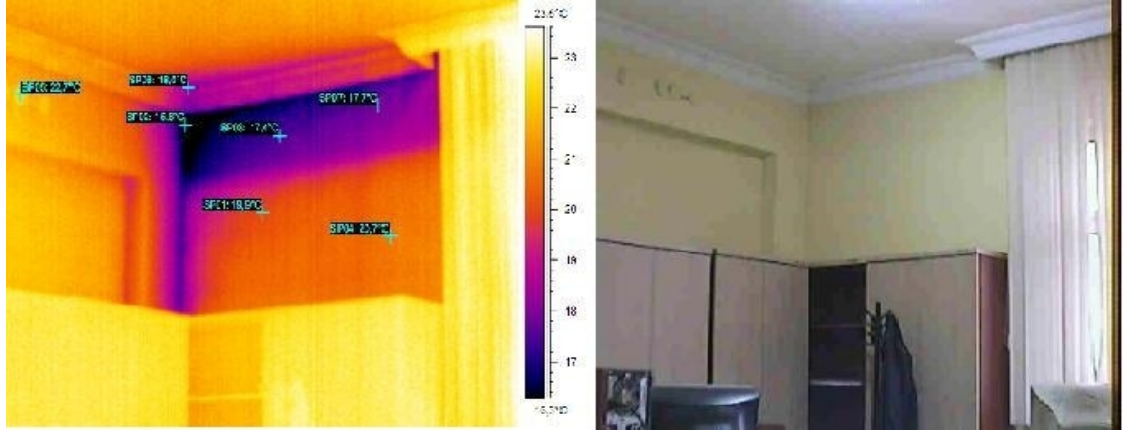


ekil 6.34

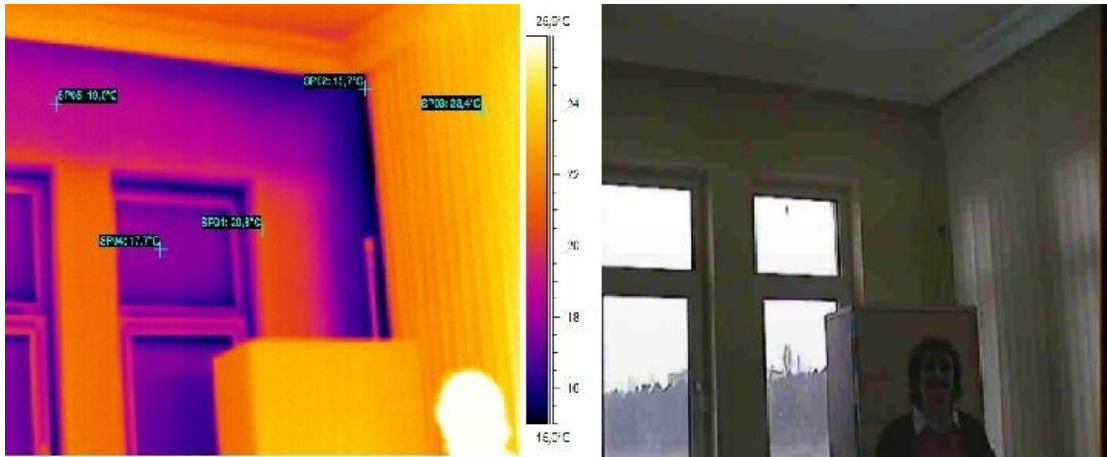




ekil 6.35

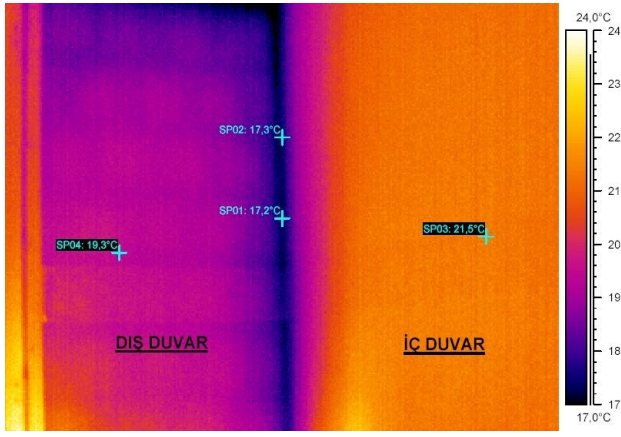


ekil 6.36

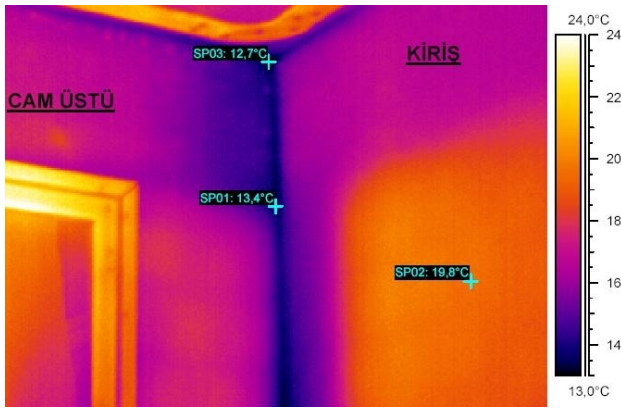


ekil 6.37

ekil 6.32-37 ç ortamdan olan ısı kayıplarının termal kamera görüntüsü



ekil 6.38 ç duvar - dı duvar iç yüzey sıcaklıklarının karşılaştırıldığı termal kamera görüntüsü



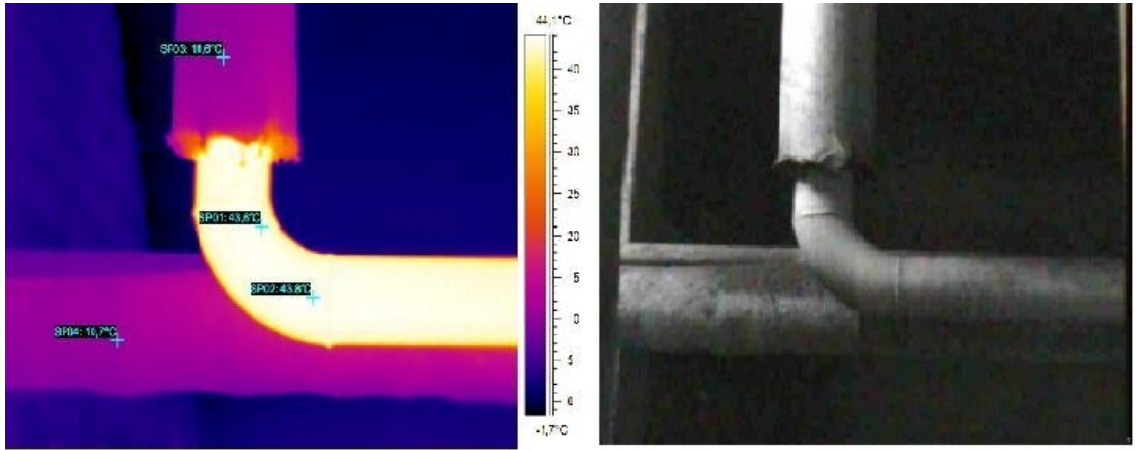
ekil 6.39 ki dı cepheli odanın içten termal kamera görüntüsü

ekil 6.32-37'de de i ik iç duvar yüzey sıcaklıkları için termal kamera kullanılarak elde edilen sıcaklık dağılımları gösterilmiştir. ekil 6.37'de iç duvar sıcaklığı 19.9 °C iken kiriş iç yüzey sıcaklığı 15.9 °C'dir. Dış cephede bulunan kirişin iç yüzey sıcaklığının daha düşük olması bu bölgeden daha fazla ısı kaybı olduğunu göstermektedir. Bu durum dış ortamdan çekilerek elde edilen sıcaklık haritalarındaki sonuçlarla uyum içindedir.

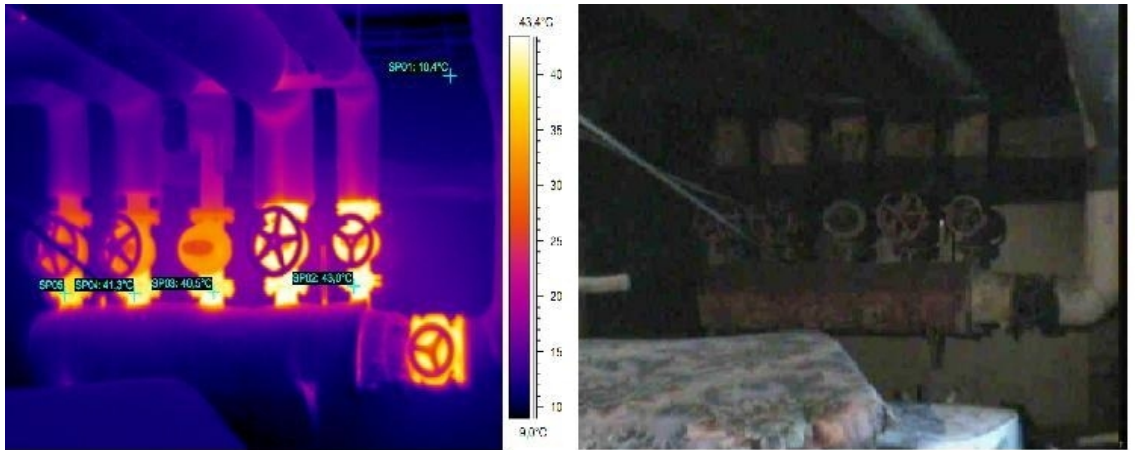
ekil 6.38'de iç ve dış duvar iç yüzey sıcaklıkları karşılaştırılmış olup, dış duvardan meydana gelen ısı kayıpları açıkça görülmektedir. Yalıtımsız durumda, dış ortamla temasta olan duvar sıcaklığı iç ortamdan olan ısı kaybı nedeniyle düşük (19.3 °C), komşu oda ile temasta olan duvarın sıcaklığı (21.5 °C) ise yüksektir. ekil 6.39'da iki dış cepheli odanın iç yüzey sıcaklık haritası gösterilmiştir. Özellikle kiriş kesimi ve duvar birleşim bölgelerindeki sıcaklıkların oldukça düşük (13.4°C) olduğu görülmektedir. Bu durum bu bölgelerden büyük miktarda ısı kaybı olmasının sonucudur. ekil 6.32-37'deki sıcaklık dağılımlarında dikkat edilmesi gereken diğer bir husus, iç ortam sıcaklığı ile dış duvar iç yüzey sıcaklıkları arasındaki farkın oldukça fazla olmasıdır. Dengeli ve konforlu ısı ortamlarının oluşturulabilmesi için bu farkın

3°C'den daha az olması gerekmektedir. Bu nedenle yukarıdaki ekilerde iç ortamların konfor artlarından oldukça uzakla tı ı söylenebilir. Ayrıca, duvar iç yüzey sıcaklı ının, ortamdaki su buharının yo u ma sıcaklı ının altına dü mesi durumunda, duvar yüzeyinde terleme meydana gelebilecektir. Bu bakımdan ekil 6.39'da dı duvar iç yüzey sıcaklıklarının 12.7 °C-13.4 °C olarak belirlenmesi, bu bölgelerin terleme sınırında olabilecek kritik bölgeler oldu unu söylenebilmektedir. Sa lıklı ve konforlu ya am ortamlarının olu turulması açısından binalarda mutlaka yalıtıma önem verilmesi gerekmektedir.

### 6.2.11 Tesisattaki Isı Kayıplarının Termal Kamera ile Analizi

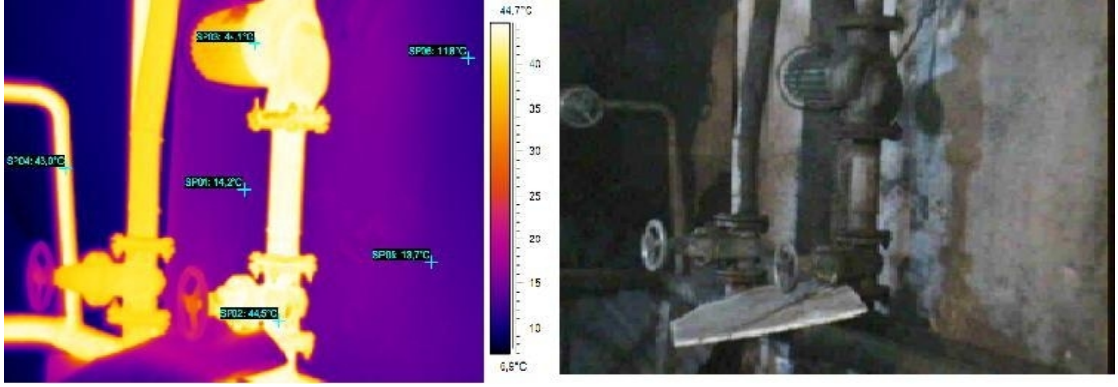


ekil 6.40 Yalıtımlı – yalıtımsız tesisat borusu termal kamera görüntüsü

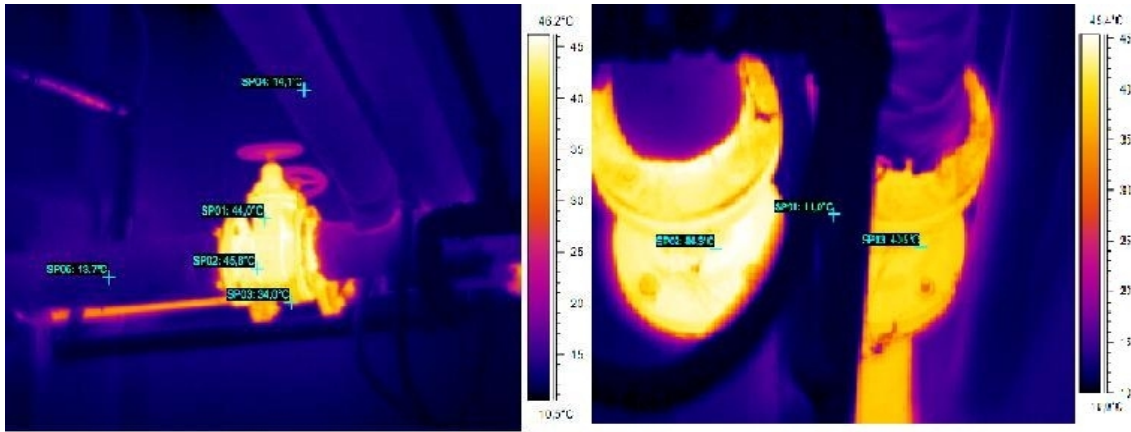


ekil 6.41





ekil 6.42



ekil 6.43

ekil 6.41-43 Yalıtımsız vanalardaki ısı kaybının termal kamera görüntüsü

Binalarda yapılan ısı yalıtımının yanında, tesisatta yapılacak yalıtım da önemli miktarlarda ısı tasarrufu yapılmasını sağlamaktadır. Tesisat borularının ve vanaların yalıtılmasıyla % 2-5 civarında yakıt tasarrufu sağlanabilmektedir. ekil 6.40'da sıcak su borusunun yalıtımlı ve yalıtımsız bölgelerinin yüzey sıcaklık haritası verilmiştir. Yalıtımlı bölgenin sıcaklığı 10.6 °C iken yalıtımsız bölgede yüzey sıcaklığı 43.3 °C'dir. Bu ekil yalıtımın önemini açıkça ortaya koymaktadır. ekil 6.41-43'de yalıtımsız vanalardaki yüzey sıcaklık dağılımı gösterilmiştir ve buradan da anlaşılacağı üzere oluşan ısı kayıplarının önlenmesi için vanalarda yalıtım gömleklerinin kullanılmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

## KULLANILAN SAYISAL YÖNTEM VE TEMEL DENKLEMLER

### 7.1 Kullanılan Sayısal Yöntem

Son yıllarda teknolojinin hızla gelişimi ile birlikte artık problemlerin çözümü, tasarımların oluşturulması ve geliştirilmesi gibi birçok mühendislik uygulamasında sayısal analiz yöntemlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. Deneysel yöntemlerin ekonomik olmaması ve zorlukları mühendislerin sayısal analiz yöntemlerine yönelmelerine neden olmuştur. Aynı zamanda sayısal analiz yöntemlerinin deneysel yöntemlere göre; kısa zamanda ve ekonomik sonuç alınabilmesi, geniş çapta veri elde etme olanağı ve deneysel çalışmalarda karşılaşılabilecek zor ve tehlikeli durumlarda kullanılabilmesi gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Ancak bütün bu avantajlarına rağmen, mühendisler deneysel çalışmadan kesinlikle vazgeçmemelidirler. Her çalışmanın sayısal çözümlerle desteklenmiş deneysel çalışmalar olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Son yıllarda akışkanlar mekaniği ve ısı transferi problemleri çözümü için geliştirilmiş birçok sayısal yöntem bulunmaktadır. Bu tezde analizler, sonlu hacimler esasına dayalı çözümlere yapan FLUENT programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

#### 7.1.1 Sonlu Hacimler Yöntemi

Sonlu hacimler yöntemi, çözülecek geometriyi parçalara bölerek bu parçaların her biri için çözüm yapma ve daha sonra bu çözümleri birleştirerek problemin genel çözümünü bulma esasına dayanır. Sonlu hacimler yöntemi, korunum denklemlerini sayısal olarak çözümlenebilen cebirsel denklem sistemlerine dönüştürmek için kontrol hacmi esaslı bir teknik kullanır. Bu teknik her bir kontrol hacmi için korunum denklemlerinin integrasyonunun alınması sonucunda, denklemler için kontrol hacmini sağlayan ayrıntıların elde edilmesini içerir. Ayrıntıların doğrusallaştırılması ile elde edilen, doğrusal denklem sistemlerinin iterasyona bağlı çözümü ile hız, basınç ve sıcaklık gibi denklemler verilen yakınsaklık ölçüsünü sağlayanaya kadar güncellenir.

Sonlu hacimler yöntemi ile problem çözme işleminde genellikle şu adımlar kullanılır.

- Çalışılacak bölgenin ağ programları sayesinde oluşturulacak sayısal analize uygun ağ ile kontrol hacimlere bölünmesi.
- Sırasıyla momentum denkleminin, süreklilik denklemlerinin ve daha sonra enerji veya türbülans gibi diğer denklemlerin çözümü.



- Sonuçlandırılan denklem takımlarının iteratif çözücü sayesinde daha do ru de erlere yükseltilmesi.
- Yakınsaklı ın kontrolü.
- Çözümün elde edilmesi.

Kontrol hacminin integrasyonunu içeren ilk adım, sonlu hacimler yöntemini di er tüm sayısal yöntemlerden ayırmaktadır. Sayısal algoritma ile fiziksel korunum ilkesi arasındaki bu açık ve anla ılır ili ki, sonlu hacimler yönteminin dikkat çekici en temel özelli ini olu turur ve kullanıcılar için daha anla ılır kılar. Sonlu kontrol hacmindeki hız bile eni veya entalpi gibi genel bir akı de i keninin ( ) korunumu bu de i kenin de erini artıran veya azaltan farklı i lemlerin dengesi olarak ifade edilebilir.

$$\left[ \begin{array}{c} \text{Kontrol hacmindeki} \\ \phi' \text{'nin zamana ba lı} \\ \text{de i imi} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \phi' \text{'nin konveksiyonla} \\ \text{kontrol hacmine net} \\ \text{akı 1} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \phi' \text{'nin difüzyonla} \\ \text{kontrol hacmine net} \\ \text{akı 1} \end{array} \right] + \left[ \begin{array}{c} \text{Kontrol hacmindeki} \\ \phi' \text{'nin net artı} \\ \text{oranı} \end{array} \right]$$

Yukarıdaki korunum denklemini kolay anla ılabilir olmakla beraber lineer olmayan ve karma ık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle bu denklemin çözümü iteratif bir çözüm yakla ımı gerektirmektedir. Basınç ve hız arasında ili ki kurmak amacıyla yaygın olarak kullanılan TDMA, SIMPLE, SIMPLEC gibi çözüm yöntemleri bu yakla ımlara örnek olarak verilebilir.

Sonlu hacimler yöntemini kullanan FLUENT programı ile problem çözümü yapmak için ise a ıdaki adımlar takip edilmelidir.

- Problemin geometrisi GAMBIT paket programı ile olu turulmalıdır.
- Geometri GAMBIT paket programında elemanlara ayrılmalıdır.
- Duvar, simetri, hız gibi sınır ko ulları GAMBIT paket programında tanımlanmalı ve olu turulan dosya FLUENT içine dahil edilmelidir.
- Dosya FLUENT paket programında açılarak a yapısı kontrol edilmelidir.
- Hangi denklemlerin çözülece i ve çözüm yöntemi seçilmelidir.
- Ba langıç ve sınır ko ulları tanımlanmalıdır.
- teratif çözüm yöntemi ko turulmalıdır.

### 7.1.2 Sonlu Hacimler Formülasyonları

Bilindi i gibi laminer ve sürekli akan bir akı kanın akı nı tanımlamak için üç temel denklem mevcuttur.

- Kütleinin korunumu
- Momentumun korunumu
- Enerjinin korunumu

Sonlu hacimler esasına dayalı bir teknik kullanan FLUENT, çözülemeye ba langıç hız ve basınç de erlerini kullanarak ba lar. Her bir iterasyon için bir önceki iterasyonda elde edilen hız ve basınç de erleri kullanılarak momentum denklemleri çözüür. x ve y yönündeki momentum denklemlerinin çözüümü, sadece hızların güncellenmesini sa lar, basınç güncellenmez. Dolayısıyla basıncın güncellenmesi için ek bir e itli e ihtiyaç vardır. Bunun için süreklilik ve momentum denklemlerinden elde edilen basınç düzeltme e itli i çözüülerek, basınç düzeltme faktörü elde edilir. Bu faktör, süreklilik denklemini sa layacak ekilde basınç ve hız alanlarının güncellenmesi için kullanılır. Elde edilen veriler dahilinde enerji denklemleri çözüür ve sıcaklık alanları elde edilir. Bir önceki iterasyonda elde edilen de erlerle kar ıla tırma yapılarak belirlenen yakınsaklık ölçüsünü sa layıncaya kadar iterasyona devam edilir.

Bu bölümde FLUENT paket programının çözücüsü tarafından hazırlanan denklemlere yer verilecektir.

#### 7.1.2.1 Kütleinin Korunumu

FLUENT paket programı tarafından kullanılan kütleinin korunumu yani di er adıyla süreklilik denklemi a a ıda verilmi tir.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u_i) = S_m \quad [7.1]$$

Burada;  $u_i$  hız vektörlerini,  $\rho$  yo unlu u,  $t$  zamanı ve  $S_m$  da ınık faz tarafından sürekli faza eklenen kütleiy göstermektedir.

#### 7.1.2.2 Momentumun Korunumu

FLUENT paket programı tarafından kullanılan momentumun korunumu denklemi ise u ekildedir;

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho g_i + F_i \quad [7.2]$$

Burada ise;  $p$  statik basıncı,  $\tau_{ij}$  gerilme tensörü,  $g_i$  yerçekimi ivmesi ve  $F_i$  cisim kuvvetlerini sembolize etmektedir.  $\tau_{ij}$  ifadesinin açılımı ise u ekilde olmaktadır.

$$\tau_{ij} = \left[ \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] - \frac{2}{3} \mu \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \delta_{ij} \quad [7.3]$$

Burada  $\mu$  moleküler viskoziteyi göstermektedir.

#### 7.1.2.3 Enerjinin Korunumu

FLUENT paket programı tarafından kullanılan enerjinin korunumu denklemi ise u ekildedir.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \frac{\partial}{\partial x_i}(u_i(\rho E + p)) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( k_{ef} \frac{\partial T}{\partial x_i} - \sum_{j^{i'}} h_{j^{i'}} J_{j^{i'}} + u_j (\tau_{ij})_{ef} \right) + S_h \quad [7.4]$$

Burada;  $k_{eff}$  efektif kondüktivite,  $J$  difüzyon akısı,  $T$  sıcaklık,  $\tau_{ij}$  viskoz gerilme tensörü ekinde açıklanabilir.  $S_h$  kimyasal reaksiyon ısısını ve tanımlanan di er hacimsel ısı kaynaklarını içermektedir. Bu denklemlerde kullanılan di er parametreler ise a a ıdaki ekilde gösterilebilir;

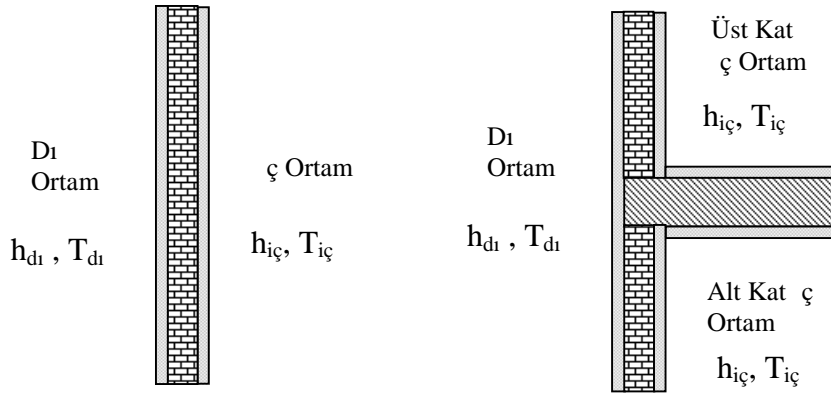
$$E = h - \frac{p}{\rho} + u_i^2 \quad [7.5]$$

$$h_i = \int_{T_{ref}}^T c_{p,i'} dT \quad [7.6]$$

Bu denklemlerde;  $h$  entalpiyi,  $p$  basıncı,  $u$  hızı,  $T_{ref}$  referans alınan sıcaklık de erini ve son olarak  $c_{p,i}$  sabit basınç altındaki özgül ısıyı göstermektedir.  $T_{ref}$ , referans alınan sıcaklıktır ve  $T_{ref} = 298,15 \text{ K}$  dir.

#### 7.1.2.4 Duvarlardaki Isı Transferi için Enerji Denklemi

Duvarlarda FLUENT paket programı tarafından kullanılan enerjinin korunumu denklemi ise denklem 4.7'deki gibidir.



ekil 7.1 Düzlem duvar ve ısı köprüsünün yapı ekli ve sınır artlarının gösterimi

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) + \nabla \cdot (\vec{v} \rho h) = \nabla \cdot (k \nabla T) + S_h \quad [7.7]$$

Bizim problemimiz, sürekli rejimde (zamandan ba ımsız), hareketin ve ısı üretiminin olmadığı,  $d_1$  ve iç ortamlarda ( $T_{d1}, T_{iç}, h_{d1}, h_{iç}$ ) ta ınım ve yapı içerisinde iletimle ısı geçişinin olduğu duruma çözüm bulunmasıdır. Bu denklemde,  $\vec{v}$  hız vektörünü göstermektedir. Çözmek istedi imiz problemin ekli, ekil 4.1'de gösterilmektedir.

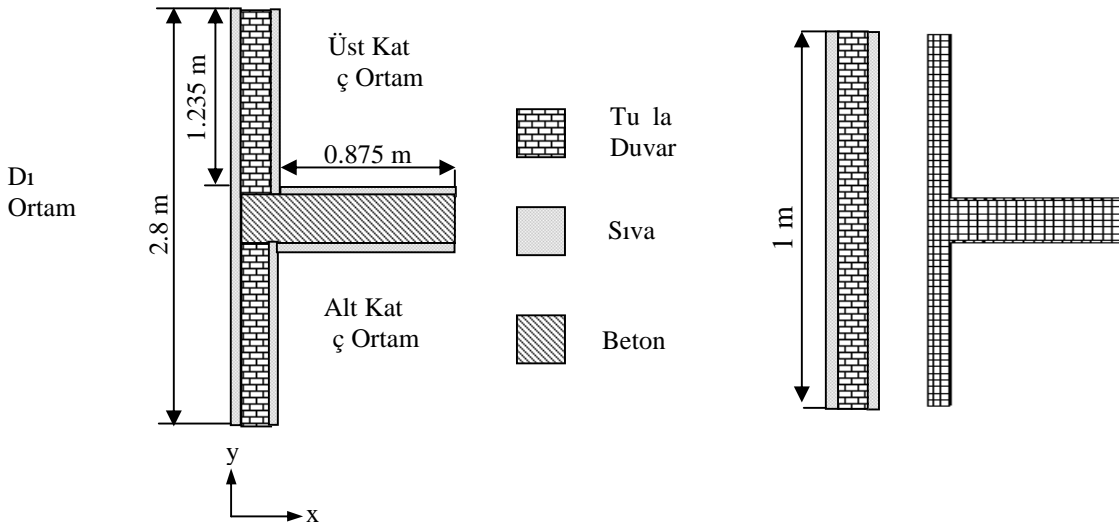
Böylece denklemimiz denklem 4.8'de gösterilen Laplace denklemine dönüşmektedir. Bu denklem çözülerek yapı içerisindeki sıcaklık dağılımına erişilmektedir.

$$\nabla^2 T = 0 \quad [7.8]$$

## FLUENT SONUÇLARI

### 8.1 Düzlem Duvar ve Isı Köprüsünün Sıcaklık Dağılımlarının İncelenmesi

Bu çalışmada içten, dıştan ve sandviç duvar yalıtımlı düzlem duvarda ve ısı köprüsünde yalıtım kalınlıklarının değiştirilmesinin sıcaklık dağılımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. İç ve dış yüzey sıcaklık ve ısı akılarını çözmek için Fluent programı kullanılmıştır. Öncelikle, yalıtımsız durum için ekil 5.1’de gösterilen boyutlarda oluşturulan modele uygun yapıları belirlenmiştir. Kullanılan model için yapı malzemelerinin özellikleri Tablo 8.1’de gösterilmiştir.



ekil 8.1 Yalıtımsız durum için oluşturulan model

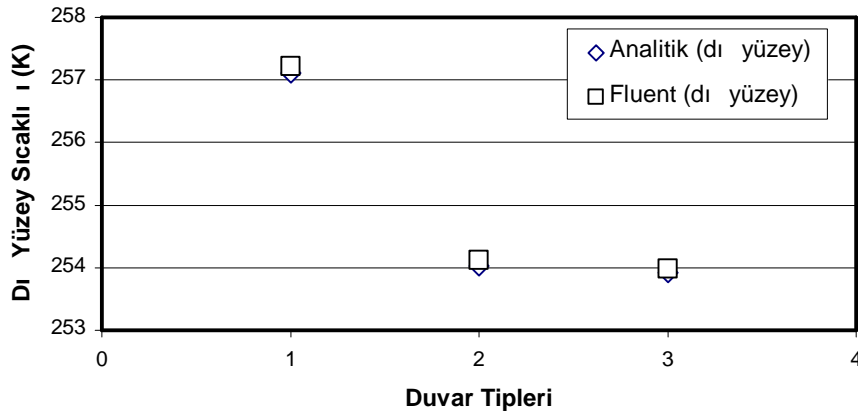
ekil 8.2 Modele uygun yapı

Tablo 8.1 Malzemelerin özellikleri

Malzeme	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	Kalınlık (m)
Beton	2.1	0.3
Isı Yalıtım Malzemesi	0.026	0.03-0.05-0.07
Tuğla Duvar	0.45	0.085
İç Sıva	0.87	0.015
Dış Sıva	1.4	0.025
Dolgu Malzemesi	5.38	0.085
Pencere Camı	1.4	0.025
Radyatör Malzemesi	80	0.045

Üç farklı düzlem duvar (Duvar 1-yalıtımsız, Duvar 2-dıştan yalıtımlı, Duvar 3-Çift duvar arası yalıtımlı) dış yüzeyleri için hesaplanan bir boyutlu analitik sonuçlar ve Fluent programından elde edilen iki boyutlu ısı iletimi denkleminin çözülmesi ile bulunan sayısal sonuçlar kıyaslama amacıyla karşılaştırılmıştır. Fluent programından

elde edilen sıcaklık değerleri, K (Kelvin) olarak kullanılmı tır. Duvar 1 (yalıtımsız)'de analitik olarak hesaplamalar sonucu elde edilen dı duvar yüzey sıcaklı ı 257,11 K iken aynı duvar tipinde Fluent programından elde edilen dı duvar yüzey sıcaklı ı 257,43 K'dir. Dı tan yalıtım uygulanan duvar tipinde (Duvar 2), Fluent programından elde edilen dı duvar yüzey sıcaklı ı 254,12 K iken analitik çözümlerle elde edilen dı duvar yüzey sıcaklı ı 254,03 K'dir. Sandviç duvar yalıtımlı (Duvar 3) duvar tipinde de benzer sonuçlar elde edilmi tir. Bu duvar tipinde, analitik olarak elde edilen dı duvar yüzey sıcaklı ı 253,92 K olurken Fluent programından elde edilen sıcaklık değeri 253,98 K olmaktadır. Bu sonuçlara göre, ekil 8.3'de de görüldü ü gibi dı yüzey sıcaklıklarının oldukça yakın ve paralel oldu u görülmü tür. Böylece kullanılan sayısal yöntemin do ru oldu u sonucuna varılabilece i dü ünülmektedir.



ekil 8.3 Düzlem duvarın dı yüzeyinde meydana gelen sıcaklık değeri imleri

Analizlerde belirlenen modele uygunlu u, kolay olu turulabilmesi ve çözülebilmesi gibi avantajlarından dolayı a elemanı olarak dörtgenel eleman kullanılmı tır. Kullanılan a yapısı olu turulan model için ekil 8.2'de gösterilmi tir. Kullanılan a sayısı, toplamda 8000 ile 9000 arasında elemandan olu maktadır. Ancak ekil 8.2'de kullanılan a yapısının daha iyi görülebilmesi için mesh sayısı azaltılmı tır. Bu çalı mada, çözümlerinin kolayla tırılması amacıyla a a ıdaki kabuller yapılmı tır:

- Malzeme izotropdur. Yani ısı iletim katsayısı malzeme içindeki her do rultuda aynı kalmaktadır.
- $h$ , ısı ta nım katsayısı iç ve dı ortamlarda sabittir.
- Isı akımı zamandan ba ımsızdır. ( $\partial T / \partial t = 0$ )
- Yapı içersinde ısı üretimi yoktur. ( $\dot{q} = 0$ )

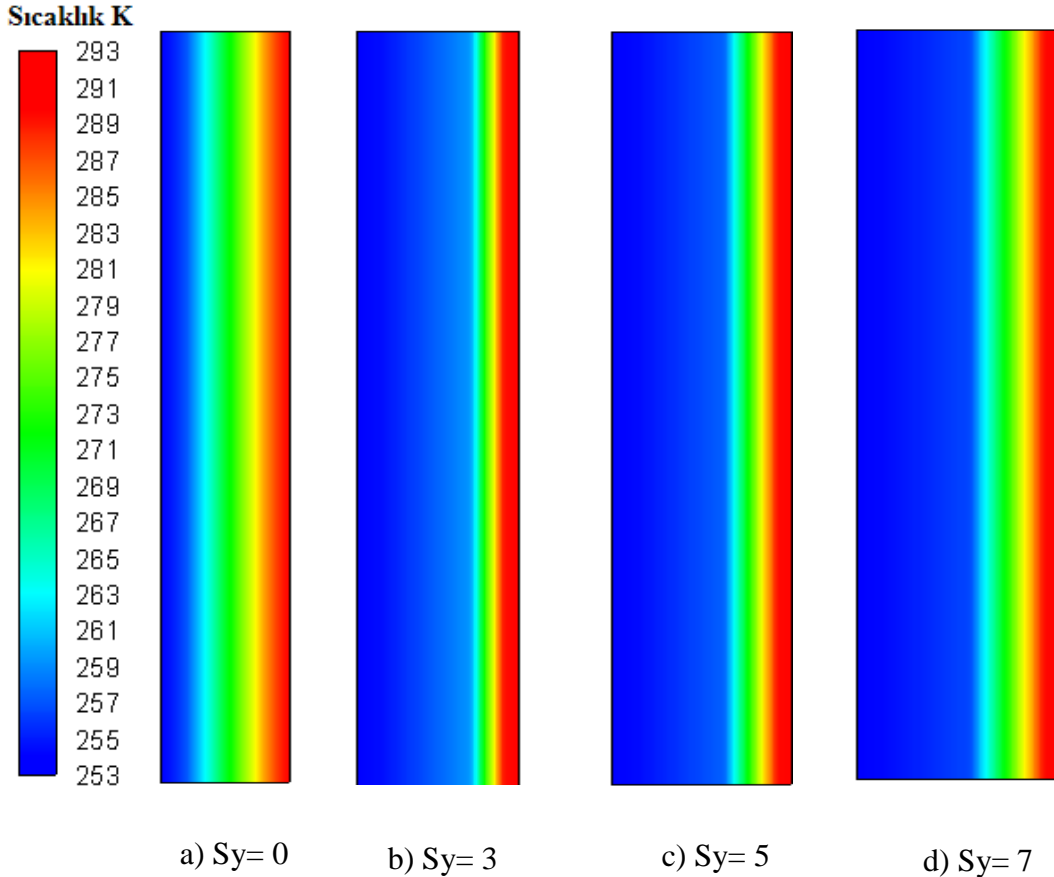
- Malzemelerin yoğunluk ve özgül ısıları değişmektedir
- $k$ , ısı iletim katsayısı sıcaklıktan, yönden bağımsızdır ve çok tabakalı sistemlerde bir tabaka içinde sabittir.

Elde edilen sonuçlarda, tüm modellemeler için sıcaklık dağılımları gösterilmektedir. Ayrıca tüm modellemeler için sıcaklık ve ısı akısı dağılımları grafiksel olarak gösterilmiştir.

### 8.1.1 Düzlem Duvar Sıcaklık Dağılımının İncelenmesi

Şekil 8.4'de görüldüğü gibi yalıtımsız durumda sıcaklık dış ortama doğru kesitte azalmakta iken yalıtım kalınlığı arttıkça, yalıtımdan önceki duvar kesiti sıcak ortamda kaldığından sıcaklığı düşmektedir. Yalıtımla birlikte ısı geçişi azalmakta ve duvar sıcaklığı artmaktadır. Isının en fazla depolandığı model, duvara içten 7cm yalıtım uygulanması durumundadır. Bu durumda duvarda kırmızı renkli kesit alanı artmaktadır.

#### 8.1.1.1 İçten Yalıtımlı Düzlem Duvar Sıcaklık Dağılımının İncelenmesi

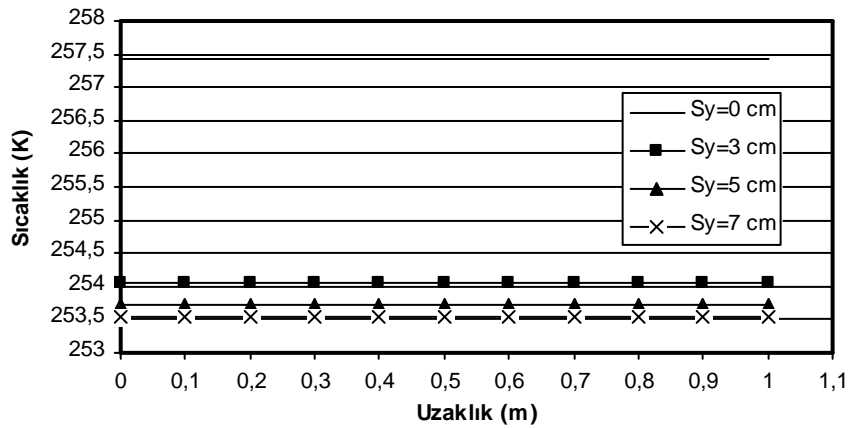


Şekil 8.4 için farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvarların sıcaklık dağılımları

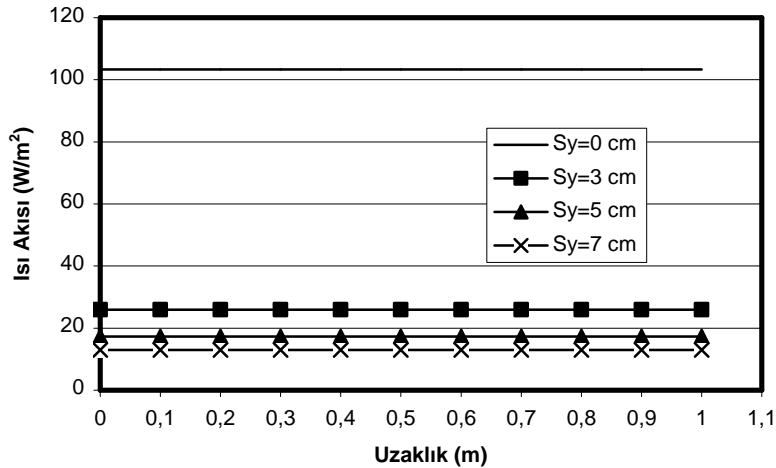
Şekil 8.5'de içten farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için dış yüzey sıcaklık dağılımları ve Şekil 8.6'da dış yüzey ısı akısı dağılımları gösterilmektedir. Yalıtımsız durumda duvar yüzey sıcaklığı, 257,44 K iken yalıtım kalınlığı arttıkça düşmektedir.

çten 3 cm yalıtım durumunda dış duvar yüzey sıcaklığı 254 K iken 5 cm yalıtım durumunda 253,71 K'e, 7 cm yalıtım durumunda ise 253,53 K'e düşmektedir.

Duvar yüzey ısı akısına bakıldığında (ekil 8.6), yalıtımsız durumda  $103,28 \text{ W/m}^2$  iken içten 3 cm yalıtım durumunda  $25,92 \text{ W/m}^2$ 'ye, 7 cm yalıtım uygulandığında ise  $12,98 \text{ W/m}^2$  değerine düşmektedir. İçten yalıtımın bu avantajına rağmen, içten yalıtım daha çok dıştan ısı yalıtımı yapılamayan durumlar için önerilebilir. Çünkü bu uygulama, döşemelerin dış duvara bağlı kısımlarda ısı köprülerine neden olmakla beraber, yapıya ısı depolama özelliği kazandırılmadığından ısıtıcı eleman kapatıldığında kısa bir süre sonra iç ortamda soğuma meydana gelmektedir.



ekil 8.5 Çıktan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için dış yüzey sıcaklık değerleri

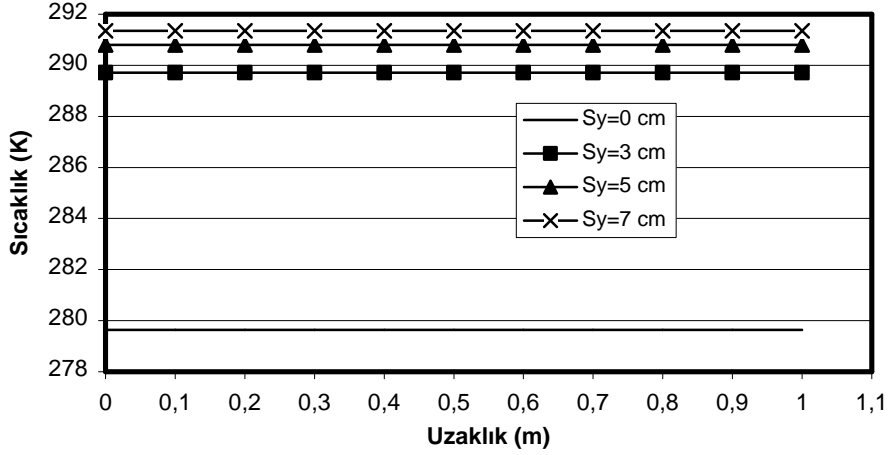


ekil 8.6 Çıktan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için yüzey ısı akısı değerleri

ekil 8.7'de içten yalıtımlı düzlem duvar için iç yüzey sıcaklık değerleri gösterilmektedir. En yüksek iç yüzey sıcaklık değerine içten 7 cm yalıtım durumunda erişilmektedir. Bu durumda iç yüzey sıcaklığı 291,35 K'dir. Çünkü bu durumda ısı'nın iletimine direnç oluşturan yalıtım kalınlığı fazladır. İçten 3 cm yalıtım durumunda ise iç

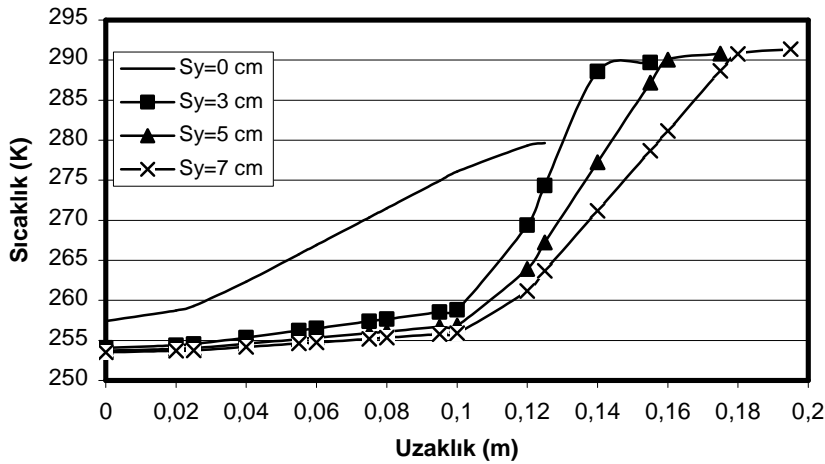


yüzey sıcaklığı 1 yalıtımsız duruma göre yaklaşık 10 K artarak 289,71 K'ye çıkmaktadır. Çıktan 5 cm yalıtım durumunda ise sıcaklık, 290,8 K'dir.



ekil 8.7 Çıktan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için iç yüzey sıcaklık dağılımleri

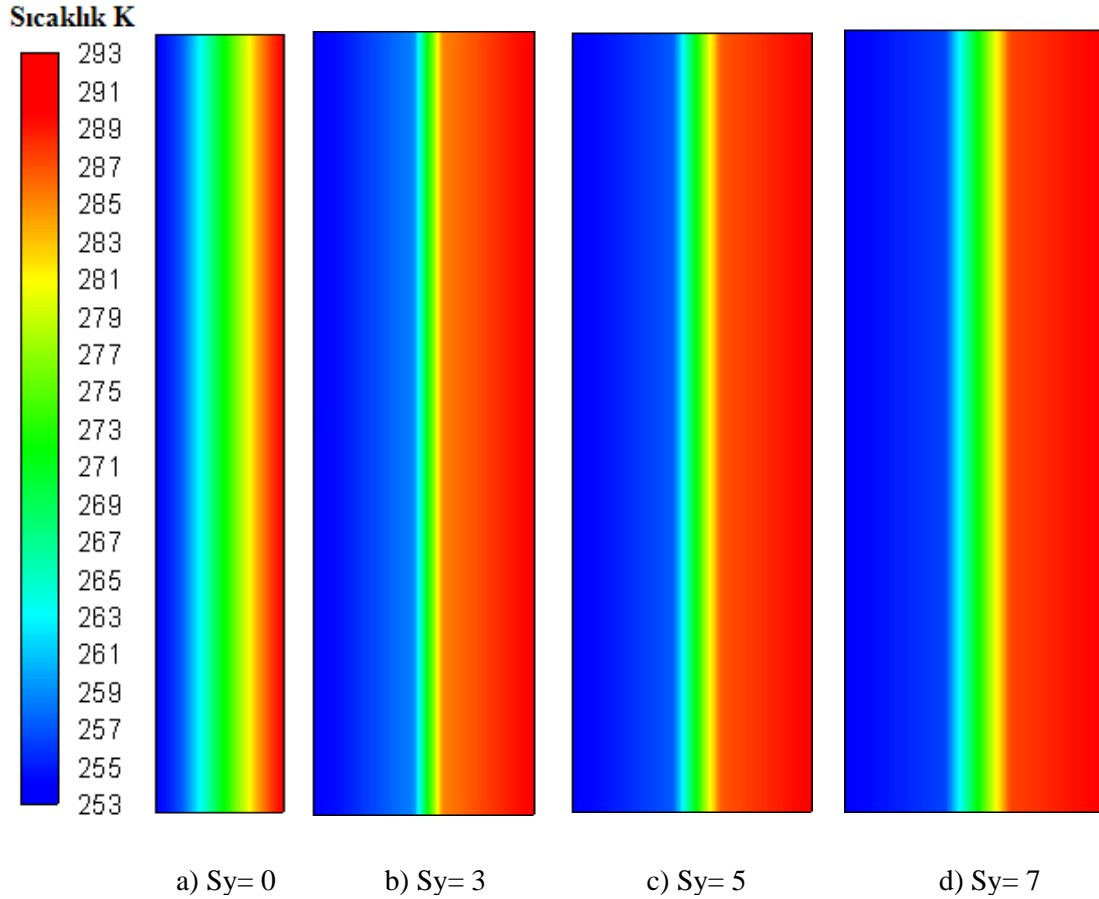
ekil 8.8'de içten farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvarlar için kesit sıcaklıklarının dağılımı gösterilmektedir. Dış ortamdan iç ortama doğru duvar kesitinde ilerlendiğinde sıcaklığın arttığı görülmektedir. Çıktan 3 cm yalıtım durumunda, yalıtım önünde sıcaklık 260 K iken yalıtımdan sonra iç ortama doğru 288,6 K'ye çıkmaktadır. 7 cm yalıtım durumunda ise yalıtım önünde 257 K olan duvar kesiti sıcaklığı, yalıtımdan sonra 290,8 K'ye çıkmaktadır. Aradaki sıcaklık farkı yalıtımda depolanan ısı enerjisinin miktarıdır.



ekil 8.8 Çıktan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için duvar kesiti sıcaklık dağılımleri

### 8.1.1.2 Sandviç Yalıtımlı Düzlem Duvar Sıcaklık Dağılımının İncelenmesi

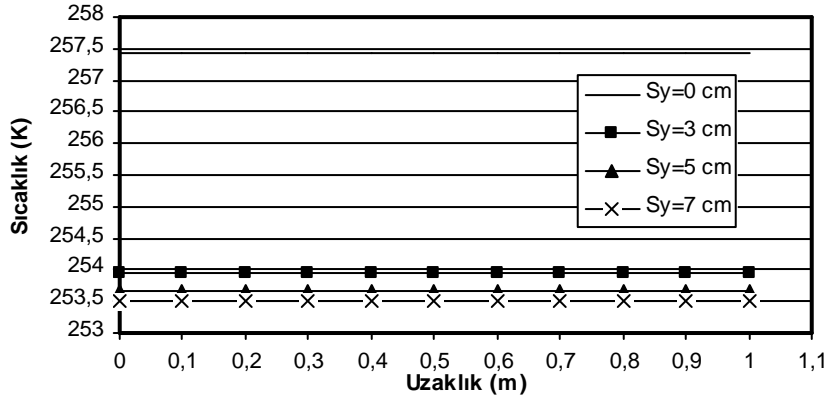
Şekil 8.9'da sandviç farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvarda oluşan sıcaklık dağılımları gösterilmektedir. İç ortamdaki duvar kesiti sıcak iken, yalıtımın arka kısmındaki duvar kesiti soğuktur. Yalıtım kalınlığının artmasına bağlı olarak duvar kesit sıcaklığı artmaktadır. Duvar, iki kademedenden oluştuğundan iç duvar yüzey sıcaklığı diğer yalıtım katlarından daha fazla, dış duvar yüzey sıcaklığı ise daha düşük olmaktadır.



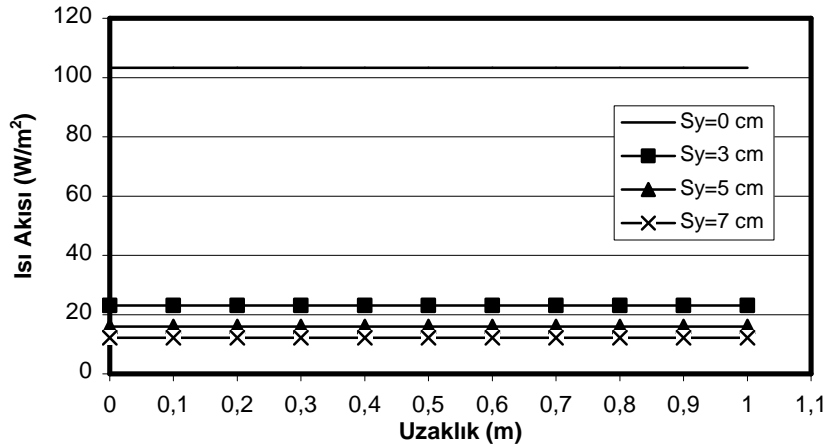
Şekil 8.9 Sandviç farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvarlardaki sıcaklık dağılımları

Şekil 8.10'da sandviç yalıtımlı duvar için dış duvar yüzey sıcaklık değerimleri gösterilmektedir. Yalıtımsız durumda duvar yüzeyinde sıcaklık, 257,43 K iken sandviç 3 cm yalıtım durumunda 253,94 K'e, 5 cm yalıtım durumunda 253,65 K'e ve 7 cm yalıtım durumunda ise 253,5 K'e düşmektedir. Düşüşün nedeni dış ortama olan ısı iletiminin azalmasındandır. Buradaki yalıtımsız duvar, yapılarda uygulandığı gibi tek kademe (8,5 cm) seçilmiştir. Ancak sandviç tip duvarda duvar iki kademeli olduğundan kalınlık artmasına ve yalıtımın önündeki duvarda ısıyı depolamasından dolayı iç yüzey sıcaklığı içten ve dıştan yalıtıma göre daha fazla, dış yüzey sıcaklığı ise daha az olmaktadır.

ekil 8.11'de sandviç yalıtım durumunda olan yüzey ısı akısı değişimleri gösterilmektedir. Yalıtımsız durumla karşılaştırıldığında, sandviç 3 cm yalıtım durumunda yüzey ısı akısında yaklaşık  $80 \text{ W/m}^2$ 'lik düşüş görülmektedir. Bu düşüş, sandviç 7 cm yalıtım durumunda  $91 \text{ W/m}^2$ , 5 cm yalıtım durumunda ise  $84 \text{ W/m}^2$  değerini bulmaktadır.

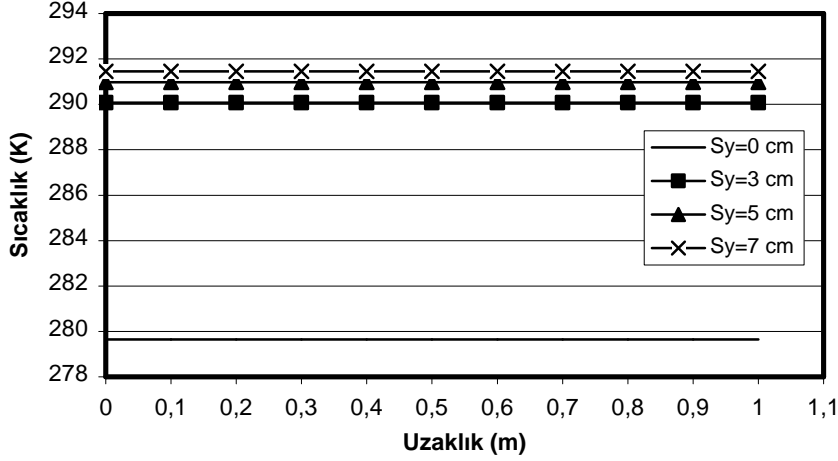


ekil 8.10 Sandviç farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için dış yüzey sıcaklık değişimleri



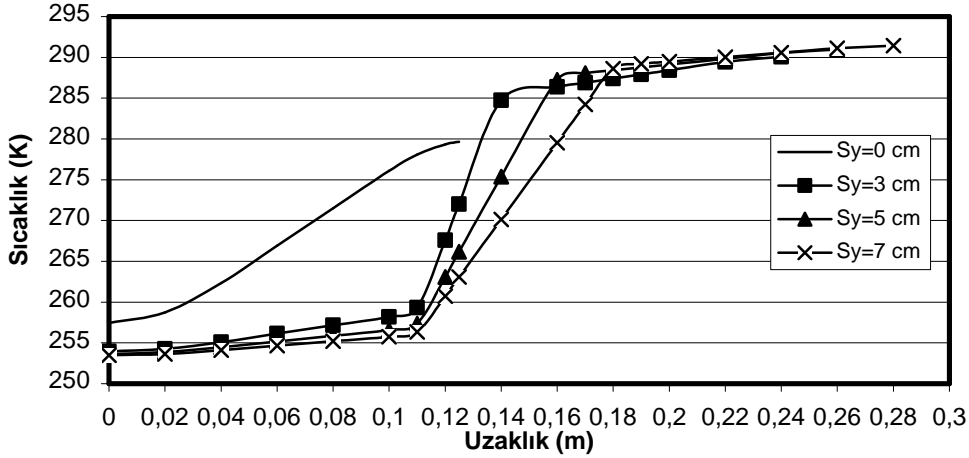
ekil 8.11 Sandviç farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için yüzey ısı akısı değişimleri

ekil 8.12'de sandviç yalıtımlı düzlem duvar için iç yüzey sıcaklıkları görülmektedir. Yalıtım kalınlığının artmasına bağlı olarak iç yüzey sıcaklığında artı meydana gelmektedir. Sandviç 3 cm yalıtım durumunda duvar yüzey sıcaklığı  $290 \text{ K}$  iken 5 cm yalıtım durumunda  $290,97 \text{ K}$  ve 7 cm yalıtım durumunda ise  $291,45 \text{ K}$ 'dir.



ekil 8.12 Sandviç farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için iç yüzey sıcaklık de iimleri

ekil 8.13'de sandviç yalıtım durumunda duvar kesit sıcaklığının de iimi görülmektedir. Duvarların kesit sıcaklıkları iç ortama do ru artı göstermektedir. Sandviç 5 cm yalıtım durumunda yalıtım önü ve arkasında 31 K'lik fark varken, sandviç 7 cm yalıtım durumunda 33 K'lik fark vardır. Bu durum, yalıtım kalınlı ı arttıkça duvarda depolanan ısının arttı mın göstergesidir.



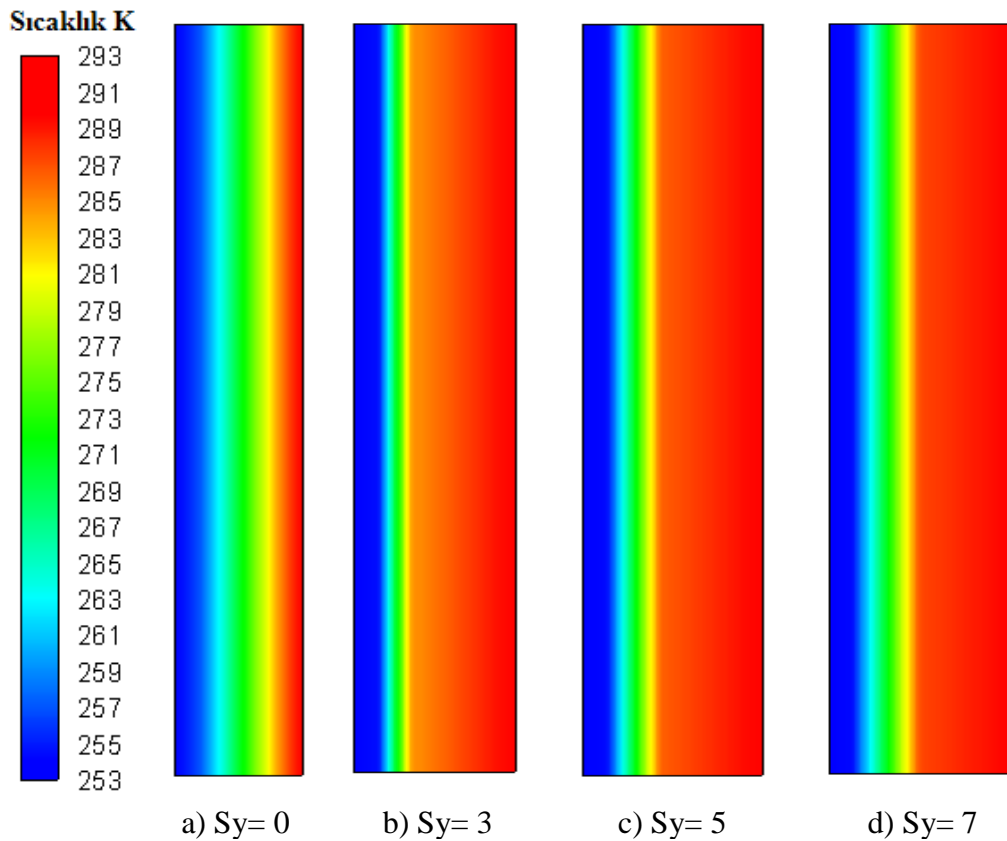
ekil 8.13 Sandviç farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için duvar kesiti sıcaklık de iimleri

### 8.1.1.3 Dı tan Yalıtımlı Düzlem Duvar Sıcaklık Da ılımlarının ncelenmesi

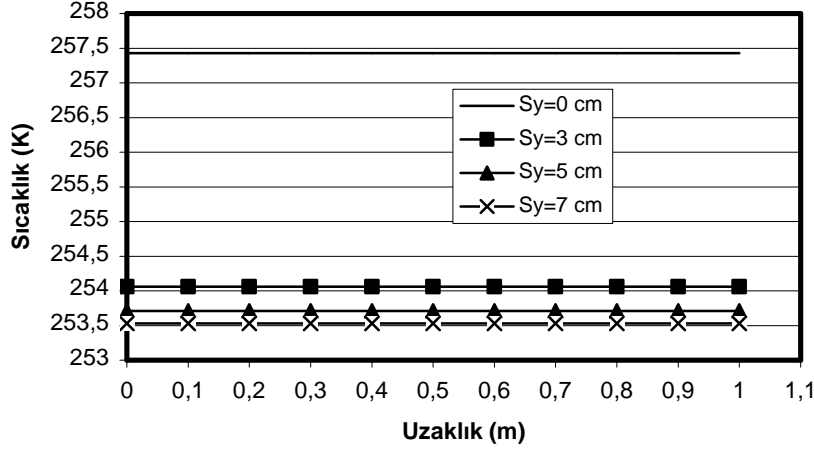
ekil 8.14'de dı tan yalıtımlı düzlem duvar için sıcaklık da ılımları gösterilmektedir. Dı tan yalıtımla birlikte duvara ısı depolama özelli i kazandırılmaktadır. Yalıtım kalınlı ının artı ıyla da duvarda depo edilen enerji miktarı artmakta ve böylece duvarın sıcak olan kırmızı renkli kesit kalınlı ında artı görülmektedir.

ekil 8.15'de dıştan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için dış yüzey sıcaklık dağılımları görülmektedir. Yalıtım kalınlığının artmasına bağlı olarak dış yüzey sıcaklığı 253,53 K'e kadar düşmektedir. Oysa yalıtımsız durumda dış duvar yüzey sıcaklığı 257,44 K'dedir. Dıştan 3 cm yalıtım durumuyla karşılaştırıldığında yalıtımsız duruma göre sıcaklıkta yaklaşık 3,4 K'lik düşüş vardır. Bu sıcaklık farkı dıştan 5 cm yalıtım durumunda 3,7 K'dir.

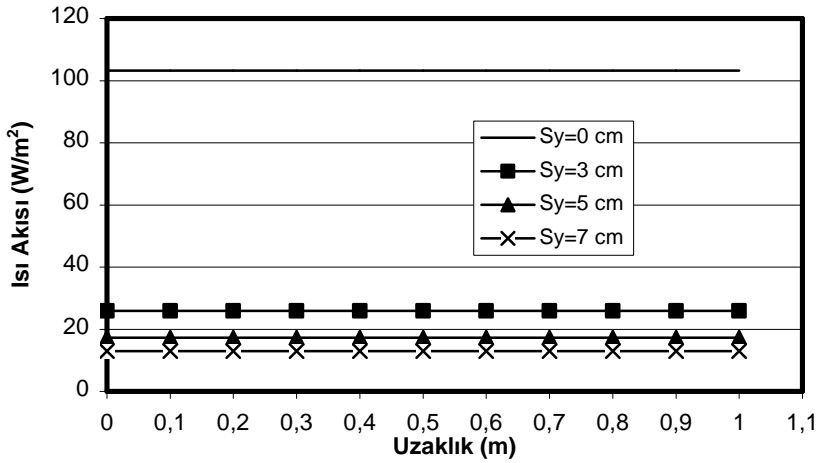
ekil 8.16'da dıştan yalıtımlı düzlem duvar için yüzey ısı akısı dağılımları gösterilmektedir. Dıştan yalıtımla yüzey ısı akısında azalma ve bu duruma paralel olarak dış yüzey sıcaklığında azalma, iç yüzey sıcaklığında ise artma görülmektedir. Dıştan 3 cm yalıtım durumunda yüzey ısı akısı,  $25,9 \text{ W/m}^2$  iken 5 cm yalıtım durumunda  $17,28 \text{ W/m}^2$  ve 7 cm yalıtım durumunda ise  $12,97 \text{ W/m}^2$  dir. Yalıtımsız durumda ısı akısının  $103,28 \text{ W/m}^2$  olduğu bilindiğine göre ısı akısında oldukça fazla düşüş vardır.



ekil 8.14 Dıştan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar sıcaklık dağılımları



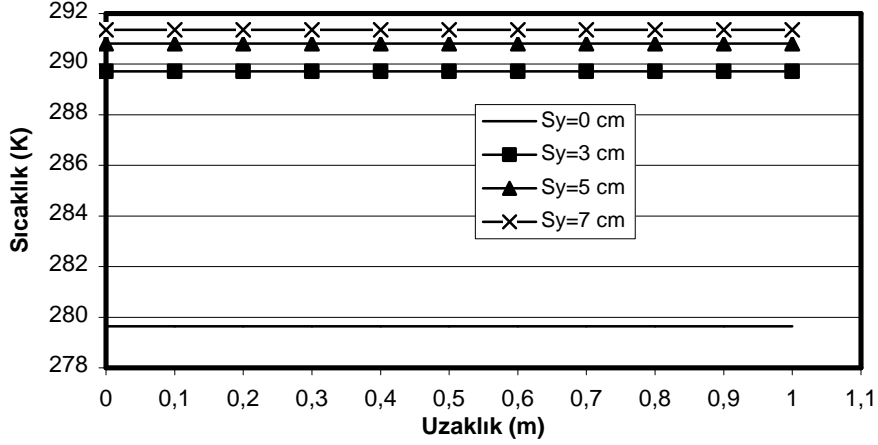
ekil 8.15 D<sub>1</sub> tan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için d<sub>1</sub> yüzey sıcaklık de iimleri



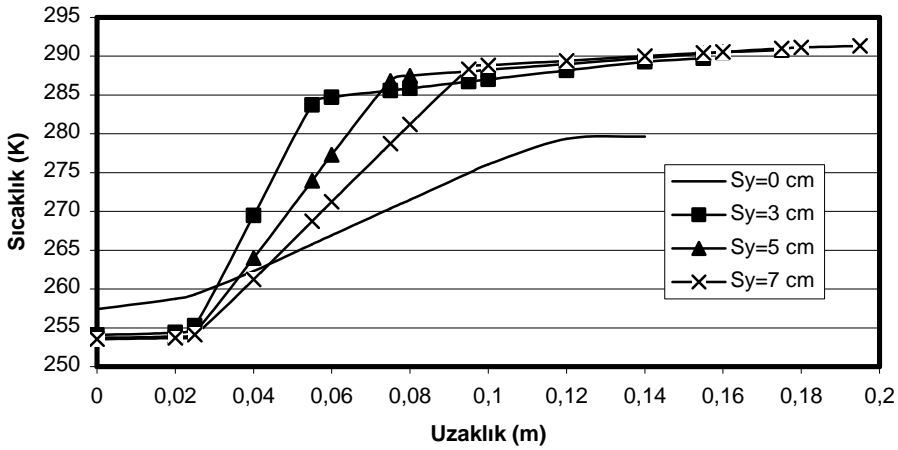
ekil 8.16 D<sub>1</sub> tan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için d<sub>1</sub> yüzey ısı akısı de iimleri

ekil 8.17'de d<sub>1</sub> tan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvarda olu an iç yüzey sıcaklık de iimleri gösterilmektedir. D<sub>1</sub> tan 7 cm yalıtım durumunda iç duvar yüzey sıcaklığı 291,35 K'dir. Yalıtımsız durumda bu değer 279,64 K'dir. D<sub>1</sub> tan 3cm ve 5 cm'lik yalıtım durumlarında ise yalıtımsız duruma göre sıcaklıkta sırasıyla 10 K ve 11 K'lik artışlar vardır.

ekil 8.18'de d<sub>1</sub> tan yalıtım için düzlem duvardaki kesit sıcaklık de iimleri gösterilmektedir. D<sub>1</sub> tan 3 cm yalıtım durumunda yalıtımın sıcak taraftaki yüzey sıcaklığı 283,71 K iken d<sub>1</sub> tan 5 cm yalıtım durumunda 286,8 K ve d<sub>1</sub> tan 7 cm yalıtım durumunda ise 288,34 K'dir. Yalıtım kalınlığı arttıkça ısı iletimine karşı direnç arttığından sıcaklık artmaktadır. Aynı sebeple yalıtımın soğuk taraftaki sıcaklıkta ise azalma görülmektedir.



ekil 8.17 D<sub>1</sub> tan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için iç yüzey sıcaklık de i imleri

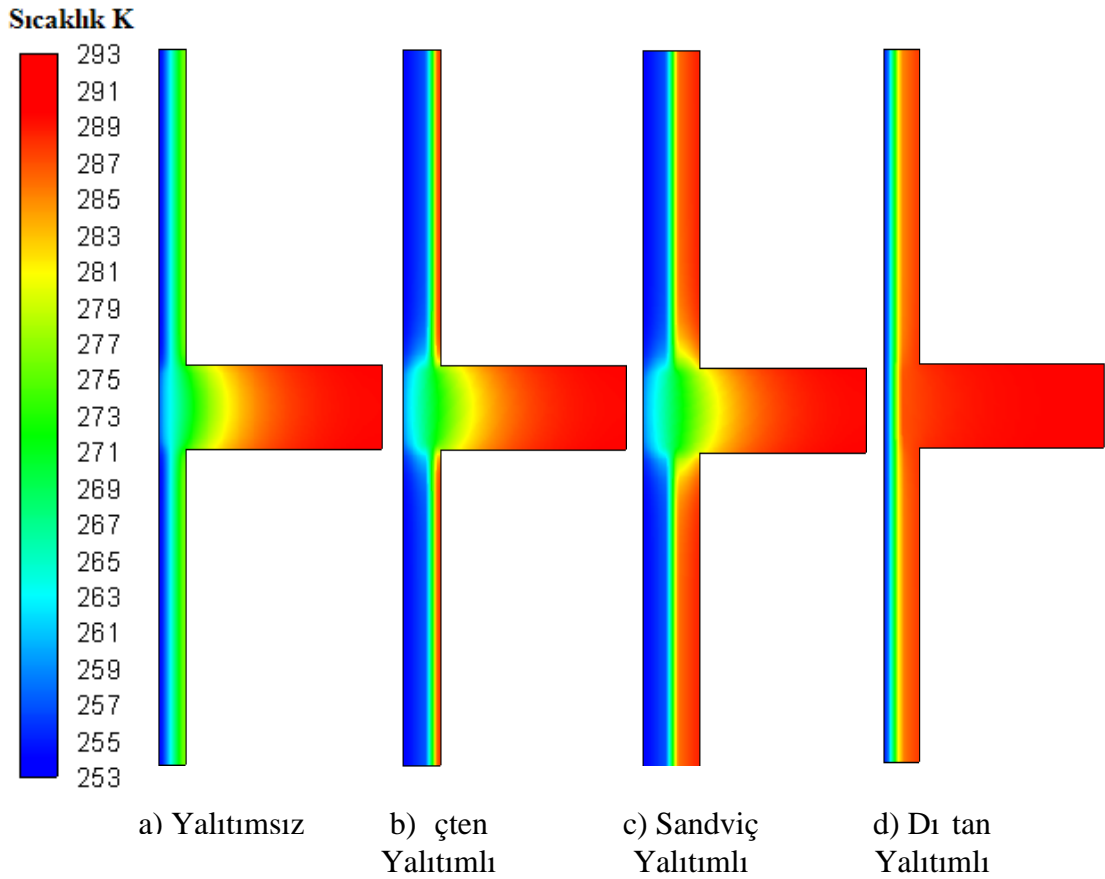


ekil 8.18 D<sub>1</sub> tan farklı yalıtım kalınlıklı düzlem duvar için duvar kesiti sıcaklık de i imleri

### 8.1.2 Isı Köprüsünün Sıcaklık Da ılımının ncelenmesi

ekil 8.19'da farklı ekillerde yalıtımlı ısı köprüsü modellerinde olu an sıcaklık da ılımları görülmektedir. Yalıtımsız durumda kiri kısmında sıcaklık da ılımında renk açılmakta, so uma duvar kesitinde de devam etmektedir. çten yalıtımlı modelde, duvar iç yüzey sıcaklı ı artmakta iken kiri kısmında ısı köprüsü etkisi azalsa da devam etmektedir. Sandviç yalıtımla iç kısımdaki duvarlara ısı depolama özelli i kazandırılmakta ve duvar kırmızı bir renk almaktadır. Bu durumda da ısı köprüsü etkisi azalarak devam etmektedir. D<sub>1</sub> tan yalıtım durumunda, kiri önüne yalıtım uygulandı ndan ısı köprüsü etkisi tamamiyle yok edilmi ve böylece yapının bütününe ısı depolama özelli i kazandırılmaktadır. Böylece yapının bir bütün olarak sıcak ortamda bırakılması sa lanmakta ve yapıda homojen sıcaklık da ılımına ula ılmaktadır.

ekil 8.20'de ısı köprüsünde olu an dı yüzey sıcaklık de i mi gösterilmektedir. Yalıtımsız durumda duvar yüzey sıcaklı ı 257,41 K iken, kiri in orta kısmında sıcaklık yakla ık 261 K'e ula maktadır. çten yalıtımlı durumda kiri kısmında sıcaklık 255 K de erine kadar dü mektedir. Sıcaklık, duvar yüzeyinde ise 253,73 K de erindedir. Sandviç yalıtımlı durumda kiri kısmında sıcaklık, 255,4 K'dir. Yalıtımsız durumla kar ıla tırıldı ında, sıcaklık de erinde yakla ık 6 K'lik dü ü oldu u görülmektedir. Bu durum ısı köprüsü etkisinin azaldı ını göstermektedir. Dı tan yalıtımlı durumda ise kiri kısmında sıcaklık 253,77 K iken duvar yüzeyinde 253,75 K'dir. Sıcaklık de erleri birbirine çok yakındır. Yüzejde homojen bir sıcaklık da ılımı sa lanmakta ve bu durum bize ısı köprüsü etkisinin yok edildi ini göstermektedir.

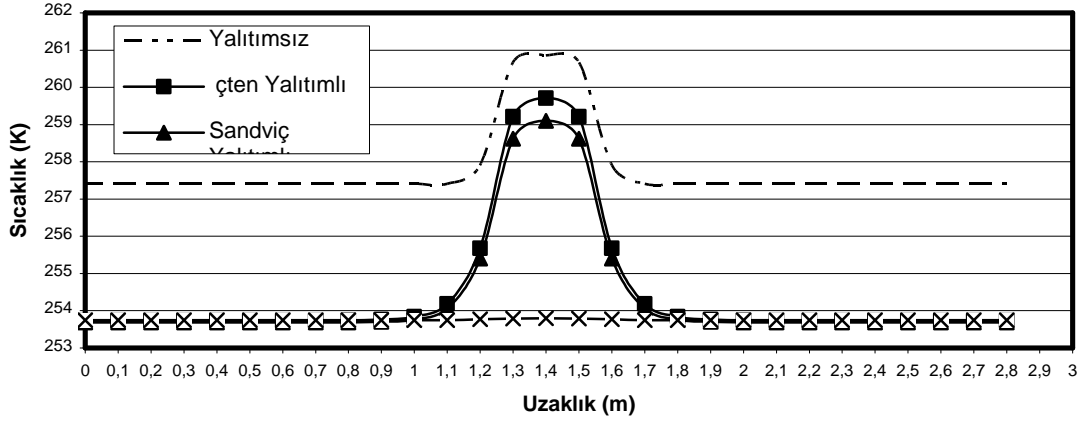


ekil 8.19 Farklı ekillerde yalıtımlı ısı köprüsünde olu an sıcaklık da ılımları

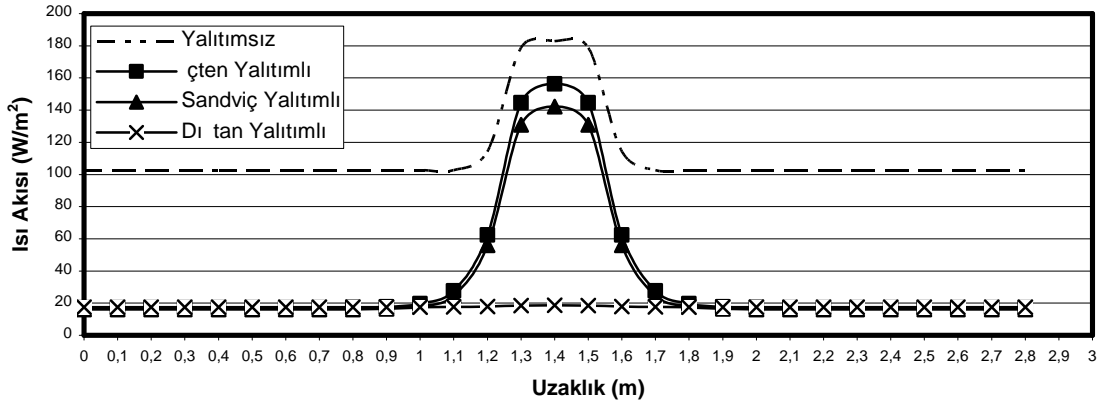
ekil 8.21'de ısı köprüsünde olu an dı yüzey ısı akısı de i mi gösterilmektedir. çten yalıtımlı durumda, kiri kısmında ısı akısı  $62,46 \text{ W/m}^2$  iken yalıtımsız durumda  $114,25 \text{ W/m}^2$ 'dir. Bu durum, ısı köprüsü etkisinin azaldı ını göstermektedir. Duvar yüzey ısı akısında da içten yalıtımlı durumda yalıtımsız duruma göre yakla ık  $85 \text{ W/m}^2$ 'lik azımsanmayacak bir fark vardır. Sandviç yalıtım durumunda ise dı duvar yüzeyinde



ısı akısı de eri  $16 \text{ W/m}^2$  iken dı tan yalıtım durumunda  $17,44 \text{ W/m}^2$ 'dir. Bu farkın sebebi, sandviç yalıtımda duvarın çift katmanlı olmasından dolayı yüzey ısı akısının azalmasından kaynaklanmaktadır. Kiri kısmındaki ısı akısı de erine bakıldı ında, dı tan yalıtım durumunda  $17,96 \text{ W/m}^2$  iken sandviç yalıtım durumunda  $56 \text{ W/m}^2$ 'dir. Sandviç yalıtım, yalıtımsız duruma göre ısı köprüsü etkisini azaltsa da dı tan yalıtımlı durumda oldu u gibi tam olarak etkisini kaybetmesini sa layamamaktadır.



ekil 8.20 Isı köprüsü modellerinde olu an dı yüzey sıcaklık de i mi

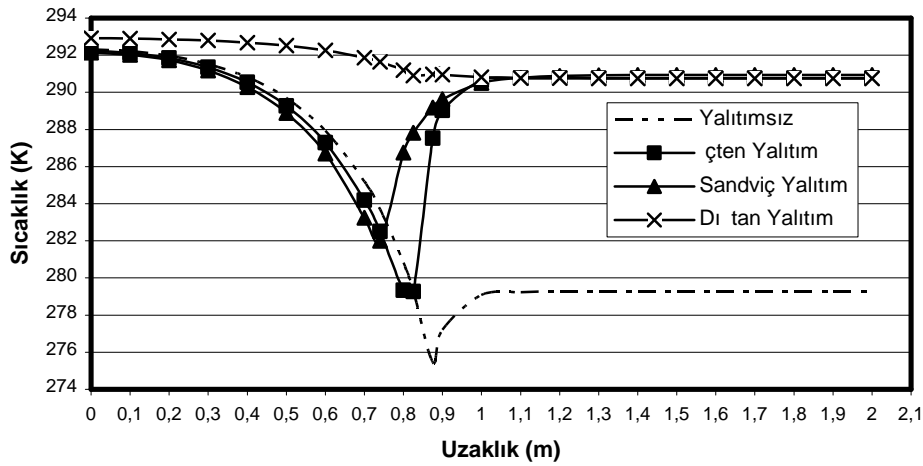


ekil 8.21 Isı köprüsü modellerinde olu an dı yüzey ısı akısı de i mi

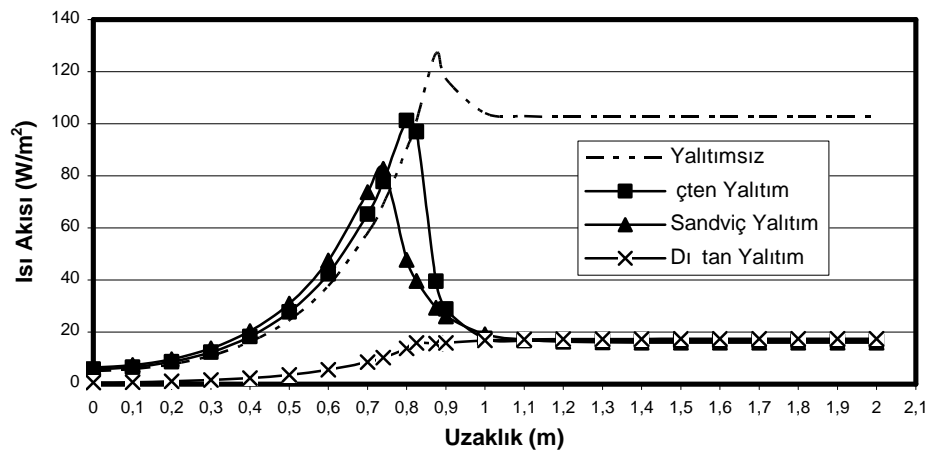
ekil 8.22' de farklı ekillerde yalıtımlı ısı köprülerinin iç yüzeylerinde olu an sıcaklık de iimleri gösterilmektedir. Yalıtımsız durumda iç kiri yüzeyindeki sıcaklık de eri ortalama  $291 \text{ K}$  iken sandviç ve içten yalıtım durumlarında so uk duvar kesitlerine olan ısı iletimlerinden dolayı yüzey sıcaklı ı dü mektedir. Dı tan yalıtım durumunda ise yapıya ısı depolama özelli i kazandırıldı ından kiri yüzey sıcaklı ı  $292 \text{ K}$  de erini a maktadır. Kö e noktasına do ru ise sıcaklık de erleri azalmaktadır. Yalıtımsız durumda kö e noktası sıcaklı ı yakla ık  $275 \text{ K}$  iken, içten yalıtımda  $279 \text{ K}$ 'e sandviç yalıtım durumunda ise  $282 \text{ K}$  de erine dü mektedir. Çünkü kö e noktası, yapıda etkin ısı köprüsüdür ve bu noktada çok boyutlu ısı iletimi mevcuttur. Dı tan

yalıtımla kö e noktası sıcaklı ı yakla ık 291 K de erine çıkmakta ve iç duvar yüzeyinde de aynı sıcaklık de eriyle devam etmektedir. Sandviç ve içten yalıtım durumlarında da yalıtımsız duruma göre duvar yüzey sıcaklı ında yakla ık 11 K'lik artı vardır.

ekil 8.23' de ısı köprüsü modellerinde iç yüzeyde olu an ısı akısı de i imi görülmektedir. çten ve sandviç yalıtım durumlarında so uk duvar kesitlerine olan ısı akımları nedeniyle yalıtımsız duruma göre kiri yüzeyinde ısı akısında artı oldu u görülmektedir. Dı tan yalıtım durumunda ise kiri yüzeyinde ortalama 3 W/m<sup>2</sup> gibi di er yalıtım ekillere göre oldukça dü ük ısı akısı de erleri elde edilmektedir. Yalıtımsız durumda kö e noktasındaki ısı akısı, 127 W/m<sup>2</sup> iken içten yalıtım durumunda 97 W/m<sup>2</sup>'ye dı tan yalıtımlı durumda 15,8 W/m<sup>2</sup>'ye dü mektedir. Duvar yüzeyi ısı akısı de erinde de yalıtımsız duruma göre oldukça dü ük de erlere ula ılmaktadır.



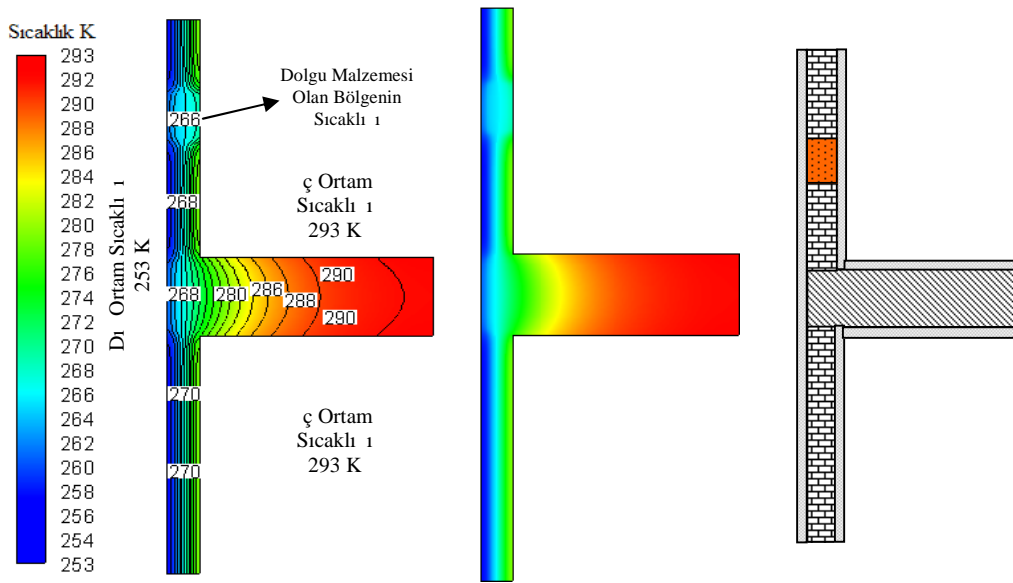
ekil 8.22 Isı köprüsü modellerinde olu an iç yüzey sıcaklık de i imi



ekil 8.23 Isı köprüsü modellerinde olu an iç yüzey ısı akısı de i imi

## 8.2 Dolgu Malzemesinin Yapının Sıcaklık Dağılımına Etkisinin İncelenmesi

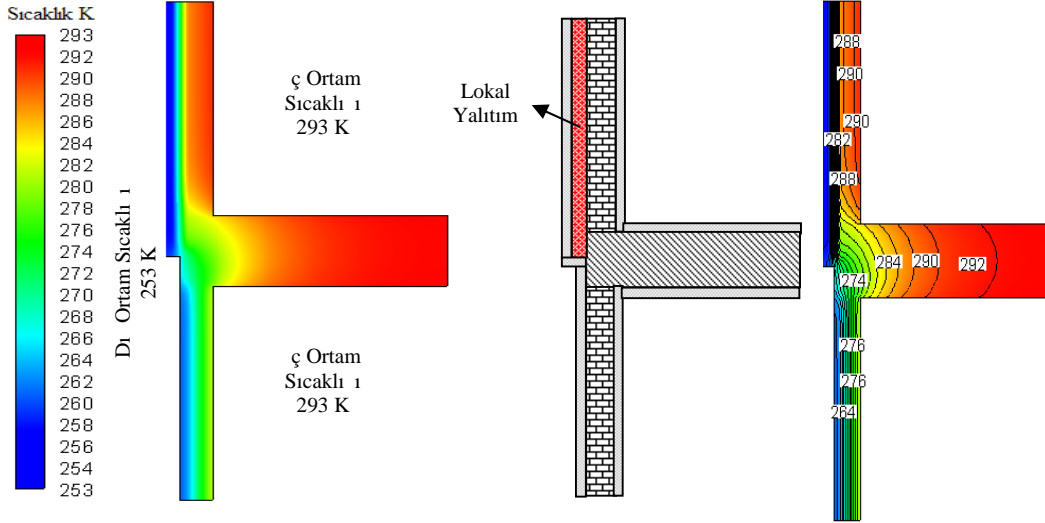
Şekil 8.24'te ısı köprüsü modelinde dolgu malzemesinin sıcaklık dağılımına olan etkisi gösterilmektedir. Sıcaklık dağılımında da görüldüğü gibi duvar kesitinin sıcaklığı 270 K iken dolgu malzemesinin sıcaklığı 266 K'dir. Bu özelliği ile dolgu malzemesi, bulunduğu bölge ve çevresinde sıcaklık dağılımının bozulmasına neden olarak ısı köprüsü etkisinde bulunmaktadır. Bu nedenle özellikle pencere montajında duvara daha az hasar vererek (daha az kırma işlemiyle bulunularak), duvarın ısı iletim katsayısıyla aynı veya yakın özellikte dolgu malzemesi kullanımına özen gösterilmelidir.



Şekil 8.24 Dolgu malzemeli ısı köprüsü modelinde sıcaklık dağılımı

## 8.3 Lokal Yalıtımın Yapının Sıcaklık Dağılımına Etkisinin İncelenmesi

Şekil 8.25'de dıştan lokal olarak yalıtılmış ısı köprüsü modelindeki sıcaklık dağılımı ve yapı modeli gösterilmektedir. Lokal yalıtım, duvar sıcaklığını artırırken (290 K), yalıtımın bittiği noktadan itibaren sıcaklık derin azalmaktadır (274 K). Bu bölgede sıcaklık dağılımı bozularak ısı köprüsü etkisi artmaktadır. Bu durum yalıtımın da etkinliğini düşürdüğü için dolayı yalıtım bir bütün olarak yüzey boyunca uygulanmalıdır.



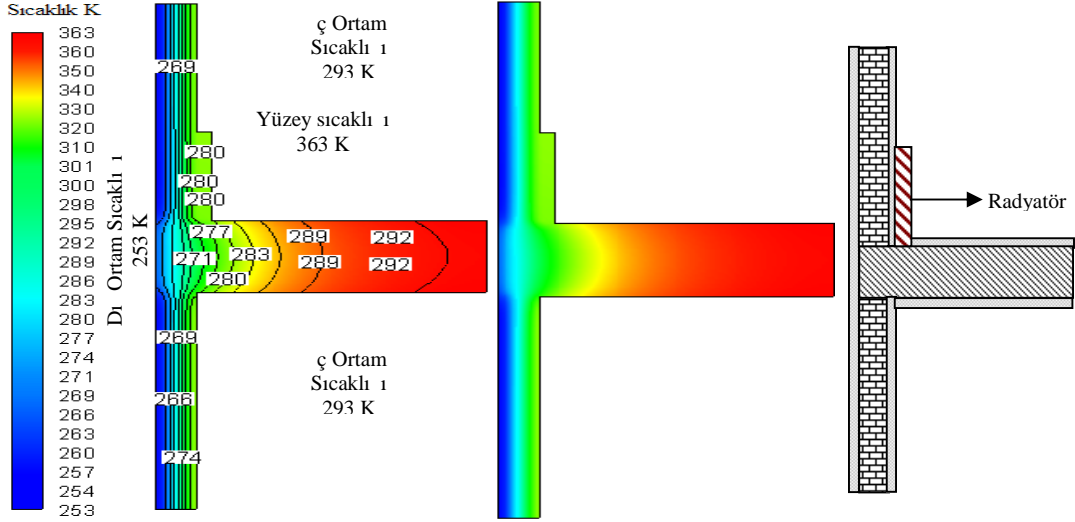
ekil 8.25 Lokal yalıtımlı ısı köprüsü modelinde sıcaklık dağılımı

#### 8.4 Radyatörün Yapının Sıcaklık Dağılımına Etkisinin İncelenmesi

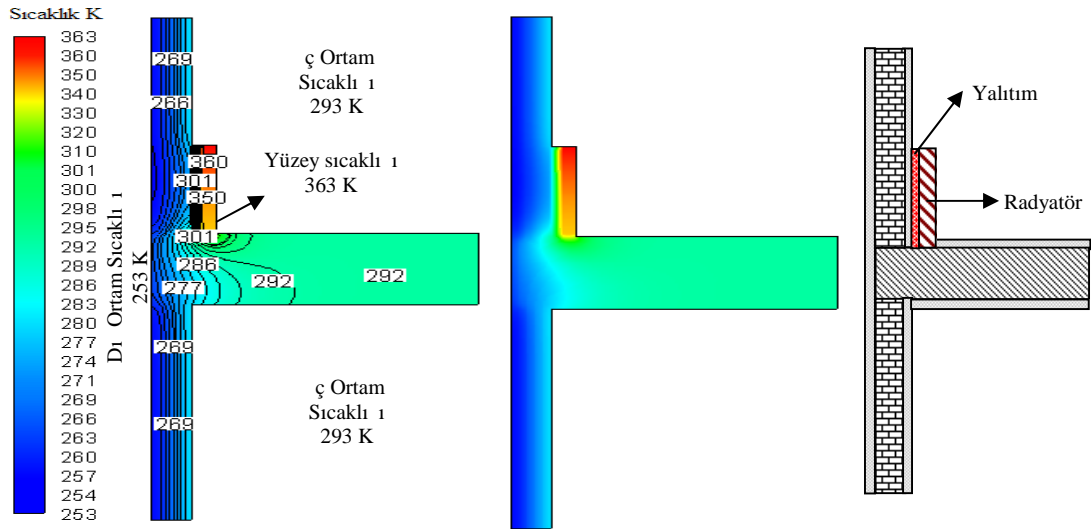
ekil 8.26 a ve b'de radyatörün ısı köprüsü civarında sıcaklık dağılımına olan etkisi gösterilmektedir. Hava dolaşımının sağlanması için radyatörün alt ve üstünde standartlarda belirtilen miktarda boşluk bırakılmaktadır. Ancak modellerde, ısı köprüsünün etkisini daha rahat görebilmek için radyatör ile duvar ve taban arasında boşluk bırakılmamıştır.

ekil 8.26 a'da radyatör arkasında yalıtım levhası bulunmadığından radyatörün yüzey sıcaklığı 363 K'den, 280 K'ye düşmektedir. Kiri bölgesinde 271 K olan sıcaklık değeri, radyatörden duvarlara olan ısı iletimiyle 274 K olmaktadır.

ekil 8.26 b'de radyatörün üst kısmında sıcaklık 360 K iken zemine temas ettiği noktada sıcaklık 301 K'ye düşmektedir. Yalıtımsız kiri yüzeyi ısı kaybını artırmaktadır. Radyatör arkasındaki ısı yalıtım levhasıyla sıcaklık, yalıtım kesitinde 301 K olmakta ve böylece duvardan olacak ısı kaybı önlenmektedir.



a)

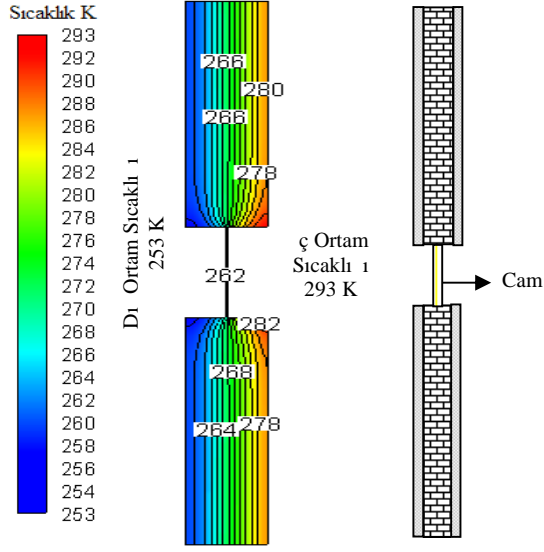


b)

ekil 8.26 Radyatör-ısı köprüsü sıcaklık dağılımı a) radyatör arkası yalıtımlı b) radyatör arkası yalıtımsız

### 8.5 Pencerenin Yapısının Sıcaklık Dağılımına Etkisinin İncelenmesi

ekil 8.27’de pencere camı-duvar bloğunun sıcaklık dağılımı görülmektedir. Ç ortamda sıcaklık 293 K iken pencerede sıcaklık 262 K’de olmaktadır. Pencere camı sıcaklığının yollarına göre sıcaklığının altına düşme olasılığının yüksek olduğu bu durum bize pencere camı seçilirken pvc doğramalı çift camlı-ısı cam kullanılması gerekliliğini göstermektedir.



ekil 8.27 Pencere camı-duvar blo un sıcaklık dağılımı

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dünyanın yıllık enerji ihtiyacı nüfus artışına paralel olarak hızla artmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte petrol ve doğal gaz fiyatlarındaki ani artışlar, kömür kullanan tesislerin ve nükleer enerjinin çevre üzerindeki olumsuz etkileri, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Fosil yakıtların yanması sonucu oluşan ve atmosfere verilen, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, ve toz gibi kirletici emisyonlarla beraber sera etkisi yaratarak iklim değişikliğine neden olan CO<sub>2</sub> emisyonları çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle ısı değerleri düşük, kül ve kükürt içerikleri yüksek olan kalitesiz yerli linyitlerin kullanılması, hava kirliliğini artırmaktadır. Bu olumsuz etkiler yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının önemini artırmaktadır. Bugün gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler kendi olanakları içinde değişik enerji kaynaklarının kullanılmasına öncelik vermektedirler. Dünyanın bilinen petrol rezervlerinin 2050 yılında, doğal gaz rezervlerinin 2070 yılında ve kömür rezervlerinin 2150 yılında tükenmeye beklenmektedir. Bu nedenle Enerji üretiminde 21. yüzyılın başlarında fosil yakıtların kullanılması gerek çevre, gerekse artan fiyatlar nedeniyle ekonomik olmaktan çıkacaktır.

Ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişmelerinin sürükleyici unsuru ve en temel gereksinimlerinden biri, enerjidir. Bu nedenle de ülke yönetimlerini üstlenenler, enerjiyi kesintisiz, güvenilir, temiz ve ucuz yollardan bulmak ve bu kaynakları da mutlaka çeşitlendirmek durumundadırlar. Enerji politikalarımızın belirlenmesinde, arz güvenliliği açısından, kendi kaynaklarımızın geliştirilmesinin yanında, en fazla özen gösterilmesi gereken ilke, ithal edilecek kaynaklarda, gerek enerji kaynağı türü ve gerekse bu kaynakların sağlandığı ülkeler açısından, kaynak çeşitliliğinin sağlanmasıdır.

Bilindiği üzere, Avrupa Birliği, dünya üzerinde enerji tüketiminin en fazla olduğu bölgelerden birisini temsil etmekle birlikte, enerji kaynakları açısından yeterli imkanlara sahip bulunmamaktadır. Bu bağlamda, AB'nin enerji açısından ithalata bağımlılığında, beşinci genişleme sonucunda üye sayısının 25 olmasıyla birlikte daha belirgin bir artış gözlemlenmektedir. Bu durum enerji arz güvenliği açısından AB için yeni açılımları ve yaklaşımları zorunlu hale getirmektedir. AB'nin politika seçenekleri arasında çoklu boru hatları politikasının uygulanması, böylece enerji ithalatında kaynak çeşitliliği oluşturulması öne çıkan konular arasında yer almaktadır. Enerjide kaynak

çe itlendirilmesi konusunun Türkiye'nin AB'ye üyesi inin önemli katkılarından birisini olu turaca ı da dü ünülmektedir.

Ülkemizde ısı yalıtım uygulamalarının istenilen seviyede olmamasının yanı sıra, uygulamalarda önemli hatalar yapılmakta ve sistemin performansını önemli ölçüde azaltmaktadır. Isı yalıtımının uzman bir ekip tarafından do ru bir teknikle uygulanması, amaca uygun yeterli kalitede malzeme ve donanım sayesinde bu sorunun önüne geçilebilecektir. Detaylarda ise, kullanılacak ısı yalıtım malzemesinin ekonomik yalıtım kalınlı ı, minimum yatırım maliyeti ile maksimum enerji tasarrufu sa layabilecek kalınlıktır. Bu da malzemenin ısıl özelliklerine, malzeme ve uygulama maliyetine, iklime ve enerji fiyatlarına ba lı olarak de i ebilmektedir.

Yayımlandı ı tarihten bugüne kadar yapılan yeni binalarda sa ladı ı enerji tasarrufunun ülke ekonomisine katkısı ciddî boyutlarda olan TS 825 standardının hazırlanması ve zorunlu olarak uygulamaya konulması, binalarda ısı verimlili i açısından Türkiye'de bir dönüm noktası olarak kabul edilmekte ve olu turaca ı da dü ünülmektedir. Sadece TS 825 standardı ile de il, 'en ekonomik üretim standartlara uygun üretim, en ekonomik tüketim standartlara uygun tüketimdir' anlayı ı içinde hazırladı ı ve toplumun kullanıma sundu u enerji verimlili i ve enerji tasarrufu ile ilgili madde, mamül, metot ve hizmet standartları ile Türk Standardları Enstitüsü sorumlulu unun bilinciyle üzerine dü en görevi yapma çabası içindedir. Ancak unutulmamalıdır ki enerji kaynaklarının gittikçe azaldı ı buna kar lık toplumun de i en ve artan ihtiyaçları çerçevesinde enerji ihtiyacının hızla arttı ı günümüz dünyasında, 'tasarruf' toplumun bütün kesimleri tarafından kabul görüp uygulanmadıkça ba arılı olma ansı zayıftır ve bu yönüyle 'tasarruf' bir 'e itim', bir 'tanıtım' konusudur.

Bu çalı mada; içten, sandviç ve dı tan yalıtım için farklı kalınlıklarda yalıtım malzemesinin uygulanmasının düzlem duvarda ve aynı zamanda ısı köprüsü modelinde de yalıtımın farklı ekillerde uygulanmasının, dolgu malzemesinin, lokal yalıtımın, radyatörün ve pencerenin yapının sıcaklık da ılımına olan etkileri zamandan ba ımsız olarak incelenmi tir. Sonuçlar için sonlu hacimler esasına dayanan FLUENT paket programı kullanılmı tır.

Çalı mada incelenen modellerde, ortam sıcaklıkları ( $T_{iç}$  ve  $T_{dı}$ ) ve ısı ta nım katsayıları ( $h_{iç}$  ve  $h_{dı}$ ) için çözümü kolayla tırmak amacıyla sabit de erler kabul edilmi tir. Günlük hayatta bir ortamda sıcaklık, ısıtıcıya yakın yerlerde daha yüksek



iken ısıtıcıdan uzakla tıkça ortam sıcaklı ı dü mektedir. Bu durum, ortam içersinde hava akımlarının olu masına neden olmaktadır. Böylece odanın farklı yerlerinde farklı de erlerde ısı ta nım katsayıları (h) olu maktadır. Aynı durum, dı ortam için de geçerlidir. Dı ortamda, hava hareketlili in fazla oldu u üst katlara do ru çıkıldıkça ısı ta nım katsayısının de eri artmaktadır. Dı ortamda da hava hareketlili ine neden olan hava katmanları arasındaki sıcaklık farkıdır. Sonuçta, günlük hayatta ısı ta nım katsayısı ortam içersinde sıcaklı a ba lı olarak de i mektedir. Malzemelerin ısı iletim katsayıları (k), yapıda olu an sıcaklık da ılımından etkilenmedi i kabul edilerek sabit de erlerde alınmı tır.

Sunulan çalı mada öncelikle; üç farklı düzlem duvar (Düvar 1-yalıtımsız, Düvar 2-dı tan yalıtımlı, Düvar 3-Çift duvar arası yalıtımlı) dı yüzeyleri için hesaplanan bir boyutlu analitik sonuçlar ile aynı sınır ko ullarında Fluent programından elde edilen sonuçlar kar ıla tırılmı tır. ekil 8.3'de görüldü ü gibi dı yüzey sıcaklıklarının oldukça yakın ve paralel oldu u görülmektedir. Daha sonra yalıtımın içten, dı tan ve sandviç duvar yalıtımı olarak uygulanması durumunda yalıtım kalınlı ı 3,5 ve 7 cm olarak de i tirilerek düzlem duvarda sıcaklık da ılımına etkisi incelenmi tir. Düzlem duvarda 253,5 K ile en dü ük dı yüzey ve 291,45 K ile de en yüksek iç yüzey sıcaklık de erine 7 cm'lik sandviç duvar yalıtımında eriilmektedir. Isı köprüsü modelinde de yalıtım; içten, sandviç ve dı tan olmak üzere üç farklı ekilde uygulanarak sıcaklık da ılımına olan etkileri ara tırılmı tır. çten ve sandviç duvar yalıtımlarının hiçbir ekilde ısı köprüsünü önleyemedi i, yalnızca iç duvar yüzey sıcaklı mı artırdıkları görülmektedir. Ancak elde edilen grafiklerden de görüldü ü gibi, yanal ısı akımlarını azaltmalarından ötürü kö e noktası sıcaklıklarını artırdıkları ve ısı köprüsü etkisini azalttıkları saptanmı tır. Duvar yüzey sıcaklıklarının sandviç duvar yalıtımında, duvar kalınlı mının içten yalıtımdaki duvar kalınlı ından daha fazla olmasından ötürü biraz daha fazla oldu u gözlemlenmektedir. Dı tan yalıtımın, yapıda ısı kayıplarının en yüksek seviyede oldu u ısı köprülerinden olan ısı kayıplarını engelledi i için yapıya ısı depolama özelli i de kazandırdı ı görülmektedir. Bu sayede yapı geç ısınıp, geç so uyacaktır. Konfor ko ullarının sa lanması açısından yapıdan istenen en önemli özelliklerden biri de bu durumdur. çten ve sandviç duvar yalıtımında ısı köprüsünün oldu u dı duvar yüzeyinde yapının di er kısımlarına göre sıcaklıkta belirgin bir artı olmaktadır. Fakat dı tan yalıtımda ısı köprüsü etkisi tamamiyle yok edildi inden, ısı köprüsü bölgesinde sıcaklık artı ı olmamakta ve yüzeyde homojen bir sıcaklık da ılımı elde edilmektedir. Dolgu malzemesinin oldu u modelde, duvar kesitinin sıcaklı ı 270 K iken dolgu

malzemesinin sıcaklığı 266 K'dir. Bu özelliği ile dolgu malzemesi, bulunduğu bölge ve çevresinde sıcaklık dağılımının bozulmasına neden olmaktadır. Lokal yalıtım, duvar sıcaklığını artırırken (290 K), yalıtımın bittiği noktadan itibaren sıcaklık daeri azalmaktadır (274 K). Bu durum yalıtımın da etkinliğini düürdüünden dolayı, yalıtım bir bütün olarak yüzey boyunca uygulanmalıdır. Radyatör arkasında yalıtım olmadığı zaman radyatör sıcaklığı 280 K iken kiri bölgesinde ise 271 K olmaktadır. Fakat radyatör arkasına yalıtım uygulandıında, radyatör yüzey sıcaklığı 363 K iken arkasındaki ısı yalıtım levhasıyla sıcaklık bu kısımda 301 K'e dümekte ve böylece duvardan olacak ısı kaybı önlenmektedir. Bu nedenle radyatör arkasına ımmımlı ısı yalıtım levhaları konulması ısı kaybını azaltmaktadır.

Çalışmanın devamında, görüntüleme yöntemi olarak gözle görülmeyen IR (kızılötesi) enerjiyi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını IR enerjiye göre oluşturan renkler ve şekillerin belirlendiği görüntüleme sistemi olan termal kamera ve kullanım alanı hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra Sivas'ta bulunan de ik binaların iç ve dış ortamlarından alınan termal kamera çekimleri ile özellikle binalarda ısı kaybının gerçekleşebileceği kritik bölgeler üzerine yoğunlaşmıştır. Elde edilen görüntülerin bilgisayar ortamında analizinin yapılması sonucunda yüzey sıcaklık haritaları elde edilmiştir. Termal kamera kullanılarak; bina kolon ve kirişlerinden, pencere başlıntı bölgelerinden, açık pencerelerden, sundurmalarından, yalıtımsız tesisat elemanlarından, dış duvar birleşim bölgelerinden, radyatör arkası ve lokal yalıtımlı bölgelerden, kullanılan dübele, boya rengine bağlı olarak meydana gelen ısı kayıpları ve aynı zamanda iç ortamdan da sıcaklık haritaları elde edilerek görselleştirilmiş ve yorumlanmış ve bu kritik bölgelerden olan ısı kayıplarının önlenmesinin; binaların enerji ihtiyacının azaltılmasındaki önemi belirtilmiştir.

Isı yalıtımının iç kısımlarda yer aldığı (içten yalıtım, sandviç duvar yalıtımı) tüm uygulamalarda yapı kabuğunun (yapının iç ve dış yüzeyi) performansında düşüşler yaşanmaktadır. İçten ısı yalıtımı uygulamalarında ısı tasarrufunda yapı elemanının kütlelerinden yararlanılamaması ve ısı köprülerinin oluşma riskinin yüksek olması karışık ve büyük olumsuzluklardandır. İçten ve sandviç duvar yalıtımında, kolon-kiriş birleşimleri ile döşemenin yalıtılması mümkün olmadığından, bu bölgelerden minimum % 25-30 oranındaki ısı kaçaklarına engel olunamamaktadır. Ayrıca bu noktalarda oluşabilecek yuğma, donatıda korozyona neden olmaktadır. Bu nedenle gerekmedikçe bu yalıtım uygulamaları tercih edilmemelidir. Yapıya dıştan ısı yalıtımı uygulaması yapılarak, yapı kabuğunda meydana gelen olası yuğma problemlerinin

önüne geçilmesi ve yapının ömrünün artırılması mümkün olmaktadır. Bu nedenle, insan sa lı ı ve çevreye yapaca ı katkılar açısından ısı yalıtımının önemi konusunda kullanıcıların bilinçlendirilmesi gerekir.

## KAYNAKLAR

- Akgün, G., ve Dilmaç, . (2005). Isı Köprüsü Modellerinde Kullanılan Matematik Modellerin Karşılaştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 4, Sayı:5, 3-16.
- Akıncı, H. (2007). Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzemeleri, Özellikleri, Uygulama Teknikleri ve Fiyat Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Balaras, C.A., Argiriou A.A. (2002). Infrared thermography for building diagnostics, Energy and Buildings, Vol 34, 171-183.
- Çilingiroğlu, K. (1997). Yalıtım Dergisi, Sayı:7, İstanbul.
- Dağdöner, A. (1999). Konutlarda Ekonomik Isınma El Kitabı, ZOCAM A.Ş.,70, İstanbul.
- Dechao, T. (1997). Temperature Distribution and Heat Transfer Through Homogenous Corner, Building and Environment, Vol 29, 1-9.
- Deque, F., Ollivier, F. and Roux, J.J. (2001). Effect of 2D Modelling of Thermal Bridges on the Energy Performance of Buildings, Energy and Buildings, Vol 33, 583-587.
- DEİE, Devlet İstatistik Enstitüsü, (<http://www.die.gov.tr>).
- Dilmaç, . (1996). Avrupa Birliğine Üye Ülkelerde Binalarda Enerji Tasarrufu Konusundaki Uygulamalar, TÜBİTAK, Gebze.
- Dilmaç, . (2001). TS 825' in Hazırlanma Amacı ve Uygulanmasında Ortaya Çıkan Sonuçların Değerlendirilmesi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi, Eskişehir.
- Dilmaç, ., Can, A., Kartal, S. (2004). Ara Kat Döşemelerin Isıl Davranışı Üzerine İklim Artmalarının ve Yalıtım Sistemlerinin Etkisi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı:82, 49-65.
- ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ulusal web sayfası: (<http://www.enerji.gov.tr>).
- EET, European Energy and Transport: Trends to 2030- Update 2007, (<http://www.trb.org/main>).
- Erbil, Y. ve Akıncı, N. (2006). Tünel Kalıp Sistemiyle Üretilen Bir Toplu Konut Örneğinin Isısal Konfor Koşulları Açısından İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 11, Sayı:2, 53-63.
- Fukuyo, K. (2003). Heat Flow Visualization For Thermal Bridge Problems, International Journal of Refrigeration, Vol 26, 614-617.
- Grinzato, E., Vavilov, V. and Kauppien, T. (1998). Quantitative Infrared Thermography In Buildings, Energy and Buildings, Vol 29, 1-9.
- Jeong, Y.S., Choi, G.S., Kim, K.W. and Lee, S.E. (2007). The Heat Transfer Simulation For Thermal Bridge Effect Of The Corner Walls Of Building According to Thermal Condition, Building Simulation, Korea.
- Karabulut, K., Buyruk, E., and Fertelli, A. (2009). Numerical investigation of heat transfer for heat bridges according to location of thermal insulation with different geometries" Strojarstvo: Journal for Theory and Application in Mechanical Engineering. Vol. 51, No. 5, 431-439.
- Karabulut, K. (2010). Yapı Elemanlarındaki Isı Kayıplarının Sayısal Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Karaca, H. (2007). Yapılarda Duvar Yalıtımında Isı Kayıplarının Ölçme ve Değerlendirme Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

- Karagöz, N. (2004). Konutlarda Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamalarının ncelenmesi ve De erlendirilmesi, Uluda Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Koçu, N., Korkmaz, S.Z. (2003). Konya ve Çevresindeki Yapılarda Isı Yalıtımı Uygulamalarının TS 825'e Göre De erlendirilmesi ve Çevre Kirlili ine Etkisi. Yalıtım ve Enerji Yönetmeli i Kongresi, Eski ehir.
- Polipan (2006). Ekstrüde Polistiren Isı Yalıtım Levhaları Bro ürü.
- Say, P., Yücel, M. (2006). Energy Consumption and CO2 Emissions ın Turkey: Empirical Analysis and Future Projection Based on an Economic Growth,Energy Policy, 34, ss. 3870–3876.
- Sevinç, S., (2006). Bursa'da Binaların Isıtılmasında Gerekli Olan Enerji ve Yakıt Miktarının Derece Gün Yöntemiyle Hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi, Uluda Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- en, E. (2004). Verimli, Güvenli ve Konforlu Yapılar için Yalıtım ve Sürüdürülebilir Çevre için Enerji Denetimi Bildiriler Kitabı, zoder, stanbul, 13-17.
- enkale Sezer, F. (2005). Türkiye' de Isı Yalıtımının Geli imi ve Konutlarda Uygulanan Dı Duvar Isı Yalıtım Sistemleri, Uluda Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 10, Sayı:2, 79-85.
- i man, N. (2005). Derece Gün Bölgeleri için Bina Dı Duvarlarında Farklı Yalıtım Malzemesi ve Duvar Yapı Bile enleri Kullanılması Halinde Ekonomik Analiz Yöntemi le En yi Yalıtım Kalınlı ının Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eski ehir.
- Testo Elektronik: <http://www.testo.com.tr>
- TMMOB (2006). Türk Mimar ve Mühendis Odaları Birli i Enerji Raporu 2006 1. Baskı, Ankara.
- TS 825 (1999). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Mecburi Standart Tebli i, Ankara.
- Ulusal web sayfası: (<http://www.izoder.org.tr> , [www.betopan.com.tr](http://www.betopan.com.tr)).
- Yetgin, . (2008). Binalarda Isıl Köprü Sorunları, Sayı:70, Gümü hane, 72-78.
- Yılmaz, R. (2006). Betonarme Karkas Yapılarda Kolon ve Kiri lerdeki Isı Kayıplarının Önlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Yılmaz, Z. (2007). Evaluation Of Energy Efficient Design Strategies For Different Climatic Zones: Comparasion Of Thermal Performance Of Buildings In Temperature- Humid and Hot-Dry Climate, Energy and Buildings, Vol 39, 306-316.

## ÖZGEÇM

### Kişisel bilgiler

Adı Soyadı Mustafa ERDABAK  
Doğum Yeri ve Tarihi Sivas, 26/08/1971  
Medeni Hali Evli  
Yabancı Dil İngilizce  
İletişim Adresi Çarşıbaşı mah. Afyon sok. 2/A-Sivas  
E-posta Adresi [merdabak@hotmail.com](mailto:merdabak@hotmail.com)

### Eğitim ve Akademik Durumu

Lise Sivas Lisesi, 1988  
Lisans Cumhuriyet Üniversitesi, 1993  
Yüksek Lisans Cumhuriyet Üniversitesi, 2007-

Tecrübesi Çeşitli firmalarda antiyemefli İYöneticilik-Üst düzey yöneticilik

### Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler

T.M.M.O.B. İl Koordinasyon Kurulu Üyesi İ  
M.M.O. İl Temsilciliği Yönetim Kurulu Üyesi İ