



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURSA'DA BİNALARIN ISITILMASINDA GEREKLİ OLAN ENERJİ VE YAKIT  
MİKTARININ DERECE GÜN YÖNTEMİYLE HESAPLANMASI

SERDAR SEVİNÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2006

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURSA'DA BİNALARIN ISITILMASINDA GEREKLİ OLAN ENERJİ VE YAKIT  
MİKTARININ DERECE GÜN YÖNTEMİYLE HESAPLANMASI

SERDAR SEVİNÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez / /2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Muhsin KILIÇ  
(Danışman)

Prof.Dr.Atakan AVCI

Öğr.Gör.Dr.Tülin VURAL

## ÖZET

Genel olarak enerji tüketimi endüstride, binada, ulaşımda ve tarımda olmak üzere dört ana sektörde incelenebilir. Birçok ülkede binalarda olan enerji tüketimi toplam enerji tüketiminin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Ülkemizde toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 25 - % 30'u binalarda gerçekleşmektedir. Diğer taraftan son yapılan çalışmalar göstermiştir ki, binalardaki tasarruf miktarı % 45'e kadar çıkabilmektedir. Binalardaki enerji özellikle hacim ısıtmasında, evsel su ısıtmasında ve mutfakta kullanılmaktadır.

Hacim ısıtması ise % 40 oranı ile binalardaki enerji tüketiminin en büyük kısmını oluşturmaktadır. Dolayısıyla, binaların ısıtılması için gerekli enerji miktarı oldukça önemli mertebelere sahiptir ve hassasiyetle üzerinde durulmalıdır.

Bu çalışmada, yıllık ısıtma enerji gereksinimi Bursa'da dört farklı mimari tasarım özelliklerine sahip bina modelleri için yapılmıştır. Bu hesaplamalar için Devlet Meteoroloji İşleri'nden 14 yıllık meteorolojik veriler alınmıştır. Enerji analiz metodlarından derece-gün yöntemi kullanılmıştır. Bursa ili için 1992 ile 2005 yılları arası meteorolojik verilerden yararlanılmıştır. 14 yıllık dış ortam sıcaklık verileri ve ortalama değerleri kullanılarak dört farklı bina modeli için ısı kayıp hesaplamaları yapılmıştır. Isıtma enerjisi gereksiniminin tespitinin ardından yakıt tüketimi hesaplamalarına geçilmiştir. Yakıt olarak son yıllarda kullanımı yaygınlaşan doğalgaz seçilmiştir. Bursa ili için yıllık doğalgaz tüketim değeri belirlendikten sonra, hesaplamalarda duvar bileşenlerinin yanında, bina dış duvar alanının, hava değişim oranının, kullanılan cam tipinin ve binada yaşayan insan sayısının ısınma ihtiyacı için tüketilecek yakıt miktarını nasıl etkilediği incelenmiştir. Benzer binalardan oluşan şehir düşünüldüğünde, bu şehirdeki nüfus yoğunluğuna bağlı yakıt tüketimi hesaplanmıştır.

Sonuç olarak yalıtımlı binalarda önemli oranda enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür. Bina mimari ve kullanım özelliklerine de bağlı olarak Bursa ili için doğalgaz tüketimi en iyi ve en kötü durumlarda yaklaşık 3 kat değişim göstermektedir.

## **ABSTRACT**

In general, energy consumption can be examined under four main sectors such as industrial, building (residential), transportation and agriculture. Energy consumption in the residential sector is one of the main parts of the total energy consumption in most countries. Approximately 25-30 % of the total annual energy consumed in Turkey is used by the residential sector. On the other hand, studies reveal that technical potential savings range 25-45 % in residential buildings in Turkey. The energy in the buildings is used especially for space heating, water heating and in the kitchen.

Space heating has the biggest part with % 40 in the residential energy consumption. Thus, energy consumption in the buildings is quite high and must accurately be considered.

In this study, required annual heating energy is calculated for three types of buildings in Bursa. Doing this, 14 years of meteorological data are taken from State Meteorological Service. For the purpose, the degree-day method, one of the energy analysis methods, is used. Meteorological data which is considered from 1992 to 2005 are utilized for Bursa. Outside temperature degree Celsius for 14 years and average values are used to calculate the heat loss of 4 different building models. After determining heating energy requirement, calculations of fuel consumption are computed. Natural gas, which is commonly used, is chosen. After determining annual natural gas consumption for Bursa city, in calculations besides components of the walls, outside wall area, air circulation ratio, used glass type, the heat for the number of the people living inside building are examined. In thoughts of same cities with same buildings included, according to population, fuel consumption in this city is calculated.

In conclusion, a considerable amount of energy saving is observed in isolated buildings. For the best and the worst cases, natural gas consumption in Bursa has 3 times of change range, depending on the architecture and usage conditions.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER DİZİNİ .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
TABLolar DİZİNİ .....	vii
1 GİRİŞ .....	1
2 KAYNAK ARAŞTIRMASI VE KURAMSAL BİLGİLER.....	3
2.1 Derece gün metodu ve kaynak araştırması .....	3
2.2 Derece Gün Metodları .....	10
2.2.1 Isıtma Derece Günler .....	11
2.2.2 Soğutma Derece Günler .....	11
2.2.3 Büyüme Derece Günler.....	12
2.2.4 Donma ve Erime Derece Günler .....	12
2.3 Derece Günlerin Sektörel Analizleri .....	13
2.3.1 Isıtma ve Soğutma .....	13
2.3.2 Tarım.....	14
2.3.3 Ulaşım.....	15
2.3.4 Mimarlık.....	17
2.3.5 Taşkın Öngörüsü .....	18
2.3.6 Enerji ve Yakıt Hesabı.....	19
3 MATERYAL ve YÖNTEM .....	20
3.1 Isıtmada Enerji Tüketim Tahmin Yöntemleri.....	20
3.1.1 Örnek Veri Yılı Metodu.....	21
3.1.2 Bin Metodu.....	23
3.1.3 Derece Saat Metodu.....	24
3.1.4 Derece Gün Metodu ve Uygulamaları .....	25
3.2 Derece Gün Metodu Uygulaması.....	28
3.2.1 Binalarda Isı Yalıtımı.....	28
3.2.2 Isıtma Derece Gün (IDG):.....	37

3.2.3	Toplam Isı Kayıp Katsayısı (L):.....	46
3.2.4	Sezonsal Isıtma Enerjisi İhtiyacı (Q).....	49
3.2.5	Toplam Yakıt Tüketimi (F).....	54
4	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	59
5	SONUÇ.....	73
	KAYNAKLAR.....	75
	TEŞEKKÜR.....	81
	ÖZGEÇMİŞ.....	82

## SİMGELER DİZİNİ

<b>Simge</b>	<b>Birim</b>	<b>Tanım</b>
A	m <sup>2</sup>	Alan
C <sub>p</sub>	J/kgK	Özgül ısı
F	Gm <sup>3</sup>	Yakıt tüketimi
h	W/m <sup>2</sup> K	Isı taşınım direnci
H	J/kg	Yakıtın ısıtma değeri
I	1/h	Saatlik hava değişim oranı
K	W/mK	Isı iletim katsayısı
L	W/m <sup>2</sup> K	Toplam ısı kayıp katsayısı
n	-	İnsan sayısı
P	-	Şehrin popülasyonu
Q	GJ	Isıtma enerjisi ihtiyacı
T <sub>b</sub>	°C	Referans sıcaklığı
T <sub>i</sub>	°C	İç ortam sıcaklığı
T <sub>d</sub>	°C	Dış ortam sıcaklığı
U	W/m <sup>2</sup> K	Toplam ısı transfer katsayısı
V	m <sup>3</sup>	Prototip binanın hacmi
η	-	Isıtma sistemi verimi

## **KISALTMALAR**

BDG	- Büyüme Derece Gün
DDG	- Donma Derece Gün
DG	- Derece Gün
EDG	- Erime Derece Gün
IDG	- Isıtma Derece Gün
SDG	- Soğutma Derece Gün
CAO	- Camlı Alan Oranı
SHD	- Saatlik Hava Değişimi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 1992 Yılı günlük ortalama sıcaklıklar.....	39
Şekil 3.2 1992 Yılı IDG değerleri .....	39
Şekil 3.3 1995 Yılı günlük ortalama sıcaklıklar.....	41
Şekil 3.4 1995 Yılı IDG değerleri .....	41
Şekil 3.5 2000 Yılı günlük ortalama sıcaklıklar.....	43
Şekil 3.6 2000 Yılı IDG değerleri .....	43
Şekil 3.7 2005 Yılı günlük ortalama sıcaklıklar.....	45
Şekil 3.8 2005 Yılı IDG değerleri .....	45
Şekil 4.1 Bursa ili için günlük ortalama sıcaklık dağılımı ( 1992-2005 yılları ortalamaları ) .....	60
Şekil 4.2 Bursa ili için IDG değerleri dağılımı ( 1992 – 2005 yılları ortalamaları ) .....	61
Şekil 4.3 $I=0,5$ için cam alanı oranına göre sezonluk ısınma enerjisi ihtiyacı –(Duvar tipi 4, Duvar tipi 1) .....	63
Şekil 4.4 $CAO=20\%$ için Bursa’ daki bina için hava değişim oranına göre, sezonluk ısınma enerjisi ihtiyacı – (Duvar tipi 3, Duvar tipi 4).....	64
Şekil 4.5 Apartmanda yaşayan insan sayısına göre Bursa için dönemsel doğal gaz tüketim miktarı.( $CAO=20\%$ , $I= 0,5$ SHD kabul edilmiştir, Duvar tipi 3 - Duvar tipi 4)	69
Şekil 4.6 Apartmanda yaşayan insan sayısına göre en iyi ve en kötü durumda Bursa için dönemsel doğal gaz tüketimi. (Duvar tipi 3- Duvar tipi 4).....	69



## TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1 1.Tip duvar yapı bileşenleri .....	35
Tablo 3.2 2.Tip duvar yapı bileşenleri .....	35
Tablo 3.3 3.Tip duvar yapı bileşenleri .....	36
Tablo 3.4 4.Tip duvar yapı bileşenleri .....	36
Tablo 3.5 1992 Yılı için Bursa ili ortalama günlük sıcaklıklar .....	38
Tablo 3.6 1995 Yılı için Bursa ili ortalama günlük sıcaklıklar .....	40
Tablo 3.7 2000 Yılı için Bursa ili ortalama günlük sıcaklıklar .....	42
Tablo 3.8 2005Yılı için Bursa ili ortalama günlük sıcaklıklar .....	44
Tablo 3.9 1. Tip duvarın termal ve fiziksel özellikleri .....	47
Tablo 3.10 1.Tip duvar tipinde toplam ısı kayıp katsayısı (L) .....	47
Tablo 3.11 2. Tip duvarın termal ve fiziksel özellikleri .....	47
Tablo 3.12 2.Tip duvar tipinde toplam ısı kayıp katsayısı (L) .....	47
Tablo 3.13 3. Tip duvarın termal ve fiziksel özellikleri .....	48
Tablo 3.14 3.Tip duvar tipinde toplam ısı kayıp katsayısı (L) .....	48
Tablo 3.15 4. Tip duvarın termal ve fiziksel özellikleri .....	48
Tablo 3.16 4.Tip duvar tipinde toplam ısı kayıp katsayısı (L) .....	48
Tablo 3.17 1. Tip duvar 1992 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	49
Tablo 3.18 1. Tip duvar 1995 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	49
Tablo 3.19 1. Tip duvar 2000 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	50
Tablo 3.20 1. Tip duvar 2005 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	50
Tablo 3.21 2. Tip duvar 1992 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	50
Tablo 3.22 2. Tip duvar 1995 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	51
Tablo 3.23 2. Tip duvar 2000 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	51
Tablo 3.24 2. Tip duvar 2005 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	51
Tablo 3.25 3. Tip duvar 1992 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	52
Tablo 3.26 3. Tip duvar 1995 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	52
Tablo 3.27 3. Tip duvar 2000 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	52
Tablo 3.28 3. Tip duvar 2005 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	52
Tablo 3.29 4. Tip duvar 1992 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	53
Tablo 3.30 4. Tip duvar 1995 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	53

Tablo 3.31 4. Tip duvar 2000 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	53
Tablo 3.32 4. Tip duvar 2005 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı.....	53
Tablo 3.33 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm <sup>3</sup> , 1.tip duvar 1992 yılı.....	55
Tablo 3.34 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm <sup>3</sup> , 2.tip duvar 1992 yılı.....	56
Tablo 3.35 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm <sup>3</sup> , 3.tip duvar 1992 yılı.....	57
Tablo 3.36 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm <sup>3</sup> , 4.tip duvar 1992 yılı.....	58
Tablo 4.1 Bursa için ısıtma enerjisi ihtiyacı, Q(GJ) Duvar tipi 1.....	62
Tablo 4.2 Bursa için ısıtma enerjisi ihtiyacı, Q(GJ) Duvar tipi 2.....	62
Tablo 4.3 Bursa için ısıtma enerjisi ihtiyacı, Q(GJ) Duvar tipi 3.....	62
Tablo 4.4 Bursa için ısıtma enerjisi ihtiyacı, Q(GJ) Duvar tipi 4.....	62
Tablo 4.5 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm <sup>3</sup> , Duvar Tipi 1.....	65
Tablo 4.6 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm <sup>3</sup> , Duvar Tipi 2.....	66
Tablo 4.7 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm <sup>3</sup> , Duvar Tipi 3.....	67
Tablo 4.8 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm <sup>3</sup> , Duvar Tipi 4.....	68
Tablo 4.9 Bursa ili için geçmiş yıllarda gerçekleşen doğalgaz tüketim değerleri.....	70
Tablo 4.10 Bursa ili için geçmiş yıllarda gerçekleşen doğalgaz tüketim değerleri ( Konut – Serbest ).....	71
Tablo 4.11 Bursa ili için doğalgaz kullanan abone sayıları .....	71

## 1 GİRİŞ

Günümüzde sıcaklık verileri pek çok yerde, değişik şekillerde kullanılmaktadır. Sıcaklık verileri tıptan mühendisliğe kadar pek çok bilim dalında ve çeşitli sektörlerde değişik amaçlar için kullanılmaktadır. Bunların dışında ısıtma soğutma, tarım ve ulaştırma gibi sektörler gelmektedir. Bir iç ortamda konforlu bir iklimin sağlanması, mekan içinde ve dışında hüküm süren atmosferik şartların iyi bir şekilde yorumlanmasına bağlıdır.

Soğuk havalarda konutların ve endüstri alanlarının ısıtılma ihtiyacı vardır. Günün ortalama sıcaklığı, konutların ve endüstriyel alanların ısıtılması için gerekli yakıt miktarının tahmininde önemli rehberdir. Bir alanın, bir şehrin veya bir bölgenin ısıtılması için gerekli yakıt miktarı dışarıdaki sıcaklığa bakılarak doğru bir şekilde tahmin edilebilir (Kadıoğlu 1994, Ahrens 1982).

Aynı şekilde sıcak havalarda, insan konforu üzerine etkisi büyüktür. Sıcak havalarda, nemli havalarda birlikte bunaltıcı bir hal alır ki bu insanları rahatsız eder. Bu tür havalarda binaların iç konforu bozulur. İç konforun tekrar sağlanması için binaların soğutulması gerekir. Soğutma işleminin yapılabilmesi için enerjiye ihtiyaç vardır. Dolayısıyla sıcaklık verileri konutların veya bir bölgenin soğutulması için gerekli olan enerji miktarının planlanması ve tahmininde de büyük rol oynar. Sıcaklık verileri ısıtma ve soğutma işlemlerinden başka tarımda bitkilerin hasat tarihlerinin tespiti ve havacılıkta pistlerdeki don olaylarının önlenmesi gibi daha pek çok amaçlar için kullanılmaktadır (Ahrens 1982).

Sıcaklık verileri bütün bu amaçlar için kullanılırken meteoroloji istasyonlarında ölçüldüğü şekliyle direkt olarak değil de çeşitli şekillerde çeşitli metotlar uygulanarak kullanılabilir hale getirilir. Bu metotlardan birisi de Derece-Gün (DG) metodudur. Bir bölge için (DG), o bölgedeki günlük ortalama sıcaklığın seçilen herhangi bir taban sıcaklıktan olan farklarının toplamıdır.

DG'lerle ilgili ilk ciddi çalışma, 18. yüzyıl Fransız bilimcisi Reaumur tarafından yapılmıştır. Bilim adamları, yüzyıllardır bitkilerin gelişmesiyle iklim arasındaki ilişkiyi saptamaya çalışmaktadırlar. 1935'te alkollü termometrenin ve donma noktasını 0°C, kaynama noktasını 80°C alan bir sıcaklık skalasının mucidi olan Rne Antoine de Reaumur, bir bitkinin filizlenme safhasından verilen bir gelişme safhasına kadar gerekli

olan ısı miktarını nicel olarak elde ederek, böyle bir çalışmayı yapan ilk bilim adamı olarak tarihe geçti. Bunu yaparken de, bir gelişme safhasıyla sonraki bir gelişme safhası arasındaki her bir günün ortalama hava sıcaklıklarını toplamıştır. Reaumur, büyük ilgi ve merak uyandıran ve pek çok çalışmaya önayak olan bu çalışmasıyla "Zirai Klimatolojinin Babası" lakabını almıştır.

Gelişme safhasının bir bölümünden sonraki bir bölümüne kadarki bu günlük sıcaklıklar toplamının, aynı bitki için, her yıl hemen hemen sabit olduğunu düşünmüştür. Bu derece-gün tekniği, bu gün de hala bir bölgenin görelî ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarının tespitinde kullanılmaktadır (Mather 1974).

Meteorolojide ölçülen siperdeki hava sıcaklığı ile insanların hissettiği sıcaklık birbirinden oldukça farklıdır (Kadıoğlu ve Kara 1992). Bu nedenle insanları etkileyen sıcaklığın tespitinde sıcaklıkla beraber diğer meteorolojik parametrelerin de göz önüne alınması gerekir. Her ne kadar rüzgar hızı, güneş radyasyonu ve bağıl nemi göz önüne alan daha iyi indeksler geliştirilmişse de, DG'ler daha basit olduğu ve kullanımı kolay olduğu için, yaygın bir şekilde kullanımı sürmektedir. Bu çalışmada da ısıtma ve soğutma ihtiyacının tespitinde güneşlenme miktarı (solar radyasyon), nem, rüzgar gibi diğer meteorolojik faktörler göz önüne alınmayacak, sadece ortalama sıcaklık datalarından elde edilen DG değerleri kullanılacaktır.

Derece-günlerin ülkenin değişik yerleri için hesaplanması, ülke genelindeki yakıt tüketiminin dağılımı hakkında bir fikir verir. Yakıt dağılımı hesaplanırken bütün bölgelerdeki bina yapımı ve yaşam tarzının benzer olduğu kabul edilir.

Bu çalışmada DMİ Genel Müdürlüğüne bağılı Bursa klima istasyonundan alınan günlük ortalama sıcaklık verileri ile çalışıldı. Ortalama sıcaklıklar yardımıyla DG hesaplamaları yapıldı. Meteoroloji istasyonundan alınan sıcaklık dataları günün ortalama sıcaklıklarıdır. Ortalama sıcaklıklar, lokal olarak saat 07.00, 14.00 ve 21.00'de ölçülen sıcaklıkların ağırlıklı ortalamasından elde edilmiştir.

Bulunan DG değerleriyle Bursa bölgesinde ısıtma için kullanılacak yakıt tüketimi yaklaşık olarak hesaplandı.

Bu hesaplamalar dört farklı prototip bina için ayrı ayrı yapıldı. Bu farklı duvar tiplerinden oluşan dört farklı prototip bina için öncelikle ısı kayıpları, oluşan bu ısı kayıplarını karşılamak ve konforu sağlamak için gereken ısıtma yükü ve son olarak da bu yükü karşılamak için gereken yakıt miktarı hesaplandı.

## 2 KAYNAK ARAŞTIRMASI VE KURAMSAL BİLGİLER

### 2.1 Derece gün metodu ve kaynak araştırması

Enerji, insanoğlunun en temel ihtiyaçlarından birisidir. Gelişmiş ülkeler ve endüstri toplumları için hayat damarıdır. Enerjinin bir an dahi kesilmesi halinde sosyal hayat felç olur ve etkinlikler durma noktasına gelir. Kısaca enerji teknolojik toplumun herşeyidir. Ne yazık ki, mevcut enerji kaynakları gün geçtikçe tükenmektedir. Enerji tüketimini etkileyen en önemli faktörlerin başında hava şartları ve iklim gelir. İklimi ve dolayısıyla enerji tüketimini etkileyen başlıca meteorolojik faktörler; nem, rüzgar, güneş ışınımı şiddeti ve en çok da sıcaklıktır. Her canlı varlığın yaşamını sürdürdüğü bir sıcaklık aralığı vardır (Ahrens 1982).

İnsanların yaşantıları, hayatlarını sürdürdükleri yapılar, sosyal ve ekonomik etkinlikleri, tarımsal ve endüstriyel faaliyetleri, enerji üretimi, planlaması ve dağıtımları iklime ve özellikle de iklimin en önemli parametresi olan hava sıcaklığına göre şekillenir (Gülferi 1966). İnsan aktiviteleri üzerinde en büyük etkiye sahip iklim parametresi hiç şüphesiz sıcaklıktır. Sıcaklığın insan faaliyetleri; üzerinde doğrudan etkisi vardır. Bir yere ait milyonlarca sıcaklık verisini hem özetlemek hem de o verilerden net sonuçlar çıkartmak derece-gün (DG) metoduyla mümkündür. DG'lerin sıcaklık verilerinin iyi bir yansıması olduğu söylenebilir (Gültekin ve Kadioğlu 1997a).

Bu çalışmada bir yöntem olarak kullanılan DG'ler sıcaklık verilerinin standart bir seviyeden olan sapmaları olarak ifade edilebilir. Pozitif sapmalar *soğutma derece günleri*, negatif sapmalar ise *ısıtma derece günleri* temsil eder. Çok geniş bir kullanım alanına sahip olan DG'ler binaların ısıtma, soğutma-havalandırma işlemleri, binaların mimari yapısının belirlenmesi, yapıların tesisat donanımı, bitki gelişiminin takibi, olgunlaşma ve hasat tarihlerinin tespiti, enerji üretimi, dağılımı ve planlanması, kar erimesi sonucu oluşan taşkınların tahmini, tarımda ve kara-hava ulaşımında donla mücadele, hava kirliliğiyle mücadele gibi pek çok alanda kullanımı mümkündür (Gültekin ve Kadioğlu 2000b). Bütün bu alanlarda kullanılmak üzere de DG metodunun değişik türleri kullanılmaktadır.

M.Latif Gültekin'in yaptığı bu konudaki kaynak taraması da oldukça kapsamlı ve geniştir. Bu çalışmada da benzer kaynaklar ve yazarlar araştırılmıştır. Burada geçen içerik ve anlatımlar M.Latif Gültekin'in çalışmasından alınmıştır.

Bazı çalışmalar, temel enerji kaynaklarından birisi, belki de en önemlisi olan petrol rezervlerinin yakın bir gelecekte (en fazla 20-30 yıl) tükeneceğini göstermektedir (Drollman ve Partner 1993). Dünya gittikçe bir enerji darboğazına doğru sürüklenmektedir. Öyle görünüyor ki, ileriye yönelik bir enerji politikası üretemeyen, enerji planlamalarını yapamayan ülkeler yakın bir gelecekte ciddi enerji krizleriyle karşı karşıya kalacaklardır. Böyle bir duruma düşmemek için öncelikle mevcut enerji rezervleri saptanmalı, enerji tüketim ihtiyaçları zamana ve yere bağlı olarak ayrıntılı bir şekilde ortaya konmalıdır (Drollman ve Partner 1993). İhtiyaca göre enerji dağılımı planlı ve dengeli bir şekilde yapılarak enerji tasarrufu yoluna gidilebilir.

Binaların temel amacı iklime karşı koruma sağlamaktır. Binalar yapılırken hava değişimlerinin etkisini minimize etmek için bir takım tedbirler (yalıtım gibi) alınır. Alınacak tedbirlerin belirlenmesi ve optimum çözümlerin üretilmesi bölgede hüküm süren hava şartlarının, özellikle de sıcaklığın etkisini iyi bir şekilde analiz etmekle mümkündür. DG'ler böyle bir analiz imkânını sağlar.

Binaların mimari yapısı büyük oranda bölgenin iklim şartlarına göre şekillenir (Letherman ve Al-Azawi 1986, Altınok 1987). Bu etkilenme farklı şekillerde olur. Örneğin; soğuk iklimlerde yapıların basık, mümkün merteye yerle uyum sağlayacak şekilde toprağa gömülü olması, kullanım alanının küçük olması, duvarın geniş yapılı (kalın), pencere ve kapıların ise olabildiğince küçük ve az sayıda olması, kapı ve pencerelerin hakim rüzgar yönünden farklı bir yönde, rüzgar etkisinin az ve güneşlenme etkisinin fazla olduğu cephede açılması, dış cephe yüzeylerinin, ışığı daha fazla absorbe etmeleri için, koyu renklerle boyanması gibi bir takım şartlar göz önüne alınır. Buna karşılık sıcak iklimlerde ise, soğuk iklimlerin tersine, yapıların mümkün merteye yüksek ve geniş olması, kapı ve pencerelerin daha fazla hava alacak şekilde geniş ve hakim rüzgar yönünde ve güneşlenmenin mümkün merteye az olduğu cephede açılması, dış cephe yüzeylerinin güneş ışınlarını az absorbe eden açık renklerle boyanması ve güneşlenme etkisi en az olacak şekilde şekillenmesi istenir (Erbs ve ark. 1985, Letherman ve Al-Azawi 1986, Altınok, 1987).

Arz-talep hacmi ısıtma, soğutma ve havalandırma makine üreticileri için önemli bir konudur. Bir bölgede üretim yapılırken her şeyden önce bölgenin konulsa ısıtma ve soğutma ihtiyacının doğru bir şekilde ortaya konması ve buna göre de, arz-talep dengesinin saptanması gerekir. Aksi halde yapılacak yatırım ekonomik olmaktan uzak,

gereksiz ve kardan ziyade zarar etme riskiyle karşı karşıya olan bir yatırım konumuna düşer (Gülferi 1966). Geniş bir istasyon ağı ve veri periyoduyla yapılan çalışmalar, bölgelerin ısıtma ve soğutma ihtiyacını DG değerleri şeklinde ortaya koyarak bu tür zarar risklerini minimuma indirme amacını taşır (Gültekin ve Kadioğlu 1997c).

Bitki gelişimini takibi ve bitki hasat tarihlerinin tahmini gibi konular tarım sektörü çalışanları için oldukça önemlidir. Bitki büyümesi ve gelişimi büyük oranda sıcaklığa bağlıdır. Her bir bitki gelişimini tamamlayıp hasada hazır hale gelmesi için belli miktarda bir ısı enerjisine ihtiyaç duyar ki bu, büyüme derece-gün (BDG) şeklinde ifade edilir. Her bitkinin hasada hazır hale gelmesi için ihtiyaç duyduğu BDG değeri farklıdır (Ahrens 1982).

Don olayı, havanın soğuk geçtiği, kış aylarında ve soğuk bölgelerde tarımsal faaliyetlere, kara ve hava taşımacılığına, yapıların su ve ısıtma tesisatlarına büyük zarar verir. Bu tür zararların önüne geçebilmek, ancak, don olaylarının sıkça meydana geldiği bölgeleri ve oluşum zamanlarını tespit ederek söz konusu bölgelerde ve zaman aralıklarında don ile etkin bir mücadele yürütmekle mümkün olur. Don olaylarının sıkça meydana geldiği bölgeler ve zaman aralıkları, donma derece-gün (DDG)'ler ve alansal dağılımları yardımıyla ortaya konulabilir.

Bir diğer problem de havanın ısınmaya başladığı bahar aylarında ani ısınmalar sonucu eriyen kar kütesinin meydana getirdiği taşkınlar ve sel felaketleridir. Karın yol açtığı taşkınları önceden kestirmek ve olası taşkınlara karşı gerekli tedbirleri almak; karla kaplı bölgelerde havanın hızla ısınma gösterdiği zaman aralıklarını saptamakla mümkün olabilir. Bunun için de, erime derece-gün (EDG)'ler ve alansal dağılımları kullanılır (Mather 1974).

Dünyada DG'ler anlamında ilk çalışma 1700'lü yıllarda yapılmış ve 20. yüzyılda bu yöndeki çalışmalar hız kazanmıştır (Ahrens 1982). Türkiye'de ise ancak 1980'li yıllardan sonra bu konu ile ilgili birtakım çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Gültekin 1995). İlk DG çalışması bitki büyümesiyle sıcaklık arasındaki ilişkiye dayanır. Yapılan çeşitli çalışmalar bitki gelişimiyle sıcaklık arasında belirgin bir ilişkinin olduğu ve bu ilişkinin de, en iyi şekilde DG'lerle ifade edildiğini ortaya koymuştur (Ahrens 1982). DG'ler ile ilgili ilk ciddi çalışma 18. yüzyıl Fransız bilimcisi Reaumur tarafından yapılmıştır (Ahrens 1982). Reaumur bir bitkinin tohum olarak toprağı atıldığı günden hasat tarihine kadar ihtiyaç duyduğu ısı miktarının hemen hemen aynı olduğunu

düşünmüş ve DG tekniğini geliştirmiştir. Günümüzde de DG tekniği daha da geliştirilerek kullanılmaya devam etmektedir.

Reaumur'dan sonra DG'lerle ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Yapılan DG çalışmalarında bitki gelişiminin belirli sıcaklık aralıklarında meydana geldiğini ve bu sıcaklık aralıklarının bitki türlerine göre değişiklik gösterdiğini ortaya koyulmuştur. Çeşitli bitki türleri için, büyümelerini sürdürdükleri alt sıcaklık sınırı olan alt eşik sıcaklıkları saptanırken, sıcaklık aralıklarının üst sınırı olan üst eşik sıcaklıkları için aynı ölçüde ciddi gelişmeler sağlanamadı. Bu da üst eşik sıcaklıkları ile ilgili bilimsel çalışmaların yetersizliğine bağlanmaktadır. BDG'ler ile bitki gelişimi arasında doğru orantılı bir ilişkinin olduğu Reaumur tarafından ortaya konulmuştur (Ahrens 1982). Ahrens (1982), Lutgens ve Tarbuck (1979) gibi bir çok bilim adamı da bu ilişkiyi doğrularken, her bir bitkinin gelişimini tamamlayabilmesi için ihtiyaç duyduğu BDG değerlerinin farklı olduğunu saptadılar.

DG çalışmaları BDG'lerle sınırlı kalmadı. Reaumurun yaptığı DG çalışması pek çok bilim adamına ışık tutarak yeni ufuklar açmış ve çok farklı alanlara taşınmasına sebebiyet vermiştir. Bunların başında binaların ve endüstri alanlarının ısıtma ve soğutma işlemleri gelmektedir. Bu konuda yapılmış pek çok çalışma vardır. Close (1944) yaptığı DG çalışmasıyla kış mevsiminde seralardaki ısıtma ihtiyacını belirlemeye çalışmıştır. Landsberg (1948), DG'lerin ısıtma ve soğutma amaçlı kullanımları üzerinde çalışmalar yapmış ve bazı yerleşim alanları için ısıtma ve soğutma DG hesaplamaları yapmıştır, Humphreys (1948) ve Ernerick (1951) yaptıkları çalışmalarda bazı yerleşim alanları için ısıtma DG hesaplamaları yaparak, yıllık ısıtma ihtiyacını belirlemeye çalışmışlardır. Lutgens ve Tarbuck (1979) ve Ahrens (1982) yaptıkları DG çalışmalarında çeşitli bölgeler için ısıtma ve soğutma DG hesaplamaları yaparak ısıtma ve soğutma ihtiyacını ortaya koymaya çalışmışlardır. Mather (1974), Lehman ve Warren (1994) yaptıkları çalışmalarda IDG ve SDG hesaplamaları yardımıyla yakıt tüketim ihtiyacının bölgesel dağılımlarını ortaya koymuşlardır. Mather (1974) DG'lerle kar erimesi arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak EDG ve DDG'lerle ilgili çeşitli hesaplamalar yapmışlardır. Perry ve Symons (1991) ise DDG'lerin kara ve hava ulaşımındaki etkilen üzerinde durmuşlardır. Badescu ve Zamfir (1999) yaptıkları çalışmada derece-gün, derece-saat ve Bin metodunu karşılaştırmışlardır.



Thom (1952, 1954a ve 1954b) sıcaklık kayıtlarını temel alan IDG'lerin olasılık dağılım fonksiyonunu ortaya koydu. Standart istatistiksel analizlerden sonra ortalama DG'ler ile gerçek sıcaklık serisi arasında bir ilişki belirlendi. Ortalama sıcaklık ve ortalama DG'ler arasındaki ilişki sabit bir taban sıcaklığına bağlı değildir. Thom (1962) ortalama aylık sıcaklık ve aylık sıcaklık kayıtlarının standart sapmasını kullanarak herhangi bir taban sıcaklığı üzerindeki ortalama aylık DG eşitliklerini geliştirdi. Quayle ve Diaz (1980) IDG verilerini iç enerji tüketimine uyguladılar. Onlar, doğru hava tahminlerinin, kısa vadeli doğru enerji taleplerini ortaya koyabileceği sonucuna vardılar.

Lehman (1987) ABD'deki İstasyonlar için aylık DG istatistiklerinin olasılık dağılımını ortaya koyarak, günlük sıcaklık değişim çarpıklıklarının DG değişkeninin ortalama değer ve varyansını ne ölçüde etkilediğini araştırdı. Aylık DG değişkeninin ortalama ve varyansı, biri çarpıklığın olduğu diğeri çarpıklığın olmadığı iki tip *t*-istatistiği ile tahmin edildi. Sonuçlar ölçülen değerlerle karşılaştırıldı. Guttman ve Lehman (1992) tarafından yapılan saatlik DG değerlendirmesinde hem günlük hem de saatlik sıcaklıklar denendi.

Diğer bir IDG uygulaması da Guttman (1983) tarafından, gerçek sıcaklık ölçümleri ve nüfus artışı değerleri göz Önünde bulundurularak hava şartlarına bağlı bölgesel ve ulusal ısıtma yakıt talebini ortaya koymak için yapıldı. Ayrıca, bir Gaussian dağılım modeli parametrelerine bağlı, ampirik olarak, ısıtma enerji talebine etki eden nadir hava şartları için bir risk hesabı ortaya koydu.

Türkiye'de DG'lerle ilgili birtakım çalışmalar yapılmıştır. Gültekin (1995) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında Türkiye için geniş kapsamlı DG hesaplamaları yapmıştır.

Bursa ilinden 1992 yılına kadar olan günlük ortalama sıcaklık verisinin kullanıldığı bu çalışmada taban sıcaklıklara göre ısıtma derece-gün ve gün sayısı hesaplamaları yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan ortalama sıcaklıklar, klima rasatlarında 7, 14 ve 21 yerel saatlerinde ölçülen sıcaklıkların ortalamasıdır.

Dağsöz (1995) eserinde DG hesaplamaları yapmış ve ısıtma-soğutma amaçlı kullanımlarına geniş yer vermiştir. Dağsöz, Türkiye genelinde 67 ilin 10 yıllık ortalama sıcaklık verilerini kullanarak 12 ve 18°C taban sıcaklıklarına göre IDG, 20 ve 24°C taban sıcaklıklarına göre ise SDG hesaplamaları yapmış ve binaların ısıtma-soğutma yakıt ihtiyacını saptamaya çalışmıştır.

Yalçınkaya (1997) yaptığı lisans tezi çalışmasında, Türkiye genelindeki 67 ilin 1991-1996 yılları arasındaki 7 yıllık saatlik sıcaklık verilerini kullanarak 12 ve 18°C taban sıcaklıklarına göre SDS hesaplamaları yapmış ve soğutma amaçlı yakıt ihtiyacı hesaplamalarının formülasyonları ortaya koymuştur.

Altınok (1987) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında Türkiye'deki 7 meteoroloji istasyonunun kuruluş tarihlerinden 1980 yılına kadar olan günlük ortalama sıcaklık verilerini kullanarak 12 ve 15°C taban sıcaklıklarına göre IDG hesaplamaları yaparak, her istasyon için 12 ve 15°C taban sıcaklıklarına göre IDG si grafiğini ortaya koydu. Altınok, 7 yerleşim alanının ısı kaybı hızı diyagramlarını hazırlayarak, DG değerleri yardımı ile ısı kaybı hızı hesaplamalarını yaptı. Altınok bu çalışmasında DG değerleri yardımıyla ısı kaybı hızı hesaplamalarını sadece birkaç pilot bölge için yapmıştır.

Yener ve Gürdil (1987) yaptıkları bir DG çalışmasında ısıtma, soğutma, büyüme, erime ve donma derece-gün hesaplamaları yapmıştır. Bu çalışmada Türkiye genelindeki 111 meteoroloji istasyonunun 10 yıllık ortalama sıcaklık verilerini kullanarak 0, 5, 12, 18 ve 24°C taban sıcaklıklarına göre aylık DG hesaplamaları yapıldı.

Gültekin ve Kadioğlu (1996) yaptıkları çalışmada, Türkiye'nin Marmara Bölgesi için IDG ve SDG hesaplamaları yapıp, dağılımlarını ortaya koydular. Gültekin ve Kadioğlu (1997a) yaptıkları bir diğer çalışmada Türkiye'nin IDG değerlerini ortaya koymuşlar, aynı yıl yaptıkları ikinci bir çalışmada Gültekin ve Kadioğlu (1997b) DG değerleri yardımıyla Türkiye genelindeki güneş enerjisi potansiyelini saptarken yine aynı yıl yaptıkları üçüncü bir çalışmada Gültekin ve Kadioğlu (1997c) ise DDG'lerin yapıların tesisat donanımında kullanımları üzerinde durdular. Gültekin (1997) tarafından yapılan bir çalışmada ise DG değerleri yardımıyla güneş enerjisi tesisleri için uygun yerler tespit edilmeye çalışılmıştır. Öztürk ve Kadioğlu (1996) ise yaptıkları çalışmada DG değerlerinin ulaşım ve şehir içi trafiğindeki rolü ve etkilerini ortaya koyarak, İstanbul trafiğine uygulaması üzerinde durmuşlardır.

Satman ve Altun (1991), Türkiye'deki 75 meteoroloji istasyonunun en az 30 yıllık aylık ortalama sıcaklık verisini kullanarak IDG değerlerini hesaplayarak, genel IDG haritasını hazırlamışlardır. Ayrıca IDG değerlerini kullanarak, konut ısıtmacılığında doğal gazın tüketim potansiyelini saptamaya çalışmışlardır. Satman ve

Yalçınkaya (1999) Türkiye'deki bazı yerleşim birimleri için IDS ve SDS değerlerini ortaya koymuşlardır.

Kadioğlu ve ark. (1998) Türkiye'deki IDG değişimlerini incelerken, yine Kadioğlu ve ark. (1999) Mann-Kendall eğilim testini DG istatistiklerine uygulayarak iklimdeki değişimi incelemişlerdir. Ayrıca, Kadioğlu ve ark. (2000) Türkiye'deki mevsimsel IDG ve SDG değişim eğilimlerini ve klimatolojik dağılımlarını ortaya koymuşlardır.

Arısoy ve ark. (1999) sıcaklık aralığı yöntemini kullanarak 4 şehir merkezindeki 6 istasyon için yakıt tüketimi hesabını yaptılar. Bu çalışmada veri olarak uzun yıllar saatlik sıcaklık verileri kullanılmış ve gece kaloriferlerin 6 saat söndürülmesi durumunda önemli ölçüde yakıt tasarrufu sağlanacağı sonucuna varılmıştır. Yine Arısoy ve ark. (2000)'nın yürüttüğü bir proje çalışmasında 73 il için maksimum, minimum ve ortalama IDG değerleri 20°C taban sıcaklığına göre hesaplanmıştır. IDG'ler yıllık ortalama değerler olarak hesaplanmış ve veri olarak uzun yıllar saatlik sıcaklık verileri kullanılmıştır.

Görüldüğü gibi Türkiye'de de bu konuda önemli sayılabilecek irili ufaklı pek çok çalışmaya yapılmıştır. Hepsi de DG'leri kısmi olarak ve dar bir çerçevede ele almışlardır. Örneğin bu çalışmalar arasında en çok istasyon sayısını Yener ve Gürdil (1987) kullanırken, veri periyodunu sadece 10 yıl almışlardır. Halbuki, DG klimatolojisini ortaya koymak için en az 25-30 yıllık uzun yıllar verisini kullanmak gerekir (Lydolph 1985). Diğer yandan, uzun veri ağının kullanıldığı bazı çalışmalarda ise istasyon sayısı azdır (en fazla 73 istasyon). Yine yapılan çalışmalarda DG'ler sınırlı sayıda (en fazla 2-3) taban sıcaklığa göre hesaplanmıştır. Durum böyle olunca, yapılan çalışmalar DG ihtiyacını karşılamaya yönelik kısmi çözümler sunarken, kapsamlı bir DG veri tabanı ortaya koyamamaktadır.

## 2.2 Derece Gün Metodları

Ortalama hava sıcaklığı ile taban sıcaklığı arasındaki farkların kümülatif toplamları olarak da tarif edilebilen DG'ler (Huschke, 1959) belirli zaman periyotları için hesaplanır. Bu periyotlar günlük, haftalık, aylık, yıllık veya daha farklı olabilir. DG hesaplarında, sıcaklık verileri her ne kadar temel veri ise de, nem, rüzgar hızı ve yönü, ıslanım şiddeti ve güneşlenme süresi, şehirleşme gibi bir takım ilave faktörler de önem kazanır. Örneğin orta büyüklükteki bir kasabada rüzgar ve sıcaklığa bağlı olarak yıllık ısı ihtiyacı değişimi % 20-30 kadar olabilmektedir. Smith (1975) yaptığı çalışmada Londra'da şehir merkezindeki ısıtma ihtiyacının şehir civarına göre 400°C gün veya % 10 daha az olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca havadaki bağıl nem siperde ölçülen hava sıcaklığı ile insanların hissettiği sıcaklığın birbirinden oldukça farklı olmasına yol açar (Kadioğlu ve Kara, 1992). Rüzgar, güneşlenme süresi ve şiddeti gibi diğer bazı meteorolojik parametreler de insan konforunu etkiler. DG hesaplamalarında sonuçların gerçeği daha iyi yansıtması için bütün bu meteorolojik faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir. Her ne kadar sıcaklığın yanı sıra diğer bazı meteorolojik faktörleri de göz önünde bulunduran bir takım DG indeksleri geliştirilmiş ise de çok karmaşık ve kullanımları zor olması nedeniyle kullanımları yaygınlaşmamıştır. Sadece sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan DG değerleri insan konforu için gerekli ısıtma ve soğutma ihtiyacını büyük oranda ortaya koyar.

DG'ler çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Günümüzde mühendislik faaliyetlerinden insan sağlığına, tarımdan ulaşıma kadar geniş bir alanda ve farklı amaçlar için kullanılan değişik DG indeksleri bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan başlıca DG indeksleri şunlardır;

- Isıtma derece-günler (IDG),
- Soğutma derece-günler (SDG),
- Büyüme derece-günler (BDG),
- Donma derece-günler (DDG),
- Erime derece-günler (EDG)

Başta ABD olmak üzere gelişmiş ve gelişmekte olan bazı ülkelerde tıptan mühendisliğe pek çok alanda DG'ler farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Ahrens 1982, Kadioğlu 1993)

### 2.2.1 Isıtma Derece Günler

Yılın soğuk periyotlarında ortam sıcaklığı taban sıcaklığının altına düştüğünde binadaki konfor şartları bozulur ve ısıtma ihtiyacı ortaya çıkar. Ortaya çıkan ısıtma ihtiyacı miktarını ise en iyi IDG'ler ortaya koyar (Humphreys 1948, Letherman ve Al-Azawi 1986, Quayle ve Diaz 1980, Gültekin 1995). Günlük ortalama hava sıcaklığının taban sıcaklığından düşük olması durumunda, bu iki sıcaklık değeri arasındaki farklar IDG'ler olarak tarif edilebilir. Diğer bir deyişle, sıcaklık serisinin bir taban sıcaklığı seviyesinde kesilmesi sonucu oluşan negatif alanlar olarak da tanımlanabilir. Taban sıcaklığı altındaki her 1°C'lik günlük ortalama sıcaklık farkı bir IDG olarak ifade edilir. IDG'ler bir periyot için günlük kümülatif toplamlar olarak ifade edilir.

İnsanlar için minimum konfor seviyesi genel olarak 18.3°C olup, iç ortam sıcaklığı bu seviyenin altına düştüğünde ısıtma ihtiyacı ortaya çıkar (Lutgens ve Tarbuck 1979, Gültekin 1995). Bununla birlikte farklı taban sıcaklıklarını referans alan IDG çalışmaları da vardır. Kadioğlu (1993)'ya göre pencerelerden bina içine giren güneş radyasyonu ve mutfak araçları tarafından dolaylı olarak yaklaşık 3°C'lik artışı sağlandığından IDG hesabı için taban sıcaklığını 15°C almak doğru olur. Bu paralelde, Türkiye için yapılan pek çok IDG çalışmasında taban sıcaklığı 15°C olarak kabul edilmiştir (Kadioğlu 1993, Gültekin ve Kadioğlu 2000a, Kadioğlu ve ark.. 2001). Bu çalışmada da taban sıcaklığı 15°C alınarak IDG hesaplamaları yapılmıştır.

Günün ortalama sıcaklığı düştükçe IDG'ler artar. Dolayısıyla ısıtma için daha fazla yakıt veya enerjiye ihtiyaç duyulur. Her hangi bir yerleşim biriminin, yıllık IDG değeri bilinirse o bölgenin ısıtılma amaçlı yakıt veya enerji ihtiyacı tahmini ve planlaması oldukça kolaylaşır.

### 2.2.2 Soğutma Derece Günler

Soğutma amaçlı DG kullanımları için SDG indeksi geliştirilmiştir. Bu indeks sıcak havalarda iç ortamı konfor şartlarında tutmak için kullanılır. Sıcak havalarda bu konforu sağlamak için iç ortamın soğutulması ve havalandırılması gerekir. Binaların soğutulması için gerekli enerji miktarı ile SDG'lerle arasında doğru orantılı bir ilişki

olduğu sonucuna varılmıştır (Kadıoğlu 1993, Göltekin 1995). Dolayısıyla binaların soğutulması için gerekli olan enerji miktarı SDG'ler ile iyi bir şekilde tahmin edilebilir. SDG'ler, gñnlük ortalama hava sıcaklığının taban sıcaklığı üzerinde olması durumunda, bu iki sıcaklık değerindeki fark olarak tarif edilebilir. Diğer bir ifadeyle, SDG'ler sıcaklık serisinin bir taban sıcaklığı seviyesinde kesilmesi sonucu ortaya çıkan pozitif alanların toplamı olarak da tanımlanabilir (Williams 1996). Taban sıcaklığı üzerindeki her 1°C'lik gñnlük ortalama sıcaklık farkı, bir SDG olarak ifade edilir. SDG'ler bir periyot boyunca gñnlük kñmñlatif toplamlar olarak tanımlanır.

### **2.2.3 Büyüme Derece Günler**

DG'lerin diğer yaygın bir kullanım şekli de tarımsal amaçlıdır. Tarım sektöründe bitki büyümesi ve gelişiminin takibi amacıyla BDG'ler kullanılmaktadır (Lutgens ve Tarbuck 1979). BDG, ortam sıcaklığının bitki büyümesinin başladığı kritik sıcaklığın üzerinde olduğu zaman sürecinde, ısı etkisinin bir çeşit izlenmesi metodudur (Lydolph 1985). Tarımsal çalışmalarda Pamuk Metodu, Mısır Metodu gibi değerik BDG sürümleri kullanılmaktadır.

BDG, gñnlük ortalama hava sıcaklığının bitki taban sıcaklığı üzerinde olması durumunda, bu iki sıcaklık değerindeki fark olarak tarif edilebilir. Diğer bir ifadeyle, sıcaklık serisinin bitki taban sıcaklığı seviyesinde kesilmesi sonucu oluşan pozitif alanların (sapsmaların) toplamıdır. Burada bitki taban sıcaklığından kasıt bitkinin gelişimini sürdürdüğu minimum sıcaklıktır. Bitki taban sıcaklığı üzerindeki her 1°C'lik sıcaklık farkı, bir BDG olarak ifade edilir. BDG'ler, bir periyot için gñnlük büyüme miktarlarının kñmñlatif toplamı olarak ifade edilir.

### **2.2.4 Donma ve Erime Derece Günler**

Tarım, ulaşım, tesisat ve hidroloji gibi pek çok sektörde kullanılan, diğer bir DG indeksi de DDG ve EDG 'ler dir, Suyun donma noktası pek çok faaliyet için kritik bir sıcaklıktır. Sıcaklık donma noktasına ulaştığında pek çok bitki ölür, trafik akışı aksar, bina tesisatları hasar görür (Göltekin 1995, Kadıoğlu ve Öztürk 1996). Bunun için bir

bölgedeki don olaylarının şiddet ve sıklığının bilinmesi önem arz eder. Öldürücü don olaylarının görüldüğü bölgelerde donma ve buzlanma olaylarına karşı bir takım tedbirler alınarak; tarım, ulaşım ve yapı tesisatı gibi pek çok alanda oluşabilecek tahribatlar önlenebilir. Dolayısıyla, don olaylarının önceden bilinmesinde büyük yarar vardır. Kış bitkileri açısından, donma noktasının altındaki ve üzerindeki düzensiz sıcaklık değişimleri, sıcaklığın sürekli donma noktasının altında olmasından daha tehlikeli ve zararlıdır. Donma ve erimenin yol açtığı zararları önlemek amacıyla bir bölgenin donma ve erime potansiyelini en iyi şekilde yansıtan DDG ve EDG indeksleri geliştirilmiştir (Ahrens 1982, Perry ve Symons 1991, Gültekin 1995).

DDG ve EDG'ler günün ortalama sıcaklığıyla 0°C taban sıcaklığı arasındaki farktır. Bir zaman periyodu boyunca 0°C altındaki günlük ortalama hava sıcaklıklarının mutlak değerinin kümülatif toplamı DDG'leri verirken, 0°C üzerindeki günlük ortalama hava sıcaklıklarının kümülatif toplamı ise EDG'leri ifade eder (Gültekin 1995). Diğer bir deyişle, sıcaklık serisinin 0°C taban sıcaklığı seviyesinde kesilmesi sonucu oluşan pozitif alanlar EDG'leri, negatif alanlar da DDG'leri yansıtır.

### **2.3 Derece Günlerin Sektörel Analizleri**

Bu bölümde DG'lerin sektörel kullanımları üzerinde durulacaktır. DG başta ısıtma ve soğutma olmak üzere tarım, ulaşım, mimarlık, taşkın öngörüsü, enerji ve yakıt hesaplamaları gibi pek çok sektörde yardımcı kaynak olarak kullanılmaktadır. Şimdi bu konulara çok kısa olarak değinilecektir.

#### **2.3.1 Isıtma ve Soğutma**

Yaşanan mekanların iç ortam sıcaklarının her mevsim kontrol edilmesi yaşamı kolaylaştırır, insan metabolizmasının ritmini ve verimliliğini artırır. Bu açıdan bakıldığında, konutlar, iş yerleri ve turizm işletmeleri için klima lüks değil, bilakis ihtiyaçtır. İhtiyacın karşılanabilmesi doğru tespit ve cihaz seçimi ile mümkündür.

Bir binanın esas gayesi iklime karşı koruma sağlamaktır. İdeal bir bina, iklim değişikliklerinin etkisini minimuma indirecek ve iç şartları daima konfor bölgesinde

tutacak şekilde yapılmalıdır (Dağsöz 1995, Gülferi 1966). Bu, minimum ilk maliyet ve mümkün olan en düşük işletme masraflarıyla gerçekleştirilmelidir. Hava sıcaklığı, binaların ısıtma ihtiyacı hakkında bize genel bir bilgi verir (Williams 1996). Bir şehrin ısıtma işlemlerine girişmeden önce, o şehirde, kışın hüküm süren hava şartlarının bilinmesi gerekir. Bir ısıtma sisteminin en kötü hava şartlarında dahi ihtiyaca cevap vermesi istenir. Fakat bunu sağlamak için de en kötü hava şartlarını göz önünde bulundurmamak, ekonomik olarak pek uygun olmaz.

DG'lerin özellikle, ısıtma amaçlı kullanımları oldukça yaygındır. İç ortamda konforun sağlanması bina içi ve dışında hüküm süren iklim şartlarının iyi bir şekilde yorumlanmasına bağlıdır. Soğuk hava şartlarında konutları ısıtma ihtiyacı ortaya çıkar. IDG'ler bu ihtiyacı oldukça iyi bir şekilde yansıtır. Ortaya çıkan ısıtma ihtiyacı ve bunu karşılayan yakıt tüketimi IDG'ler yardımıyla saptanabilir. Yapılan çalışmalar IDG'ler ile ısıtma amaçlı yakıt (elektrik, fueloil, doğal gaz) tüketimi arasında oldukça iyi bir ilişki olduğunu (korelasyon katsayısı 0.90 ile 0.98 arasında değişmektedir) ve bu ilişkinin de doğru orantılı olduğunu ortaya koymuştur. Sıcak geçen zaman aralıklarında binanın iç ortamını konfor bölgesinde tutmak için soğutma ve havalandırma işlemlerinin yapılması ve nem oranının düşürülmesi gerekir. Soğutma ihtiyacının saptanmasında SDG'ler bir parametre olarak kullanılabilir (Ahrens 1982, Kadioğlu 1993, Gültekin 1995).

Isıtma ve soğutma amaçlı yakıt tüketimiyle orantılı olarak yakıt birim fiyatlarında da bir değişim görülmektedir (Quayle ve Diaz 1980). Sonuç olarak IDG ve SDG'ler yakıt tüketimini, yakıt tüketimi de birim fiyatları etkiler. Yani IDG ve SDG'lerde meydana gelen bir artış, yakıtı olan talebi artırdığından birim fiyatlarının yükselmesine neden olur.

### **2.3.2 Tarım**

Tarımsal çalışmalarda donma olayı, pek çok bitki türüne büyük zararlar verdiği için büyük önem taşır. Özellikle seracılıkta don olayının zararlı etkilerine karşı bir takım tedbirlerin alınması gerekir. Bu tedbirlerin başında da ısıtma yoluyla sera ortamının sıcaklığını don seviyesinin üzerinde tutmaktır (Ahrens 1982). Don olayını önlemek amacıyla çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Örneğin donma ihtimaline karşı, açık tarlalarda duman oluşturarak havanın ısıyı tutma kapasitesi arttırılmak suretiyle don olayının



etkisi azaltılabilir. Çünkü dumanla ortama verilen CO<sub>2</sub> gibi bir takım emisyonlar bulunduğu bölgede sera etkisi meydana getirir. Böylece söz konusu alanda sıcaklık fazla düşmez ve don olayının zararlı etkilen büyük oranda önlenmiş olur. Bir bölgenin DDG'leri o bölgede donma olayını engellemek için gerekli olan yakıt ve enerji miktarının tahmininde yardımcı olur. DDG'ler arttıkça donmayı önlemek için kullanılacak yakıt miktarı ve dolayısıyla donla mücadele maliyeti artar. Daha uygun ve ekonomik olması açısından seracılığın düşük DDG'lere sahip alanlarda yapılması tavsiye edilir (Kadıoğlu ve Öztürk 1996).

Tarla bitkilerinin iklim işlemleri ve özellikle de sıcaklık istekleri birbirinden çok farklıdır. Bazı bitkilerin çok geniş alanlara yayılmasındaki tek neden, onların sıcaklık isteklerindeki esneklik veya çeşitliliğidir. Sıcaklık isteklerine göre tahıllar; serin iklim tahılları ve sıcak iklim tahılları olmak üzere iki gruba ayrılırlar,

Serin iklim tahılları 1-4°C gibi düşük sıcaklıklarda çimlenebilirken, sıcak iklim tahılları ancak 8-12°C sıcaklık aralığında çimlenebilmektedir. Yine baklagillerden fasulyenin çimlenebilmesi için sıcaklık en az 8-10°C olmalıdır. 25-30°C arası sıcaklıklar ise fasulye için optimum sıcaklık aralığıdır. Bezelyenin minimum çimlenme sıcaklığı 3-5°C olup, iyi bir büyüme gösterebilmesi için çimlenme periyodu boyunca günlük ortalama hava sıcaklığının 15-18°C arasında olması gerekir.

### **2.3.3 Ulaşım**

Sıcaklığın ulaşımdaki etkisi büyüktür. Hava sıcaklığının donma seviyesi altına düşmesiyle kara yollarında oluşan buzlanma trafik akışını olumsuz yönde etkilerken, sebebiyet verdiği trafik kazaları da büyük can ve mal kaybına yol açar. Ulaşımında can ve mal güvenliğinin sağlanması, donla mücadele maliyetinin düşürülmesi ve ulaşımın hızlandırılması amacıyla; standartlara uygun modern kara, deniz, demir ve hava yollarının planlama ve tasarımında çeşitli iklim parametrelerinin klimatolojisi ve öngörüsü göz önünde bulundurulmalıdır.

Türkiye'de ulaşımın her çeşidi (kara, hava, deniz ve demir yolu) yapılmaktadır. Ulaşım sistemleri sis, yağmur (sağanak şeklinde), kuvvetli rüzgar, kar ve don gibi meteorolojik faktörlerden büyük ölçüde etkilenir (Kadıoğlu ve Öztürk 1996). Sis olayında yatay görüş mesafesinin düşmesi (1000 m ve altına), sağanak yağmurlar ve kar

erimesi sonucu meydana gelen taşkınlar, yoğun kar yağışı ile yolların kapanması, don olaylarında yollarda kayganlığın artmasıyla frenlemenin zayıflaması trafikte büyük tehlikelere ve aksamalara yol açar. Bu olumsuz hava şartları sonucu meydana gelen zincirleme kazalarda büyük can ve mal kaybı olmaktadır.

Ulaşımda can ve mal kayıplarını en aza indirmek ve trafiğin düzenli bir şekilde akışını sağlamak ulaşım ağlarının geçtiği bölgelerde hüküm süren iklim şartları klimatolojisinin iyi bir şekilde bilinip yorumlanmasına bağlıdır. Türkiye'de ulaşım ve taşımacılık büyük oranda kara yolu ile sağlanır. Kara taşımacılığını etkileyen en önemli meteorolojik faktör don (buzlanma) olayıdır. 0°C altındaki hava sıcaklıklarının bir bakıma klimatolojisi olan DDG bir bölgedeki donma olaylarının şiddet ve sıklığını iyi bir şekilde yansıtır.

Hava sıcaklığının 0°C altına düşmesi sonucu meydana gelen buzlanma, kara yollar ve uçak pistlerinde kayganlığı artırır ve frenleme etkisini azaltır, Bu yüzden buzlanma kara yollarında yüksek hızlarla seyreden araçlar, büyük bir hızla (700-800 km/h) piste inen ve kısa bir mesafede (2-3 km) frenleme yapmak zorunda olan uçaklar için büyük tehlike oluşturur. Bu durumda ulaşım güvenliğinin sağlanması için buzlanmayı önleyici bir takım tedbirlerin alınması gereklidir, 'fren raylarının döşenmesinde, köprü ve üst geçitlerin yapımında DDG'ler yine göz önünde bulundurulmalıdır. Bilindiği gibi metaller sıcaklığın artmasıyla genişler (uzar), azalmasıyla da büzülür (kısılır), Don olayı metallerde çeşitli hasarlar meydana getirir. Bu yüzden, rayların döşenmesinde ve köprülerin yapımında sıcaklığın sebep olduğu etkiler göz önünde bulundurularak, uzama-kısalma payı için belli bir mesafenin mutlaka bırakılması gerekir.

Kara ve demir yollar ile havaalanları pistlerindeki buzlanmaya karşı her zaman hazırlıklı olunmalıdır. Muhtemel don olaylarının önlenmesi için gerekli malzeme ve araçlar önceden temin edilerek tedbirler alınmalıdır. Bunun için, önce geçmiş verilere bakarak bölgede meydana gelen don olayı boyutlarını iyi bir şekilde ortaya koymak gerekir. Don olaylarının şiddetini ise en iyi şekilde DDG'ler yansıtır (Ahrens 1982, Gültekin 1995, Kadioğlu ve Öztürk 1996). Büyük DDG'ler kuvvetli buzlanmayı, küçük DG'lerde hafif buzlanmayı ifade eder, Perry ve Syrnons (1991) tarafında yapılan bir çalışma, karayolu ulaşımındaki maliyetin sıcaklıkla ters orantılı olduğunu ortaya

koymuştur. Yani düşük sıcaklık (büyük DDG) durumlarında ulaşım maliyetinin arttığı, yüksek sıcaklık (küçük DDG) durumlarında ise düştüğü görülür.

Karayolları ve havaalanlarının yer seçiminde de DDG'ler önem arz etmektedir. Donla mücadelede ekonomik maliyeti düşürmek açısından küçük DDG değerlerine sahip alanların seçilmesinde fayda vardır. Buna bir Örnek olarak Erzurum ve Antalya hava alanları gösterilebilir. DDG'lerin büyük olduğu Erzurum havaalanında uçuş güvenliğini sağlamak büyük risk ve yüksek maliyet gerektirirken, DDG'lerin düşük olduğu Antalya havaalanında ise nispeten daha az risk ve düşük maliyet gerektirir.

Buzlanmayla mücadelede tuzlama, yüksek maliyeti, asfalt yollarda meydana getirdiği tahribat ve doğurduğu çevre problemleri nedeniyle mümkün olduğu kadar hesaplı, doğru yer ve zamanlarda kullanılmalıdır. Ayrıca, Türkiye genelinde trafiği büyük ölçüde aksatan buzlanma ile etkin bir mücadelenin yapılması, buzlanma boyutunun önceden bilinmesi ve hazırlıklı olunması ile mümkündür. Bütün bu amaçlar için de, donma potansiyelini en iyi şekilde ortaya koyan DDG değerlerinin ayrıntılı bir şekilde hesaplanması gerekir. Daha hassas buzlanma hesaplamaları için özel bir meteorolojik çalışma olan 'Isıl Haritalama Yöntemi' kullanılmalıdır (Perry ve Symons 1991). Isıl haritalama yöntemi ile yol veya pist yüzeylerinin sıcaklık haritası elde edilerek donma olaylarının meydana geldiği güzergâhlar kolayca belirlenebilir.

#### **2.3.4 Mimarlık**

İklim koşulları şehirlerin mimari yapısına yön verirken, binaların mimari özelliklerini de büyük oranda etkiler. Binaların mimari yapısını belirlenmesinde DG'ler büyük faydalar sağlar. Zira DG'ler sıcak ve soğuk bölgeleri, ısıtma ve soğutma İhtiyacı boyutlarını iyi bir şekilde ortaya koyar. Soğuk bölgelerde iklimin bina mimari yapısı üzerindeki etkileri şu şekilde ortaya çıkmaktadır; yapılar basık tavanlı, mümkün mertebe yerle uyumlu (yere gömülü), kullanım alanı küçük, duvar yapıları geniş (kalın), kapı ve pencereler mümkün olduğunca küçük, bina delikleri (kapı, pencere) hakim rüzgar yönünde olmayan, rüzgar etkisinin az buna karşılık güneşlenme etkisinin fazla olduğu cephelerde açılması. Sıcak bölgelerde binaların mimari özellikleri üzerindeki iklimin etkileri ise soğuk bölgelerdekine tersine; yapılar yüksek tavanlı, kullanım alanı geniş, pencere ve kapılar oldukça geniş alanlı ve hakim rüzgar yönün açılması, binanın

daha iyi hava alacağı yüksek ve güneşlenme etkisinin az olduğu alanlara kurulması şeklinde olur (Letherman ve Al-Azawi, 1986).

Mimari çalışmalarda yönlerin, güneş ışınlarını alma ve güneşten faydalanma dereceleri farklıdır (Letherman ve Al-Azawi 1986). Binaların en fazla güneş radyasyonuna maruz kaldığı yönü güney en az ise kuzeydir.

Yapıların yer seçiminde yönle birlikte arazi eğimi de önemlidir. Serin iklim bölgelerinde binalar için en ideal yer seçimi güney ( $157.5^{\circ}$ - $202.5^{\circ}$ ) yönüne  $25^{\circ}$ - $30^{\circ}$  eğimli arazilerdir (Letherman ve Al-Azawi 1986).

### **2.3.5 Taşkın Öngörüsü**

Kutup bölgeleri ve yüksek yörelerdeki kar erimesi taşkınlara sebep olan önemli bir faktördür (Şen 1999). Bulutlardan yeryüzüne düşen yağış tiplerinden birisi de kardır. Yeryüzüne düşen ve soğuk dönem boyunca biriken kar, havaların ısınmasıyla birlikte eriyerek yavaşça su kaynaklarını besler ve akışa geçmesini sağlar. Havaların ani ısınması sonucu hızla eriyen karlar, dere ve göllerin kabarmasına ve yataklarına sığmayarak taşmasına yol açar. Kış aylarında yüksek kesimlerdeki yağışlar çoğunlukla kar şeklinde oluşur, Yüksek yörelerde kış ayları boyunca sıcaklığın düşük ( $0^{\circ}\text{C}$  altında) olması düşen karların birikmesine neden olur. Daha sonra özellikle bahar aylarında havaların ani ısınması sonucu, yağın sıcak yağmurların da etkisiyle hızla eriyen karlar ani taşkınlara yol açar. Bu taşkınlar çevrede büyük can ve mal kaybı sebep olabilir.

Kar erimesine etki eden başlıca meteorolojik faktörler; sıcaklık, yağış, rüzgar, bulutluluk, güneş ışınımı şiddeti ve güneşlenme süresidir. Bu meteorolojik faktörler içinde en büyük etkiyi sıcaklık yapmaktadır. Kar tabakasının erimesi için enerji kazanımı şarttır. Bir kar tabakasının enerji kazanımı ise iki türlü olur. Birincisi ve asıl olanı atmosfer aracılığıyla güneş ışınımı, diğeri ise tali yollarla yerden alınan enerjidir (Şen 1999).

Yapılan çalışmalar sonucu, kar tabakasının 30 günden fazla süreyle yerde kalması halinde, kar erimesinde zemin sağladığı ısı katkısının önemli olmadığı ve ihmal edilecek kadar az olduğu ortaya çıkmıştır (Şen 1999). Kar erimesi ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunda çevreden (yerde) olan ısı ihmal edilerek sadece güneş ışınımının

etkisi göz önünde bulundurulmuştur. Güneş ışınımı etkisinin bir göstergesi de hava sıcaklığıdır.

Sıcaklığın etkisiyle oluşabilecek muhtemel kar erimesi potansiyeli EDG'ler kullanılarak hesaplanabilir. Kar erimesinin tahmini çeşitli yöntemlere göre yapılmıştır. Yöntemlerden bazıları tamamen fizik ilkelerine göre olurken, pratikte ise en yaygın kullanılan yaklaşım DG kavramına dayanır.

### 2.3.6 Enerji ve Yakıt Hesabı

Elle hesap yaparak ısıtmada enerji veya yakıt tüketimini belirlemede en fazla kullanılan yöntem DG yöntemidir (Arısoy ve ark. 2000). Bir binadaki toplam ısı enerji ihtiyacı DG değerleri kullanılarak şu bağıntıyla ifade edilebilir (Arısoy ve ark. 2000);

$$Q = \frac{Q_{st}}{T_{iç} - T_h} \cdot DG \cdot 24 \quad (2.1)$$

Burada;

- Q : Binadaki toplam ısıtma amaçlı enerji ihtiyacı (J),  
Q<sub>st</sub> : Binanın hesaplanan standart ısı kaybı değeri (J),  
T<sub>iç</sub> : Binanın esas alınan iç ortam sıcaklığı (°C),  
T<sub>h</sub> : Projede esas alınan dış hesap sıcaklığı (°C),  
DG : Derece-gün değeri (°Cgün)'dir.

Konutlardaki ısıtma amaçlı enerji ihtiyacı büyük oranda fosil yakıtlardan ve kısmen de elektrik ve diğer enerji kaynaklarından sağlanır. Herhangi bir binadaki toplam ısıtma amaçlı enerji ihtiyacı bilinirse, yakıt tüketimi (ısıtma amaçlı) miktarını aşağıdaki bağıntıyla hesaplamak mümkündür (Durmaz ve ark. 2000).

$$Y = \frac{Q}{\eta \cdot H} \quad (2.2)$$

Burada;

- Y ; Yakıt tüketimi miktarı (kg, m<sup>3</sup>)  
Q : Binadaki toplam ısı enerji ihtiyacı (J),  
 $\eta$  : Isıtma sisteminin ortalama verimi,  
H : Yakıt türünün ısı değeri (J/kg)

### 3 MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1 Isıtmada Enerji Tüketim Tahmin Yöntemleri

İklim bilgileri, enerji analizlerinin kritik bölümünü oluşturmaktadır. Doğru bir ısıtma amaçlı enerji tüketim tahmini uzun dönem ortalamaları temsil eden iklim verileri kullanılarak sağlanacaktır. Bu veriler genellikle uzun yıllar boyunca çok sayıda meteoroloji istasyonunda kaydedilmiş geçmiş iklim verilerinden alınmaktadır (Said 1992).

İklim verileri değişik amaçlar için farklı yöntemlerle sunulurken, geliştirilen yöntemlerin karmaşıklığı ve gerçeğe yakınlıkları kullandıkları iklim verisinin detaylı olmasına bağlı olmaktadır. 1970'lerin başında bina enerji kullanımı tahmin hesaplamaları için kabul edilen yöntemler, makro seviyede enerji kullanım tahmin etme ihtiyacından geliştirilen ve sadece ısıtma enerjisi hesaplamaları için kullanılan derece gün ve bin sıcaklık frekans aralığı hesaplama yöntemleridir. Özellikle ısıtma amaçlı enerji tüketimi hesaplarında oldukça iyi sonuçlar verdiği için, derece gün değerlerine dayanan yöntem en yaygın olanıdır. Çeşitli kaynaklarda bazı iller için birçok araştırmacı tarafından birbirinden farklı taban sıcaklıklarında hesaplanmış derece-gün değerlerini bulmak mümkündür (Arısoy 1998).

Hesap yöntemleri iki kısımda incelenebilir. Statik ve dinamik modeller. Statik hesap yöntemlerinde binanın rejim halinde olduğu düşünülür ve bina kabuğu sadece direnç olarak göz önüne alınır. Dinamik modellemede ise binanın kütlelerinin ısı depolama özelliği de göz önüne alınmaktadır. Bina kabuğu direnç ve kapasite elemanı gibi düşünülürken bina içindeki diğer kütlelerin de ısıl ataletleri hesaba katılır. Statik hesap yöntemlerine örnek olarak pik yük hesabı, derece gün metodu ve bin yöntemi verilebilir. Statik hesap yöntemlerinin uygulaması kolay olmasına karşın alınan sonuçların doğruluğu kısıtlıdır. Günümüzde bilgisayarların yaygınlaşmasıyla yerlerini dinamik modellemeye dayalı yöntemlere bırakmaya başlamışlardır (Büyükyıldız 1997).

Dinamik modeller ile gerçeğe daha yakın yıllık yakıt sarfiyatı değerleri elde edildiği gibi statik modeller ile yapılamayacak bir takım karşılaştırmaların yapılması da mümkün olmaktadır. Örneğin dirençleri aynı ancak yoğunlukları farklı malzemelerle inşa edilmiş iki binanın yıllık enerji ihtiyaçları nasıl olacaktır. Yalıtım tabakası içte ya da dışta olduğunda yıllık yakıt sarfiyatı bundan nasıl etkilenecektir. İhtiyaç duyulan

yakıt miktarına ilişkin bu tür karşılaştırmaların yanı sıra bina kütlelerinin konfor şartları üzerindeki etkisini de görmek mümkündür. Mesela ağır malzemelerden inşaa edilmiş bir binanın ısı ataleti dolayısıyla daha geç soğuyup daha geç ısınacağı bellidir. Böylece iç ortam sıcaklığındaki dalgalanma daha küçük olacaktır. Bu olay kesintili çalışma uygulanan binalarda gece sıcaklık düşümünün daha az olmasına ve konfor şartlarının daha uzun süre korunmasına neden olur. Dinamik model kullanarak; gece boyunca konfordan ne kadar uzaklaşıldığı, buna karşın ne kadar yakıt tasarrufu sağlandığı belirlenip, bina için en uygun işletme şekline karar verilebilir (Büyükyıldız 1997).

Dinamik hesap yöntemlerinde güneş, aydınlatma araçları ve iç yükler hesaba dahil edilir. Güneş, aydınlatma araçları gibi ışıyım kaynakları iç ortam sıcaklığına doğrudan etki etmezler. Işıyımı yutan iç ve dış duvarlar ve bina içindeki diğer kütleler ısıdıktan sonra bunlardan ortam havasına taşıyım ile ısı geçişi olmaktadır. Yani ışıyım kaynaklarının ortam sıcaklığına etkisi her zaman bir gecikme ile gerçekleşir. Örneğin öğle saatlerinde oluşan güneş pik yükünün etkisi ancak ikindi saatlerinde hissedilir. Bu tür bir etkiyi statik modelleme ile görmek mümkün değildir (Büyükyıldız 1997).

Başlangıcında 30 yıl önce enerji tahminleri derece günler kullanılarak yapılırken, bina tasarımının her aşamasını muhasebe ederek, çevre ile işletme faktörlerindeki değişimlere de cevap veren ve saatlik simülasyon hesaplarını da kapsayan bina simülasyonları geliştirilmiştir. Ancak saatlik iklim verileri her bölge için hazır olmayabilmektedir. Tipik iklim yılı yönteminin de kapsadığı dinamik simülasyon programlarında ise; uzun yıllar göz önüne alınarak, bir yıllık iklim değerleri seçilmektedir (Büyükalaca ve ark. 1999).

### **3.1.1 Örnek Veri Yılı Metodu**

Ait olduğu bölgedeki iklimin bir göstergesi olarak kullanılmayıp, sadece binaların ısı davranışlarını ve enerji tüketimini incelemek için kullanılan bilgisayar programlarına girdi olarak hazırlanan örnek veri yılı; yapıların ve iklimlendirme düzeneklerinin tasarımı, yapı gereci seçimi ve benzeri bina tasarımı ile ilgili konularda kullanılmaktadır (Gürdil 1986).

Kısa hesaplama süreleri ile özellikle güneş enerjisi sistemlerinin yıllık performanslarının uzun dönem tahminleri için gerekli uygun meteorolojik veriler;

Amerika'da Tipik Meteorolojik Yıl, Avrupa'da da Test Referans Yılı tanımlı şekliyle oluşturulabilecek metodların gelişimine öncülük etmiştir. Aslında günümüzde bu iklim verileri; binaların ısı konfor şartları, ısıtma ve soğutma yükleri tahmininde de kullanılmaktadır.

Simülasyon programlarında hem cihaz seçimi için gerekli ısı yükleri hesaplamak, hem de yıllık enerji veya yakıt tüketimlerini hesaplamak mümkündür. Saatlik iklim verilerine gereksinim duyulan bu programlarda; bir yılı temsil eden 8760 saat için, dış kuru ve yaş termometre sıcaklıkları, nem ve güneş ışınım değerleri verilmektedir. Temsili yılın belirlenmesi için farklı yöntemler mevcut olmakla birlikte; bu yöntemler içinde Tipik Meteorolojik Yıl (TMY) yöntemi ideal olarak belirtilmektedir. Veriler ay esasına göre düzenlenmekte, geçmiş uzun yıllar için aylar sıra ile ele alınmaktadır. Örneğin Ocak ayı için geçmiş 30 yıl boyunca iklim istatistikleri değerlendirilerek, uzun dönem ortalama verilerine en uygun olan yılın Ocak ayı belirlenmektedir. Tipik yıl Ocak ayı için ise, bu belirlenen yılın saatlik verileri esas alınmaktadır. Böylece diğer aylar için de çalışma tekrarlanarak TMY tamamlanmakta; buna göre sonuçta simülasyon iklim verisi dosyası, örneğin 1963'ün Ocak ayı, 1978'in Şubat ayı, 1970'in Mart ayı v.b. şeklinde oluşmaktadır (Arısoy 1998)

Örnek veri yılı seçme yöntemine göre, seçilecek yılın yeterince duyarlı olabilmesi için, bir yılı oluşturacak daha kısa süreli dönemler belirlenmekte ve bu dönemlerin saatlik verileri bir araya getirilerek veri takımı hazırlanmaktadır. Duyarlılığı artırmak açısından bu alt dönemlerin kısa tutulması, buna karşılık kesintisiz ölçüm değerleri kullanabilmek için de fazla kısa süreli olmaması gerekmektedir. Bir yılın 12'ye bölünerek aylık dönemlerde incelenmesi, bir yerin tipik iklimini yansıtmaya açısından yeterince duyarlı kabul edilirken, her istasyon için ayrı ayrı belirlenen tipik aylara ait saatlik veriler ard arda eklendiğinde, bir yıllık (8760 saat) veri takımı da tamamlanmaktadır (Gürdil 1986).

Belirli bir yer için örnek veri yılı hazırlanırken tipik olarak belirlenecek aylar en az 12 yıllık bir ölçüm süresi içinde seçilirken, her ay için tüm iklim verileri aynı istasyonda ve uluslararası ölçüm standardına uygun olarak kaydedilmiş olmalıdır.

Tipik ayların seçimi, günlük ortalama sıcaklık, günlük en yüksek sıcaklık ve eğer ölçümü varsa günlük toplam güneş ışınımı, aksi halde günlük güneşlenme süresi değerleri üzerinden yapılırken, bu verilerin bir yere ait iklim özelliklerini gerektiği



ölçüde yansıttığı ve değerlendirme sonucu seçilen ayların diğer iklim öğeleri açısından da tipik olacağı kabul edilmektedir. Başka bir deyişle, doğru bir sonuç alabilmek için, tasarım yapılan yere ait iklim verilerinin gerçeğe en yakın biçimi ile modele yansıtılması gerekmektedir, iklim öğelerinin saatlik değerlerinden oluşan ve bir yıllık bir süreyi kapsayan veri takımı kullanıldığında, yapıların ısısal çözümlemesi gerçeğe en yakın biçimi ile yapılabilmektedir (Gürdil 1986).

### **3.1.2 Bin Metodu**

Değişken hava ve oturanların şartlarının etkisinin değerlendirilmesi için, daha karmaşık bina simülasyonlarında her adım, her saat için işlenmektedir. Öyle ki enerji miktarları zaman aralıkları boyunca değil, sıcaklık aralıkları (bin) boyunca toplanmaktadır.

Bin yönteminde, belirli sıcaklık aralıklarının tekerrür değerleri ölçülen iklim verilerinden bulunarak sistemlerin analizi yapılmaktadır. Bin metodu ile ısıtma enerjisi; çalışılan bölge için ortalama dış sıcaklığın 5 derecelik sıcaklık aralığı ya da bin'i içinde olduğu yıllık saat sayısının belirlenmesi ile hesaplanmakta, tüm yıl boyunca her 5°C'lik sıcaklık bini için ihtiyaç duyulan enerjinin toplanması ile yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı belirlenmektedir. Mesela 24.500°C'den 29.499°C'ye kadar bin, 27°C bini olarak orta nokta sıcaklıkları ile tanımlanmaktadır (Üner 1998, Büyükalaca 1999).

Temel bin metodu çok çeşitli dış ortam kuru termometre sıcaklığı şartlarında anlık enerji hesaplamalarını sağlamaktan ve sonuçları her şart oluşumunun saat sayısı çarpımından oluşmaktadır. Bu yöntem ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme cihazlarının kısmi yük performanslarını değerlendirmede ve özellikle ısı pompası sistemlerinin analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dış yüzeylerden olan toplam kayıpları azaltacak güneş etkisini göz ardı ettiğinden; standart bin metodu, bina enerji kullanımı tahminlerinde sınırlı uygulanabilirliğe sahiptir (Knebel 1995).

Derece gün ve bin metotları güneş kazançları, iç ısı kazançları, ısıtma dağıtım sistemi veya havalandırma havası miktarını değerlendirmemekte, klima sistemlerindeki enerji tüketimi de daha çok güneşe ve iç yüklere bağlı olduğundan, bu metotlar burada iyi sonuç vermemektedir (Arısoy 1998).

### 3.1.3 Derece Saat Metodu

Sıcaklık değeri belirli bir sıcaklık değerinin(denge sıcaklığının) altına düştüğünde konut için ısınma gereksinimi doğar. Denge sıcaklığı, bulunulan ortamın istenen sıcaklığı yani konfor sıcaklığı olarak tarif edilebilir ve amaca, kişiye, bölgeye, enlemlere ve topografik özelliklere göre değişebilir. Buna rağmen dünya çapında yapılan çeşitli araştırmalarda insanların genel olarak 18,3 °C 'nın altındaki sıcaklıklarda ısınma ihtiyacı duydukları saptanmıştır. Dış ortam sıcaklığı denge sıcaklık değerine eşit veya denge sıcaklık değerinden yüksek olduğunda Isıtma Derece Saat (IDS) değeri 0'dir. IDS hesabını formüle etmek istersek

- Günlük Isıtma Derece-Saat :

$$IDS_{gün} = \sum_1^{24} (T_D - T_0) \quad (3.1)$$

Burada;

$IDS_{gün}$  :Bir gün için ısıtma gün değeri, °C-saat/gün

$T_D$  :Denge sıcaklığı, °C,

$T_0$  :Saatlik hava sıcaklığıdır, °C,

Yıllık ısıtma Derece-Saat ;

$$IDS_{yıl} = \sum_1^n (IDS_{gün}) \quad (3.2)$$

Burada;

$IDS_{yıl}$ : Bir yıl için ısıtma gün değeri, °C-saat/gün

$IDS_{gün}$ : Bir gün için ısıtma gün değeri, °C-saat/gün

$n$  : Bir yıldaki toplam gün sayısı

IDS ve IDG değerleri hesaplanırken Avrupa ülkelerinde 18 °C, A.B.D 'de ise 18,3 °C alınır ancak bizim hesaplarımızda 15 °C alınmıştır.

- Isıtma Saat Sayısı (ISS):

Isıtma Saat Sayısı, belirli bir zaman diliminde ortalama sıcaklığın denge sıcaklığının altında olduğu saatlerin sayısı olarak ifade edilebilir. ISS aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır:

$$ISS = \sum_1^n (N) \quad (3.3)$$

Burada;

n: Zaman dilimi,

N:  $T_0 < T_D$  olduğu zaman sayısı,

### 3.1.4 Derece Gün Metodu ve Uygulamaları

Yapılarda insan sağlığı ve uygun çalışma ortamının sağlanması amacı ile yapılan bina iklimlendirmesi çalışmaları, bu amaçla kullanılacak enerji kaynaklarının daha duyarlı tüketimi konusunu da birlikte getirmektedir. Bu nedenle, tasarım aşamasından başlayarak, yapıların yıllık yakıt gereksinimini belirlemek ya da değişik tasarım seçeneklerini enerji gereksinimleri açısından karşılaştırmak amacı ile çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Genel olarak bu yöntemler iki bölümde incelenebilir. Birinci bölümde yer alan, daha karmaşık ve duyarlı yöntemler; çok ayrıntılı veri gerektirdiği, zaman alıcı olduğu ve kullanımı belirli düzeyde uzmanlık gerektirdiği için her zaman uygulanabilir olmamaktadır. Buna karşılık diğer bölümde yer alan yöntemler aynı ölçüde duyarlı olmamakla birlikte, oldukça yaklaşık ve kabul edilebilir sonuçlar vermektedir. Kullanımı kolay olan ve fazla bilgi birikimi gerektirmeyen bu yöntemler, ayrıntılı veri istemedikleri için, özellikle uygulayıcılar arasında daha yaygın kullanılmaktadır (Gürdil ve ark. 1987).

Enerji tüketiminin en önemli göstergeleri arasında bulunan sıcaklık, insanların sosyo-ekonomik faaliyetlerini etkileyen iklimin belki de en belirgin özelliğidir. Bu nedenle meteorolojik şartların çok iyi bir şekilde analiz edilerek, birçok kesimin kullanabileceği hale getirilmesi gerekmektedir (Gültekin 1995).

Mesela sıcaklık verileri; binaların enerji korunumlu tasarımı, endüstri alanlarının seçimi, ısıtma ve soğutma amacıyla tüketilecek yakıt ve enerji miktarının hesaplanması, üretiminin planlanması ve pazarlanması, ısıtma ve klima cihazlarının projelendirilmesi,

kara yolları ve hava alanı pistlerindeki buzlanmayı önlemek veya kaldırmak amacıyla alınacak önlemlerin belirlenmesi, bitkilerin çeşitli safhalarının, özellikle de hasat tarihlerinin belirlenmesi, tedavi ve korunma gibi değişik amaçlar için kullanılırken, meteoroloji istasyonlarında ölçüldüğü şekliyle doğrudan değil de çeşitli şekillerde bazı metotlar uygulanarak kullanılabilir hale getirilmektedir. Bu metotlardan birisi de, kullanımı oldukça kolay olduğu için birçok batı ülkesinde yaygın olarak kullanılan derece gün metodudur. Isıtma derece gün sayılan, soğutma derece gün sayılan, ağırlıklı derece gün sayıları günümüzde değişik amaçlar için geliştirilmiş derece gün sayılarının başlıcalarıdır (Gültekin 1995).

Kış boyunca ısıtma tesislerince enerji tüketiminin tahmininde kullanılan söz konusu bu yöntemin girdisi olan derece gün değerleri; kullanıldığı ülkelerde konu ile ilgili kurumlar tarafından, birçok merkez ve çeşitli amaçlar için yayınlanmaktadır. Ortalama sıcaklığın seçilmiş bir taban sıcaklığın altına düştüğü belirtilen bir gün için derece günlerin sayısı, baz sıcaklık ve ortalama sıcaklık arasındaki farktır. Bir diğer deyişle; belirtilen gün için, ortalama dış hava sıcaklığının taban sıcaklık altına düştüğü her derece bir derece günü temsil etmektedir (Gürdil ve ark. 1987).

Aylık, yıllık ve diğer dönemler için derece gün sayılan ise; istenen dönem boyunca, sıcaklığın taban sıcaklığından düşük olduğu günlerdeki dış ortalama sıcaklıkla taban sıcaklığı arasındaki farkların toplanmasıyla elde edilmektedir (Gültekin 1995).

Böyle bir çalışmada kullanılan sıcaklık verileri yerel topografik ve iklim şartlarını da kapsayarak bulunulan bölgeyi en iyi belirleme özelliğinde oldukları için meteoroloji istasyonlarından alınarak, derece gün sayıları hesaplanmaktadır. Çünkü;

- Her bir konut için ayrı ayrı sıcaklık verilerinin elde edilmesi hem imkansız hem de çok masraflıdır.
- Yerel meteoroloji istasyonlarından alınan sıcaklık verileriyle hesaplamalar çok iyi sonuç vermekte ve enerji tüketimi bu veriler ile orantılı çıkmaktadır.

Örneğin ABD'de; her ay sonunda çok sayıdaki istasyon için ortalama günlük sıcaklıklardan hesaplanan derece gün sayılan, uzun yıllardan beri kullanılmakta ve farklı alanlarda yakıt tüketiminin iyi tahmin edilmesini sağlamaktadır. Günlük hava tahmin raporları yanında enerji tasarrufuna artan ilgi ile televizyon ve gazeteler, günlük en yüksek ve en düşük sıcaklıklarla birlikte ısıtma ve soğutma derece günleri de yayınlamaktadır (Kadıoğlu 1993).

Isıtma derece gün sayısı ve ısıtma gün sayısı değerleri, her hangi bir yerin yıllık enerji ve yakıt ihtiyacını pratik bir şekilde verir; ısıtma-havalandırma tesisatlarının hacim ve kapasitelerinin tespitinde kullanıldığı gibi, tahmini değerleri de enerji şirketlerine en yüksek enerji süreci boyunca gerekli enerji miktarının tahmininde yardımcı olur. Çünkü ısıtma derece günlerin birleşimi tüm yıl boyunca enerji ihtiyacının pratik bir göstergesidir. Isıtma derece gün sayılarının ülkenin değişik yerleri için hesaplanması, bize ülke genelindeki yakıt tüketimi dağılımı hakkında da bir fikir vermektedir. Bir bölgenin ısıtma derece gün sayıları azaldıkça, o bölgenin ısıtılması için gerekli olan yakıt miktarı azalır ve ısıtma derece gün sayıları arttıkça ısıtma için gerekli olan yakıt miktarı artar. Bölgelerin bu şekilde karşılaştırılmasında şüphesiz, ülkenin değişik bölgelerindeki bina yapımı ve yaşam tarzının benzer olduğu kabulleri vardır (Gültekin 1996).

Isıtma gün sayısı değerleri, ısıtma derece gün sayıları için incelenen ortalama yıllık süreçte ısıtma ihtiyacının duyulduğu yani ortalama dış sıcaklığın taban sıcaklığın altında olduğu günlerin sayısını ifade ederek, ısıtma dönemini yansıtmaktadır. Isıtma gün sayısı değerleri yardımıyla; ısıtma ihtiyacı sıklığı hakkında fikir edinilebilmekte, ısıtma tesisatlarının çalışma süreleri tespit edilerek tesisatların bakım ve onarımları için gerekli tedbirler alınabilmektedir (Gültekin 1996).

Son zamanlarda derece gün sayıları uzun dönem sıcaklık kayıtları dikkate alınarak iklim değişikliğinin ölçüsü olduğu gibi, iklim sınıflandırılmasında da kullanılmaktadır. Mesela Batı Amerika'da da ısıtma derece gün sayıları kullanılarak iklim şu şekilde sınıflandırılmaktadır; ısıtma derece gün sayısı 2000'in altında ise ılıman, 2000-4000 arası ise orta, 4000-8000 arası ise sert, 8000'in üstünde ise çok sert tarifi yapılmaktadır. İtalya'da da 20°C iç sıcaklığa göre hesaplanan derece gün sayıları kullanılarak sırasıyla 600'e kadar (A), 601-900 (B), 901-1400 (C), 1401-2100 (D), 2101-3000 (E) ve 3000'den büyük (F) olmak üzere 6 farklı iklim bölgesi oluşturulmaktadır. Ülkemizde de; baz sıcaklık 16°C'ye göre hesaplanan ısıtma derece gün sayıları kullanılarak yapılan gruplandırılmayla;  $DG < 1000$  için sıcak-nemli,  $1000 < DG < 1750$  için ılıman-nemli, sıcak-kuru,  $1750 < DG < 2500$  için ılıman-kuru ve  $2500 < DG$  için serin iklim bölgeleri önerilmiştir (Gürdil 1987).

## 3.2 Derece Gün Metodu Uygulaması

### 3.2.1 Binalarda Isı Yalıtımı

Binalarda kullanıcıların ısı konfor durumunda bulundurulmasının kullanıcı performansı ve iş verimi açısından öneminin anlaşılması nedeni ile yapma ısıtma gereksinimi giderek artmaktadır. Buna karşılık binalarda yapma ısıtmada kullanılan kaynakların giderek azalması ve maliyetlerinin artması binalarda ısıtma enerjisi korunumunun sağlanmasını ve ısı yalıtımı kullanılmasını gündeme getirmektedir.

Bu nedenle binalarda ısı enerjisi kullanımını ve ısı yalıtımı kullanımını gerekli kılan faktörlerin ele alınması yararlı olacaktır.

#### *i Binalarda Isı Enerjisi ve Isı Yalıtımı Kullanımını Gerekli Kılan Nedenler*

Günümüzde enerjinin etkin kullanılmasına yönelik olarak ortaya çıkan sürdürülebilir enerji kavramı, sürdürülebilir çevre ve ekonomi ile birlikte sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir unsuru olarak ele alınmaktadır. Bu nedenle, öncelikle sürdürülebilir kalkınma ve ekonominin en önemli girdilerinden biri olan enerjinin Türkiye'deki görünümü irdelenmelidir.

#### *ii Türkiye'de Enerji Kullanımı*

Enerji giderlerinin önemli bir bölümünün bina sektöründe gerçekleştirildiği ülkemizde enerji sorunu gündemin en üst sıralarında yer almaktadır. Dolayısıyla, gelişmekte olan ülkemizde enerji, çözülmesi gerekli en önemli sorunlardan biridir. Avrupa Birliğine katılmayı hedefleyen ülkemiz, teknolojik ve sosyo-ekonomik açıdan gelişmiş ülkelerin seviyesine ulaşmak için yoğun bir çaba harcamakta, bu çabada en önemli engellerden biri de enerji tüketimindeki açık olmaktadır. Ülkemizdeki enerji açığı enerjinin ithal edilmesi yolu ile karşılanmaya çalışılmakta, bu durum sorunun büyümesine ve enerji krizi yaşanmasına yol açmaktadır. Ülkemizde enerji tüketiminin % 35'i konutlarda, % 36 sanayide, % 21'i ulaşımda, % 5 'i tarımda ve % 3 'ü diğer alanlardadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın açıklamalarına göre enerjinin % 65'i ithal edilmektedir. İhtiyacın yerli kaynaklardan karşılanma oranı 1998'de % 3, 2000' de

% 34 olup 2010'da % 30, 2020'de % 25 olacağı tahmin edilmektedir. Ülkemizde nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme gibi olgular enerji tüketimini geçmişe göre hızla artırmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde verimlilik kavramına yeterince önem verilmediğinden, enerjinin verimli kullanılmaması bir yandan enerji israfına ve ithalata yol açmakta diğer taraftan da çevre kirliliğine neden olmaktadır.

Dünya genelinde enerji tüketimi son 25 yılda kişi başına sadece yüzde 5 kadar artmış olmakla beraber, gelişmekte olan ülkemizde son 25 yıldaki artış oranı yüzde 100 rakamının üzerindedir. Ülkemizin kendi enerji üretimi resmi rakamlara göre 1990 yılında toplam ihtiyacın % 50 kadarını karşılarken günümüzde % 30 kadarını karşılayabilmektedir. Bütün bunlar göz önünde bulundurulduğunda, hem enerji üretimini artırmak hem de enerjiyi verimli kullanma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak, enerji tasarrufu yapılmadığı ve enerji kullanımında verimlilik gündeme getirilmediği takdirde ülkemizde ekonomi ve çevre sorunlarını yoğun olarak yaşanacağı açıktır.

### *iii Binalarda Isı Enerjisi Kullanımını Gerekli Kılan Nedenler*

Binalarda ısı enerjisi kullanımını ve buna bağlı olarak yakıt tüketimini zorunlu kılan nedenler ısı (termal) konfor gereksinmesi ve doğal yollarla ısıtmanın yetersizliği olarak ele alınabilir.

#### *Isıl (Termal) Konfor Gereksinimi*

İnsanın iklimsel ihtiyaçları, yaşamını devam ettirebilmesi, sağlığında sürekliliğin sağlanması ve işindeki veriminin artırılabilmesi için mutlaka karşılanması gereken biyolojik ihtiyaçları arasındadır. Bu nedenle, iç çevrede ısı konfor ihtiyacı mutlaka sağlanmalıdır.

Konfor durumu, fizyolojik açıdan insanın çevresine minimum düzeyde enerji harcayarak uyum sağlayabildiği ve psikolojik açıdan çevresinden hoşnut olduğu koşullardır. ASHRAE Standart 55-81'e göre ısı konfor kişinin iklimsel çevresinden tatmin olduğu koşullar olarak tanımlanır. Bir grup insan aynı iklimsel koşulların etkisinde bırakılırsa, kişisel farklılıkları nedeniyle hepsinin aynı anda çevrelerinden memnun olması mümkün değildir. Optimal koşulların yaratılmasında ilk amaç mümkün olduğu kadar çok sayıdaki kişiyi tatmin eden koşulların sağlanması olmalıdır. Uluslararası standartlara göre kullanıcıların % 80 veya daha fazlasının çevrelerini ısı

açından kabul edilebilir bulacakları koşulları ısı konfor koşulları olarak tanımlamak mümkündür. Isıl konfor koşulları; ısı konfor ve enerji korunumunu hedefleyen binalar için tasarım kriterlerinin belirlenmesinde ve binaların ısı konfor ve enerji korunumu açılarından değerlendirilmesinde kullanılacak kriterlerin belirlenmesinde temel teşkil ederler. Dolayısıyla, ısı konfor koşulları bina içi çevrede insan sağlığı açısından sağlanması gereken iç iklim durumunun belirleyicileridir. Enerji korunumunun gerçekleştirilebilmesi için, ısı konfor koşulları minimum yakıt tüketimi ile sağlanmalıdır. Bu nedenle, ısı konfor koşullarının saptanması, enerji korunumunu hedefleyen binaların tasarlanması sürecinin başlangıç aşamasını oluşturmalıdır (Berköz 1977). Isıl konfor koşulları aynı zamanda; iç çevre için konfor standartlarının saptanmasına da temel teşkil ederler. Dolayısıyla, ısı konfor koşulları aynı zamanda, işlemekte olan bir yapıya çevrenin (bina, hacim) gerçekleştireceği optimum iç iklim durumunu tanımlarlar (Berköz 1983). İç iklimsel çevreyi meydana getiren, insanın konfor hissini etkileyen ve konfor kombinasyonlarının kurulmasında kullanılan iç iklimsel bileşenler;

- iç hava sıcaklığı,
- ortalama ışınımsal sıcaklık,
- hava hareketi hızı ve
- havanın nemi'dir

**İç hava sıcaklığı:** Çevre havasının kuru termometre sıcaklığı, insanın çevresiyle taşınım (konveksiyon) yoluyla yaptığı ısı alışverişi miktarını belirleyen önemli bir iç iklimsel bileşendir. İnsan ile çevresi arasındaki ısı taşımını, vücut yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı dengeleninceye kadar devam eder. Sonuçta gerçekleşen vücut yüzey sıcaklığının insanın ısı konforunu etkileyen en önemli değişkenlerden biri olduğu söylenebilir.

**İç yüzey sıcaklıkları:** Uzun dalga ısı ışınımının insanın çevresiyle ısı alış-verişi imkanını belirler. Açık mekanlarda güneş ışınımının etkisi önemli iken, kapalı mekanlar için mekanı çevreleyen yüzeylerin sıcaklıklarına bağlı olarak ortaya çıkan ısı ışınımının ağırlık kazanmaktadır. Bu nedenle kapalı mekanlarda iç yüzey sıcaklıkları ısı konforu için önemli iç iklimsel bileşenlerden biridir.



**İç havanın nemi:** Hava sıcaklığı ve yüzey sıcaklığı belirli sınırlarda kaldığı sürece nemliliğin değişimi ısı konforu etkileyen ikincil bir etkidir. Vücuttan buharlaşma ile ısı kaybında etkilidir.

**İç hava hareketi:** Bu değişken de ısı konforu üzerinde etkili olmakla beraber özellikle kapalı mekanlar için ikincil bir etkidir. Vücuttan buharlaşma ve konveksiyonla ısı kaybedilmesinde etkilidir.

#### *iv Binalarda Isı Yalıtımı Kullanımını Gerekli Kılan Nedenler*

Binalarda ısı enerjisi kullanımını zorunlu kılan nedenlere bağlı olarak yapma ısıtma gereksinmesinde görülen artışa karşın; yapma ısıtmada kullanılan enerji kaynaklarının (kömür, petrol...) azalması, bu tür kaynakların maliyetinin artması, ayrıca, yapma ısıtma süreci sonunda, dış havaya atılan kirleticilerin insan sağlığını bozan düzeye ulaşması, yapma ısıtma enerjisi harcamalarının minimum düzeye indirgenmesini zorunlu kılmaktadır. Yapma ısıtma enerjisi harcamalarının minimize edilmesi binalardan ısı kayıplarının minimize edilmesini ve dolayısıyla ısı yalıtımı kullanımını gündeme getirmektedir.

Diğer taraftan kullanıcı sağlığı düşünüldüğünde, binalarda ısı yalıtımı kullanımı ile ısı kayıplarını azaltmanın en önemli nedenlerinden birisi de enerji kökenli hava kirliliğidir. Türkiye'de enerji tüketiminden kaynaklanan SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> parçacıkları ve diğer emisyonlar bölgesel ölçekte önemli sorunlara yol açmaktadır.

Özellikle kış aylarında yaşanan, insanları, ürünleri ve doğal yaşamı tehdit edici boyutlara ulaşan hava kirliliğine en büyük katkı enerji tüketiminden kaynaklanmaktadır. Avrupa'daki CO<sub>2</sub> emisyonlarının % 40'nın yapılarıdaki enerji tüketiminden dolayı olduğu bilinmektedir. Ülkemizde küresel ısınma ve iklim değişikliği, binaların çevre için taşıdıkları önem ya da binalarda yalıtım konusunda bilinç düzeyi yeterli seviyede değildir. Ayrıca kişilerin, binalarda yalıtımı geliştirme konusunda gösterecekleri kişisel çabaların hava kirliliğini azaltmak açısından taşıyacağı önemin farkında olmadıkları da açıkça ortadadır. Bu nedenle binalarda yalıtım standartlarının yükseltilmesi için yoğun bir çaba gösterilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde 2000 yılında yayımlanan "Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği" ve 1998'de hazırlanan ve 2005'de revizyon çalışmaları yapılan TS 825 Standardının amacı, binalarda yıllık ısıtma enerjisi miktarlarının hesaplanması ve hesaplama sonucunda

bulunan değerlerin,  $A_{top}/V_{brüt}$ , (binanın ısı kaybeden dış alanı/bu alanın çevrelediği hacim) oranlarına bağlı olarak öngörülen sınır değerleri aşmamasının sağlanmasıdır. Bu standart binanın enerji ihtiyacının, standartta verilen sınırları aşmayacak şekilde hesaplanmasını ve malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve detay zmlerinin de belirtildiği bir ısı yalıtım projesinin hazırlanmasını kapsamaktadır. Bu nedenle TS 825 Isı yalıtım Kuralları Standardı yalıtım kullanımının anmasında rol oynamaktadır. Ayrıca, lkemizde yaşanan deprem felaketleri, yapı kalitesinin yeniden irdelenmesine yol açarak, insanların güvenli, sağlıklı, kaliteli, yapılarda yaşatılmasının zorunlu olduğu gerçeğinin vurgulanmasını sağlamış, bu durum yalıtım bilincinin gelişmesine yol açmıştır.

- **Isı ve Isı Geçişi Kavramları**

Enerji, bir sisteme ilave edildiğinde veya sistemden alındığında sistemin özelliklerinde bir değişlik meydana getirir.

Sıcaklık, sıcak ve soğuk hissini bir büyüklük olarak tanımlayan ve llembilen bir değerdir. Isı, sıcaklık farkı yardımı ile bir sistem ile sistemin vresi arasında akan bir enerji şeklidir.

Isı geçişi, iki sistem arasında veya bir sistemle vresi arasında sıcaklık farkı olduğu zaman sıcaklığı yüksek olan taraftan sıcaklığı düşük olan tarafa ısı enerjisinin geçmesi olayına denir. Burada sözü edilen iki sistem, bir elemanın (veya bir cismin) parçaları olabileceği gibi, yapı elemanı ve vresi, bir bina ve vresi de olabilmektedir. Sıcak ve soğuk hissini veren iki cisim temas ettirildiğinde, karşılıklı etkileşerek her ikisinin özelliklerinde değişlikler olmaktadır. Sıcaklıkları farklı iki ortam arasında, ısı geçişi sonucunda sıcaklığı yüksek olan ortamın sıcaklığı düşmekte ve sıcaklığı düşük olanın ise artmaktadır. Isı geçişi, her iki tarafın sıcaklığı eşit olana kadar devam etmektedir. Dolayısıyla, kışın konfor koşullarının sağlanmaya çalışıldığı ve hava sıcaklığının daha yüksek olduğu i ortamdan dış ortama doğru, yazın ise, hava sıcaklığının daha yüksek olduğu dış ortamdan konfor koşullarının sağlanmaya çalışıldığı iç ortama doğru bir ısı geçişi olmaktadır. Isının sıcaklık farkına bağlı olarak akan bir enerji şekli olması, i meknlerde sürekli olarak konfor koşullarının sağlanması isteği, ısıtma veya soğutma amacıyla ısı enerjisi kaynaklarının tkutilmesini zorunlu kılmaktadır. Isıtma sistemlerinin kapasitelerini belirlemek, uygun ısı üreticisi, ısıtıcı ve

diğer sistem elemanlarını seçebilmek için ısı geçişi bilgileri ve ısı kaybı hesaplamalarının yapılmasına gerek duyulmaktadır.

- **Bina Bileşenlerinin Isı Geçişine İlişkin Fiziksel Özellikleri**

Bina bileşenlerinin ısı geçişine ilişkin fiziksel özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

#### **Isı Taşınım Katsayısı (h, W/m<sup>2</sup>K )**

Aralarındaki sıcaklık farkının 1°C olması durumunda birim alandaki (1 m<sup>2</sup> alanında) bir malzeme yüzeyinden, değdiği havaya veya havadan malzeme yüzeyine birim zamanda (1 saat) gečen ısı miktarıdır.

#### **Isı Taşınım Direnci (1/h,m<sup>2</sup>K/W)**

Isı taşınım katsayısının aritmetik tersidir.

#### **Isı İletim Katsayısı (k,W/mK)**

Homojen bir malzemenin kararlı hal şartları altında, iki yüzey sıcaklıkları arasındaki fark 1°C olduğu zaman, birim zamanda (1 saat), birim alan (1 m<sup>2</sup>) ve bu alana dik yöndeki birim kalınlıktan gečen (1 m) ısı miktarıdır.

#### **Toplam Isı Geçiş Katsayısı (U, W/m<sup>2</sup>K)**

Toplam ısı geçiş katsayısı bina kabuğunun gerek opak, gerekse saydam bileşenlerine ilişkin bir termofiziksel özelliktir. Farklı iki çevreyi ayıran bir yapı bileşeninin iki tarafında etkili olan hava sıcaklıkları arasındaki fark 1°C iken, bileşenin birim alanından (1 m<sup>2</sup>) birim zamanda (1 saat) gečen ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır. Birden fazla katmandan oluşan bir bileşen için toplam ısı geçiş katsayısı aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanabilir (Yılmaz ve ark. 2000).

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{d_1}{k_1} + \frac{d_2}{k_2} + \dots + \frac{d_n}{k_n} + \frac{1}{h_d}} \quad (3.4)$$

$U$  : bileşenin toplam ısı geçiş katsayısı,  $W/m^2K$   
 $h_i, h_d$  : iç ve dış yüzey ısı taşınım katsayıları,  $W/m^2K$   
 $d_1, d_2, \dots, d_n$  : bileşeni oluşturan katmanların kalınlıkları, m  
 $k_1, k_2, \dots, k_n$  : bileşeni oluşturan katmanların ısı iletim katsayıları,  $W/mK$

$U$  ( $W/m^2K$ ) toplam ısı geçiş katsayısı kullanılarak ısı geçişi

$$q = UA(T_i - T_d) \quad (3.5)$$

olarak ifade edilebilir.

Burada  $A$  alanı,  $T_i$  ve  $T_d$  sırası ile iç ve dış sıcaklıkları ifade etmektedir.

- **Çalışmada kullanılan duvar tipleri**

Yapılan çalışmada dört farklı duvar tipi için toplam ısı geçiş katsayıları hesaplanmıştır. Bu duvar tipleri; birincisi sandviç duvar olarak bilinen iki tuğla arası yalıtım malzemesi kullanılarak oluşturulan duvar (Tablo 3.1), ikincisi tuğla ve duvarın dış yüzeyinden yapılan bir yalıtım ile oluşturulan duvar (Tablo 3.2), üçüncüsü ise gaz beton kullanılarak oluşturulan duvar (Tablo 3.3) ve dördüncüsü gaz beton ve dıştan yalıtım malzemesi kullanılarak oluşturulan duvardır (Tablo 3.4). Bu dört duvar tipi için malzeme özellikleri ve toplam ısı geçiş katsayıları hesaplama detayları aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan duvar tiplerinin imalat maliyetleri de aşağıdaki gibidir;

1. tip duvarın  $m^2$  maliyeti yaklaşık 25 YTL ile 30 YTL arasında değişmektedir.
2. tip duvarın  $m^2$  maliyeti yaklaşık 18 YTL ile 25 YTL arasında değişmektedir.
3. tip duvarın  $m^2$  maliyeti yaklaşık 27 YTL ile 33 YTL arasında değişmektedir.
4. tip duvarın  $m^2$  maliyeti yaklaşık 34 YTL ile 40 YTL arasında değişmektedir.

**Tablo 3.1 1.Tip duvar yapı bileşenleri**

Bölüm	Alan(m <sup>2</sup> )	Malzeme	Isı iletim katsayısı (W/mK)	Kalınlık (m)	U(w/m <sup>2</sup> K)
Çatı altı tavan 1/hi 1/hd	220	Fiber glas Kum ve çakıl agregalar kullanılmış Beton Kum agregalar kullanılmış Çimento sıva	0,038 2,1 0,72	0,05 0,15 0,02	0,63
Dış duvarlar 1/hi 1/hd	868 eksi camlı alan	Kum agregalar kullanılmış Çimento sıva Ateş kili tuğlası Genleştirilmiş Perlit Ateş kili tuğlası Kum agregalar kullanılmış Çimento sıva	0,72 0,405 0,0485 0,405 0,72	0,02 0,09 0,02 0,19 0,02	0,75
Pencereler	dış duvarın 20,30% 40,50%	Tek cam Çift cam			5,91 3,46
Zemin	220				0,12

**Tablo 3.2 2.Tip duvar yapı bileşenleri**

Bölüm	Alan(m <sup>2</sup> )	Malzeme	Isı iletim katsayısı (W/mK)	Kalınlık (m)	U(w/m <sup>2</sup> K)
Çatı altı tavan 1/hi 1/hd	220	Fiber glas Kum ve çakıl agregalar kullanılmış Beton Kum agregalar kullanılmış Çimento sıva	0,038 2,1 0,72	0,05 0,15 0,02	0,63
Dış duvarlar 1/hi 1/hd	868 eksi camlı alan	Kireç harcı, kireç çimento harcı Polistiren - ekstrede köpük XPS Yatay delikli tuğlalarla duvarlar Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,87 0,031 0,45 0,72	0,03 0,04 0,19 0,02	0,51
Pencereler	dış duvarın 20,30% 40,50%	Tek cam Çift cam			5,91 3,46
Zemin	220				0,12

**Tablo 3.3 3.Tip duvar yapı bileşenleri**

Bölüm	Alan(m <sup>2</sup> )	Malzeme	Isı iletim katsayısı (W/mK)	Kalınlık (m)	U(w/m <sup>2</sup> K)
Çatı altı tavan 1/ai 1/ad	220	Fiber glas Kum ve çakıl agregalar kullanılmış Beton Kum agregalar kullanılmış Çimento sıva	0,038 2,1 0,72	0,05 0,15 0,02	0,63
Dış duvarlar 1/ad 1/ai	868 eksi camlı alan	Kireç harcı, kireç çimento harcı Gaz beton duvar blokları ile duvar Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,87 0,24 0,72	0,02 0,25 0,02	0,79
Pencereler	dış duvarın % 20,30, % 40,50,	Tek cam Çift cam			5,91 3,46
Zemin	220				0,12

**Tablo 3.4 4.Tip duvar yapı bileşenleri**

Bölüm	Alan(m <sup>2</sup> )	Malzeme	Isı iletim katsayısı (W/mK)	Kalınlık (m)	U(w/m <sup>2</sup> K)
Çatı altı tavan 1/ai 1/ad	220	Fiber glas Kum ve çakıl agregalar kullanılmış Beton Kum agregalar kullanılmış Çimento sıva	0,038 2,1 0,72	0,05 0,15 0,02	0,63
Dış duvarlar 1/ad 1/ai	868 eksi camlı alan	Kireç harcı, kireç çimento harcı Gaz beton duvar blokları ile duvar Polistiren - ekstürüde köpük XPS Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,87 0,24 0,031 0,72	0,02 0,25 0,04 0,02	0,39
Pencereler	dış duvarın % 20,30, % 40,50,	Tek cam Çift cam			5,91 3,46
Zemin	220				0,12

### 3.2.2 Isıtma Derece-Gün (IDG):

Isıtma sezonundaki toplam derece-gün değeri aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$IDG = \sum_{j=1}^n (T_i - T_0)_j \text{ için } (T_0 \leq T_b)_j \quad (3.6)$$

Burada  $T_i$  ve  $T_b$  sabit kabul edilip olup sırasıyla iç dizayn sıcaklığı ve taban sıcaklığı olarak ifade edilir.  $T_0$  ise meteoroloji istasyonundan alınmış günlük ortalama dış ortam sıcaklığıdır. Burada  $n$   $T_0 \leq T_b$  olduğu bir ısıtma dönemindeki gün sayısıdır. Bu yüzden ısıtma derece-gün değeri  $T_0 \leq T_b$  olduğu zaman hesaplanır.

Taban sıcaklığı insanın konfor ihtiyaçlarına göre belirlenir ve bir binanın ısıtma sezonuna başlama tarihi üzerinde etkisi büyüktür. Taban sıcaklığı ( $T_b$ ) ve ev iç sıcaklığı ( $T_i$ ) istenilen değerlere göre istenilen zaman aralıklarında değiştirilebilir, ama pratik çalışmalarda sıklıkla bu değer sabit tutulur. Biz buradaki çalışmamız boyunca  $T_i = 20$  °C ve  $T_b = 15$  °C alacağız.

Yapılan çalışmada 1992'den 2005'e kadar tüm yılların, günlük ortalama sıcaklık değerleri kullanılarak ısıtma derece gün değerleri bulunmuştur. Örnek olarak 1992,1995,2000,2005 yıllarının ve 1992-2005 yıllarının ortalamasının ısıtma derece gün değerleri, hesaplama detaylarıyla aşağıda verilmiştir.

1992 yılı IDG değeri ;	2434,8
1995 yılı IDG değeri ;	2198,4
2000 yılı IDG değeri ;	2268,3
2005 yılı IDG değeri ;	2164,2

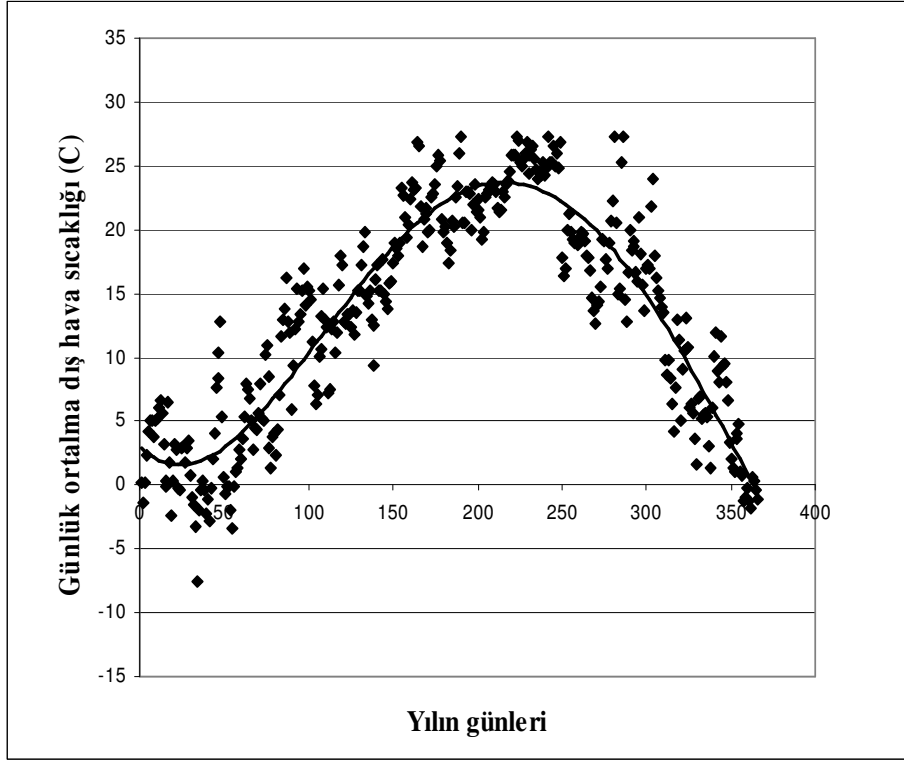
1992 – 2005 yılları arasında en düşük derece gün değeri 2001 yılında 1906,8 olarak hesaplanırken en yüksek derece gün değeri de 1997 yılında 2498,9 olarak hesaplanmıştır.

1992-2005 yıllarının ortalama IDG değeri ;	2189,6
--	--------

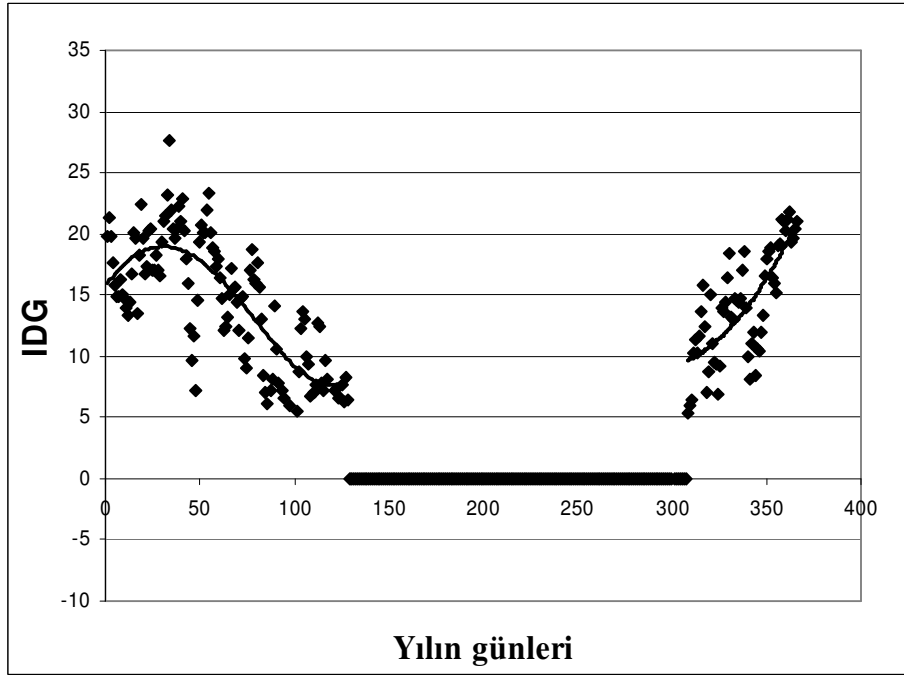
**Tablo 3.5 1992 Yılı için Bursa ili ortalama günlük sıcaklıklar**

Gün	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	0,2	-1,5	3,6	12,2	12,6	17,9	17,4	21,6	26,5	19,1	16,2	5,3
2	-1,4	-3,2	5,3	15,4	13,4	19	18,4	22,9	24,9	17,6	15,2	3
3	0,2	-7,6	7,9	12,8	13,4	23,2	20,7	22,6	26	17	14,7	1,4
4	2,4	-2	7,5	13,4	12,3	22,7	20,2	23,6	24,8	19	14	6,1
5	4,2	-0,4	6,8	15,2	13,7	21	22,5	23,8	26,9	20,7	13,5	10,1
6	5,1	0,4	5	16,9	11,8	19,4	23,4	24,5	17,8	22,2	9,8	11,9
7	5,1	-0,4	2,8	14,1	13,5	20,4	26	25,9	16,4	27,2	8,7	8,9
8	3,7	-2,3	4,5	15,5	15,2	22,4	27,2	25,9	16,9	20,5	9,8	8
9	5	-1,1	4,4	15,2	15,2	23,7	20,6	25,8	20	15	8,4	11,6
10	5,2	-2,8	5,6	14,5	17,2	23,1	20,6	27,2	21,2	15,4	6,3	9,4
11	6	-0,2	7,9	11,2	18,7	23,2	23	27	19,8	25,2	4,2	9,5
12	6,6	2	5,2	7,8	19,8	26,8	22,9	25,2	19,3	27,3	7,6	8,1
13	5,6	4	5,1	6,4	14,8	26,5	22,8	25	18,9	14,5	13	6,6
14	3,2	7,7	10,2	7	14,2	21,8	20	25,6	19,1	12,8	11,3	3,4
15	-0,1	10,3	11	10,1	15,2	18,6	21,9	26	18,8	16,6	5	2
16	0,3	8,3	8,5	10,6	12,9	20,8	23,6	26,9	19,2	20	9	1,4
17	6,5	12,8	2,9	13,2	9,4	21,2	21,4	25,8	19,5	18,4	10,5	1,1
18	1,8	5,4	1,3	15,4	12,5	21,7	22,4	24,4	19,8	19,1	10,6	3,6
19	-2,4	0,6	3,7	12,9	16,1	19,8	21,6	26,2	19,6	18,6	13,1	4
20	0,3	-0,7	4,1	12,3	17,3	20	20,9	26,6	19,1	16,6	10,8	4,8
21	3,2	-0,1	2,4	7,2	15,2	22,6	19,2	25,5	17,9	16	6	1
22	2,7	-0,1	4,3	7,5	15,2	22,8	19,8	24,7	17,8	21	6,3	0,8
23	-0,2	-1,9	7	12,2	17,6	23,6	22,6	23,9	16,8	18,1	5,6	-1,2
24	-0,4	-3,4	11,6	12,8	15	25	22,8	24,5	14,7	15,6	3,6	-1
25	2,9	-0,1	13	10,4	14,4	25,9	23,1	24,2	13,6	13,6	1,6	-0,2
26	3	1,1	13,8	11,9	13,8	25,4	23,4	25,3	12,6	17	6,8	-1,2
27	1,7	1,4	16,2	15,7	15,8	20,8	23,7	24,3	14,1	17,2	6,9	-1,8
28	2,9	2,7	12,8	17,9	15,9	19,8	23,6	24,8	14,4	16,9	5,2	0,6
29	3,5	2	11,9	17,3	17,4	20,3	23	27,2	15,5	21,8	5,5	0,4
30	0,7		5,9	12,8	18,9	19	21,7	25,2	19,2	24	5,6	-0,4
31	-1		9,4		18,5		21,4	25,2		18		-1,1





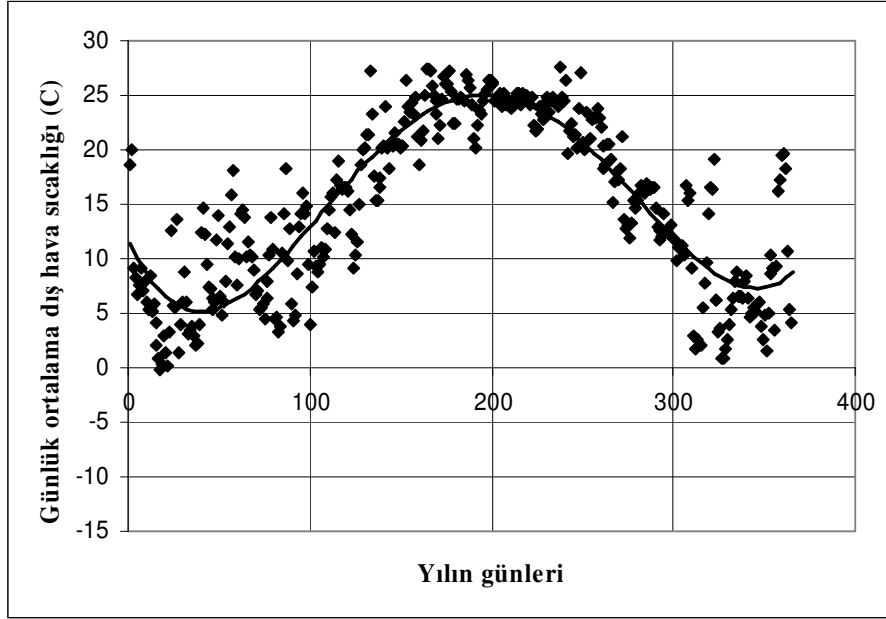
Şekil 3.1 1992 Yılı günlük ortalama sıcaklıklar



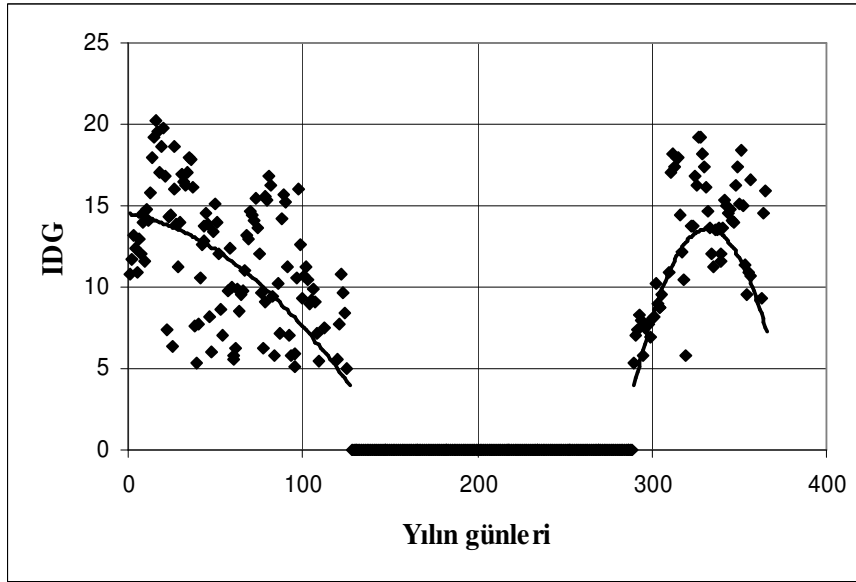
Şekil 3.2 1992 Yılı IDG değerleri

**Tablo 3.6 1995 Yılı için Bursa ili ortalama günlük sıcaklıklar**

Gün	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	18,6	6	7,6	4,3	16,2	22,6	24,7	24,6	22,5	12,7	11,2	8,8
2	20	3,1	10	4,8	14,4	26,4	24,8	25,1	21,2	13,1	10,4	6,5
3	9,2	3,5	14,2	8,7	12,3	24	24,6	25,2	21,4	11,9	16,8	6,5
4	8,3	3,8	14,4	12,9	9,2	23,4	24,5	24,1	20,2	13,3	15,4	6,4
5	6,8	3	13,8	14,2	10,3	24,3	26,9	25,2	23,8	15,4	16	8
6	7,6	2	10,1	16,1	11,6	23,2	26,4	24,9	27	14,7	9,1	8,4
7	9,1	2,2	11,5	14,1	15	24,8	25,7	25	20,7	15,3	2,9	6,4
8	7	3,9	10,4	14,9	18,7	21,2	24,2	24,8	20	16	1,8	4,7
9	8	12,4	10,2	9,4	20	18,7	21,1	24,2	23,4	16,7	2,6	5
10	6	14,7	9	4	20,2	20,8	20,2	24,8	20,8	16,2	2,1	5,5
11	5,4	12,3	6,8	7,4	21,4	21,7	22,2	22,3	21,1	16	2,1	5,2
12	8,4	9,4	7	10,7	21,3	25	23,6	21,7	22,7	16,9	5,6	5,9
13	5,2	7,4	5,3	9,3	27,2	27,4	23,2	21,9	23	16,7	7,8	6
14	5,9	7,2	5,6	8,8	23,2	27,5	24,4	24	23	16,3	9,6	3,8
15	4,2	6,3	5,9	9,5	17,6	27,3	25,2	23,3	23,8	16,6	14,2	2,6
16	2,1	5,4	4,5	11	15,3	25,8	25,6	22,8	22,9	16,5	16,5	4,9
17	0,8	6,1	6,4	10,8	15,4	25	26,3	23,6	22	14,7	16,3	1,6
18	-0,2	11,8	7,9	10,1	16,5	24,5	26,4	24,5	20,4	13	19,2	5
19	0,4	14	10,3	10,9	17,5	23,2	26,1	24,9	18,2	12,6	6,2	8,6
20	3	6,6	13,8	12,8	20,1	21	26,2	23,5	18,7	11,7	6,2	10,4
21	1,4	4,9	10,9	14,5	20,4	22,3	24,4	24,4	20,6	12,1	3,2	9,1
22	0,2	6	4,4	15,7	24	24,7	24,4	24,8	20,6	14,2	3,7	3,4
23	3,2	7,9	4,7	16,1	20,1	26,8	24,6	24,4	19,1	12,5	0,8	9,3
24	12,6	11,4	3,2	12,5	18,2	26,1	25,2	24,4	15,2	12,4	0,8	16,2
25	5,7	13	3,8	17,3	20,7	26	23,9	24	17,1	12,3	1,8	17,2
26	5,6	15,9	10,6	19	20,3	27,2	25,1	27,6	18	13,1	2,6	19,5
27	13,6	18,1	14,2	16,8	21,6	25,3	24,2	24,8	17,2	11,9	3,9	19,6
28	1,4	10,2	18,2	16,4	20,5	22,4	24,2	24,4	18,2	11,8	5,3	18,2
29	4		9,8	16,6	20,6	22,5	24	26,4	21,2	9,8	6,4	10,7
30	6,1		12,8	16,6	20,2	24,6	23,8	19,6	13,6	11	7,9	5,4
31	8,8		5,8		20,3		24,5	21,8	11,2	11,2		4,1



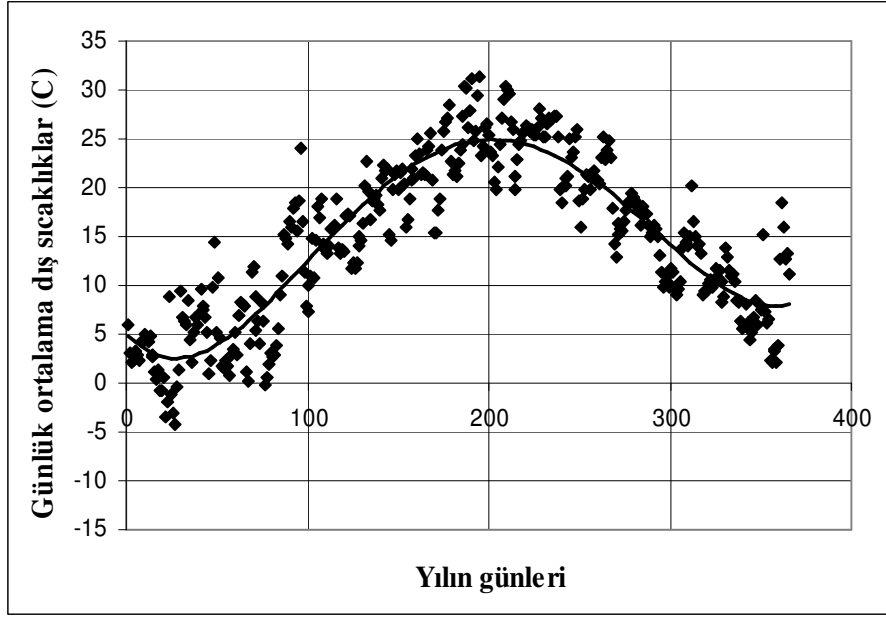
Şekil 3.3 1995 Yılı günlük ortalama sıcaklıklar



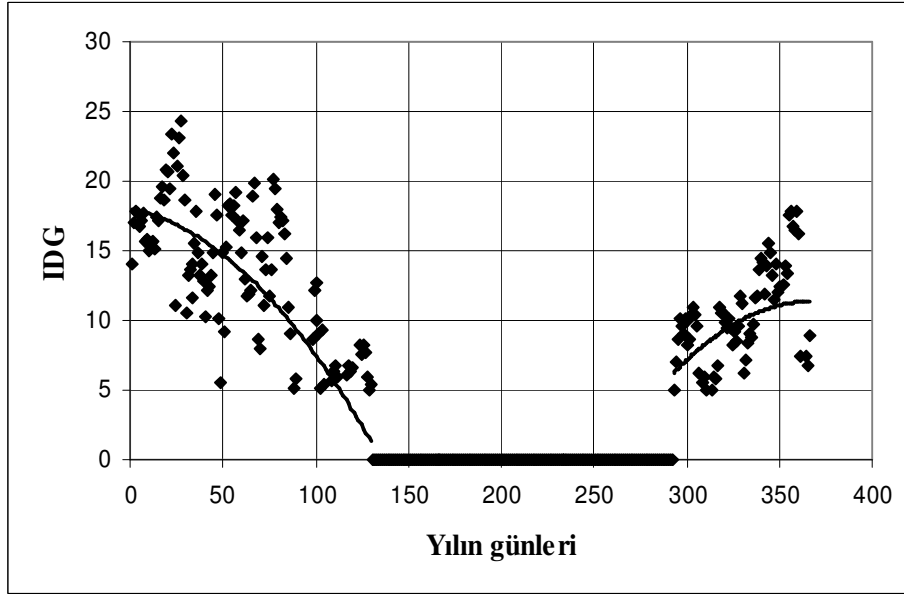
Şekil 3.4 1995 Yılı IDG değerleri

**Tablo 3.7 2000 Yılı için Bursa ili ortalama günlük sıcaklıklar**

Gün	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	6	6,4	2,8	17,9	17,3	20,3	22,5	19,8	25	16,6	10,4	10,3
2	3	6	7	18,4	17,2	16	23,8	21,1	23,1	17,6	13,8	8,4
3	2,2	8,4	8,2	15,5	11,7	16,8	24,5	22,8	23,7	18,4	15,4	8,3
4	2,3	4,4	8,1	18,6	12,4	18,9	27,3	24,4	25,2	18,5	14,4	6,4
5	3,2	2,2	7,8	24	11,8	20,8	30,3	24,9	25,9	19,4	14,1	5,5
6	2,8	5,1	1,1	16,5	12,3	21,9	30,1	25,5	18,6	19	15	5,8
7	2,3	6,7	0,1	11,3	14,1	21	26,1	25,8	16	18,6	20,1	8,1
8	4,3	5,9	4	7,8	15	23,2	27,8	26,3	18,8	18,1	16,6	6,1
9	4,2	7,2	11,4	7,3	14,6	25	31,2	26,2	19,8	17,6	15	4,4
10	5	9,7	12	10	16,4	23,5	24,9	25,8	21,3	16,2	14	5,2
11	4,4	7,8	5,4	11	20,1	21,3	25,7	26	21,2	18	14,2	6,8
12	4,3	7,5	8,9	14,9	22,6	21,6	29,4	25,3	19,8	17,3	13,2	8,5
13	4,9	6,7	6,3	10,7	19,7	21,4	31,4	25,3	20,9	17,3	9,1	6
14	2,6	5,2	4,1	14,6	16,8	23,9	23,3	26,1	21,7	16,2	9,5	8
15	2,8	1	8,2	18,1	18,7	24,2	24,3	28	20,8	15	9,5	7,5
16	1,2	2,4	6,4	16,9	18,8	25,6	26,2	27,2	20,8	15,3	10,2	15,2
17	0,4	9,9	-0,2	18,8	19,2	20,8	26,5	25,2	20,3	16,2	10,6	7,4
18	1,3	14,4	0,6	14,3	18,2	15,4	25,3	25,2	23,1	15,7	9,8	6,1
19	-0,8	5,1	2	13,6	17,6	15,3	23,6	26,6	25,1	15	10,5	6,6
20	-0,7	10,8	3	13,3	21	17,6	23,2	27,2	22,9	13	11,7	2,4
21	0,6	4,7	2,6	14	22,4	18,9	20,6	27	23,9	11,4	10,8	2,1
22	-3,4	1,8	2,9	15,8	21,8	23,8	19,8	27,2	24,8	9,8	11,5	3,2
23	-2	1,6	3,8	15,9	22	25,7	22,2	27,4	23,1	10,4	10,4	3,5
24	8,9	2,4	5,6	16,1	15,1	26,8	24,4	27,3	17,8	10,9	8,3	2,2
25	-1,1	1,8	9	18,9	14,7	27,1	27,1	25,1	14,2	9,9	8,8	3,8
26	-3,1	0,8	11	13,9	19,9	28,4	29	19,8	12,9	10	13,8	12,6
27	-4,3	2,9	15,1	13,2	21,4	22,7	30,4	18,5	15,2	11,8	12,8	18,5
28	-0,4	3,5	14,8	13,6	21,8	21,4	30	20,1	16,4	11,3	11,6	15,9
29	1,4		14,2	13,4	19,9	21,8	29,6	21	15,7	9,6	11	12,6
30	9,4		16,5	17,1	21,6	21,1	26,8	20,2	15,6	9,1	11,2	13,3
31	6,7		16		21,9		25,9	21,2		9,6		11,1



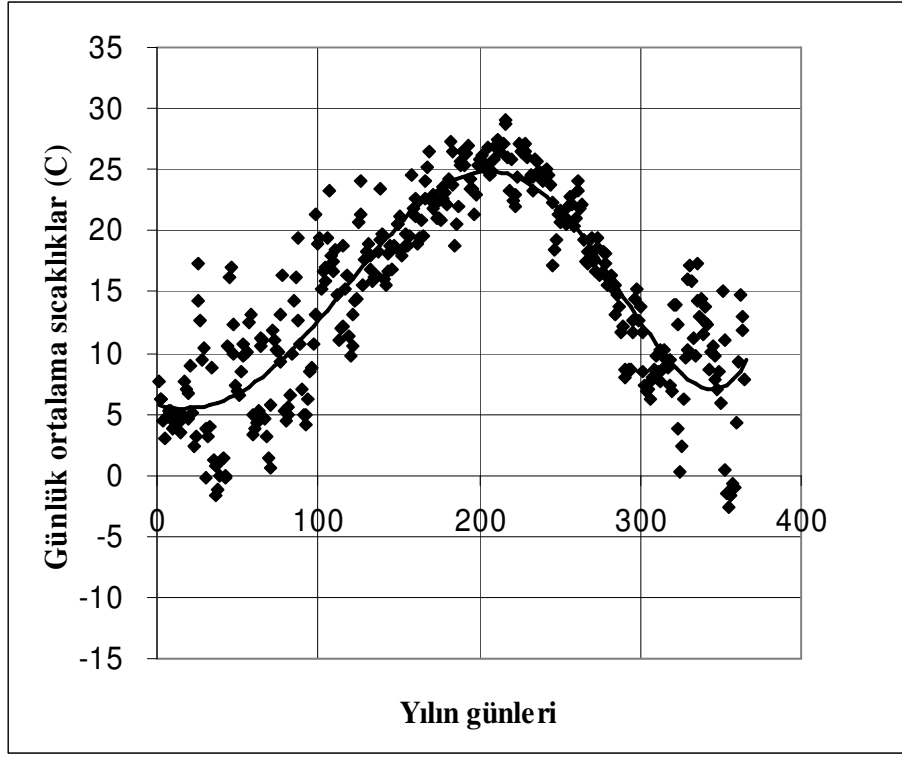
Şekil 3.5 2000 Yılı günlük ortalama sıcaklıklar



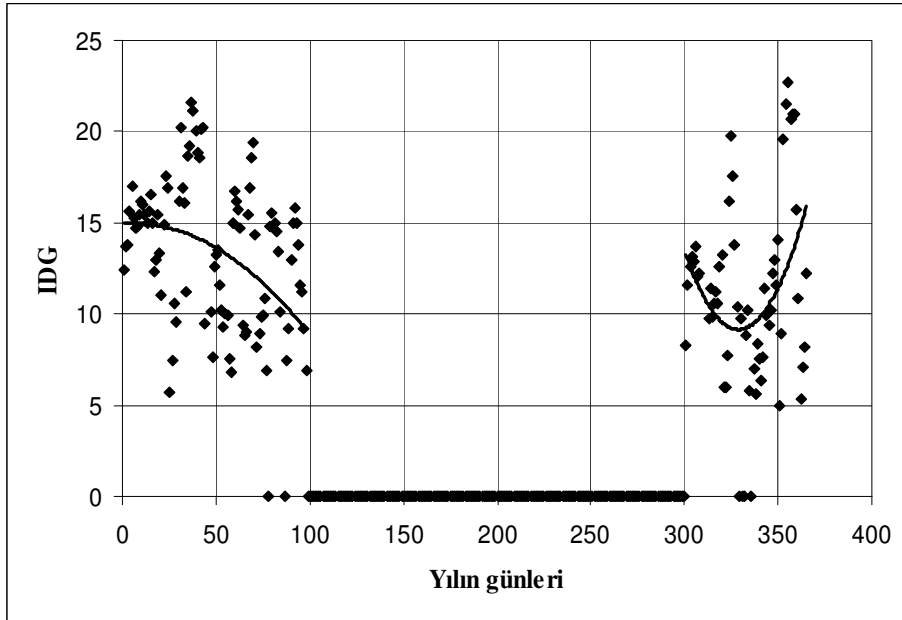
Şekil 3.6 2000 Yılı IDG değerleri

**Tablo 3.8 2005Yılı için Bursa ili ortalama günlük sıcaklıklar**

Gün	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	7,6	3,1	3,3	5,0	10,6	17,9	27,3	26,5	23,8	19,4	7,1	14,2
2	6,3	3,9	3,8	4,2	13,2	18,6	26,4	27,0	22,3	16,3	6,3	17,3
3	6,2	8,8	4,3	5,0	14,3	19,7	23,8	27,2	17,2	16,5	8,0	13,0
4	4,4	1,3	5,3	6,2	14,4	18,8	18,7	28,8	18,4	18,2	7,8	14,4
5	3,0	0,8	10,6	8,4	20,7	18,7	20,5	29,0	19,2	18,1	8,7	11,6
6	4,7	-1,6	11,2	8,8	21,4	19,6	22,0	26,0	21,3	17,3	9,8	12,5
7	5,3	-1,1	11,0	10,8	24,0	24,5	25,3	23,2	21,6	15,6	8,4	13,7
8	5,2	0,0	4,6	13,1	15,6	21,8	25,6	25,8	20,7	16,1	7,7	12,4
9	4,6	1,2	3,1	21,3	17,7	22,6	26,4	22,5	20,8	16,4	10,3	8,6
10	3,8	1,4	1,4	19,0	18,2	21,2	25,3	22,0	21,2	15,2	8,6	10,1
11	4,0	-0,1	0,6	19,4	19,0	18,9	26,3	23,0	20,6	15,6	10,2	10,6
12	4,6	-0,2	5,7	15,3	18,0	19,4	27,0	24,4	22,0	13,2	9,4	9,8
13	5,0	10,5	11,8	16,7	16,8	20,8	24,3	27,2	22,8	14,8	8,8	7,8
14	4,4	16,2	11,1	15,8	15,8	19,5	23,4	26,4	22,1	13,8	9,4	7,0
15	3,5	17,0	10,2	17,0	16,2	22,6	23,4	27,0	22,2	11,7	7,4	8,4
16	5,0	9,9	10,1	19,4	16,3	24,0	21,4	27,1	20,4	12,2	6,8	5,9
17	7,7	12,4	9,2	23,2	18,2	25,2	23,0	26,4	21,0	8,7	14,0	15,0
18	7,0	7,4	13,1	18,0	19,2	26,4	25,4	26,0	23,3	8,0	14,0	11,1
19	4,6	6,8	16,3	16,6	23,4	22,5	25,8	24,2	24,0	8,5	12,3	0,4
20	6,7	6,5	5,2	17,4	19,8	21,8	25,8	24,5	21,8	8,7	3,8	-1,5
21	9,0	8,4	4,5	18,5	16,1	22,9	26,2	23,2	22,2	8,6	0,2	-2,7
22	5,1	9,8	5,0	14,7	15,6	22,1	25,4	24,4	19,2	11,7	2,4	-1,6
23	2,4	10,7	5,5	11,0	18,1	21,0	25,4	25,9	17,5	12,6	6,2	-0,7
24	3,1	10,0	6,6	12,0	16,7	21,0	26,8	25,7	17,3	14,5	9,6	-1,0
25	14,3	10,1	9,9	12,1	18,7	20,8	24,9	24,9	18,3	15,2	16,1	-1,0
26	17,3	12,5	14,2	18,8	16,8	22,6	24,5	24,7	18,2	12,7	10,3	4,3
27	12,6	13,2	16,2	15,2	18,7	23,6	24,8	24,0	19,4	13,7	17,2	9,2
28	9,4	5,0	19,4	16,4	18,6	23,1	25,8	24,6	17,5	11,7	15,8	14,7
29	10,4		12,6	11,4	20,6	22,2	26,9	24,8	16,6	8,4	11,2	12,9
30	3,8		10,8	9,7	20,5	24,2	26,6	25,0	18,6	7,4	9,8	11,8
31	-0,2		7,0		21,2		27,5	24,5		6,9		7,8



Şekil 3.7 2005 Yılı günlük ortalama sıcaklıklar



Şekil 3.8 2005 Yılı IDG değerleri

### 3.2.3 Toplam Isı Kayıp Katsayısı (L):

Doğal havalandırma kasıtlı olarak bina iskeletine termal basınç ve hava geçişi için boşluklar bırakılmasıdır. Doğal havalandırma açıklıkları şunları içine alır, (1) pencereler, kapılar, çatı penceresi, (2) çatı havalandırmaları ve (3) özel içe ve dışa açıklıklar.

Kontrol altında olmayan havanın kasıtlı açılmayan açıklıklardan süzülmesi hava geçirmeyen iskelet kullanımında en alt seviyededir. Yani sızıntı alanının büyük olması durumunda, en büyük hava sızıntısı meydana gelir. Sezonluk saatlik ortalama hava değişim oranına I(SHD) kabuller yapalım, kasıtlı açılmış havalandırma aralıklarına göre, I= 0.5 SHD, 1.0 SHD, 1.5 SHD ve 2 SHD alalım. İlâveten camlı alan oranlarını, toplam dış duvar alanına göre 20%(173.6m<sup>2</sup>), 30%(260.4 m<sup>2</sup>), 40%(347.2 m<sup>2</sup>) ve 50%(434.0 m<sup>2</sup>) alalım. Çatı, dış duvarlar, ve zemin alanı sırasıyla 220, 868, 220 m<sup>2</sup> alalım. Toplam bina hacmini ise V= 3080 m<sup>3</sup> alalım. Bu seçimlerimize göre toplam ısı kayıp katsayısı L(W/K)'i tek ve çift cam varyasyonları, toplam dış duvar alanına göre camlı alan varyasyonları, CAO, ve I ya göre aşağıdaki formülden seçtiğimiz her bir duvar tipindeki prototip binalar için bulabiliriz;

$$L = \sum U.A + I(p.cp)_{air} \cdot V/3,6 = \sum U.A + I.V/3 \quad (3.7)$$

Burada hacimsel ısı kapasitesi hava için  $(p.cp)_{air} = 1.2 \text{ kJ/m}^3\text{K}$  kabul edilmiştir. Toplam ısı transfer katsayısı için duvar kalınlıkları ve kullanılan malzemeler, toplam yüzey alanları cam-duvar alanları aşağıdaki tablolarda (Tablo 3.9, Tablo 3.11, Tablo 3.13, Tablo 3.15) gösterilmiştir. Buna göre seçilmiş duvar tipleri için toplam ısı kayıp katsayıları da, hava değişim oranları, tek veya çift cam olma durumlarına ve camlı alan oranlarına göre aşağıdaki tablolarda (Tablo 3.9, Tablo 3.11, Tablo 3.13) verilmiştir.



**Tablo 3.9 1. Tip duvarın termal ve fiziksel özellikleri**

	Tavan	Zemin	Dış Duvarlar				Pencereler			
Cam/Duvar			20%	30%	40%	50%	20%	30%	40%	50%
A(m <sup>2</sup> )	220	220	694,4	607,6	520,8	434	173,6	260,4	347,2	434
							Tek Cam		Çift Cam	
U(W/m <sup>2</sup> K)	0,63	0,12			0,75		5,91		3,46	

**Tablo 3.10 1. Tip duvar tipinde toplam ısı kaybı katsayısı (L)**

		L ( W/K )				L ( W/K )			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		2226,90	2740,23	3253,56	3766,90	1801,58	2314,91	2828,24	3341,58
30		2674,59	3187,92	3701,25	4214,59	2036,61	2549,94	3063,27	3576,61
40		3122,28	3635,61	4148,94	4662,28	2271,64	2784,97	3298,30	3811,64
50		3569,97	4083,30	4596,63	5109,97	2506,67	3020,00	3533,33	4046,67

**Tablo 3.11 2. Tip duvarın termal ve fiziksel özellikleri**

	Tavan	Zemin	Dış Duvarlar				Pencereler			
Cam/Duvar			20%	30%	40%	50%	20%	30%	40%	50%
A(m <sup>2</sup> )	220	220	694,4	607,6	520,8	434	173,6	260,4	347,2	434
							Tek Cam		Çift Cam	
U(W/m <sup>2</sup> K)	0,63	0,12			0,51		5,91		3,46	

**Tablo 3.12 2. Tip duvar tipinde toplam ısı kaybı katsayısı (L)**

		L ( W/K )				L ( W/K )			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		2061,56	2574,90	3088,23	3601,56	1636,24	2149,58	2662,91	3176,24
30		2529,92	3043,25	3556,59	4069,92	1891,94	2405,27	2918,61	3431,94
40		2998,28	3511,61	4024,94	4538,28	2147,64	2660,97	3174,30	3687,64
50		3466,63	3979,97	4493,30	5006,63	2403,33	2916,67	3430,00	3943,33

**Tablo 3.13 3. Tip duvarın termal ve fiziksel özellikleri**

	Tavan	Zemin	Dış Duvarlar				Pencereler			
Cam/Duvar			20%	30%	40%	50%	20%	30%	40%	50%
A(m <sup>2</sup> )	220	220	694,4	607,6	520,8	434	173,6	260,4	347,2	434
							Tek Cam		Çift Cam	
U(W/m <sup>2</sup> K)	0,63	0,12			0,79		5,91		3,46	

**Tablo 3.14 3. Tip duvar tipinde toplam ısı kayıp katsayısı (L)**

		L ( W/K )				L ( W/K )			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		2254,56	2767,89	3281,23	3794,56	1829,24	2342,57	2855,91	3369,24
30		2698,79	3212,13	3725,46	4238,79	2060,81	2574,15	3087,48	3600,81
40		3143,02	3656,36	4169,69	4683,02	2292,38	2805,72	3319,05	3832,38
50		3587,26	4100,59	4613,92	5127,26	2523,96	3037,29	3550,62	4063,96

**Tablo 3.15 4. Tip duvarın termal ve fiziksel özellikleri**

	Tavan	Zemin	Dış Duvarlar				Pencereler			
Cam/Duvar			20%	30%	40%	50%	20%	30%	40%	50%
A(m <sup>2</sup> )	220	220	694,4	607,6	520,8	434	173,6	260,4	347,2	434
							Tek Cam		Çift Cam	
U(W/m <sup>2</sup> K)	0,63	0,12			0,39		5,91		3,46	

**Tablo 3.16 4. Tip duvar tipinde toplam ısı kayıp katsayısı (L)**

		L ( W/K )				L ( W/K )			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		1976,53	2489,86	3003,20	3516,53	1551,21	2064,54	2577,88	3091,21
30		2455,52	2968,85	3482,18	3995,52	1817,54	2330,87	2844,20	3357,54
40		2934,50	3447,84	3961,17	4474,50	2083,86	2597,20	3110,53	3623,86
50		3413,49	3926,82	4440,15	4953,49	2350,19	2863,52	3376,85	3890,19

### 3.2.4 Sezonsal Isıtma Enerjisi İhtiyacı (Q)

Sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı, Q(J), prototip binalarımız için, Bursa için bulunan (IDG) toplam derece gün değerleri'ne ve (L) toplam ısı kayıp katsayıları'na göre aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Q=L.IDG.3600.24 \quad (3.8)$$

1992, 1995, 2000 ve 2005 yıllarına ait sonuçlar GJ biriminde, dört duvar tipi, tek-çift cam varyasyonları, CAO ve I için aşağıdaki tablolarda (Tablo 3.17-32) verilmiştir.

**Tablo 3.17 1. Tip duvar 1992 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		480,01	590,66	701,31	811,96	388,33	498,98	609,63	720,28
30		576,51	687,16	797,81	908,46	438,99	549,64	660,29	770,94
40		673,01	783,66	894,31	1004,96	489,65	600,30	710,95	821,60
50		769,51	880,16	990,81	1101,46	540,31	650,96	761,61	872,26

**Tablo 3.18 1. Tip duvar 1995 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		422,98	520,48	617,99	715,49	342,19	439,70	537,20	634,71
30		508,02	605,52	703,02	800,53	386,84	484,34	581,84	679,35
40		593,05	690,55	788,06	885,56	431,48	528,98	626,49	723,99
50		678,09	775,59	873,09	970,60	476,12	573,62	671,13	768,63

**Tablo 3.19 1. Tip duvar 2000 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		436,43	537,03	637,64	738,24	353,08	453,68	554,28	654,89
30		524,17	624,77	725,38	825,98	399,14	499,74	600,34	700,95
40		611,91	712,51	813,11	913,72	445,20	545,80	646,41	747,01
50		699,65	800,25	900,85	1001,46	491,26	591,86	692,47	793,07

**Tablo 3.20 1. Tip duvar 2005 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		416,40	512,39	608,37	704,36	336,87	432,86	528,84	624,83
30		500,11	596,10	692,09	788,07	380,82	476,81	572,79	668,78
40		583,82	679,81	775,80	871,78	424,77	520,75	616,74	712,73
50		667,54	763,52	859,51	955,50	468,71	564,70	660,69	756,67

**Tablo 3.21 2. Tip duvar 1992 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		444,37	555,02	665,67	776,32	352,69	463,34	573,99	684,64
30		545,33	655,98	766,63	877,27	407,81	518,46	629,11	739,76
40		646,28	756,93	867,58	978,23	462,92	573,57	684,22	794,87
50		747,24	857,88	968,53	1079,18	518,04	628,69	739,34	849,99

**Tablo 3.22 2. Tip duvar 1995 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		391,58	489,08	586,58	684,09	310,79	408,29	505,80	603,30
30		480,54	578,04	675,54	773,05	359,36	456,86	554,37	651,87
40		569,50	667,00	764,50	862,01	407,93	505,43	602,93	700,44
50		658,46	755,96	853,47	950,97	456,49	554,00	651,50	749,00

**Tablo 3.23 2. Tip duvar 2000 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		404,03	504,63	605,24	705,84	320,67	421,28	521,88	622,48
30		495,82	596,42	697,02	797,63	370,78	471,39	571,99	672,60
40		587,61	688,21	788,81	889,42	420,90	521,50	622,10	722,71
50		679,39	780,00	880,60	981,21	471,01	571,61	672,22	772,82

**Tablo 3.24 2. Tip duvar 2005 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		385,49	481,47	577,46	673,45	305,96	401,94	497,93	593,92
30		473,06	569,05	665,04	761,02	353,77	449,75	545,74	641,73
40		560,64	656,63	752,61	848,60	401,58	497,57	593,55	689,54
50		648,21	744,20	840,19	936,17	449,39	545,38	641,37	737,35

**Tablo 3.25 3. Tip duvar 1992 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		485,97	596,62	707,27	817,92	394,29	504,94	615,59	726,24
30		581,73	692,38	803,03	913,67	444,21	554,86	665,51	776,16
40		677,48	788,13	898,78	1009,43	494,12	604,77	715,42	826,07
50		773,24	883,88	994,53	1105,18	544,04	654,69	765,34	875,99

**Tablo 3.26 3. Tip duvar 1995 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		428,24	525,74	623,24	720,75	347,45	444,95	542,46	639,96
30		512,61	610,12	707,62	805,12	391,43	488,94	586,44	683,94
40		596,99	694,49	792,00	889,50	435,42	532,92	630,43	727,93
50		681,37	778,87	876,38	973,88	479,40	576,91	674,41	771,91

**Tablo 3.27 3. Tip duvar 2000 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		441,85	542,45	643,06	743,66	358,50	459,10	559,70	660,31
30		528,91	629,52	730,12	830,72	403,88	504,48	605,09	705,69
40		615,97	716,58	817,18	917,78	449,26	549,87	650,47	751,07
50		703,03	803,64	904,24	1004,85	494,65	595,25	695,85	796,46

**Tablo 3.28 3. Tip duvar 2005 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		421,57	517,56	613,55	709,53	342,04	438,03	534,02	630,00
30		504,64	600,63	696,61	792,60	385,34	481,33	577,32	673,30
40		587,70	683,69	779,68	875,66	428,65	524,63	620,62	716,61
50		670,77	766,76	862,74	958,73	471,95	567,93	663,92	759,91

**Tablo 3.29 4. Tip duvar 1992 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		426,04	536,69	647,34	757,99	334,36	445,01	555,66	666,31
30		529,29	639,94	750,59	861,24	391,77	502,42	613,07	723,72
40		632,53	743,18	853,83	964,48	449,18	559,83	670,48	781,13
50		735,78	846,43	957,08	1067,73	506,58	617,23	727,88	838,53

**Tablo 3.30 4. Tip duvar 1995 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		375,43	472,93	570,43	667,94	294,64	392,14	489,65	587,15
30		466,41	563,91	661,41	758,92	345,23	442,73	540,23	637,74
40		557,38	654,89	752,39	849,89	395,81	493,32	590,82	688,32
50		648,36	745,87	843,37	940,87	446,40	543,90	641,41	738,91

**Tablo 3.31 4. Tip duvar 2000 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		387,36	487,97	588,57	689,17	304,01	404,61	505,22	605,82
30		481,23	581,84	682,44	783,05	356,20	456,81	557,41	658,01
40		575,11	675,71	776,31	876,92	408,40	509,00	609,60	710,21
50		668,98	769,58	870,19	970,79	460,59	561,20	661,80	762,40

**Tablo 3.32 4. Tip duvar 2005 yılı sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı**

		Q (GJ)				Q (GJ)			
CAO (%)		Tek Cam				Çift Cam			
	I(SHD)	0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		369,59	465,57	561,56	657,55	290,06	386,04	482,03	578,02
30		459,15	555,14	651,12	747,11	339,86	435,84	531,83	627,82
40		548,71	644,70	740,69	836,67	389,65	485,64	581,63	677,61
50		638,28	734,26	830,25	926,24	439,45	535,44	631,43	727,41

### 3.2.5 Toplam Yakıt Tüketimi (F)

Bir diğer önemli faktör apartmanda yaşayan insan sayısıdır,  $n$ , tabii ki bu değer alınırken şehirdeki apartman sayısı tespit edilmelidir. Bu çalışmada şehrin nüfusunun tamamen apartmanda yaşadığı düşünülmüştür. Şehirdeki apartmanlar için ısıtma sezonunda tüketilen toplam yakıt tüketimi aşağıdaki gibi verilir;

$$F=Q.P/\eta.H.n \quad (3.9)$$

Burada H yakıt tüketim değeri,  $\eta$  ısıtma sistemi oranı yani yakma tertibatının verimi olarak ifade edilebilir, P ise şehrin popülasyonudur. Bu araştırmamızda Bursa şehri için ortalama nüfus 1.500.000 alınmıştır bu ortalama değer alınmasının nedeni araştırmamızın 14 yıllık bir süreyi kapsıyor olmasıdır.

Bu araştırmada doğal gaz için ısıtma değeri  $H=36,79 \text{ MJ/m}^3$ , termal verim 0,92 alınmıştır. Bursa için yıllık ısıtma için kullanılan doğal gaz miktarı her prototip bina için, çift veya tek cam olma durumuna, hava değişim oranına ( $I=0,5...2$  (SHD)), bir apartmanda yaşayan insan sayısına ( $n=20...60$ ) ve camlı alan oranı ( $CAO=20...50$ ) bağlı olarak hesaplanmış ve bu varyasyonlara göre F değerleri elde edilmiştir. Örnek olarak aşağıdaki tablolarda 1992 yılı için her dört duvar tipindeki binalardan oluşan bir şehir için ayrı ayrı toplam yakıt tüketimleri verilmiştir.



**Tablo 3.33 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm<sup>3</sup> , 1.tip duvar 1992 yılı**

Apartmanda yaşayan insanların sayısı	CAO(%)	I(SHD)	F ( Gm <sup>3</sup> )				F ( Gm <sup>3</sup> )			
			Tek Cam				Çift Cam			
			0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20	20		1,06	1,31	1,55	1,80	0,86	1,11	1,40	1,64
20	30		1,28	1,52	1,77	2,01	0,97	1,22	1,50	1,75
20	40		1,49	1,74	1,98	2,23	1,09	1,33	1,61	1,86
20	50		1,71	1,95	2,20	2,44	1,20	1,44	1,72	1,96
25	20		0,85	1,05	1,24	1,44	0,69	0,88	1,12	1,31
25	30		1,02	1,22	1,41	1,61	0,78	0,97	1,20	1,40
25	40		1,19	1,39	1,59	1,78	0,87	1,06	1,29	1,48
25	50		1,36	1,56	1,76	1,95	0,96	1,15	1,37	1,57
30	20		0,71	0,87	1,04	1,20	0,57	0,74	0,93	1,09
30	30		0,85	1,02	1,18	1,34	0,65	0,81	1,00	1,17
30	40		0,99	1,16	1,32	1,48	0,72	0,89	1,07	1,24
30	50		1,14	1,30	1,46	1,63	0,80	0,96	1,15	1,31
35	20		0,61	0,75	0,89	1,03	0,49	0,63	0,80	0,94
35	30		0,73	0,87	1,01	1,15	0,56	0,70	0,86	1,00
35	40		0,85	0,99	1,13	1,27	0,62	0,76	0,92	1,06
35	50		0,97	1,11	1,25	1,39	0,68	0,82	0,98	1,12
40	20		0,53	0,65	0,78	0,90	0,43	0,55	0,70	0,82
40	30		0,64	0,76	0,88	1,01	0,49	0,61	0,75	0,87
40	40		0,75	0,87	0,99	1,11	0,54	0,67	0,81	0,93
40	50		0,85	0,98	1,10	1,22	0,60	0,72	0,86	0,98
45	20		0,47	0,58	0,69	0,80	0,38	0,49	0,62	0,73
45	30		0,57	0,68	0,79	0,89	0,43	0,54	0,67	0,78
45	40		0,66	0,77	0,88	0,99	0,48	0,59	0,72	0,82
45	50		0,76	0,87	0,98	1,08	0,53	0,64	0,76	0,87
50	20		0,43	0,52	0,62	0,72	0,34	0,44	0,56	0,66
50	30		0,51	0,61	0,71	0,81	0,39	0,49	0,60	0,70
50	40		0,60	0,69	0,79	0,89	0,43	0,53	0,64	0,74
50	50		0,68	0,78	0,88	0,98	0,48	0,58	0,69	0,79
55	20		0,39	0,48	0,57	0,65	0,31	0,40	0,51	0,60
55	30		0,46	0,55	0,64	0,73	0,35	0,44	0,55	0,64
55	40		0,54	0,63	0,72	0,81	0,39	0,48	0,59	0,67
55	50		0,62	0,71	0,80	0,89	0,44	0,52	0,62	0,71
60	20		0,35	0,44	0,52	0,60	0,29	0,37	0,47	0,55
60	30		0,43	0,51	0,59	0,67	0,32	0,41	0,50	0,58
60	40		0,50	0,58	0,66	0,74	0,36	0,44	0,54	0,62
60	50		0,57	0,65	0,73	0,81	0,40	0,48	0,57	0,65

**Tablo 3.34 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm<sup>3</sup> , 2.tip duvar 1992 yılı**

Apartmanda yaşayan insanların sayısı	CAO(%)	I(SHD)	F ( Gm <sup>3</sup> )				F ( Gm <sup>3</sup> )			
			Tek Cam				Çift Cam			
			0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20	20		0,98	1,23	1,48	1,72	0,78	1,03	1,27	1,52
20	30		1,21	1,45	1,70	1,94	0,90	1,15	1,39	1,64
20	40		1,43	1,68	1,92	2,17	1,03	1,27	1,52	1,76
20	50		1,66	1,90	2,15	2,39	1,15	1,39	1,64	1,88
25	20		0,79	0,98	1,18	1,38	0,63	0,82	1,02	1,21
25	30		0,97	1,16	1,36	1,56	0,72	0,92	1,12	1,31
25	40		1,15	1,34	1,54	1,73	0,82	1,02	1,21	1,41
25	50		1,32	1,52	1,72	1,91	0,92	1,11	1,31	1,51
30	20		0,66	0,82	0,98	1,15	0,52	0,68	0,85	1,01
30	30		0,81	0,97	1,13	1,30	0,60	0,77	0,93	1,09
30	40		0,95	1,12	1,28	1,45	0,68	0,85	1,01	1,17
30	50		1,10	1,27	1,43	1,59	0,77	0,93	1,09	1,26
35	20		0,56	0,70	0,84	0,98	0,45	0,59	0,73	0,87
35	30		0,69	0,83	0,97	1,11	0,52	0,66	0,80	0,94
35	40		0,82	0,96	1,10	1,24	0,59	0,73	0,87	1,01
35	50		0,95	1,09	1,23	1,37	0,66	0,80	0,94	1,08
40	20		0,49	0,61	0,74	0,86	0,39	0,51	0,64	0,76
40	30		0,60	0,73	0,85	0,97	0,45	0,57	0,70	0,82
40	40		0,72	0,84	0,96	1,08	0,51	0,64	0,76	0,88
40	50		0,83	0,95	1,07	1,20	0,57	0,70	0,82	0,94
45	20		0,44	0,55	0,66	0,76	0,35	0,46	0,57	0,67
45	30		0,54	0,65	0,75	0,86	0,40	0,51	0,62	0,73
45	40		0,64	0,75	0,85	0,96	0,46	0,56	0,67	0,78
45	50		0,74	0,84	0,95	1,06	0,51	0,62	0,73	0,84
50	20		0,39	0,49	0,59	0,69	0,31	0,41	0,51	0,61
50	30		0,48	0,58	0,68	0,78	0,36	0,46	0,56	0,66
50	40		0,57	0,67	0,77	0,87	0,41	0,51	0,61	0,70
50	50		0,66	0,76	0,86	0,96	0,46	0,56	0,66	0,75
55	20		0,36	0,45	0,54	0,63	0,28	0,37	0,46	0,55
55	30		0,44	0,53	0,62	0,71	0,33	0,42	0,51	0,60
55	40		0,52	0,61	0,70	0,79	0,37	0,46	0,55	0,64
55	50		0,60	0,69	0,78	0,87	0,42	0,51	0,60	0,68
60	20		0,33	0,41	0,49	0,57	0,26	0,34	0,42	0,51
60	30		0,40	0,48	0,57	0,65	0,30	0,38	0,46	0,55
60	40		0,48	0,56	0,64	0,72	0,34	0,42	0,51	0,59
60	50		0,55	0,63	0,72	0,80	0,38	0,46	0,55	0,63

**Tablo 3.35 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm<sup>3</sup> , 3.tip duvar 1992 yılı**

Apartmanda yaşayan insanların sayısı	CAO(%)	I(SHD)	F ( Gm <sup>3</sup> )				F ( Gm <sup>3</sup> )			
			Tek Cam				Çift Cam			
			0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20	20		1,08	1,32	1,57	1,81	0,87	1,12	1,36	1,61
20	30		1,29	1,53	1,78	2,02	0,98	1,23	1,47	1,72
20	40		1,50	1,75	1,99	2,24	1,09	1,34	1,59	1,83
20	50		1,71	1,96	2,20	2,45	1,21	1,45	1,70	1,94
25	20		0,86	1,06	1,25	1,45	0,70	0,90	1,09	1,29
25	30		1,03	1,23	1,42	1,62	0,79	0,98	1,18	1,38
25	40		1,20	1,40	1,59	1,79	0,88	1,07	1,27	1,46
25	50		1,37	1,57	1,76	1,96	0,96	1,16	1,36	1,55
30	20		0,72	0,88	1,04	1,21	0,58	0,75	0,91	1,07
30	30		0,86	1,02	1,19	1,35	0,66	0,82	0,98	1,15
30	40		1,00	1,16	1,33	1,49	0,73	0,89	1,06	1,22
30	50		1,14	1,31	1,47	1,63	0,80	0,97	1,13	1,29
35	20		0,62	0,76	0,90	1,04	0,50	0,64	0,78	0,92
35	30		0,74	0,88	1,02	1,16	0,56	0,70	0,84	0,98
35	40		0,86	1,00	1,14	1,28	0,63	0,77	0,91	1,05
35	50		0,98	1,12	1,26	1,40	0,69	0,83	0,97	1,11
40	20		0,54	0,66	0,78	0,91	0,44	0,56	0,68	0,80
40	30		0,64	0,77	0,89	1,01	0,49	0,61	0,74	0,86
40	40		0,75	0,87	1,00	1,12	0,55	0,67	0,79	0,92
40	50		0,86	0,98	1,10	1,22	0,60	0,73	0,85	0,97
45	20		0,48	0,59	0,70	0,81	0,39	0,50	0,61	0,72
45	30		0,57	0,68	0,79	0,90	0,44	0,55	0,66	0,76
45	40		0,67	0,78	0,89	0,99	0,49	0,60	0,70	0,81
45	50		0,76	0,87	0,98	1,09	0,54	0,64	0,75	0,86
50	20		0,43	0,53	0,63	0,72	0,35	0,45	0,55	0,64
50	30		0,52	0,61	0,71	0,81	0,39	0,49	0,59	0,69
50	40		0,60	0,70	0,80	0,89	0,44	0,54	0,63	0,73
50	50		0,69	0,78	0,88	0,98	0,48	0,58	0,68	0,78
55	20		0,39	0,48	0,57	0,66	0,32	0,41	0,50	0,59
55	30		0,47	0,56	0,65	0,74	0,36	0,45	0,54	0,63
55	40		0,55	0,64	0,72	0,81	0,40	0,49	0,58	0,67
55	50		0,62	0,71	0,80	0,89	0,44	0,53	0,62	0,71
60	20		0,36	0,44	0,52	0,60	0,29	0,37	0,45	0,54
60	30		0,43	0,51	0,59	0,67	0,33	0,41	0,49	0,57
60	40		0,50	0,58	0,66	0,75	0,36	0,45	0,53	0,61
60	50		0,57	0,65	0,73	0,82	0,40	0,48	0,57	0,65

**Tablo 3.36 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm<sup>3</sup> , 4.tip duvar 1992 yılı**

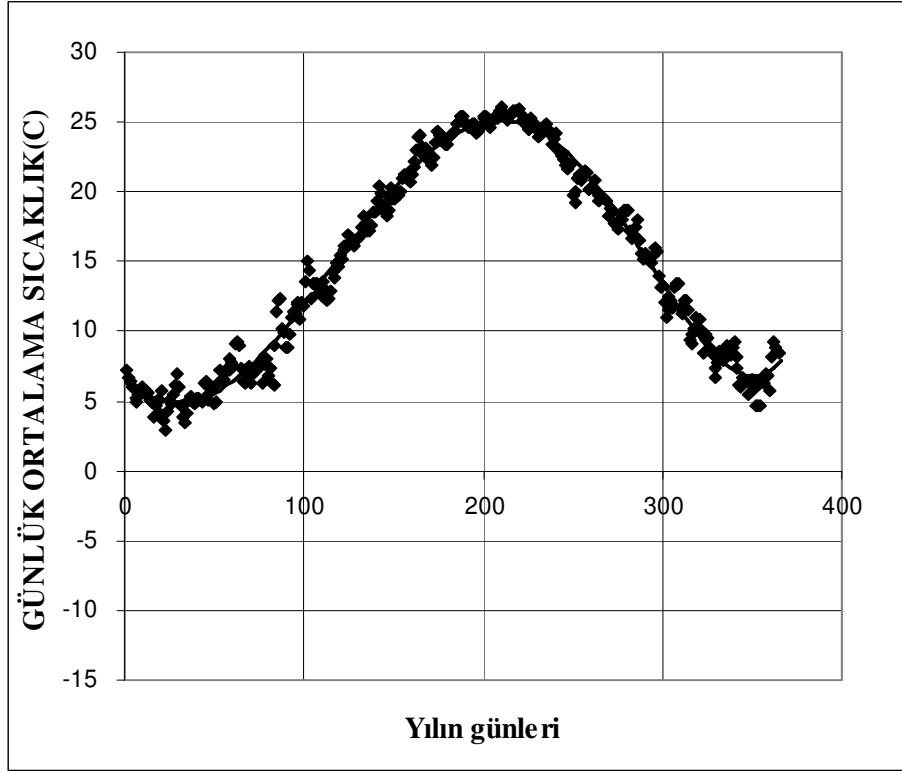
Apartmanda yaşayan insanların sayısı	CAO(%)	I(SHD)	F ( Gm <sup>3</sup> )				F ( Gm <sup>3</sup> )			
			Tek Cam				Çift Cam			
			0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20	20		0,94	1,19	1,43	1,68	0,74	0,99	1,23	1,48
20	30		1,17	1,42	1,66	1,91	0,87	1,11	1,36	1,60
20	40		1,40	1,65	1,89	2,14	1,00	1,24	1,49	1,73
20	50		1,63	1,88	2,12	2,37	1,12	1,37	1,61	1,86
25	20		0,76	0,95	1,15	1,34	0,59	0,79	0,99	1,18
25	30		0,94	1,13	1,33	1,53	0,69	0,89	1,09	1,28
25	40		1,12	1,32	1,51	1,71	0,80	0,99	1,19	1,38
25	50		1,30	1,50	1,70	1,89	0,90	1,09	1,29	1,49
30	20		0,63	0,79	0,96	1,12	0,49	0,66	0,82	0,98
30	30		0,78	0,95	1,11	1,27	0,58	0,74	0,91	1,07
30	40		0,93	1,10	1,26	1,42	0,66	0,83	0,99	1,15
30	50		1,09	1,25	1,41	1,58	0,75	0,91	1,08	1,24
35	20		0,54	0,68	0,82	0,96	0,42	0,56	0,70	0,84
35	30		0,67	0,81	0,95	1,09	0,50	0,64	0,78	0,92
35	40		0,80	0,94	1,08	1,22	0,57	0,71	0,85	0,99
35	50		0,93	1,07	1,21	1,35	0,64	0,78	0,92	1,06
40	20		0,47	0,59	0,72	0,84	0,37	0,49	0,62	0,74
40	30		0,59	0,71	0,83	0,95	0,43	0,56	0,68	0,80
40	40		0,70	0,82	0,95	1,07	0,50	0,62	0,74	0,87
40	50		0,82	0,94	1,06	1,18	0,56	0,68	0,81	0,93
45	20		0,42	0,53	0,64	0,75	0,33	0,44	0,55	0,66
45	30		0,52	0,63	0,74	0,85	0,39	0,49	0,60	0,71
45	40		0,62	0,73	0,84	0,95	0,44	0,55	0,66	0,77
45	50		0,72	0,83	0,94	1,05	0,50	0,61	0,72	0,83
50	20		0,38	0,48	0,57	0,67	0,30	0,39	0,49	0,59
50	30		0,47	0,57	0,67	0,76	0,35	0,45	0,54	0,64
50	40		0,56	0,66	0,76	0,85	0,40	0,50	0,59	0,69
50	50		0,65	0,75	0,85	0,95	0,45	0,55	0,65	0,74
55	20		0,34	0,43	0,52	0,61	0,27	0,36	0,45	0,54
55	30		0,43	0,52	0,60	0,69	0,32	0,40	0,49	0,58
55	40		0,51	0,60	0,69	0,78	0,36	0,45	0,54	0,63
55	50		0,59	0,68	0,77	0,86	0,41	0,50	0,59	0,68
60	20		0,31	0,40	0,48	0,56	0,25	0,33	0,41	0,49
60	30		0,39	0,47	0,55	0,64	0,29	0,37	0,45	0,53
60	40		0,47	0,55	0,63	0,71	0,33	0,41	0,50	0,58
60	50		0,54	0,63	0,71	0,79	0,37	0,46	0,54	0,62

#### 4 ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada ısıtma ihtiyacını ve ısıtma periyodunu en iyi şekilde yansıtan Isıtma Derece Günler (IDG) Bursa için 1992-2005 yılları için hesaplandı. Veri olarak Devlet Meteoroloji İşler Genel Müdürlüğü klima istasyonunun günlük sıcaklık verileri kullanıldı. Gelişmiş ülkelerde ileriye dönük yakıt ve enerji gereksiniminin belirlenmesinde, enerji planlaması ve projelerinin hazırlanmasında derece-gün, gün sayısı, derece- saat ve saat sayısı değerleri göz önünde bulundurulmaktadır.

Yapılan hesaplamalarda ortalama olarak Bursa da ısıtma sezonu 290. (Kasım aylarının ortası) günde başlıyor ve 127. gün bitiyor. (Mayıs ayının başlarında. ). Böylece Bursa için enerji ihtiyacı ve gerekli yakıt miktarı önceden hesaplanabilir. Hesaplamalar çift cam, tek cam olma, kullanılan materyal cinsi, I, n, P, CAO ve IDG parametrelerine dayandırılarak yapılmıştır.

Günlük ortalama sıcaklık değişiklikleri meteoroloji istasyonundan alınan kayıtlara dayanmaktadır. Şekil 4.1'de 1992-2005 yıllarındaki günlük ortalama dış sıcaklıkların ortalaması alınarak Bursa iline ait günlük ortalama sıcaklık dağılımı grafiği görülmektedir. Grafikteki noktalar birleştirildiğinde 2.dereceden polinom oluşur.  $T_b = 15$  °C den parabole doğru çizdiğimizde parabolü kesen noktalarda ısıtma sezonunun bitiş ve başlangıç tarihleri ortaya çıkar.



Şekil 4.1 Bursa ili için günlük ortalama sıcaklık dağılımı ( 1992-2005 yılları ortalamaları )

Prototip binalarımızın inşaat materyallerinin termal ve fiziksel özellikleri Tablo 3.1, Tablo 3.2, Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'de verilmiştir. Hesaplamalarda kullanacağımız çatının ve dış duvarların ayrıntılı ısı dirençleri de bu tablolarda gösterilmiştir. Toplam ısı transfer katsayısı tavan için  $0,63\text{W/m}^2\text{K}$ , dış duvarlar için sırasıyla 1. tip duvar  $0,75\text{W/m}^2\text{K}$ , 2.tip duvar  $0,51\text{W/m}^2\text{K}$ , 3.tip duvar  $0,79\text{W/m}^2\text{K}$  ve 4.tip duvar  $0,39\text{W/m}^2\text{K}$  alınmıştır. Tavan, dış duvarlar, pencere, zemin kat değerleri aynı tablolarda ayrıntılı olarak verilmektedir.



Şekil 4.2 Bursa ili için IDG değerleri dağılımı ( 1992 – 2005 yılları ortalamaları )

Şekil 4.2 de Bursa iline ait IDG değerleri görülmektedir. Bu değerler 1992-2005 yıllarına ait günlük IDG değerlerinin ortalamaları alınarak bulunmuştur.

Sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacı,  $Q(J)$ , prototip binalarımız için, Bursa için ortalama toplam derece-gün değeri  $DD=2184,54$  ve  $L$  ye göre aşağıdaki gibi hesaplanır. Buradaki IDG değeri günlük ortalama sıcaklıkların ortalaması olan Şekil 4.1 deki değerler kullanılarak hesaplanmıştır.  $L$  değeri de yine her duvar tipi için ayrıca hesaplanmıştır.

$$Q=L.IDG.3600.24 \quad (3.2)$$

Burada sonuçlar GJ biriminde tek-çift cam varyasyonları CAO ve I için aşağıdaki tablolarda verilmiştir. Tablo 4.1 deki değerler 1. tip prototip binalardan oluşan şehir için sezonsal ısıtma enerjisi ihtiyacını göstermektedir. Bu hesaplamalar yapılırken de kullanılan veriler 14 yıllık ortalama verilerdir. Tablo 4.2, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4 de aynı hesaplamalar diğer duvar tiplerinden oluşan binalar için yapılmıştır.

**Tablo 4.1 Bursa için ısıtma enerjisi ihtiyacı, Q(GJ) Duvar tipi 1**

CAO (%)	I(SHD)	Q ( GJ )				Q ( GJ )			
		Tek Cam				Çift Cam			
		0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		420,31	517,20	614,09	710,98	<b>340,04</b>	436,93	533,81	630,70
30		504,81	601,70	698,59	795,48	384,40	481,29	578,18	675,06
40		589,31	686,20	783,09	879,98	428,76	525,65	622,54	719,42
50		673,81	770,70	867,59	<b>964,48</b>	473,12	570,01	666,90	763,79

**Tablo 4.2 Bursa için ısıtma enerjisi ihtiyacı, Q(GJ) Duvar tipi 2**

CAO (%)	I(SHD)	Q ( GJ )				Q ( GJ )			
		Tek Cam				Çift Cam			
		0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		389,11	486,00	582,89	679,77	<b>308,83</b>	405,72	502,61	599,50
30		477,51	574,40	671,29	768,17	357,09	453,98	550,87	647,76
40		565,91	662,80	759,69	856,57	405,35	502,24	599,13	696,02
50		654,31	751,20	848,08	<b>944,97</b>	453,62	550,50	647,39	744,28

**Tablo 4.3 Bursa için ısıtma enerjisi ihtiyacı, Q(GJ) Duvar tipi 3**

CAO (%)	I(SHD)	Q ( GJ )				Q ( GJ )			
		Tek Cam				Çift Cam			
		0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		425,54	522,42	619,31	716,20	<b>345,26</b>	442,15	539,04	635,92
30		509,38	606,27	703,16	800,05	388,97	485,86	582,74	679,63
40		593,23	690,12	787,01	883,89	432,67	529,56	626,45	723,34
50		677,07	773,96	870,85	<b>967,74</b>	476,38	573,27	670,16	767,05

**Tablo 4.4 Bursa için ısıtma enerjisi ihtiyacı, Q(GJ) Duvar tipi 4**

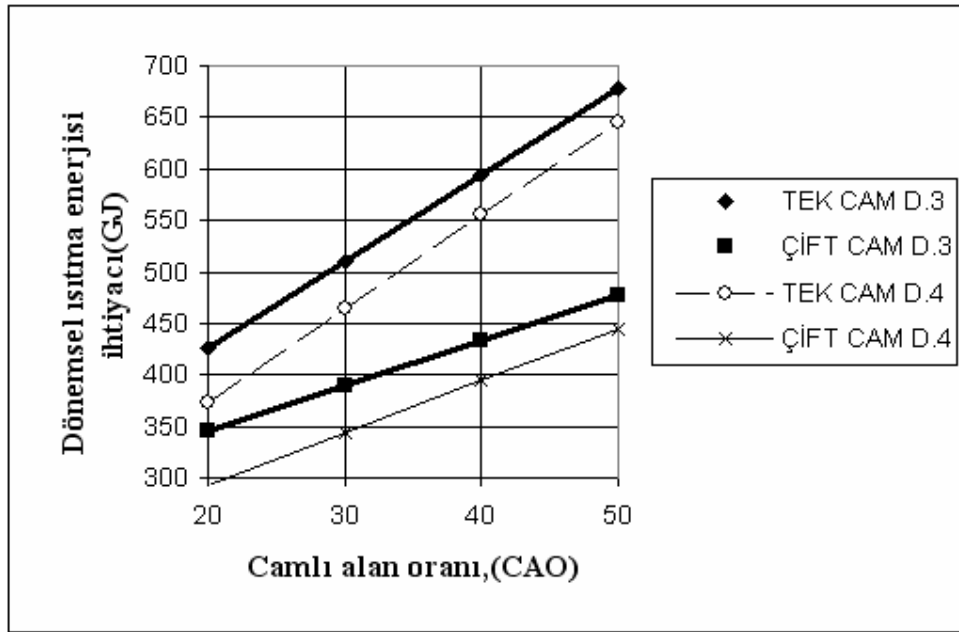
CAO (%)	I(SHD)	Q ( GJ )				Q ( GJ )			
		Tek Cam				Çift Cam			
		0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20		373,92	471,04	568,15	665,26	<b>293,46</b>	390,57	487,69	584,80
30		464,54	561,65	658,76	755,88	343,84	440,96	538,07	635,18
40		555,15	652,27	749,38	846,49	394,23	491,34	588,45	685,57
50		645,77	742,88	839,99	<b>937,11</b>	444,61	541,72	638,84	735,95



Yukarıdaki tablolarda gözüktüğü gibi çift cam olan bir yapıda 0,5 hava değişim oranıyla ve % 20 camlı alan oranı olan durumdaki ısı ihtiyacı minimum olurken, tek cam olan bir yapıda 2 hava değişim oranıyla ve % 50 camlı alan oranı olan durumda maksimum ısı ihtiyacı ortaya çıkar. Ayrıca duvar bileşenleri de dikkate alındığında 4.tip duvar kullanılan yapılar en az ısı enerjisi ihtiyacı ile gereken konforu yaşam için sağlar.

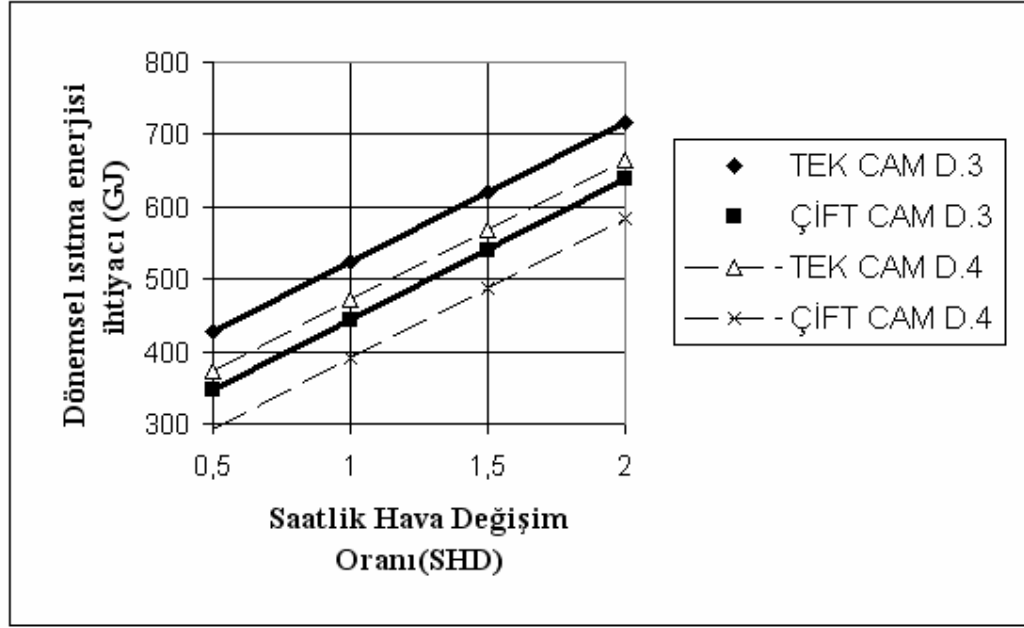
Bu tablolardaki değerler hesaplanırken IDG değeri 14 yılın ortalaması olarak düşünülmüştür ve çıkan sonuçlar 14 yılın ortalamasını vermektedir.

Binanın mimari özellikleri ve Q arasındaki ilişki Q-CAO ve Q-I grafiklerinde verilmiştir (Şekil 4.3, Şekil 4.4). Bu grafiklerde Bursa için dönemsel ısıtma enerjisi ihtiyacı tek-çift cam olma ve CAO ye göre verilmiş ve duvar tiplerine göre karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 4.3'te 3. ve 4. tip duvarın karşılaştırması yapılmıştır, grafikten de görüldüğü gibi 3.tip duvarlardan oluşan binalarda dönemsel ısınma enerjisi ihtiyacı daha çok olmaktadır. Şekil 4.4 de bu gösterim I ya göre verilmiştir.



Şekil 4.3 I=0,5 için cam alanı oranına göre sezonluk ısıtma enerjisi ihtiyacı –(Duvar tipi 4, Duvar tipi 1)

Şekil 4.3 de dönemsel ısıtma enerjisi ihtiyacının camlı alan oranıyla nasıl değiştiği görülmektedir. Burada hava değişim oranı (I) 0,5 olarak kabul edilmiş ve (Q) gereken ısıtma enerjisi değeri hesaplanırken 14 yıllık verilerin ortalaması kullanılmıştır. Grafikten görüleceği gibi camlı alan oranı arttıkça oluşan ısı kayıpları artmakta dolayısıyla dönemsel ısıtma ihtiyacı da buna paralel artmaktadır.



Şekil 4.4 CAO=20% için Bursa' daki bina için hava değişim oranına göre, sezonluk ısıtma enerjisi ihtiyacı – (Duvar tipi 3, Duvar tipi 4)

Grafikten görüleceği gibi hava değişim oranı arttıkça dönemsel ısıtma enerjisi ihtiyacı da artmaktadır.

Şehirdeki apartmanlar için ısıtma sezonunda tüketilen toplam yakıt tüketimi aşağıdaki gibi verilir.

$$F=Q.P/\eta.H.\dot{n} \quad (3.3)$$

Tablo 4.4'de 3.3 formülü yardımıyla ısıtma sezonunda tüketilen toplam yakıt miktarı hesaplanmıştır. Burada da önceki hesaplamalarda olduğu gibi kullanılan veriler 14 yılın ortalama verileridir. Bu nedenle elde edilen sonuçlarda 14 yıllık ortalama sonuçlarıdır. Tablo 4.5 1. tip duvar için hazırlanmış olup Tablo 4.6, Tablo 4.7 ve Tablo 4.8 de aynı hesaplamalar diğer duvar tipleri için yapılmıştır.

**Tablo 4.5 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm<sup>3</sup> , Duvar Tipi 1**

Apartmanda yaşayan insanların sayısı	CAO(%)	I(SHD)	Tek Cam				Çift Cam			
			0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20	20		0,93	1,15	1,36	1,58	0,75	0,97	1,18	1,40
20	30		1,12	1,33	1,55	1,76	0,85	1,07	1,28	1,50
20	40		1,31	1,52	1,74	1,95	0,95	1,16	1,38	1,59
20	50		1,49	1,71	1,92	2,14	1,05	1,26	1,48	1,69
25	20		0,75	0,92	1,09	1,26	0,60	0,77	0,95	1,12
25	30		0,89	1,07	1,24	1,41	0,68	0,85	1,02	1,20
25	40		1,04	1,22	1,39	1,56	0,76	0,93	1,10	1,28
25	50		1,19	1,37	1,54	1,71	0,84	1,01	1,18	1,35
30	20		0,62	0,76	0,91	1,05	0,50	0,65	0,79	0,93
30	30		0,75	0,89	1,03	1,18	0,57	0,71	0,85	1,00
30	40		0,87	1,01	1,16	1,30	0,63	0,78	0,92	1,06
30	50		1,00	1,14	1,28	1,42	0,70	0,84	0,99	1,13
35	20		0,53	0,65	0,78	0,90	0,43	0,55	0,68	0,80
35	30		0,64	0,76	0,88	1,01	0,49	0,61	0,73	0,85
35	40		0,75	0,87	0,99	1,11	0,54	0,67	0,79	0,91
35	50		0,85	0,98	1,10	1,22	0,60	0,72	0,84	0,97
40	20		0,47	0,57	0,68	0,79	0,38	0,48	0,59	0,70
40	30		0,56	0,67	0,77	0,88	0,43	0,53	0,64	0,75
40	40		0,65	0,76	0,87	0,97	0,48	0,58	0,69	0,80
40	50		0,75	0,85	0,96	1,07	0,52	0,63	0,74	0,85
45	20		0,41	0,51	0,60	0,70	0,33	0,43	0,53	0,62
45	30		0,50	0,59	0,69	0,78	0,38	0,47	0,57	0,66
45	40		0,58	0,68	0,77	0,87	0,42	0,52	0,61	0,71
45	50		0,66	0,76	0,85	0,95	0,47	0,56	0,66	0,75
50	20		0,37	0,46	0,54	0,63	0,30	0,39	0,47	0,56
50	30		0,45	0,53	0,62	0,71	0,34	0,43	0,51	0,60
50	40		0,52	0,61	0,69	0,78	0,38	0,47	0,55	0,64
50	50		0,60	0,68	0,77	0,85	0,42	0,51	0,59	0,68
55	20		0,34	0,42	0,49	0,57	0,27	0,35	0,43	0,51
55	30		0,41	0,48	0,56	0,64	0,31	0,39	0,47	0,54
55	40		0,47	0,55	0,63	0,71	0,35	0,42	0,50	0,58
55	50		0,54	0,62	0,70	0,78	0,38	0,46	0,54	0,62
60	20		0,31	0,38	0,45	0,53	0,25	0,32	0,39	0,47
60	30		0,37	0,44	0,52	0,59	0,28	0,36	0,43	0,50
60	40		0,44	0,51	0,58	0,65	0,32	0,39	0,46	0,53
60	50		0,50	0,57	0,64	0,71	0,35	0,42	0,49	0,56

**Tablo 4.6 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm<sup>3</sup> , Duvar Tipi 2**

Apartmanda yaşayan insanların sayısı	CAO(%)	I(SHD)	Tek Cam				Çift Cam			
			0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20	20		0,86	1,35	1,60	1,84	0,91	1,15	1,40	1,64
20	30		1,32	1,56	1,81	2,05	1,01	1,26	1,50	1,75
20	40		1,53	1,77	2,02	2,26	1,12	1,37	1,61	1,86
20	50		1,74	1,98	2,23	2,47	1,23	1,47	1,72	1,96
25	20		0,89	1,08	1,28	1,47	0,72	0,92	1,12	1,31
25	30		1,05	1,25	1,45	1,64	0,81	1,01	1,20	1,40
25	40		1,22	1,42	1,61	1,81	0,90	1,09	1,29	1,48
25	50		1,39	1,58	1,78	1,98	0,98	1,18	1,37	1,57
30	20		0,74	0,90	1,07	1,23	0,60	0,77	0,93	1,09
30	30		0,88	1,04	1,21	1,37	0,68	0,84	1,00	1,17
30	40		1,02	1,18	1,34	1,51	0,75	0,91	1,07	1,24
30	50		1,16	1,32	1,48	1,65	0,82	0,98	1,15	1,31
35	20		0,63	0,77	0,91	1,05	0,52	0,66	0,80	0,94
35	30		0,75	0,89	1,03	1,17	0,58	0,72	0,86	1,00
35	40		0,87	1,01	1,15	1,29	0,64	0,78	0,92	1,06
35	50		0,99	1,13	1,27	1,41	0,70	0,84	0,98	1,12
40	20		0,55	0,68	0,80	0,92	0,45	0,58	0,70	0,82
40	30		0,66	0,78	0,90	1,03	0,51	0,63	0,75	0,87
40	40		0,76	0,89	1,01	1,13	0,56	0,68	0,81	0,93
40	50		0,87	0,99	1,11	1,24	0,61	0,74	0,86	0,98
45	20		0,49	0,60	0,71	0,82	0,40	0,51	0,62	0,73
45	30		0,59	0,69	0,80	0,91	0,45	0,56	0,67	0,78
45	40		0,68	0,79	0,90	1,01	0,50	0,61	0,72	0,82
45	50		0,77	0,88	0,99	1,10	0,55	0,65	0,76	0,87
50	20		0,44	0,54	0,64	0,74	0,36	0,46	0,56	0,66
50	30		0,53	0,63	0,72	0,82	0,41	0,50	0,60	0,70
50	40		0,61	0,71	0,81	0,90	0,45	0,55	0,64	0,74
50	50		0,69	0,79	0,89	0,99	0,49	0,59	0,69	0,79
55	20		0,40	0,49	0,58	0,67	0,33	0,42	0,51	0,60
55	30		0,48	0,57	0,66	0,75	0,37	0,46	0,55	0,64
55	40		0,56	0,64	0,73	0,82	0,41	0,50	0,59	0,67
55	50		0,63	0,72	0,81	0,90	0,45	0,54	0,62	0,71
60	20		0,37	0,45	0,53	0,61	0,30	0,38	0,47	0,55
60	30		0,44	0,52	0,60	0,68	0,34	0,42	0,50	0,58
60	40		0,51	0,59	0,67	0,75	0,37	0,46	0,54	0,62
60	50		0,58	0,66	0,74	0,82	0,41	0,49	0,57	0,65

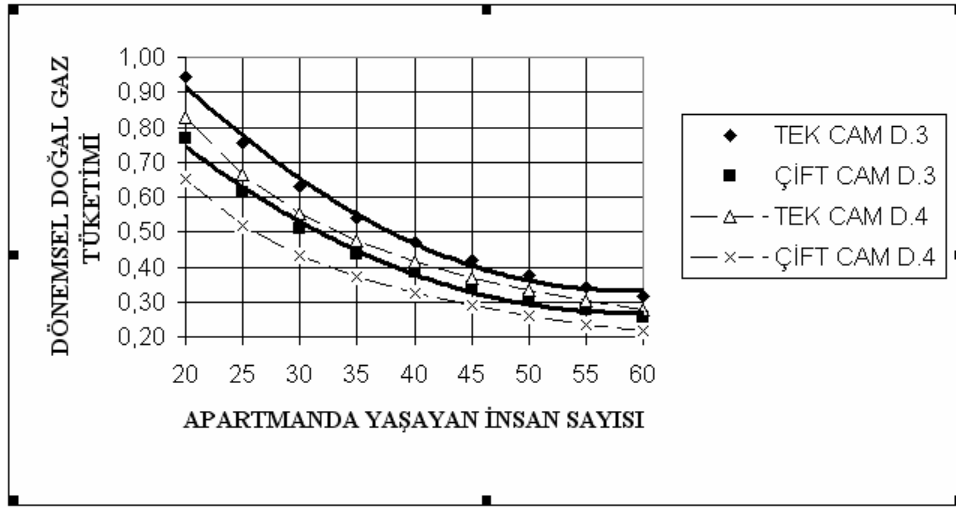
**Tablo 4.7 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm<sup>3</sup> , Duvar Tipi 3**

Apartmanda yaşayan insanların sayısı	CAO(%)	I(SHD)	Tek Cam				Çift Cam			
			0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20	20		0,93	1,35	1,60	1,84	0,91	1,15	1,40	1,64
20	30		1,32	1,56	1,81	2,05	1,01	1,26	1,50	1,75
20	40		1,53	1,77	2,02	2,26	1,12	1,37	1,61	1,86
20	50		1,74	1,98	2,23	2,47	1,23	1,47	1,72	1,96
25	20		0,89	1,08	1,28	1,47	0,72	0,92	1,12	1,31
25	30		1,05	1,25	1,45	1,64	0,81	1,01	1,20	1,40
25	40		1,22	1,42	1,61	1,81	0,90	1,09	1,29	1,48
25	50		1,39	1,58	1,78	1,98	0,98	1,18	1,37	1,57
30	20		0,74	0,90	1,07	1,23	0,60	0,77	0,93	1,09
30	30		0,88	1,04	1,21	1,37	0,68	0,84	1,00	1,17
30	40		1,02	1,18	1,34	1,51	0,75	0,91	1,07	1,24
30	50		1,16	1,32	1,48	1,65	0,82	0,98	1,15	1,31
35	20		0,63	0,77	0,91	1,05	0,52	0,66	0,80	0,94
35	30		0,75	0,89	1,03	1,17	0,58	0,72	0,86	1,00
35	40		0,87	1,01	1,15	1,29	0,64	0,78	0,92	1,06
35	50		0,99	1,13	1,27	1,41	0,70	0,84	0,98	1,12
40	20		0,55	0,68	0,80	0,92	0,45	0,58	0,70	0,82
40	30		0,66	0,78	0,90	1,03	0,51	0,63	0,75	0,87
40	40		0,76	0,89	1,01	1,13	0,56	0,68	0,81	0,93
40	50		0,87	0,99	1,11	1,24	0,61	0,74	0,86	0,98
45	20		0,49	0,60	0,71	0,82	0,40	0,51	0,62	0,73
45	30		0,59	0,69	0,80	0,91	0,45	0,56	0,67	0,78
45	40		0,68	0,79	0,90	1,01	0,50	0,61	0,72	0,82
45	50		0,77	0,88	0,99	1,10	0,55	0,65	0,76	0,87
50	20		0,44	0,54	0,64	0,74	0,36	0,46	0,56	0,66
50	30		0,53	0,63	0,72	0,82	0,41	0,50	0,60	0,70
50	40		0,61	0,71	0,81	0,90	0,45	0,55	0,64	0,74
50	50		0,69	0,79	0,89	0,99	0,49	0,59	0,69	0,79
55	20		0,40	0,49	0,58	0,67	0,33	0,42	0,51	0,60
55	30		0,48	0,57	0,66	0,75	0,37	0,46	0,55	0,64
55	40		0,56	0,64	0,73	0,82	0,41	0,50	0,59	0,67
55	50		0,63	0,72	0,81	0,90	0,45	0,54	0,62	0,71
60	20		0,37	0,45	0,53	0,61	0,30	0,38	0,47	0,55
60	30		0,44	0,52	0,60	0,68	0,34	0,42	0,50	0,58
60	40		0,51	0,59	0,67	0,75	0,37	0,46	0,54	0,62
60	50		0,58	0,66	0,74	0,82	0,41	0,49	0,57	0,65

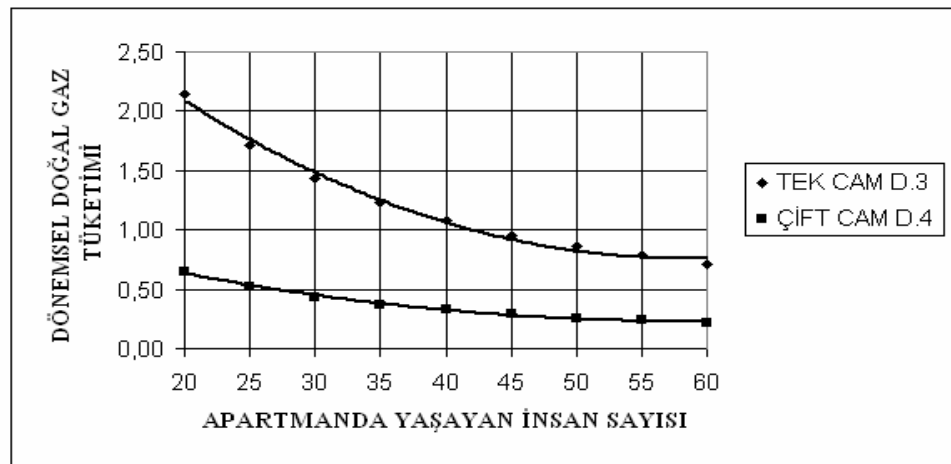
**Tablo 4.8 Bursa'nın bir ısıtma döneminde harcadığı doğal gaz miktarı.(Tüm enerji ihtiyacı doğal gazdan sağlandığı kabul edilmiştir) ,Gm<sup>3</sup> , Duvar Tipi 4**

Apartmanda yaşayan insanların sayısı	CAO(%)	I(SHD)	Tek Cam				Çift Cam			
			0,5	1	1,5	2	0,5	1	1,5	2
20	20		0,83	1,04	1,26	1,47	0,65	0,87	1,08	1,30
20	30		1,03	1,24	1,46	1,67	0,76	0,98	1,19	1,41
20	40		1,23	1,45	1,66	1,88	0,87	1,09	1,30	1,52
20	50		1,43	1,65	1,86	2,08	0,99	1,20	1,42	1,63
25	20		0,66	0,84	1,01	1,18	0,52	0,69	0,86	1,04
25	30		0,82	1,00	1,17	1,34	0,61	0,78	0,95	1,13
25	40		0,98	1,16	1,33	1,50	0,70	0,87	1,04	1,22
25	50		1,14	1,32	1,49	1,66	0,79	0,96	1,13	1,30
30	20		0,55	0,70	0,84	0,98	0,43	0,58	0,72	0,86
30	30		0,69	0,83	0,97	1,12	0,51	0,65	0,79	0,94
30	40		0,82	0,96	1,11	1,25	0,58	0,73	0,87	1,01
30	50		0,95	1,10	1,24	1,38	0,66	0,80	0,94	1,09
35	20		0,47	0,60	0,72	0,84	0,37	0,49	0,62	0,74
35	30		0,59	0,71	0,83	0,96	0,44	0,56	0,68	0,80
35	40		0,70	0,83	0,95	1,07	0,50	0,62	0,75	0,87
35	50		0,82	0,94	1,06	1,19	0,56	0,69	0,81	0,93
40	20		0,41	0,52	0,63	0,74	0,33	0,43	0,54	0,65
40	30		0,51	0,62	0,73	0,84	0,38	0,49	0,60	0,70
40	40		0,62	0,72	0,83	0,94	0,44	0,54	0,65	0,76
40	50		0,72	0,82	0,93	1,04	0,49	0,60	0,71	0,82
45	20		0,37	0,46	0,56	0,66	0,29	0,38	0,48	0,58
45	30		0,46	0,55	0,65	0,74	0,34	0,43	0,53	0,63
45	40		0,55	0,64	0,74	0,83	0,39	0,48	0,58	0,68
45	50		0,64	0,73	0,83	0,92	0,44	0,53	0,63	0,72
50	20		0,33	0,42	0,50	0,59	0,26	0,35	0,43	0,52
50	30		0,41	0,50	0,58	0,67	0,30	0,39	0,48	0,56
50	40		0,49	0,58	0,66	0,75	0,35	0,44	0,52	0,61
50	50		0,57	0,66	0,74	0,83	0,39	0,48	0,57	0,65
55	20		0,30	0,38	0,46	0,54	0,24	0,31	0,39	0,47
55	30		0,37	0,45	0,53	0,61	0,28	0,36	0,43	0,51
55	40		0,45	0,53	0,60	0,68	0,32	0,40	0,47	0,55
55	50		0,52	0,60	0,68	0,76	0,36	0,44	0,51	0,59
60	20		0,28	0,35	0,42	0,49	0,22	0,29	0,36	0,43
60	30		0,34	0,41	0,49	0,56	0,25	0,33	0,40	0,47
60	40		0,41	0,48	0,55	0,63	0,29	0,36	0,43	0,51
60	50		0,48	0,55	0,62	0,69	0,33	0,40	0,47	0,54

Aşağıdaki Şekil 4.5 de sabit  $I=0,5$  değerine ve bir apartmanda yaşayan insan sayısına göre Bursa için doğal gaz tüketim miktarı 3.tip prototip ve 4.tip prototip binalar için verilmiştir. Bu grafikte tek veya çift cam olma durumu ayrı ayrı gösterilmiştir. 3. tip prototip binaların doğalgaz tüketimleri 4.tip binalara göre daha fazla olmaktadır. Grafikten görüleceği üzere apartmanda yaşayan insan sayısı arttıkça yıllık ısınma için kullanılan doğal gaz miktarında azalma görülür, bunun nedeni nüfusun sabit olmasına karşın apartman sayısının düşmesidir.



Şekil 4.5 Apartmanda yaşayan insan sayısına göre Bursa için dönemsel doğal gaz tüketim miktarı.(CAO=20%,  $I=0,5$ SHD kabul edilmiştir, Duvar tipi 3 - Duvar tipi 4)



Şekil 4.6 Apartmanda yaşayan insan sayısına göre en iyi ve en kötü durumda Bursa için dönemsel doğal gaz tüketimi. (Duvar tipi 3- Duvar tipi 4)

Şekil 4.6'da ise en iyi ve en kötü durumlarda ısınma için kullanılan yıllık doğalgaz miktarı yine bir apartmanda oturan insan sayısına göre verilmiştir. Burada en iyi durumdan kasıt çift cam olma, hava değişim oranını en az olması (0,5 SHD), camlı yüzey alanını en az olma durumu (% 20) ve toplam ısı kayıp katsayısının en küçük olduğu duvar olmasıdır. Kötü durumdan kastımız ise tek cam olma, hava değişim oranının en fazla olması (2,0 SHD), camlı yüzey alanında en fazla olma (% 50) ve toplam ısı kayıp katsayısının en büyük olduğu duvar olmasıdır. Grafikten açıkça görüleceği üzere aynı apartmanda ikamet eden insan sayılarında en iyi durumda gaz tüketimi 0,60 Gm<sup>3</sup> lerdeyken, en kötü durumda yaklaşık 2,20 Gm<sup>3</sup> olmaktadır. Şekil4.6 3.tip duvar ve 4.tip duvar esas alınarak hazırlanmış olup 3. tip duvar ısı geçişinin en kolay olduğu duvardır. 3.tip prototip binanın ısıtma sezonunda gelecek ısıtma enerjisi için tüketilecek olan doğalgaz maksimum olacaktır. En iyi ve en kötü durumları duvar tiplerine göre değerlendirecek olursak 4.tip duvarın en iyi duvar tipi olduğu görülür ki; buda bina tasarımının ve yalıtımın önemini göstermektedir.

**Tablo 4.9 Bursa ili için geçmiş yıllarda gerçekleşen doğalgaz tüketim değerleri**

AYLAR	2003 YILI TÜKETİMLERİ (m <sup>3</sup> )		2004 YILI TÜKETİMLERİ (m <sup>3</sup> )		2005 YILI TÜKETİMLERİ (m <sup>3</sup> )		2006 YILI TÜKETİMLERİ (m <sup>3</sup> )	
	KONUT	SANAYİ	KONUT+SERBEST OLMAYAN SANAYİ	SERBEST	KONUT+SERBEST OLMAYAN SANAYİ	SERBEST	KONUT+SERBEST OLMAYAN SANAYİ	SERBEST
Ocak	40.532.181	7.122.959	54.508.305	7.721.688	55.114.376	8.639.198	70.275.425	12.077.485
Şubat	44.818.796	5.788.284	37.219.076	6.994.988	41.299.691	9.342.708	57.512.303	14.167.019
Mart	37.555.404	7.629.641	25.658.213	9.015.955	37.627.073	12.512.948	43.080.085	15.729.542
Nisan	19.571.678	7.085.298	17.171.514	8.911.553	14.498.823	11.413.158	20.553.611	15.091.248
Mayıs	5.392.581	6.758.765	7.884.844	8.333.328	7.726.979	11.361.186	11.121.028	14.717.779
Haziran	3.624.195	6.255.513	9.523.967	7.836.408	6.225.733	11.120.662	7.592.629	13.489.901
Temmuz	3.252.626	7.066.466	5.715.705	8.585.127	5.300.970	8.498.064	6.720.738	12.480.898
Ağustos	3.675.108	7.479.680	4.832.721	8.864.636	5.569.043	9.013.466	7.105.440	14.626.149
Eylül	4.404.236	7.917.791	4.429.168	9.305.693	7.034.910	10.539.613	-	16.248.408
Ekim	10.703.899	8.478.785	8.081.929	9.441.907	34.720.507	11.422.953		
Kasım	35.764.277	6.881.652	34.059.084	9.093.910	37.773.917	11.166.573		
Aralık	49.422.469	8.898.619	52.330.415	10.664.815	69.769.135	13.661.240		
<b>TOPLAM</b>	<b>258.717.450</b>	<b>87.363.453</b>	<b>261.414.941</b>	<b>104.770.008</b>	<b>322.661.157</b>	<b>128.691.771</b>	<b>223.961.259</b>	<b>128.628.429</b>

\* Bu tablo BURSAGAZ'dan alınmıştır.

Tablo 4.9'da 2003 – 2006 yılları için gerçekleşmiş doğalgaz tüketim değerleri verilmektedir. Tabloda tüketilmiş doğalgaz değerleri konutlar ve sanayi için ayrı ayrı verilmiştir.



**Tablo 4.10 Bursa ili için geçmiş yıllarda gerçekleşen doğalgaz tüketim değerleri ( Konut – Serbest )**

YILLAR	KONUT	SANAYİ
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
2000	-	44.495.466
2001	258.717.400	53.136.779
2002	238.042.857	68.517.901
2003	258.717.400	87.363.453
2004	261.414.941	104.770.008
2005	322.661.157	128.691.771
2006	223.961.959	128.628.729

\* Bu tablo BURSAGAZ'dan alınmıştır.

Tablo 4.10'da 2001 – 2006 yılları için gerçekleşmiş doğalgaz tüketim değerleri yıl bazında toplam olarak verilmektedir. Tabloda tüketilmiş doğalgaz değerleri konutlar ve sanayi için ayrı ayrı verilmiştir

**Tablo 4.11 Bursa ili için doğalgaz kullanan abone sayıları**

YILLAR	ALINAN ABONE SAYISI	TOPLAM ABONE SAYISI
1992	1.516	1.516
1993	12.344	13.860
1994	39.654	53.514
1995	38.458	86.972
1996	36.057	123.029
1997	20.649	143.678
1998	20.480	164.158
1999	26.403	190.561
2000	33.995	224.556
2001	19.289	243.845
2002	14.378	258.223
2003	23.195	281.418
2004	60.508	341.926
2005	105.542	447.468
2006	46.940	497.108

\* Bu tablo BURSAGAZ'dan alınmıştır.

Tablo 4.11'de 1992 – 2006 yılları arasında Bursa 'da doğalgaz kullanan abone sayılarının değişimi görülmektedir.

Isıtma Derece-Gün değerleri yılın soğuk dönemlerinde önem kazanırken, Soğutma Derece-Gün değerleri ise yılın sıcak dönemlerinde önemli değerlere ulaşır. Benzer şekilde, günün özellikle gece döneminde Isıtma Derece-Saat değeri artarken, gündüz döneminde ise Soğutma Derece-Saat değeri artar. Dolayısıyla ısıtma durumunda maksimum yakıt yükü gece oluşurken, soğutma durumunda maksimum yakıt yükü ise genelde öğleden sonra oluşur.

Herhangi bir yerleşim alanı için derece-saat değerleri saatlik, günlük, haftalık, aylık ve yıllık olarak bulunabilir. Derece-Gün değerleri sabit olmayıp, saate, güne, aya ve yıla bağlı olarak değişiklik gösterirler. Buna bağlı olarak da soğutma yükü günden güne, aydan aya veya yıldan yıla değişir. Sıcak geçen yılda yıllık derece-gün değeri yüksek olarak ve soğuk geçen yılda ise yıllık derece-gün değeri düşük olarak gerçekleşir. Bu farklılık % 10–15 kadar olabilir. Ülkemiz için henüz önemli oranda olmamakla beraber sıcak dönemlerdeki klima yükü de gittikçe önem kazanmaktadır.

## 5 SONUÇ

Bu çalışmada, yıllık ısıtma enerji gereksinimi Bursa'da dört farklı mimari tasarım özelliklerine sahip bina modelleri için yapılmıştır. Bu hesaplamalar için 14 yıllık meteorolojik verilerden yararlanılmıştır. Bu amaç için, enerji analiz metodlarından derece-gün yöntemi kullanılmıştır.

Bursa ili için yıllık doğalgaz tüketim değeri belirlendikten sonra, hesaplamalarda duvar bileşenlerinin yanında, bina dış duvar alanının, hava değişim oranının, kullanılan cam tipinin ve binada yaşayan insan sayısının ısınma ihtiyacı için tüketilecek yakıt miktarını nasıl etkilediği incelenmiştir. Benzer binalardan oluşan şehir düşünülürken, bu şehirdeki nüfus yoğunluğuna bağlı yakıt tüketimi hesaplanmıştır.

Binalarda tek cam yerine çift cam kullanılması durumunda yıllık yakıt tüketiminde yaklaşık %20 tasarruf sağlandığı yapılan hesaplamalar sonucu elde edilmiştir. Hava değişim oranına baktığımızda ise bu parametrenin ısıtma enerjisi gereksinimini önemli ölçüde etkilediği görülmektedir. Örnek olarak diğer koşullar aynı iken SHD'nin 0,5 ile 2 arasında değişimi yakıt tüketimini 2 kat değiştirmektedir.

Diğer bir parametre de binalardaki camlı yüzey alan miktarıdır. Bu değişkenin % 20'den % 50'ye çıkması durumunda, yakıt tüketiminin yine yaklaşık 2 kat değiştiği görülmektedir. Binada yaşayan insan sayısı da tüketimi etkileyen önemli bir faktördür. Binada yaşayan insan sayısının artması, sabit nüfus için toplam bina sayısını azaltacağından yakıt tüketimi olumlu yönde etkilenmektedir. Bu sayının 20'den 60'a çıkması durumunda tüketim yaklaşık 1/3 oranında azalmaktadır.

Bunların yanı sıra bina mimari özelliklerinin de enerji gereksinimini önemli ölçüde etkilemektedir. En iyi şartlarda Bursa ilinde örnek bina modeli için tüketim  $0,6 \text{ Gm}^3$  mertebelerindeyken, en kötü şartlarda bu değer yaklaşık  $2,2 \text{ Gm}^3$  olmaktadır.

Çalışmada bulduğumuz değerler ile BURSAGAZ'dan alınan gerçek değerler karşılaştırıldığında; en iyi şartlar için sağlanan değerlerin gerçekleşen değerlere yakın olduğu görülmektedir. En iyi şartlarda örnek binada 60 kişi yaşadığı düşünülürse Şekil 4.6'da gösterildiği gibi doğalgaz tüketim değeri yaklaşık  $0,25 \text{ Gm}^3$  değerindedir. BURSAGAZ'dan alınan gerçek tüketim değeri de 0,2 ile  $0,3 \text{ Gm}^3$  arasındadır.

Seçilen duvar tipine göre oluşacak dönemsel ısıtma enerjisi ihtiyacı ve doğalgaz tüketimi diğer iller içinde benzer şekilde hesaplanabilir, dolayısıyla ülkenin yaklaşık enerji ihtiyacı ve doğalgaz tüketimi de hesaplanabilir.

Bulunan değerler geçmiş 14 yılın verileri kullanılarak hesaplanmıştır, yılların değişimi değerlendirilerek önümüzdeki yıllar için tüketim değerleri tahmin edilebilir.

Bina dış duvarlarının yapısının doğalgaz tüketimine etkisi yaklaşık ortaya çıkartılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda bina tasarımında kullanılacak dış duvar tipinin ısınma yüküne etkisi ve duvar yapım maliyeti değerlendirilebilir. İleriye dönük olarak yapılacak tasarruf hesaplanabilir.

Bu çalışmada bulunan Isıtma Derece-Gün değerleriyle doğal gaz dışındaki diğer enerji kaynaklarından birinin kullanılması durumunda da bir konutun yıllık enerji yükü hesaplanabilir.

Bu çalışmada verilen metot kullanılarak Türkiye'nin diğer şehirleri içinde ısıtma enerji ihtiyacı kolaylıkla ve güvenli bir şekilde hesaplanabilir. Sunulan basit ve kullanışlı metot istenilen dünyanın herhangi başka bir bölgesi içinde uygulanabilir.

## KAYNAKLAR

AHRENS,C.D.1982. Meteorology Today – An Introduction to Weather , Climate and The Environment. West Publishing Company, New York, 582 s.

ALTINOK,U.1987. Yedi İl için Derece-Gün Metodu ile Isı Kaybı Hesabı, Klasik Yöntemle Mukayesesi ve Düzeltme Faktörlerinin Tespiti. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 40 s.

ARISOY,A. 1998. İklim Verileri. III. Uluslar arası Yapıda Tesisat Bilimi ve Teknolojisi Sempozyumu, İstanbul

ARISOY,A.,ŞEN,O.,ŞAYLAN,L.2000. Türkiye İklim Verileri, Proje Raporu. Türk Tesisat Mühendisliği Derneği Teknik Yayınları, 74 s.

BERKÖZ.E.1977. User Requirements as a Group of Natural Climatisation Parameters, Edinburg 124 s.

BERKÖZ,E.1983. Güneş Işınımı ve Yapı Dizaynı. Profesörlük Tezi. İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi. 148 s.

BÜYÜKALACA,O.,YILMAZ,A., BULUT, H. 1999. Türkiye'nin 15 ili İçin Bazı İklim Verilerinin Eşitliklerle İfadesi. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 51:48-56.

BÜYÜKYILDIZ,S. 1997. Konutlarda Yıllık Enerji İhtiyacının Modellenmesi, İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

BADESCU,V.,ZAMFIR,E.1999. Degree-Days, Degree-Hours and Ambient Temperature Bin Data from Monthly Avarage Temperatures (Romania). Energy Conversion & Managment,40:885-900.

CLOSE,P.D.1944. Selecting Winter Design Temperature, American Society of Heating Ventilating Engineering (ASHVE),50:281-292.

DAĞSÖZ,A.K.1995. Türkiye’de Derece-Gün Sayıları. Ulusal Enerji Tasarrufu Politikası. Yapılarda Isı Yalıtımı, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, Isı Geçişi ve Ekonomisi Bölümü İZOCAM A.Ş., İstanbul, 290 s.

DROLLMANN,H. And PARTNER,J.,1993. Solar-Hydrogen, The Project in Neunberg Vorm Wald, Germany, 12 pp.

EMERICK,R.H.,1951. Heating Design and Practise. McGraw-Hill, New York, 162 pp.

ERBS,D.G., KLEIN,S.A. and BECKMAN,W.A.,1985. Solar-Air Heating ang Cooling Degree-Days, Solar Energy, 33(6):39-44.

GUTTMANN,N.B.,1983. Variability of Population-Weighted Seosanal Heating Degree Days. Journal of Climate and Applied Meteorology,22:495-501.

GÜLFERİ,İ.1996. Meteorolojik Değerler Yardımıyla Kış için Dış Hesap Sıcaklığının Bulunmasında Kullanılacak Yeni Bir İstatistiki Metod ve Türkiye’ye Tatbikatı. İ.T.Ü. Makine Fakültesi Doktora Tezi, 143 s.

GÜLTEKİN,M.L.1995. Türkiye’de Derece-Günlerinin Dağılımı. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

GÜLTEKİN,M.L. ve KADIOĞLU,M.1996. Marmara Bölgesi’nde Isıtma ve Soğutma Derece-Günlerin Dağılımı, TMMOB Tesisat Mühendisliği Dergisi, 31:31-41.

GÜLTEKİN,M.L., ve KADIOĞLU,M.1997a. Isıtma Derece-Günler ve Türkiye Genelindeki Dağılımı, II. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İ.T.Ü., 6-7 Ocak 1997, İstanbul, 171-179.

GÜLTEKİN,M.L., ve KADIOĞLU,M.1997b. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyelinin Saptanmasında Derece-Gün Kullanımı. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 7. Enerjisi Kongresi, 3-8 Kasım 1997, Ankara, Cilt 3, 1995-167.

GÜLTEKİN,M.L., ve KADIOĞLU,M.1997c. Yapıların Tesisat Donanımında Donma Derece-Gün Kullanımı. TMMOB Tesisat Mühendisliği Dergisi,37:59-63.

GÜLTEKİN,M.L., ve KADIOĞLU,M.1998. Erime Derece-Günlerin Kar Erimesinde Kullanımı. II. Ulusal Hidrometeoroloji Sempozyumu, 18-20 Kasım 1998, Ankara,

GÜLTEKİN,M.L., ve KADIOĞLU,M.2000a. Doğalgaz Dağıtım Planlama ve Depolanmasında Isıtma Derece-Günlerin Rolü, III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İ.T.Ü. ve TEMEV, 15-17 Kasım 2000, İstanbul,723-730.

GÜLTEKİN,M.L., ve KADIOĞLU,M.2000b. Hava Kirliliği Kontrolünde Derece-Gün Kullanımı. III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İ.T.Ü. ve TEMEV, 15-17 Kasım 2000, İstanbul,739-746.

GÜRDİL,F.1986. Örnek Veri Yılı Seçimi. Tübitak Yapı Araştırma Enstitüsü, Ankara

GÜRDİL,F ve YENER,C.1987. Türkiye Derece-Gün Değerlerinin Belirlenmesi ve Derece-Gün Yöntemi, Tübitak Yapı Araştırma Enstitüsü, Ankara

HUMPHREYS,C.M.,1948. A New Method For Selecting Winter Disagn Temperatures. American Society of Heating Ventilating Engineering,54:238-252.

HUSCHKE,R.E.,1959. Glossary of Meteorology. American Meteorology Society Pres, Boston, MassSHDusetts, 638pp.

KADIOĞLU,M. ve KARA,A.B.1992. Sıcaklık Nem Bunaltıcılığı ve Halka SINEM uyarısı. İ.T.Ü. dergisi, 50(3):43-47.

KADIOĞLU,M.1993. İstanbul İçin Isıtma ve Soğutma Derece-Gün Hesaplamaları. I.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul

KADIOĞLU,M.1994. İstanbul için Isıtma ve Soğutma Derece-Gün Hesaplamaları. 1994 Temiz Enerji Sempozyumu Bildirisi, İ.T.Ü. Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 10 s.

KADIOĞLU,M.,ŞEN,Z. ve GÜLTEKİN,M.L.,1998. Heating Degree-Day Variation in Turkey. Proceedings of SWEMP'98-Fifth International Symposium on Environmental Issues and Waste Managment in Energy and Mineral Producing, 18-20 May 1998, Ankara,160-166.

KNEBEL,D.E.,1995. Ashrae Technical Committee 4.7 Development Of Simplified Energy Analysis Procedures. ASHRAE Transactions,1,869-880

LANDSBERG,H.E.,1948. Use of Climatological Data in Heating and Cooling Desing. American Society of Heating Ventilating Engineering, 54:253-264.

LEHMAN,R.L.,1987. Probality Distributions of Monthly Degree-Day Variables at U.S. Stations. Journal of Climate and Applied Meteorology,26(3):329-340.

LEHMAN,R.L., WARREN,H.E.,1994. Projecting Monthly Degree-Day Variables at U.S. Station. Journal of Climate and Applied Meteorology,26(3),329-340

LEATHERMAN,K.M., AL-AZAWI,M.M.J.,1986. Predicions of The Heating and Cooling Energy Requirements in Buildings Using The Degree Hours Method, Building and Environment,21(3/4),171-176.

LYDOLPH,P.E.,1985. The Climate of The Earth, Rowman and Allanheld, New Jersey 168 pp.



LUTGENS,F.K., TARBUCK,E.J.,(1979), The Atmosphere – An Introduction to Meteorology. Prentice – Hall, New Jersey, Jersey 497 pp.

MATHER,J.R.1974. Climatology-Fundamentals and Applications. McGraw-Hill Book Company, New York, 412 s.

ÖZTÜRK,N. ve KADIOĞLU,M.,1996. Kötü Hava Şartlarının İstanbul Trafikini Etkileme Potansiyeli. I.Ulusal Ulaşım Sempozyumu, 6-7 Mayıs 1996, İstanbul,257-264.

PERRY,H.A., SYMONS,L.J.,1991. Highway Meteorology. E&FN Spon, London 156 pp.

QUAYLE,R.G., DIAZ,H.F.,1980. Heating Degree-Day Data Applied to Residential Heating Energy Consumption. Journal of Applied Meteorology,19:241-246.

SAID,S.A.M. 1992. Degree-Day Base Temperature For Residential Building Energy Prediction in Saudi Arabia. ASHRAE Transaction, 98:346-353.

SATMAN,A., ve ALTUN,G.,1991. Konut Isıtmacılığında Doğalgazın Kullanım Potansiyeli. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 9. Enerji ve Enerji Tasarrufu Semineri, 15-16 Ocak 1991, İstanbul

SMITH,L.P.,1975. Principles of Applied Climatology. McGraw Hill, London, 233 pp.

ŞEN,Z.,1999. Derece-Gün Kar Hesaplamaları ve Bölgesel Değerlendirme Yöntemi. Kar Hidrolojisi Sempozyumu, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 33-44.

THOM,H.C.S.,1952. Seasonal Degree-Day Statistics for the United States. Monthly Weather Review, 80:143-149.

THOM,H.C.S.,1954a. Normal Degree-Days Below Any Base, Monthly Weather Review, 82(5), 111-115.

THOM,H.C.S.,1954b. The Rational Relationship Between Heating Degree Days and Temperature, Monthly Weather Review,82(1),1-6.

THOM,H.C.S.,1962. Normal Degree-Days Above Any Base By The Universal Truncation Coefficient, Monthly Weather Review,94(7),461-465.

ÜNER,m.1998. Obtaining and Validating Typical Weather Data For Yearly Computer Simulation of Heating/Cooling Systems in Turkey. Yüksek Lisans Tezi, O.D.T.Ü. Ankara

WILLIAMS,J.1996. Questions About Heating, Cooling Degree Days.

YALÇINKAYA,N.,1997. Doğalgazın Soğutma Kullanımı ve Türkiye için Soğutma Derece-Saat Değerleri, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Lisans Tezi, İstanbul, 98 s.

YENER,C. ve GÜRDİL,F.,1987. Türkiye Derece-Gün Değerlerinin Belirlenmesi ve Derece-Gün Yöntemleri. TUBİTAK UDC 697.113 Nolu Yayını, 31 s.

YILMAZ,Z.,KOÇLAR ORAL,G.,MANİOĞLU,G.2000.İsıtma Enerjisi Tasarrufu Açısından Bina Kabuğu Isı Yalıtım Değerinin Bina Formuna Bağlı Olarak Belirlenmesi. İ.T.Ü. Araştırma Fonu, Proje No:985, İstanbul

## TEŞEKKÜR

- Bu konuda bana çalışma firsatı verip beni yönlendiren ve her türlü desteği esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Muhsin KILIÇ'a gösterdiği ilgi ve alakaya,
- Öğretim görevlileri Dr.mit ÜNVER ve Dr.Ömer KAYNAKLI'ya çalıŐmam esnasında vermiŐ oldukları teknik ve pratik fikirleri nedeniyle,
- Ve aileme vermiŐ oldukları maddi-manevi destekten dolayı

Teşekkür Ederim.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1981 yılında Bursa'da doğdu. İlköğrenimini Osmangazi İlkokulu'nda, orta öğrenimini Ticaret ve Sanayi Odası İlköğretim okulunda ve lise öğrenimini Bursa Cumhuriyet Lisesi'nde tamamladı. 1999 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2003 yılında bölümün Isı Tekniği ve Tesisatı Opsiyonu'ndan mezun oldu. Aynı yıl U.Ü'de Enerji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Öğrenimi'ne başladı. 2004 yılında özel bir şirkette satış mühendisi olarak çalışmaya başladı. Halen aynı işyerinde görevine ve Yüksek Lisans Öğrenimi'ne devam etmektedir.