

# KONUTLARDA ENERJİ KULLANIM EĞİLİMLERİ VE TÜKETİMİN ÇEVRE FAKTÖRLERİ İLE İLİŞKİSİ, BURSA ÖRNEĞİ

M. Emin Uğur ÖZ

## ÖZET

Bu çalışmada Bursa il merkezinde bulunan ve doğal gaz kullanan evsel müşteriler ele alınmış ve değişik mahallelerden seçilen konutların ısıtma türü tercihleri ve enerji tüketim eğilimleri incelenmiştir. Bu amaçla 1999–2007 yıllarına ait aylık gaz faturaları incelenerek ortak bir enerji tüketim akışkanlığının var olup olmadığı araştırılmıştır. Farklı ısıtma türleri için yük zaman dağılımları ile enerji tüketiminin çevre şartlarına bağlılıkları ve sosyal parametrelerin tüketimlere olan etkileri incelenmiştir. Meteorolojik veriler ( günlük ortalama dış hava kuru termometre sıcaklığı, rüzgâr hızı v.b.) kullanılarak tüketimlerle bu veriler arasındaki bağlantılar için doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analizleri yapılmıştır. Sonuçta enerji tasarrufu açısından bağımsız ısıtmanın ön plana çıktığı ve enerji tüketiminin kuru termometre sıcaklığı ile rüzgâr hızı dikkate alınarak tahmin edilebileceği sonucuna varılmıştır.

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde konut sektöründe ısıtma amaçlı enerji tüketimi tüketilen toplam enerjinin %70'i gibi çok yüksek bir orandadır. Avrupa birliğinde ise bu rakam %57 dir ve %25'i sıcak su üretimi için kullanılmaktadır. Ayrıca eski binalarda enerji tüketimi 200–250 kWh/m<sup>2</sup> iken yeni binalarda bu değer 100–150 kWh/m<sup>2</sup> ile sınırlandırılmak istenmektedir [1].

Enerji tüketiminin ve üretiminin tahmin edilmesi, modellenmesi ulusal temelde kısa ve uzun dönemli enerji planlaması ve tesis yatırımları için gereklidir. Günlük veya saatlik olan kısa dönem tahmini enerji üretiminin kontrolü ve programlanması için gereklidir, ayrıca yük akışının analizinde giriş verisi olarak kullanılır. Haftalık veya yıllık yapılan orta ve uzun dönemli tahminler ise bakım programları ve işletme planlaması için gereklidir [2]. Bu tahminler bir yandan toplam enerji tüketimi içinde evsel sektörün payını bulmada ve aileler için ekonomik, verimli ısıtma sistemini belirlemede de kolaylık sağlayacağından önemlidir. Ayrıca tüketiciye sunulan farklı sistemlerin fiyatlarını ve enerji tüketimlerini karşılaştırarak en uygun olanını tespit etmeye olanak sağlayacağından enerji yükleri tahmin yöntemleri sürekli araştırılıp, geliştirilmektedir.

Yük ve enerji tahmini yapmak için pek çok metot vardır, fakat regresyon analizi, enerji benzetim programı ve bilgisayar sistemleri en önemli yöntemlerdir. Regresyon analizi öncelikli olarak ölçülmüş yük bilgisi, uzun süreli hava şartları ve modellenen binaların özelliklerini bilmemizi gerektirir. Enerji benzetim programları hava özelliklerini temsil eden verilere ( Temsili yıl v.b. ) ayrıca binaların özelliklerine ve sosyolojik parametrelere dayanır, transfer fonksiyonları veya sayısal teknikleri kullanır. Sayısal metot daha yaygın olup kısa veya uzun dönemli yük ve enerji benzetimleri için uygundur. Bilgisayar sistemleri ise öncelikli olarak insan beyninin fonksiyonlarına göre bilgi işleyen sinir ağları gibi çalışır. Ölçülmüş yük bilgisi, hava şartları ve bina bilgisi gerektirir. Bir veya birkaç bina için uygun olan sinir ağları metodu kısa ve uzun dönemli yük ve enerji taleplerinin tahmini için kullanılabilir [3].

Modellerin hassasiyeti ölçülebilir ve tahmin edilebilir daha çok parametrenin katılımıyla artar, bunun zorluğu nedeniyle araştırmaların çoğu hava koşulları ve enerji talepleri arasındaki ilişkiyi tahmine

yöneliktir. Bu çalışmada ısıtma amaçlı enerji kullanan farklı tüketici guruplarının gaz taleplerinin bölgesel iklim verilerine bağlı değişimleri incelenmiştir.

## 2. MATERYAL

### 2.1. Tüketici Gurupları ve Gaz Tüketimi

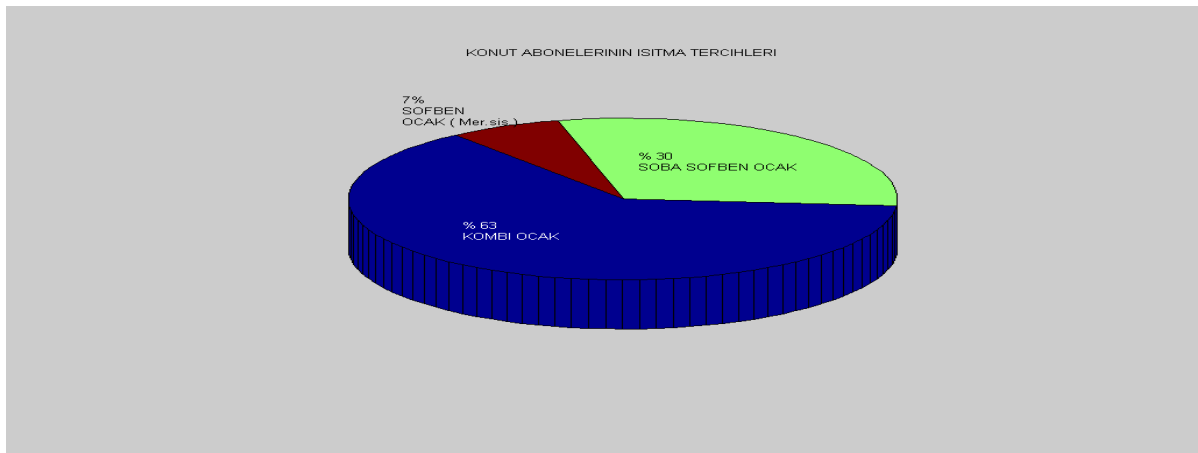
Konutlarda gaz kullanımı mevsimsel koşullara, sosyal hayata, çalışma ve bayram tatili günlerine, hafta içi ve hafta sonu günlerine, gece ve gündüze bağlı olarak değişmektedir. Bu değişimler alınan verilerle gözlenebilmektedir. Ailelerin gelir düzeyleri ve ısınma tercihlerine göre de gaz talepleri farklılaşmaktadır. Bu çalışmada evsel aboneler kullandıkları cihaz türlerine göre;

1. Kombi
2. Soba Şofben Ocak
3. Merkezi Sistem aboneleri ( Şofben ocak aboneleri dâhil )

olarak sınıflandırılmıştır. Tablo 1. de ısıtma türlerine göre son 5 yıllık toplam gaz tüketimleri ve Şekil 1 de bu abonelerin toplam ısıtma tüketimindeki % oranlarını verilmiştir. . Buna göre konut tüketiminde en büyük pay kombi tüketimlerine ait iken merkezi ısıtmanın payı en azdır. Isıtma tercihleri kombi, soba + şofben + ocak ve merkezi sistem olarak sıralanabilir. Net alanlara göre bina ısıtma yükleri oransal olarak değişeceğinden araştırmada anket yapılan evlerin birim alanlarına göre toplam gaz tüketimleri de ayrıca değerlendirildi.

**Tablo 1.** Bursa'da büyük endüstriyel tüketiciler dışında cihaz türlerine göre son 5 yıllık ( 2008 ilk aylarına kadar ) gaz tüketimleri[4].

CİHAZ TÜRLERİNE GÖRE TÜKETİMLER ( m <sup>3</sup> / yıl )				
YILLAR	Kombi-Ocak	Soba-Şofben Ocak	Şofben-Ocak	Toplam Konut Gaz Tüketimi
2004	131.988.779	90.456.164	10.101.103	232.546.046
2005	158.712.891	114.160.250	15.126.500	287.999.641
2006	220.496.568	131.042.305	16.402.045	367.940.918
2007	223.206.800	140.927.632	18.125.408	382.259.840
2008	123.811.300	92.108.120	8.402.421	224.321.841
TOPLAM	858.216.338	568.694.471	68.157.477	1.495.068.286



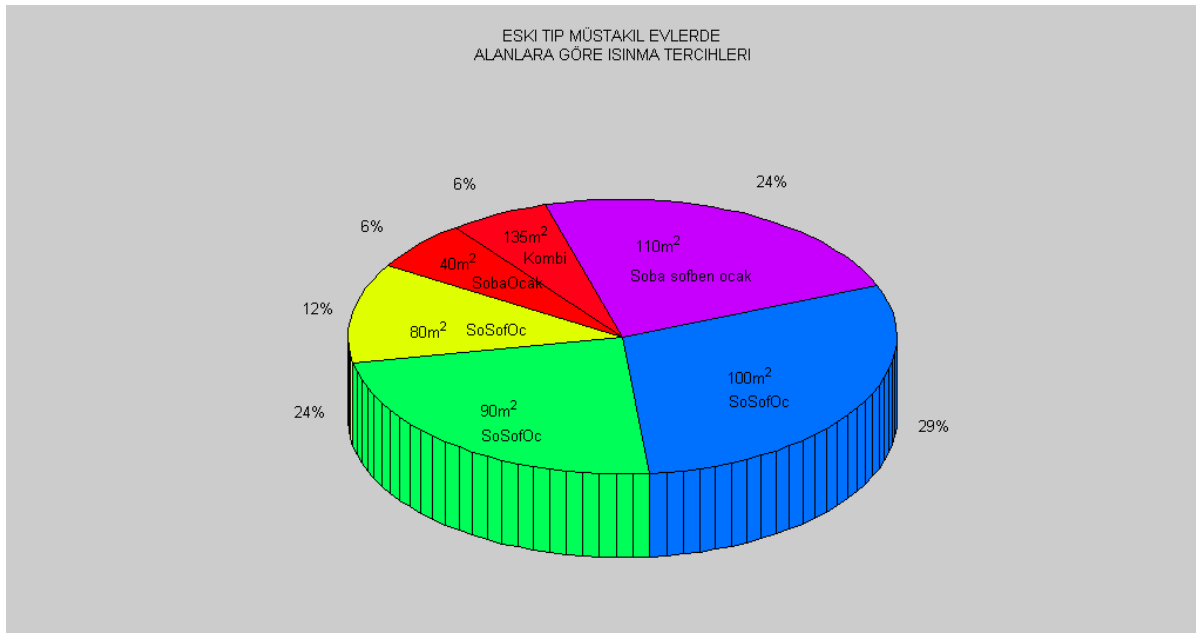
**Şekil 1.** Bursa İlinde Konut Abonelerinin Isıtma Tercihleri

## 2.2. Konut Türleri

Bu çalışmada tesadüfi örnekleme uygulandı [5]. Buna göre Bursa' nın çeşitli semtlerinde ikamet eden gaz aboneleriyle anketler yapıldı. Anket yapılan evler tek ailelik müstakil evler ve çok dairesel blok apartmanlar şeklinde 2 ana grupta değerlendirildi. Bunların %5.6 sı müstakil ev, geri kalanı apartman daireleridir.

Bağımsız evler eski ve yeni olarak sınıflandırıldı. Ortalama 4 kişiden oluşan ailelerin oturduğu eski tip bağımsız evlerin % 66 ' sının net 90 – 100 m<sup>2</sup> ve altında, % 24' ünün 110 m<sup>2</sup>, kalanının daha büyük alana sahip olduğu görüldü. Bu evler bitişik nizamlı, 1 veya 2 katlı, betonarme, dış duvarları tuğla örülü ve iç dış sıvalı, % 80'i yalıtımsız, % 35' inin pencereleri çift camlıdır. Isıtma tercihleri bağımsız evlerin % 88' inde soba + şofben + ocak, % 6' sında kombi, % 6' sında soba + ocak şeklindedir.

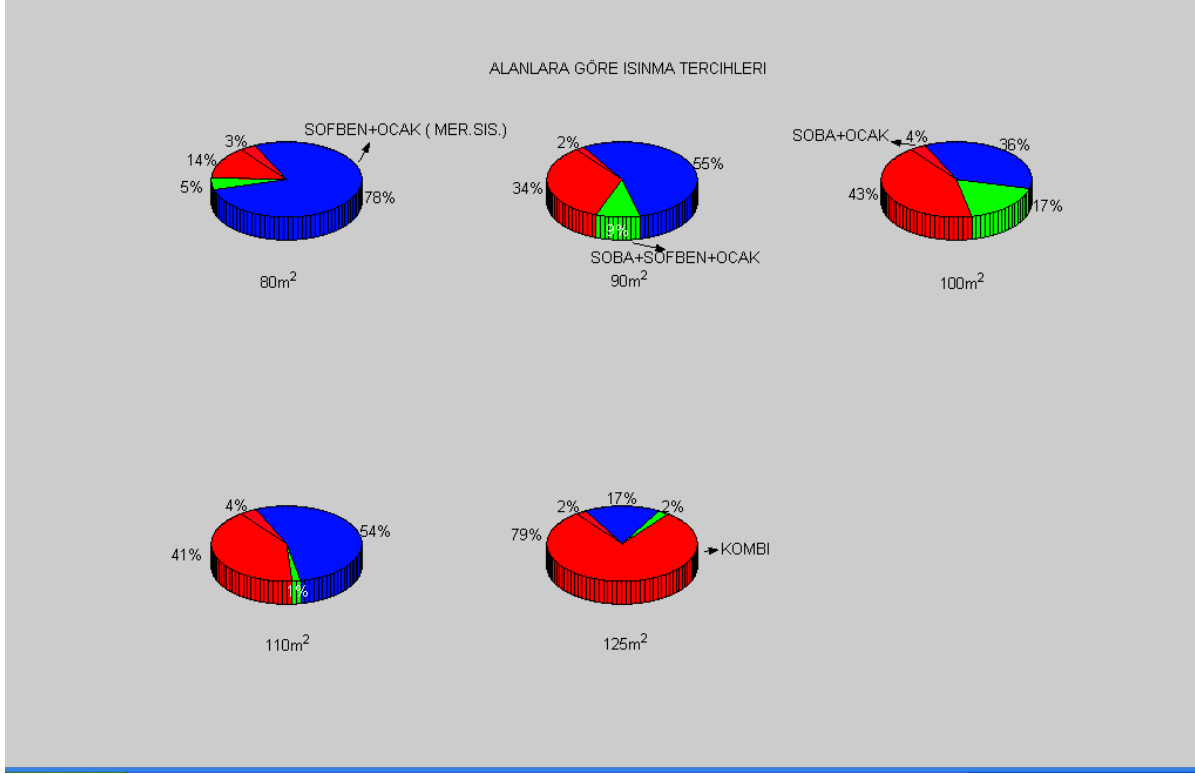
Şekil 2' de örnekleme yapılan evlere ait detaylı değerler verilmiştir.



**Şekil 2.** Eski tip Bağımsız Evlerde Net Isıtma Alanlarına Göre Isıtma Tercihleri ( Alanların Toplam Ev Sayısındaki Oranı % ile Gösterilmiştir. )

Anketlerdeki apartman dairelerin % 65' i 90 – 100 m<sup>2</sup>, % 35' i 110 m<sup>2</sup> ve daha büyük, yalıtımlı, 4 – 5 katlı betonarme binalardır. Net alanı 125 m<sup>2</sup> ve altında olanların tamamı, 135 m<sup>2</sup> Ve üstünde olanları ise % 70' i dış duvarları tuğla, diğerleri gaz beton örülü, iç ve dış sıvalıdır. 125 m<sup>2</sup> Ve üzerindeki binaların tümü yalıtımlıdır. Pencere / taban alan oranı % 10 – 12 arasında ve pencereler çift camlıdır.

Şekil 3 Apartman dairelerinde alanlara göre ısıtma tercihlerini göstermektedir. Isıtılan alanlar büyüdükçe kombi + ocak türü ısıtma tercih edilmektedir. 100 m<sup>2</sup> Ye kadar merkezi sistem, 110 m<sup>2</sup> den sonra dairelerin % 79' unda kombili ısıtma tercih edilmektedir. Soba + şofben + ocak kullanımı alanlarla birlikte artmakta ise de payı az olup 110 m<sup>2</sup> den sonra pek kullanılmamaktadır. Bu tip apartmanlar tek katta 3 veya 4 daire olan eski binalardır. Yerel gaz şirketindeki uzmanlar merkezi sistem ( kazan ) ısıtmanın daha çok eski yerleşim merkezindeki apartmanlar ve sitelerde olduğunu bildirmektedirler. Yeni apartmanlarda tercihi kombili sistemlerdir. Fakat enerji bakanlığının yeni yönetmeliğine göre 2009 yılı itibariyle toplam 1000 m<sup>2</sup> yi geçen alanlarda merkezi sistem ısıtma zorunlu hale getirilmiştir. Apartman dairelerinde oturan kişi sayısı; % 60' ında 4, % 30' unda 3 ve % 10' unda 5 tir.



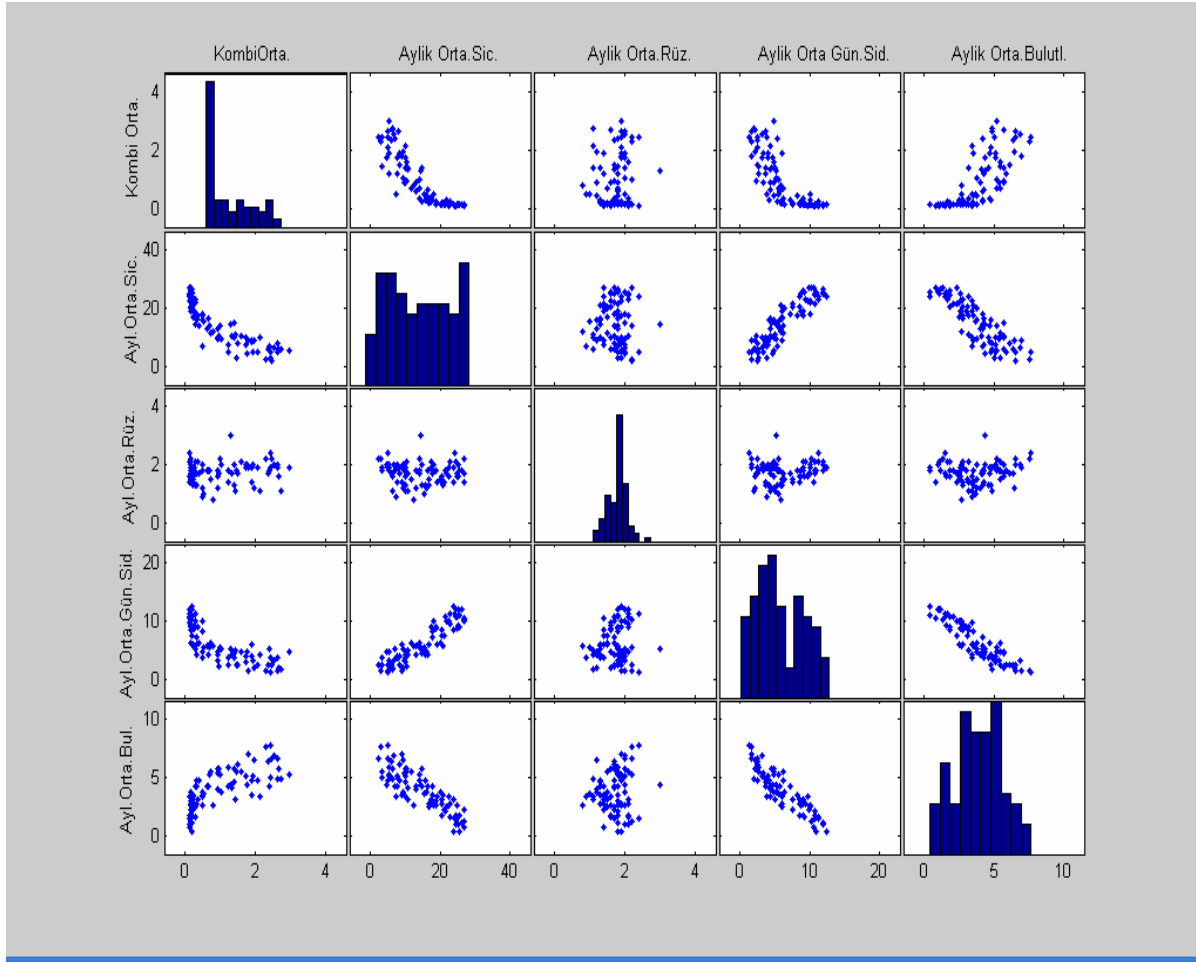
Şekil 3. Apartman Dairelerinde Net Isıtma Alanlarına Göre Isıtma Tercihleri.

### 2.3. Çevresel ( Meteorolojik ) Şartlara Bağlılık

Bursa 29.04° doğu boylamı, 40.11° kuzey enleminde, 2. iklim bölgesinde, rüzgârlı, ortalama yüksekliği 100 m, ılıman iklimli bir şehirdir. Gaz tüketim ve çevre şartları arasındaki ilişkinin saçılım grafikleri Şekil 4' de verilmiştir.

Gaz tüketimleri dış hava kuru termometre sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr yönü ve şiddeti, güneş ışığı şiddeti, toprak sıcaklığı v.b. çevresel parametrelerle ilişkilendirilebilir. Sıcak su üretiminde kullanılan şehir şebeke suyunun dış ortam sıcaklığından çok etkilenmeden 1 m. derinlikteki toprak altı sıcaklığı ile evlere girdiği kabul edilebilir. Ancak bu parametrelerin yük değişimini etkileyen bağımsız değişkenler olarak kabul edilebilmesi için birbirleri arasında ilişkinin olmaması veya anlamlı olmayan bir seviyede olması gerekmektedir [6]. Bu nedenle önce değişkenler arasında bir ilişkinin varlığı araştırılır.

Anketlerde öncelikle yer alan kombi + ocak abonelerinin tüketim ortalamaları ile meteorolojik şartlar arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon matrisi Tablo 2' dedir. Bu tabloda görüldüğü gibi tüketimin aylık ortalama sıcaklıklarla % 86 ters, aylık ortalama güneş şiddetiyle yaklaşık % 75 ters, aylık ortalama rüzgâr hızıyla yaklaşık % 15 doğru ve aylık ortalama bulutluluk seviyesiyle yaklaşık % 11 doğru orantılı bir ilişkisi vardır. Ancak aylık ortalama güneş şiddetiyle sıcaklık arasında % 90 doğru, aylık ortalama bulutluluk ile ortalama rüzgâr şiddeti arasında yaklaşık % 50 ters orantılı bir ilişki bulunduğundan bunlar değerlendirme dışında bırakıldı. Aylık ortalama güneş şiddeti ile tüketimin ilişkisi aylık ortalama sıcaklık



Şekil 4. Korelasyon Matrisi

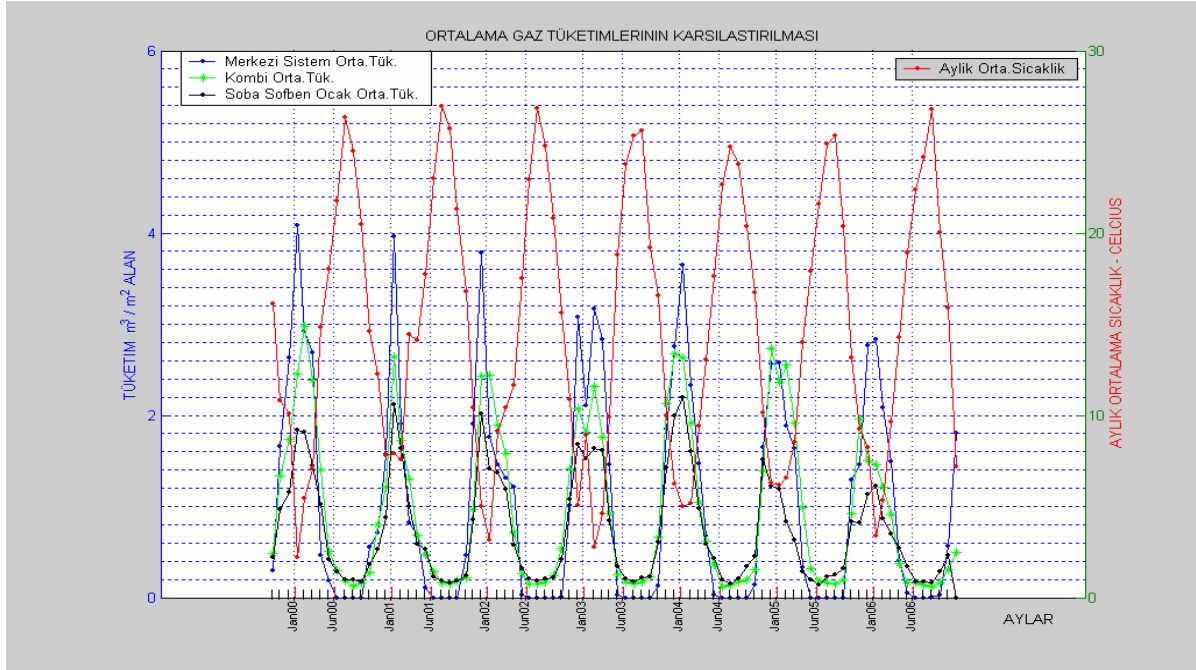
ile tüketim ilişkisinden daha zayıf, güneş şiddeti ile sıcaklık arasındaki ilişki daha kuvvetli görüldüğünden bu ikisinden sadece sıcaklık bağımsız değişken olarak alındı. Sıcaklık ve rüzgâr hızı arasında çok zayıf bir ilişki görüldüğünden bu iki parametre tüketimi etkileyen bağımsız değişkenler olarak alındı.

Tablo 2. Gaz Tüketimleri ve Hava Koşulları Arasındaki İlişkiler ( Korelasyon Matrisi )

Gaz Tüketimi	Kombi Orta.	Aylık Orta. Sıcaklık	Aylık Orta. Rüzgâr Hızı	Aylık Orta. Güneş Şiddeti	Aylık Orta. Bulutluluk
Kombi Orta.	1.0000	— 0.8626	0.1482	— 0.7452	0.1081
Aylık Orta. Sıcaklık	— 0.8626	1.0000	0.0215	0.8987	— 0.0851
Aylık Orta. Rüzgâr Hızı	0.1482	0.0215	1.0000	0.2409	— 0.4914
Aylık Orta. Güneş Şiddeti	— 0.7452	0.8987	0.2409	1.0000	— 0.3391
Aylık Orta. Bulutluluk	0.1081	— 0.0851	— 0.4914	— 0.3391	1.0000

### 3. ANALİZ

#### 3.1. Cihaz Türlerine Göre Tüketimler



**Şekil 5.** Kombi, Merkezi Sistem, Soba + Şofben + Ocak ortalama gaz tüketimlerinin karşılaştırılması

Bursa ilinde ısıtma sezonu genelde kasım ve mayıs arasındadır. Ancak yıllara göre ekim ayı içinde de başlayabilir. **Şekil 5** En çok tüketimlerin sırasıyla merkezi sistem, kombi, soba + şofben + ocak abonelerinde olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada ele alınan merkezi sistemler sadece ısıtma amaçlı çalışmaktadır ve kullanım için sıcak su üretimleri yoktur. Fakat kombi, soba + şofben + ocak tüketimlerine sıcak su ve pişirme yükleri dâhildir. Buna rağmen merkezi sistem yükleri diğerlerinden daha yüksektir. Aynı ısıtma döneminde birim alan için aylık tüketim ortalamalarının karşılaştırıldığı **Tablo 3'** te bu durum daha belirgindir.

**Tablo 3.** Isıtma Mevsiminde Isıtma Türlerine Göre Tüketimlerin ( m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> ) Karşılaştırılması

YIL	ISITMA TÜRÜ	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	TOPLAM
2000	Kombi	0.7978	1.2117	2.4566	2.9776	2.3880	1.4072	11.238
	Merkezi	0.7137	1.5670	4.0881	2.9171	2.6895	0.4599	12.4352
	Soba şofben oc	0.5305	0.8755	1.8366	1.8133	1.4493	1.0188	7.524
	Aylık Ort. Sıc (°C)	12.2430	7.8000	2.2065	5.4276	7.0548	14.8570	-
2001	Kombi	0.9693	2.4262	2.6418	1.7316	1.3043	0.6910	9.7642
	Merkezi	1.9033	3.7836	3.9586	1.8999	0.8167	0.6896	13.050
	Soba şofben oc	0.8569	2.0174	2.1224	1.6421	1.0026	0.5888	8.2302
	Aylık Ort. Sıc (°C)	10.4130	4.9806	7.8968	7.5643	14.432	14.1200	-
2002	Kombi	1.4178	2.0749	3.1774	1.8990	1.5812	0.716	10.8663
	Merkezi	1.0065	3.0763	2.4415	1.4538	1.3177	1.2156	10.5114
	Soba şofben oc	1.0741	1.6817	1.7562	1.3693	1.1877	0.5786	7.6476
	Aylık Ort. Sıc (°C)	10.8400	5.0452	1.4180	9.1071	10.430	11.6530	-

**Tablo 3.** (Devamı)

YIL	ISITMA TÜRÜ	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	TOPLAM
2003	Kombi	2.1276	2.6808	1.8104	2.3161	1.7572	9.8933	20.5854
	Merkezi	1.8473	2.7586	2.1026	3.1672	2.8369	0.9256	13.6382
	Soba şofben oc	1.4213	1.9902	1.5201	1.6347	1.6104	1.4544	9.6311
	Aylık Ort. Sıc (°C)	9.9867	6.2548	8.9032	2.7929	4.6065	0.8409	-
2004	Kombi	1.3862	2.7370	2.633	1.9209	1.0422	0.6205]	10.3398
	Merkezi	1.6472	2.5666	3.6428	2.3266	1.4699	0.6730	12.3261
	Soba şofben oc	1.5110	1.2245	2.1922	1.6027	0.9794	0.5810	8.0908
	Aylık Ort. Sıc (°C)	10.1367	6.2774	4.9839	5.1448	9.4129	13.0567	-
2005	Kombi	1.9557	1.5045	2.367	2.5510	1.9122	0.9860	11.2764
	Merkezi	1.4581	2.7611	2.5713	1.8801	1.6393	0.3258	10.6357
	Soba şofben oc	0.8237	1.1374	1.1920	0.8268	0.6290	0.2869	4.8958
	Aylık Ort. Sıc (°C)	9.2533	8.2581	6.1548	6.5679	8.5032	14.0133	-
2006	Kombi	0.5000	-	1.4554	1.2149	0.9101	0.3729	4.4533
	Merkezi	1.7997	-	2.8360	2.0796	1.4966	0.4034	8.6146
	Soba şofben oc	-	-	1.2284	0.8661	0.6935	0.5462	-
	Aylık Ort. Sıc (°C)	7.1800	-	3.3645	5.3571	9.6194	14.2467	-

### 3.2.Regresyon

#### 3.2.1. Doğrusal Regresyon Modelleme

Alt bölüm 2.3. deki sonuçlar tüketimlerin regresyon ve korelasyon analizlerinin aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama rüzgar hızına göre yapılması gerektiğini göstermektedir.

#### Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

Tüketimlerin ortalama değerlerini temsil edecek olan bir denklem uydurmak için çoklu lineer regresyon modelinin katsayıları ' En küçük kareler ' yöntemiyle elde edilmiştir. Gözlem değerlerine en yakın tahmin değerlerini verecek olan (  $y_1$  ) çoklu regresyon denklemi hataların kareleri toplamını minimum yapan fonksiyondur [7]. Ağırlıklı ısıtma tercihinin kombi olması nedeniyle burada kombi ortalama tüketimi için ' Matlab ' hesaplama programının kodlarıyla iki bağımsız değişkene (  $x_1$ ,  $x_2$  ) bağlı bir polinomla temel istatistik hesaplamaların nasıl yapıldığı örnek olarak gösterilmiştir ( Bkz: Ek 1 ).

$$y_1 = 2.1993 - 0.1096 * x_1 + 0.2568 * x_2$$

$$x_1 = \text{AylıkOrtalamaSicaklik} \quad (^\circ\text{C})$$

$$x_2 = \text{AylıkOrtalamaRüzgarHizi} \quad (\text{m / saniye})$$

$$r^2: 0.8161$$

Algoritma: 'En küçük kareler metodu'

$$r_{y_1} = x_1 \text{ ve } y_1 \text{ arasındaki basit lineer korelasyon katsayısı} \quad r_{y_1} = -0.897$$

$r_{y_2} = x_2$  ve  $y_1$  arasındaki basit lineer korelasyon katsayısı  $r_{y_2} = 0.136 < 0.40$  önemli bir etki yok.

$$r_{y1,2} = x2 \text{ Sabit iken } x1 \text{ 'in } y1 \text{ ' e etki oranı} \quad r_{y1,2} = 0.960$$

$$r_{y2,1} = x1 \text{ Sabit iken } x2 \text{ 'in } y1 \text{ ' e etki oranı} \quad r_{y2,1} = 0.109$$

İki bağımsız değişkenli doğrusal ( lineer ) analizde kısmi korelasyon katsayılarının testi:

$$H_0; r_{y1,2} = 0 \text{ Hipotezi için t testi:}$$

Hipotez:  $x2$  sabit iken  $x1$   $y1$  ' i etkilemez, aralarında ilişki yok.

$$t1 = r_{y1,2} \sqrt{\frac{n-3}{1-r_{y1,2}^2}} \quad t2 = r_{y2,1} \sqrt{\frac{n-3}{1-r_{y2,1}^2}}$$

$$t1 = 31.4321$$

$t$  Tablosunda çift taraflı  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyi ve  $f = n - 3 = 85 - 3 = 82$  serbestlik derecesi için [6];

$$t_{\alpha/2, n-3, Tablo} = 1.99 \quad (\cong 2)$$

$|t1| > t_{Tablo}$  Olduğu için  $H_0; r_{y1,2} = 0$  hipotezi geçersizdir.  $x2$  Sabit iken  $x1$   $y1$  ' i etkiler, ilişki var.

$|t2| = 1.0009 < t_{Tablo}$   $H_0; r_{y2,1} = 0$  hipotezi geçerlidir.  $x1$  Sabit iken  $x2$   $y1$  ' i etkilemez, ilişki yoktur

$H_0; r_{y2,1} = 0$  Hipotezi için  $F$  testi yapıldığında alınan sonuç  $F2 = 4.6471 < F_{\alpha, Tablo} = 6.85 \div 7.08$

$$(\alpha = 0.01 \text{ ve } f1 = 1, f2 = 82 \text{ için})$$

Bu nedenle doğrusal modellemede tek bağımsız değişken 'Aylık ortalama sıcaklık' dikkate alınacaktır.

### Tek değişkenli regresyon analizi

Genel model:

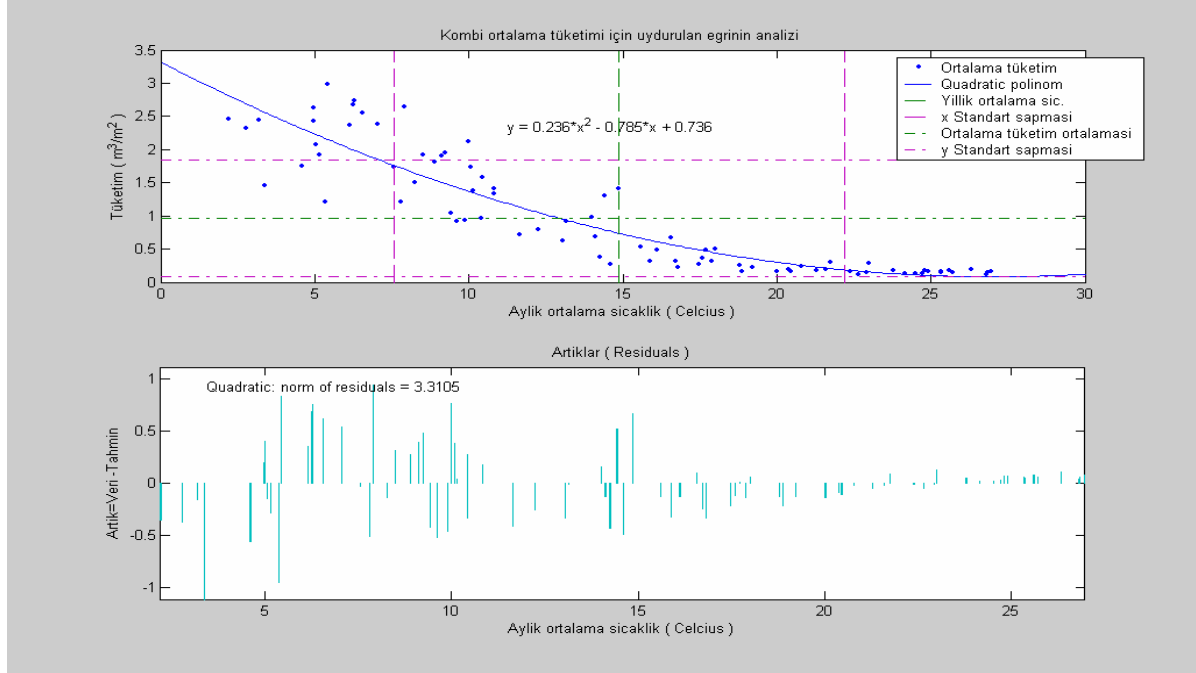
$$y = 0.2393 * x^2 - 73.57 * x + 0.6915$$

$x$  normalleştirilmiştir (  $14.88^\circ \text{C}$  ortalama sıc. ve  $7.3$  standart sapma ile )

$$r^2 : 0.8880 \quad \text{Algoritma: 'Güvenli bölge - Newton'}$$

Veriler ve tahmin edici değerler ( $x$ ) arasındaki ilişkiyi analiz ederken sağladığı kolaylık nedeniyle grafik gösterimler tercih edilir. Kombi ortalama tüketimi için Matlab programıyla elde edilen ikinci dereceden fonksiyonun ve artıkların çubuk grafiği ve % 95 olasılık aralığı Şekil 6 ve 7' de gösterilmiştir.

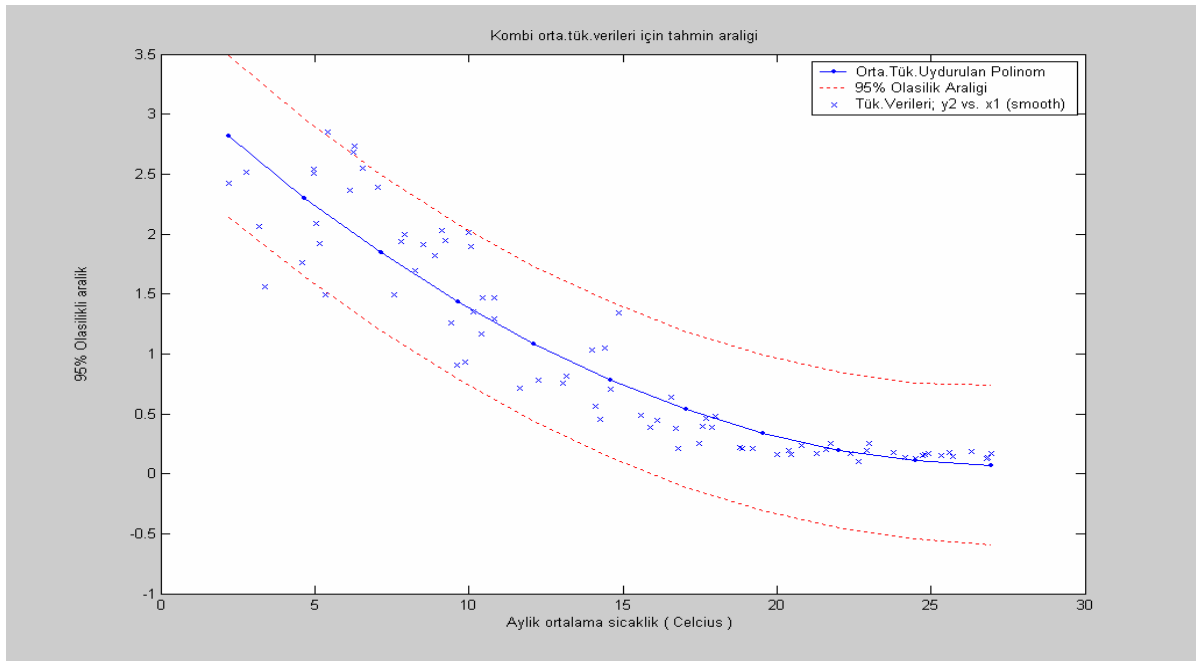




**Şekil 6.** Kombi Ortalama Tüketimi İçin Uydurulan 2. Derece Polinomun ve Artıklarının Grafiği

Açıkça görülüyor ki; artıklar 15 ve 18 °C aralığında ortalama değerden sapmaya başlamakta sıcaklık düşükçe değerleri artmaktadır. Bu, aslında sıcaklığın düşerek ısınmanın başladığı noktayı ve Bursa için ısıtma sezonunun dış hava kuru termometre sıcaklığının 18 °C' nin altına düştüğünde başladığını göstermektedir. Aslında bu eşik sıcaklığı tüketici gruplarına, yaşam tarzına, gelir v.b. sosyal parametrelere göre değişmektedir.

Ancak artıkların grafiği incelendiğinde 10 ve 20 °C arasındaki ortalama değerlerin uydurulan eğrinin biraz üstünde kaldığı, 5 ve 10 °C arasında ise biraz altında kaldığı görülmektedir. Bu sebeple eğrinin bu aralıklar içinde kalan değerlerin tahmini için bir düzeltme katsayısına ihtiyacı vardır.



**Şekil 7.** Kombi Ortalama Tüketimi İçin Tahmin Aralığı

### 3.2.2. Derece Gün

Aşağıdaki Şekil 8 ise konut aboneleri başına aylara göre 5 yıllık gaz tüketimlerini ve tüketimlerin ısıtma derece günlerle bağlantısını vermektedir. Burada günlük ortalama sıcaklıklar 18 °C' nin (Taban sıcaklığı) altına düştüğünde ısıtmanın başladığı kabul edilmiş ve günlük ortalamalar 18 °C' den çıkarılmıştır. Sonuçların pozitif olanları ısıtma derece gün olarak alınmaktadır. Böylece her ayın toplam gün sayısı için bu yöntemle aylık toplam ısıtma derece günler bulunur.

Şekil 8' de ısıtma derece günler ile gaz yükleri doğru orantılı bir artış göstermektedir ve yaz dönemi tüketimlerinin 20 m<sup>3</sup> lük bir taban tüketiminde kaldığı görülmektedir. Bu, dış sıcaklık ve diğer çevre şartlarıyla çok fazla değişmeyen temel yük olarak tanımlanmaktadır. Şekil 9 Konut tüketimlerini ısıtma derece günlerle lineer olarak ifade edebilen bir polinomun artıklarını vermektedir.

Konut tüketimi ve ısıtma derece gün arasındaki ilişkinin denklemi;

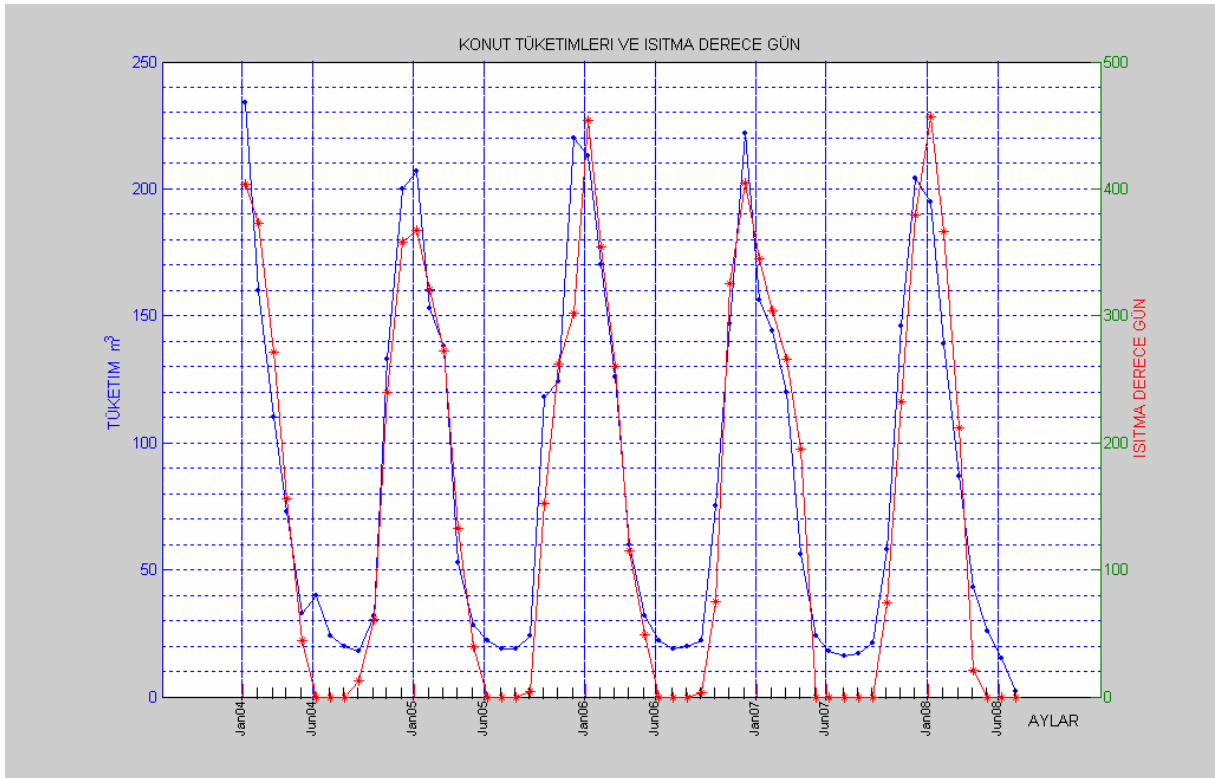
Lineer model Poly1:

$$y = 0.431*x + 19.24$$

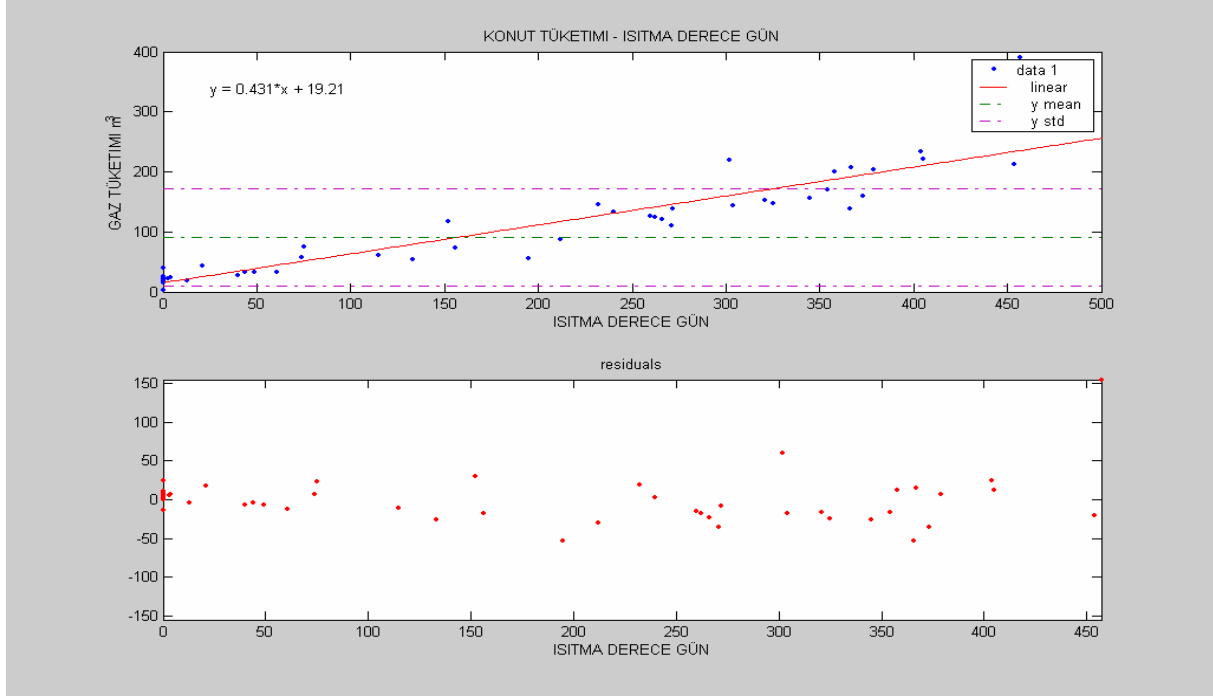
$$y = \text{Aylık Evsel Gaz Tüketimi ( m}^3 \text{ )}$$

$$x = \text{Derece Gün}$$

$$r^2 = 0.9733$$



Şekil 8. Konut Abonesi Gaz Tüketimleri ve Isıtma Derece Günler



Şekil 9. Konut Tüketimi ve Isıtma Derece Gün

## SONUÇ

Tablo 1 deki verilere göre konut gaz tüketimlerinde payı % 5 olan şofben + ocak tüketimlerini düşürsek tüketimin % 95' i ısıtma amaçlı olup aylık ortalama sıcaklıklar düştükçe tüketim ortalamaları ters orantılı bir şekilde artmaktadır. Pik tüketim kombi için 2000 Şubat, merkezi sistemde 2001 Ocak, sobalı ısınmada 2004 Ocak olarak gözükmemektedir. Isıtma aylarındaki (kasım ve mayıs arası) en düşük tüketimler ise kombi ve merkezi sistemlerde 2003 Ocak, sobalarda 2005 Ocak' tır.

Tüketimlerdeki değişimlerin % 86' sı dış hava sıcaklıkları ile açıklanabilir ve sıcaklığa göre ters orantılıdır. Rüzgâr hızı, esme yönü ve sayısı itibariyle 1997 – 2006 arasında en çok güneydoğu ve güneybatı ( lodos ) rüzgârları rasat edilmiş olup rüzgârın % 14' lük bir değişimi açıklayabildiği tespit edilmiştir. Bu değişim doğru orantılıdır.

Merkezi sistemler ortalama tüketimi en çok olan sistemlerdir ayrıca pişirme ve su ısıtma yükleri bu tüketim içinde yoktur. Kombi + ocak ve soba + şofben + ocak ortalama tüketimleri su ısıtma ve pişirme yükleri ortalamaya dâhil edildiği halde tüketim sıralamasında merkezi sistemden sonra gelmektedir. Bu guruplarda merkezi sisteme göre daha kontrollü bir ısıtma yapılmaktadır, bireysel ısı tasarruf talep ve faaliyetleri daha etkindir. Araştırmada kombi abonelerinin kullanılmayan odalardaki radyatörleri kapattığı tespit edilmiştir. Enerji tasarruf etkinliğine bu iyi bir örnektir. Ancak konfor taleplerini tam karşılamamaktadır.

Soba şofben ocak kullanılan evlerde tüm odaların homojen ısıtılmadığı ve farklı sıcaklıklardaki odaların istenilen konforu sağlayamadığı açıktır. Evlerin ısıtma alanları ve oda sayıları arttıkça ikinci bir soba ile ısıtma takviyesi yapıldığı görülmüştür. Bunlarda her zaman kullanılmayıp ihtiyaç duyulduğunda devreye girmektedir. Isıtma alanları arttıkça soba ile ısıtmanın terk edildiği görülmektedir. Merkezi sistemle ısıtılan evlerde ise boş olan dairelerin bile kontrolsüz bir şekilde ısıtıldığı ve termostatla sıcaklık kontrollerinin önemsenmediği görülmüştür.

Yeni yapılmış olanlar dışında evlerde ısı yalıtımında eksiklikler mevcuttur. Sobalı müstakil evlerde alan büyüdükçe yalıtım yapıldığı görülmektedir. Eski apartman bloklarında yalıtım olmadığı tespit edilmiştir. Bu enerji tasarrufu için iyi bir sonuç değildir.

Isıtma derece gün sayıları ile tüketimler arasında yüksek oranda bir ilişki vardır. Isıtma dönemlerindeki ( Kasım – Mayıs arası ) tüketim bu ilişki ile açıklanabilir. Isıtma dönemi dışındaki tüketimleri şofben ocak tüketimleri açıklamaktadır, nitekim sıcaklığa çok bağlı kalmadan ocak tüketimleri aylık 5 – 8 m<sup>3</sup> arasında salınmaktadır. Kişi başına aylık sıcak su ve ocak tüketimleri 5 – 10 m<sup>3</sup> arasında değişmektedir ve ortalama 4 kişilik ailelere göre yaz döneminde tüketimlerin 20 m<sup>3</sup> civarında olduğu şekil 8 de açıkça görülmektedir.

Guruplara göre ısıtmanın başladığı sıcaklıklar değişmektedir. Isıtma mevsimindeki aylık ortalama sıcaklıkların 2 ile 20 °C arasında olduğu grafiklerden açıkça görülmektedir. Sadece ısıtma mevsimindeki tüketimler ve bu sıcaklıklar arasında lineer bir bağlantı kurulduğunda görülmektedir ki; eğimi en düşük, yani tüketimleri sıcaklık düşümüyle en az artan gurup soba ocak şofben gurubudur. Eğim sırasıyla kombi ve merkezi sistemde giderek artmaktadır. Kombi gurubunda ısıtma başlangıç ortalaması 18.5 °C, merkezi sistemde 16.4 °C, soba ocak şofben gurubunda 19 °C' dir. Yönetmeliklere göre, merkezi sistem dış sıcaklıklar 15 °C' nin altına düşüğünde belediyenin izniyle çalıştırılmaktadır. Bu nedenle dış sıcaklıklar iyice düşmeden merkezi sistem devreye girmemektedir. Fakat ısıtma doğrusunun eğimi en fazla olanı da merkezi sistemdir. Çünkü birim alan tüketimi fazladır. Nitekim kış mevsiminin en düşük sıcaklığı olan 2 °C' de soba ocak şofben gurubunda ortalama tüketim 1.7 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup>, kombi gurubunda 2.7 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> iken merkezi sistemde 3.5 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> dir.

## ÖNERİLER

Uygulamada merkezi sistemle ısıtılan binalarda gaz ile ısınma maliyetleri eşit olarak pay edildiğinden aboneler enerji tasarrufuna yönelik önlemlere çok fazla dikkat etmemektedir. Sonuçta daha fazla enerji tüketimi ortaya çıkmaktadır. Kombi aboneleri ise bağımsız olarak enerji tasarrufu için aldıkları önlemler giderlerine doğrudan yansıdığından enerji tasarrufuna daha çok dikkat etmektedir. Sobalı sistemlerde ise konfordan ziyade enerji giderleri önemli olduğundan enerji tüketimi çok daha kontrollü olmaktadır. Mevcut merkezi sistem uygulamalarında ihtiyacın üstünde tüketim olduğu dolayısıyla enerjinin israf edildiği söylenebilir.

Yeni uygulamada enerji tasarrufuna yönelik olarak alanları 1000 m<sup>2</sup>' yi geçen binalarda merkezi sistemle ısıtmanın zorunlu yapılması mevcut uygulama şekliyle yeterli bir karar değildir. Bunun için tüketiciyi özendiren, enerji giderlerini azaltıcı ve abone tüketim kontrolünü artırıcı önlemler alınmalıdır. Bu amaçla binaların mantolanması, katlar arası izolasyonların yapılması, ısıtma ve sıcak su ihtiyacını karşılarken tüketilen enerjinin ısı payölçer ile ölçülerek maliyetlerin kullanılan enerji ile orantılı olarak hesaplanması ve uygun ısı kontrol ve otomasyon sistemlerinin seçimi ile enerjinin verimli ve tasarruflu olarak kullanılması, bağımsız ısınmanın getirebileceği avantajların merkezi sistemin avantajlarıyla birleştirilmesi son derecede önemlidir. Bu şartlar altında tüketicilerin isteyerek merkezi ısıtmayı tercih etmesi ve daha konforlu ısıtma sağlanırken aynı zamanda enerji tasarrufu sağlanması mümkün olabilir. Böylece enerji kullanımı ve tasarrufu için bir zorunluluk ve tüketici disiplini sağlanabilir. Bu tür önlemler alınmadan yapılacak merkezi sistem uygulamaları enerji tasarrufu sağlamadığı gibi merkezi sisteme geçiş problemleri hale gelir.

Sonuç olarak eski veya yeni tüm evlerde ısı yalıtımı süratle yaptırılmalı düşük ve orta gelirli aileler için bu konuda mali destekler artırılmalı ve kolaylaştırılmalıdır. Çok katlı apartman bloklarında katlar arası ısı yalıtımı özendirilmelidir. Tüm bireylere enerji tasarruf alışkanlığı kazandırılmalıdır. Böylece merkezi sisteme geçiş kolaylaşacaktır. Bu önlemler alınmazsa mevcut durumda kombi ile ısıtma merkezi sisteme göre daha uygundur. Mevcut durumda kombili sistem daha çok tercih edildiği gibi bundan sonrada daha çok tercih edilecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] DİLMAÇ ve KESEN, “A comparison of new turkish thermal insulation in building” Energy & Building 35 ( 2 ), 161 – 174, 2003
- [2] Building 35 ( 2 ), 161 – 174, 2003
- [3] FAN T. “ Development of tool to predict capacity demand under uncertainty of climate effects ”, Master thesis, XR-EE-ETK 2007:003, KTH School of Electrical Engineering, Stockholm, p. 2. 2007.
- [4] PEDERSEN, L.” Use of different methodologies for thermal load and energy estimations in building including meteorological sociological input parameters “, Elsevier, I (IV) III – III, Aug 2005
- [5] building including meteorological sociological input parameters “, Elsevier, I (IV) III – III, Aug 2005
- [6] BURSAGAZ A.Ş.Genel Müdürlüğü,” Bülten “, 2008.
- [7] İLKİZ, F.” İstatistiğe Giriş”, Barış Yayınları, ISBN 975–94951–0–4, İzmir, 2006.
- [8] ORHUNBİLGE, N.” Uygulamalı Regresyon ve Korelasyon Analizi”, Avcıol Basım-yayın, ISBN 975-404–456–2, İstanbul, 1996.
- [9] 404–456–2, İstanbul, 1996.
- [10] ÇETİN, A. E.” Matlab 6.5.”, Alfa, ISBN 975–297–364–7, İstanbul, 2003.

## ÖZGEÇMİŞ

### M. E. Uğur ÖZ

Lisansını Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliğinde tamamlayan M. E. Uğur Öz uzun yıllar özel sektörde çalıştıktan sonra akademik hayata başladı, Y.Lisansını ve Doktorasını Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği A.B.D.’ da yaptı. Halen Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler M. Y. O. Gaz ve Tesisat Teknolojisi Programı Öğretim Görevlisi ve Program Başkanı olarak çalışmaktadır. Evli ve bir kız çocuk sahibidir. İngilizce bilmektedir.

### EK 1

```
X=[AylıkOrtSıcaklık(1:85,:) AylıkOrtRuzHizi(1:85,:)];
x1=X(:,1);
x2=X(:,2);
X1 = [ones(size(x1)) x1 x2];
Yreal=Kombi_Ort(1:85,:);
a1=X1\Yreal;
a1 = 2.1993
0.1096
0.2568;
```

### EK 2

$Y(\text{GerçekDeğer}) = \text{TüketimlerinAritmetikOrtalaması}$

$y1 = \text{Tahm.Edilen(Hesaplanan)Değ.}$

$e(\text{Hata}) = Y(\text{GerçekDeğ.}) - y1(\text{HesaplananDeğ.})$

$Y = y1 + e$

$AE(\text{MutlakHata}) = |e|$

$RE(\text{MutlakBağılHata}) = \frac{AE}{Y}$

$\bar{Y}(\text{GerçekDeğ.Ortalaması}) = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N}$

$n = 85$  ( Örnek sayısı )

$$SSE(\text{HataKarelerToplamı}) = (e)^2$$

$$SSE = 12.3933$$

$$SSR(\text{Re gresyonKarelerToplamı}) = \sum (y_1 - \bar{Y})^2$$

$$SSR = 54.9810$$

$$SST(\text{GenelKarelerToplamı}) = \sum (Y - \bar{Y})^2$$

$$SST = 67.374$$

$$SST = SSR + SSE$$

$$MSE(\text{HataKarelerOrtalaması}) = \frac{SSE}{n-3}$$

$$MSE = 0.1511$$

$$RMSE(\text{S tan dartHata}) = \sqrt{MSE}$$

$$RMSE1 = 0.38$$

$$r^2(\text{BelirlilikKatsayı}) = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

$Y'$  de  $x'$  in açıklayabildiği kısım,

$(1 - r^2)$  açıklayamadığı kısım

$$r(\text{KorelasyonKatsayı}) = \sqrt{r^2} ,$$

$$r^2 = 0.8161$$

$$r = 0.9034$$