

ESKİŞEHİR'DE KONUTSAL DOĞAL GAZ TALEBİNE EKONOMİK GÖSTERGELERİN VE DIŞ ORTAM SICAKLIĞININ ETKİLERİ

Haydar ARAS *
Nil ARAS **

Bu makalede, konutlarda kullanılan doğal gazın ısıtma dönemine ait aylardaki tüketiminin tahmin edilmesi için geliştirilen otoregresif zaman serisi modelleri tanıtılmaktadır. Doğal gaz tüketimiyle, zaman ve derece günlerle ifade edilen hava değişkenleri arasındaki dinamik ilişkiler araştırılmakta, ayrıca doğal gaz fiyatı, dolar satış kuru ve tüketici fiyat endekslerini kapsayan çeşitli ekonomik göstergelerin doğal gaz kullanımına olan etkisi analiz edilmektedir. Modeller, Eskişehir de konutlarda kullanılan doğal gaza ait gözlem verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar, zaman ve hava değişkenlerinin yanında tüketicilere yönelik ekonomik göstergelerin de konutlardaki doğal gaz talebi üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

Anahtar sözcükler : Doğal gaz tüketimi, ekonomik göstergeler, derece-gün

This paper describes autoregressive time series models that were designed to forecast monthly demand of natural gas for heating period in residences. Dynamic relationships have been investigated between natural gas consumption and weather variables expressed in terms of time and degree-days. Besides, the impacts of various economic indicators such as the price of natural gas, dollar exchange rate and consumer price index on natural gas consumption have been analyzed. The models have been developed by using observation data on residential natural gas usage in Eskişehir. The results have revealed that in addition to time and weather variables, economic indicators also play a significant role in the residential consumption of natural gas.

Keywords : Natural gas consumption, economic indicators, degree-day

* Osmangazi Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü

** Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

GİRİŞ

Dünyada hızla artan enerji talebine karşı, mevcut enerji kaynaklarının giderek azalması ve çevre bilincinin gelişmesi, enerjinin daha verimli bir şekilde kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. 1970'li yıllarda yaşanan petrol darboğazından beri, çok sayıda araştırmacı çeşitli enerji konularını analiz etmiş ve özellikle enerji talep tahmin modelleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Enerji kaynaklarının daha etken kullanımı için tahmin hatalarını azaltacak uygun modellerin geliştirilmesi önemlidir.

Literatürde genel olarak enerji talebi ve kısa dönem yük tahmini üzerine yapılmış çalışmalarda çok çeşitli yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Bu yöntemlere örnek olarak; uyarlamalı hava duyarlı yaklaşım [1], zaman serileri [2], uzman sistemler [3], regresyon [4,5], istatistiksel karar fonksiyonları [6], ekonometrik analiz [7], yapay sinir ağları [8,9] ve deney tasarımı [10] verilebilir. Bohi [11] ve Hartman [12] genel olarak konutlarda enerji talebinin modellenmesi üzerinde çalışmış, Liu ve Subbaryan [13] bulanık mantık, sinir ağları ve otoregresif modellerin performanslarını karşılaştırmıştır. Taylor ve Majithia [14] ise, üç popüler geleneksel yöntemi gözönüne alarak değişen ağırlıklara göre birleştirilmiş tahminlerde bulunmaktadır. Kısa dönem yük tahmin modellerinin genellikle elektrik talebi için geliştirildiği görülmektedir.

Enerji talebindeki artışın sonucu olarak doğal gaz talebinde de yüksek bir artış söz konusudur. Doğal gaz konutlarda genel olarak üç amaç için kullanılmaktadır: Mekan ısıtma, yemek pişirme ve sıcak su sağlama. Pişirme ve sıcak su amaçlı gaz ihtiyacı iklim koşullarından az etkilendiği için yıl boyunca tüketimi hemen hemen sabittir. Mekan ısıtma ise özellikle dış ortam sıcaklığı, rüzgar, nem gibi iklimsel şartlara bağlıdır.

Konutlarda doğal gaz talebini tahmin etmeye yönelik farklı yöntemleri kullanan çalışmalar bulunmaktadır. Herbert [15], Amerika'da konutlarda oturan müşteriler için aylık doğal gaz satışlarının analizini yapmıştır. Liu ve Lin [16], Tayvan da konutlardaki doğal gaz

tüketiminin tahmin edilmesinde, aylık ve üç aylık zaman serilerinin performanslarını karşılaştırmış ve doğal gaz tüketimi ile gaz fiyatı ve ortalama hava sıcaklığı arasındaki ilişkileri araştırmıştır. Eltony [17], Kuveyt için iki ekonometrik model kullanarak doğal gaz talebinin kısa ve uzun dönemde fiyat ve gelire karşı elastik olmadığını bildirmektedir. Smith, Husein ve Leonard [18], kısa dönem bölgesel gaz talebini tahmin ederken karar verme sürecinde uzman sistemleri kullanmıştır. Bartels, Fiebig ve Nahm [19], Avustralya'da gaz talebini bölgelere göre belirlemek için koşulsal talep analizinden faydalanmaktadır. Çalışmalarında hane geliri ve diğer haneyi tanımlayan bilgilerin (yaşayan kişi sayısı, oda sayısı gibi) gaz talebi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Doğal gaz tüketimini tahmin etmek için yapay sinir ağlarını kullanan çalışmalar da bulunmaktadır [20, 21]. Knowles ve Wirick [22], bir gaz dağıtım şirketi için çoklu hava senaryolarını gözönüne alan bir portföy eniyileme modeli geliştirmiştir. Şirketin bu modeli kullanarak yıllık 50 milyon \$'ın üzerinde tasarruf sağladığı belirtilmektedir. Durmayaz, Kadioğlu ve Şen [23], derece-saatler yöntemine dayanarak, İstanbul'da bir apartmanda yaşayan farklı sayıda insan senaryoları için binanın mimari yapısı ile yapı malzemelerinin fiziksel ve termal özelliklerini gözönüne alarak doğal gaz gereksinimini hesaplamaktadır. Gümrah ve arkadaşları [24], Ankara için yıllık müşteri sayısı, ortalama derece gün değerleri ve müşteri başına kullanım oranını içeren derece gün kavramına dayalı bir modelle doğal gaz talebini tahmin etmektedir. Aras ve Aras [27] Eskişehirde aylık doğal gaz tahminini ısıtma olan ve ısıtma olmayan iki periyot için tahmin etmişlerdir.

Yerel gaz üretimi çok az olan ve doğal gazın neredeyse hepsini ithal eden Türkiye, bütün sektörlerde doğal gaz kullanımına ilk kez 1987 yılında başlamıştır. Eskişehir, Türkiye'de konutsal kullanıma doğal gaz verilen beş şehirden biridir ve 1996 yılında başlatılan konutlarda doğal gaza dönüşüm çalışmaları halen devam etmektedir. Bu çalışmanın amacı, Eskişehir iline ait aylık verileri

kullanarak, konutlarda doğal gaz tüketiminin değişim yapısını belirleyen ve kısa dönem gaz talebini tahmin etmeye yarayan uygun zaman serisi modelleri geliştirilmesidir. Modeller, modelin deterministik kısmının çoklu regresyon modeliyle, aralarında otokorelasyon olması muhtemel sapmaların bir otoregresif modelle temsil edildiği iki ayrı kısımdan oluşan çıkarımsal zaman serileridir. Türkiye'de konutlarda kullanılan doğal gazın başlıca kullanım amacı mekan ısıtma olduğu için, ısıtma dönemindeki doğal gaz tüketimi zamanın, derece günlerle ifade edilen havanın ve çeşitli ekonomik göstergelerin bir fonksiyonu olarak modellenmektedir.

VERİ ANALİZİ VE DERECE GÜN KAVRAMI

Veri kümesi, 1996 yılı Aralık ayı ile 2002 yılı Mart ayı arasındaki 64 aya ait Eskişehir ilindeki konutlarda tüketilen doğal gaz miktarları, günlük ortalama sıcaklık değerleri, aylık doğal gaz fiyatı, dolar satış kuru ile tüketici fiyat endeksinden oluşmaktadır. Konutlardaki doğal gaz tüketimleri (birimi $\text{sm}^3\text{-standart m}^3$) ile doğal gaz satış fiyatları (TL), Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş. (BOTAŞ)'den, aylık derece-gün değerlerini hesaplamada kullanılan günlük ortalama sıcaklık değerleri ($^{\circ}\text{C}$) Devlet Meteoroloji İşleri Eskişehir Bölge Müdürlüğünden, dolar satış kuru ve tüketici fiyat endeks değerleri ise Devlet İstatistik Enstitüsünden elde edilmiştir.

Bir ısıtma sürecindeki derece gün sayısı, ısıtma günlerindeki ısıtılan ortam sıcaklığı ile dış ortam hava sıcaklığı farklarının toplamına eşittir. Isıtma sürecindeki derece gün değeri;

- Z : Isıtma sürecinin uzunluğu
- T_i : Isıtılan ortam sıcaklığı / iç sıcaklık [$^{\circ}\text{C}$]
- T_{do} : Dış ortamın günlük ortalama sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
- DG : Derece gün değeri olmak üzere;

$$DG = \sum_{j=1}^Z (T_i - T_{do})_j \quad \text{Derece Gün} \quad (1)$$

olarak hesaplanır. Çoğu ülkelerde $T_i = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ve $T_{do} \leq 15\text{ }^\circ\text{C}$ olarak kabul edilmektedir [25]. Devlet Meteoroloji İşleri Eskişehir Bölge Müdürlüğünden temin edilen 1996 Aralık-2002 Mart ayları arasındaki 64 ayın günlük ortalama hava sıcaklığı değerlerinden faydalanılarak, Eskişehir'de ısıtma dönemine ait aylar için derece gün sayıları hesaplanmıştır. Isıtma dönemi 1 Ekim - 30 Nisan arası olmak üzere 7 ayı kapsamaktadır. Isıtılan ortamın sıcaklığı $20\text{ }^\circ\text{C}$ sabit tutularak, ısıtma döneminde günlük ortalama sıcaklık $15\text{ }^\circ\text{C}$ ve altına düştüğünde o güne ait derece gün değeri hesaplanmaktadır. Isıtma sürecinin başlamasını sağlayan $15\text{ }^\circ\text{C}$ değeri, taban sıcaklığı olarak adlandırılır. Taban sıcaklığı insan konfor ihtiyaçlarına bağlı olup bir bölgeden diğerine değişir. Dışarıdaki hava belli bir sıcaklığın üzerindeyse binayı ısıtmaya ihtiyaç duyulmaz. Eğer ortalama dış ortam sıcaklığı belli bir taban sıcaklığın altındaysa ısıtmaya ihtiyaç duyulur. Aylık derece gün değerleri toplamı,

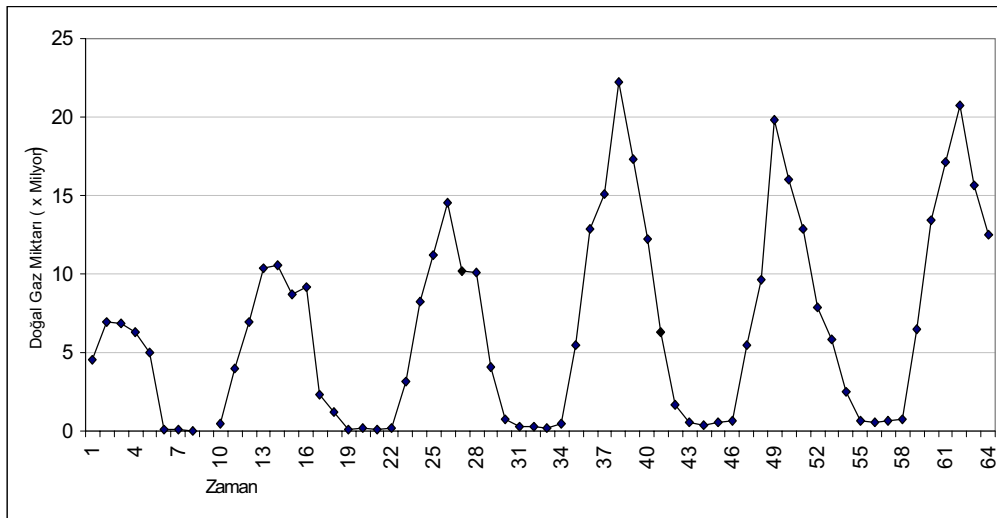
günlük derece gün sonuçları birleştirilerek elde edilmektedir.

Tablo-1'de yıllar itibarıyla konutlarda toplam ve ısıtma döneminde tüketilen doğal gaz miktarları ve yıllık toplam derece gün sayıları verilmektedir. Yıllık tüketimin yaklaşık %94-98'nin ısıtma dönemine ait aylarda gerçekleşmesi, doğal gazın başlıca kullanım amacının mekan ısıtma olduğunu göstermektedir.

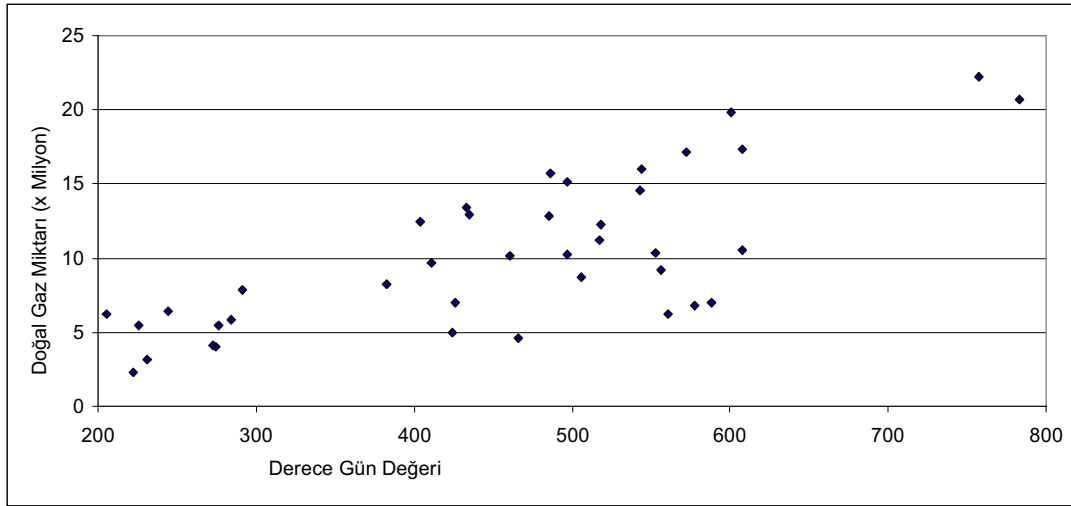
Yıllık ortalama derece gün sayısı, beş yılın ortalaması alındığında Eskişehir için 3117,52 olarak bulunmaktadır. Doğal gaz kullanan konut sayısı her yıl artmasına rağmen 2001 yılındaki tüketim bir önceki yıldan daha az gerçekleşmiştir. Bu yıla ait derece gün sayısının da ortalamasının altında olması, doğal gaz tüketimi ve derece gün sayısı arasındaki kuvvetli ilişkiye kanıttır. Dış ortam ne kadar sıcak olursa derece gün değeri o kadar küçük olmakta ve binaları ısıtmak için daha az enerji gerekmektedir. Şekil-1'de aylık doğal gaz tüketiminin zamana göre değişimi görülmektedir.

Tablo 1. Eskişehir 'de Tüketilen Doğal Gaz Miktarları ve Derece Gün Sayıları

Yıllar	1997	1998	1999	2000	2001
Yıllık Toplam Tüketim Miktarı (sm^3)	47.189.875	55.085.392	74.535.689	96.793.018	84.621.617
Isıtma Dönemindeki Tüketim Miktarı (sm^3)	46.413.236	53.344.257	72.528.722	93.001.839	79.531.213
Derece Gün Sayısı	3.402,60	3.022,50	2.930,80	3.376,40	2.855,30



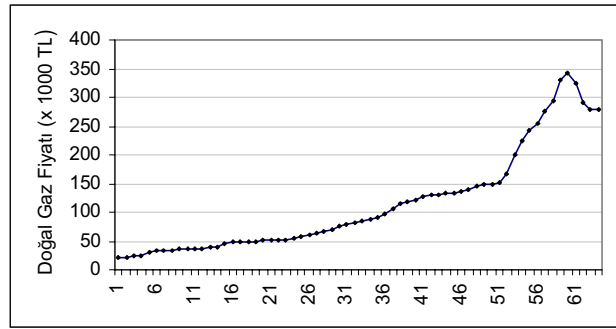
Şekil 1. Aylık Doğal Gaz Tüketiminin (sm^3) Zamana Göre Değişimi



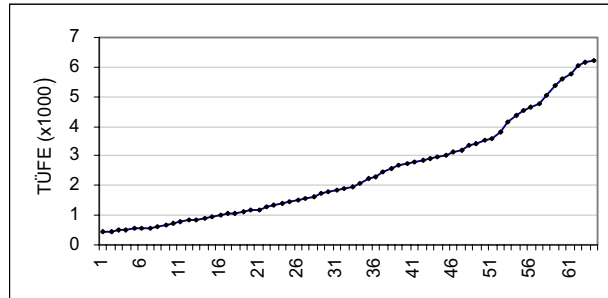
Şekil 2. Aylık Derece Gün Değerlerine Karşı Gelen Doğal Gaz Tüketim Miktarları (sm³)

Mevsimsel hava değişimi etkisinin çok açık olduğu tüketim verisi eğrisinde, mevsimsel etkinin zamanla birlikte arttığı göze çarpmaktadır. Şekil-2'de ki serpiye diyagramında, ısıtma dönemindeki aylık derece gün sayılarına karşılık gelen doğal gaz tüketim miktarları görülmektedir. Beş yıllık verilerden elde edilen sonuçlara göre Eskişehir'de ısıtma dönemindeki aylık derece gün sayıları 226,10 ile 783,20 arasında değişmektedir. İki değişken arasında kuvvetli pozitif yönlü bir ilişkinin olduğu ve derece gün sayısı ne kadar fazlaysa o kadar çok doğal gaz tüketildiği açıktır. Mekan ısıtmada enerji talebi havanın ne kadar soğuk olduğuna bağlı olarak değişmektedir.

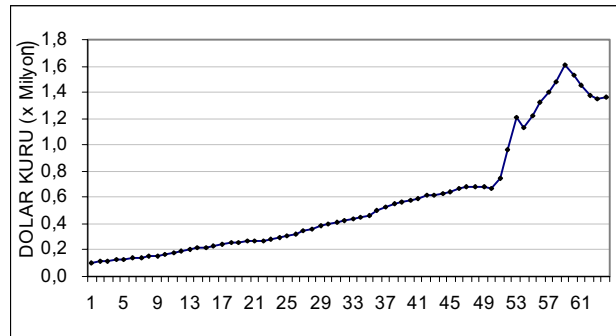
Tüketicilerin satın alma gücünün ya da bütçe kısıtlarının konutlardaki enerji tüketimini etkileyebileceği düşüncesiyle, tüketicilere yönelik üç ayrı ekonomik göstergenin de doğal gaz talebi üzerindeki etkisi analiz edilmektedir. Fiyat ya da bütçe değişkenleri olarak adlandırılabilen bu göstergeler; doğal gaz satış fiyatı (TL), dolar satış kuru ve tüketici fiyat endeksi (TÜFE)'dir. Şekil -3a, 3b ve 3c'de bu değişkenlerin zamana göre değişimi görülmektedir. Bütün şekillerde göze çarpan nokta, yaklaşık ellinci aydan sonra fiyat değişkeni eğrisinin eğimindeki hızlı artıştır. Bunun en büyük sebebi 2001 yılı başlarında Türkiye'de yaşanan ekonomik krizdir.



Şekil 3a. Doğal Gaz Fiyatının (TL) Zamana Göre Değişimi



Şekil 3b. Tüketici Fiyat Endeksinin (1994=100) Zamana Göre Değişimi



Şekil 3c. Dolar Satış Kurunun Zamana Göre Değişimi

DOĞAL GAZ TALEP TAHMİN YÖNTEMİ

1996 Aralık - 2001 Eylül ayları arasındaki ısıtma dönemi aylarına ait gözlem verileri yardımıyla doğal gaz tüketimi tahmin modelleri oluşturulmuştur. Bunları izleyen 2001 Ekim - 2002 Mart ayları arasındaki son 6 aylık gözlem verisi ise geliştirilen modelin tahmin performansını karşılaştırmak amacıyla kullanılmıştır.

Farklı modellerin performansını değerlendirmek için, belirlilik katsayısı (R^2), tahmin modelinin oluşturulduğu örnek verilerinin hata kareleri ortalamasının karekökü ($RMSE_{örnek}$) ve oluşturulan modelle tahminde bulunan son altı ayın hata kareleri ortalamasının karekök ($RMSE_{model}$) değerleri karşılaştırılmaktadır. Modellerde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler için kullanılan kısaltmalar Tablo-2'de verilmiştir.

Tablo 2. Modellerde Kullanılan Değişkenlerin Kısaltmaları

t	: Zaman indisi, gözlem yapılan ay, t=1, 2, ..., 64
Y	: Doğal gaz tüketim miktarı [sm^3]
X_1	: Derece gün değeri
M_1	: Ocak ayı için 1, değilse 0
M_2	: Şubat ayı için 1, değilse 0
M_3	: Mart ayı için 1, değilse 0
M_4	: Nisan ayı için 1, değilse 0
M_{10}	: Ekim ayı için 1, değilse 0
M_{11}	: Kasım ayı için 1, değilse 0
X_2	: Doğal gaz satış fiyatı [TL]
X_3	: Dolar satış kuru
X_4	: Tüketici fiyat endeksi
X_5	: Doğal gaz fiyatının bir önceki aya göre değişim oranı
X_6	: Dolar kurunun bir önceki aya göre değişim oranı
X_7	: Tüketici fiyat endeksinin bir önceki aya göre değişim oranı

Konutlarda kullanılan doğal gazın talep tahmin için 3 farklı model ele alınmıştır. Doğal gaz kullanımı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunun varsayıldığı modellerin performans değerleri Tablo-3'te karşılaştırılmaktadır. Modellerin her biri için % 1 anlam düzeyinde gerçekleştirilen tutarlık testleri, her üç modelin de bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklayabilir nitelikte olduğunu göstermektedir.

İlk modelde aylık doğal gaz tüketimi, zamanın ve derece gün değerinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmış ve izleyen tahmin modeli elde edilmiştir:

$$\hat{Y}_t = -7807284 + 169959(t) + 27918(X_{1,t}) + 0,3096(\hat{R}_{t-1}) \quad (2)$$

Isıtma dönemi için kurulan birinci derece otoregresif tahmin modeliyle, konutlardaki doğal gaz kullanım miktarındaki değişimin yaklaşık %89'u zaman ve derece-gün değeri değişkenleriyle açıklanabilmektedir. Aylık doğal gaz tüketim miktarlarının yaklaşık %89'u, bu modelle tahmin edilen değerlerin $\pm 2 RMSE_{örnek} = 3353830 sm^3$ aralığı içinde kalacaktır. Modelde derece gün değeri sabit tutulursa, zamandaki her 1 birimlik artış karşılığında doğal gaz tüketiminin $169959 sm^3$ artması beklenir. Zaman değeri sabit tutulursa, derece gün değerinin her 1 birimlik artışında doğal gaz tüketiminin $27918 sm^3$ artması beklenmektedir.

Aşağıda verilen ikinci modelde, zamanla birlikte artan mevsimsel etkiyi gözönüne alarak trigonometrik bileşenler modele dahil edilmiştir.

$$\begin{aligned} \hat{Y}_t = & -4169910 + 103402(t) + 20316(X_{1,t}) \\ & + 65604(t) \text{COSINUS} \left(\frac{2\pi}{12} t \right) \\ & + 92836(t) \text{SINUS} \left(\frac{2\pi}{12} t \right) + 0,2678(\hat{R}_{t-1}) \end{aligned} \quad (3)$$

Modele trigonometrik değişkenlerin eklenmesiyle gaz tüketiminin bağımsız değişkenlerce açıklanabilme oranı %92'ye yükselmiş, $RMSE_{örnek}$ değerinde de %11'lik bir azalma sağlanmıştır. Buna rağmen, son 6 ay için ikinci modelle yapılan tahminlerin $RMSE$ değerinde birinci modele göre %27'lik bir artış vardır.

Üçüncü modelde ise Aralık ayı temel ay alınarak, ısıtma aylarına ait yapay değişkenler modele eklenmektedir.

$$\begin{aligned} \hat{Y}_t = & -6559221 + 173401(t) + 27420(X_{1,t}) - 577342(M_1) \\ & - 1588002(M_2) - 2251364(M_3) - 1489008(M_4) \\ & - 1038868(M_{10}) - 676618(M_{11}) + 0,2063(\hat{R}_{t-1}) \end{aligned} \quad (4)$$

Aylık yapay değişkenlere ait β sabitleri Aralık ayına göre, her ay için doğal gaz kullanım miktarındaki artış ya da azalışı belirlemektedir. Zaman ve derece gün değerinin yanında ısıtma aylarına ait yapay değişkenlerin modele eklenmesi ise RMSE değerini arttırmıştır.

Tablo 3. Model Performanslarının Karşılaştırılması

	R^2	RMSE Örnek	RMSE Model
MODEL 1	0,89	1.676.915	1.985.512
MODEL 2	0,92	1.496.235	2.516.384
MODEL 3	0,91	1.744.759	2.371.672

Belirlilik katsayılarına bakıldığında, modellerin gözlem verilerine çok iyi uyduğu görülmektedir. Tahmin hatasındaki artışın son 6 aya özel bazı ekonomik ya da sosyal faktörlerden kaynaklanabileceği düşünülerek, RMSE örnek değeri en düşük olan ikinci modelin kullanılması önerilebilir.

FIYAT DEĞİŞKENLERİNİN ANALİZ EDİLMESİ

Tüketicilerin bütçe ya da gelir kısıtlarına bağlı olmayan zaman ve derece gün değerlerinin doğal gaz tüketiminde kuvvetli belirleyiciler olduğu görülmektedir. Konutlarda kullanılan enerji kullanım miktarı üzerinde tüketicilere bağlı olan ekonomik kısıtların etkisini araştırmak için, üç farklı fiyat göstergesinden türetilen değişkenler ayrı ayrı ikinci modele beşinci bağımsız değişken olarak eklenmiş ve Tablo-4'de görülen sonuçlar elde edilmiştir. Doğal gaz tüketimi üzerinde etkisi araştırılan fiyat değişkenleri doğal gazın satış fiyatı, dolar kuru, tüketici fiyat endeksi, bu üç değişkenin bir önceki aya göre değişim oranları ve doğal logaritma değerleridir.

Belirlilik katsayılarına ve $RMSE_{örnek}$ değerlerine bakıldığında üç fiyat değişkeninin logaritma değerleriyle en iyi sonuçların alındığı, fiyat değişkenleri değişim oranlarının modele eklenmesinin bir katkı sağlamadığı görülmektedir. Logaritmik fiyat değişkenleri içinde en

Tablo4. Model Performanslarının Karşılaştırılması

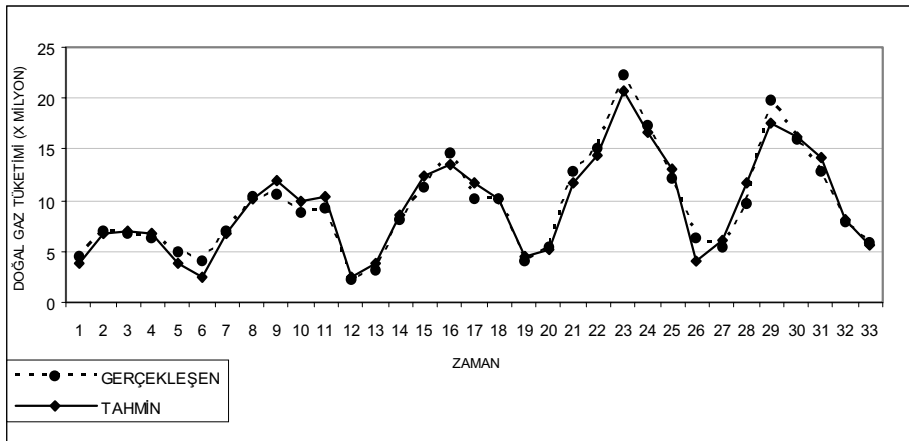
MODEL NO	Model-2'ye Eklenen Fiyat Değişkeni	R^2	RMSE Örnek	RMSE Model
4	X_2	0,92	1.490.888	2.915.192
5	X_3	0,92	1.480.546	1.649.670
6	X_4	0,93	1.431.637	3.309.132
7	X_5	0,92	1.545.981	2.330.979
8	X_6	0,92	1.510.033	3.084.429
9	X_7	0,92	1.547.505	2.515.339
10	LN (X_2)	0,95	1.262.650	4.830.006
11	LN (X_3)	0,93	1.377.683	4.032.549
12	LN (X_4)	0,95	1.190.047	2.054.857

iyi performansı tüketici fiyat endeksi göstermektedir. Fiyat değişkeni olarak tüketici fiyat endeksinin logaritma değerinin ikinci modele eklenmesi, modelin bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilme oranını %95'e yükseltmekte, $RMSE_{örnek}$ değerinde de ikinci modele göre %20'lik bir azalma sağlamaktadır. Bu değişken aynı zamanda logaritmik fiyat değişkenleri içinde tahmin hatası en düşük olanıdır. Tahmin hatası, bu değişkenin ikinci modele dahil edilmesiyle birlikte %18 azalmaktadır. Fiyat değişkenlerinin ikinci modele eklenmesiyle elde edilen dokuz modelin performansı, son 6 ayın tahmin hatalarına göre karşılaştırılırsa en iyi performansı dolar satış kuru değişkeninin yer aldığı beşinci modelin gösterdiği, bunu da tüketici fiyat endeksinin logaritma değerini içeren on ikinci modelin izlediği görülmektedir.

Fiyat değişkenlerinin modele eklenmesiyle, hata oranlarında azalma sağlanmış ve doğal gaz tüketim miktarının bağımsız değişkenler tarafından açıklanma oranı yükselmiştir. %1 anlam düzeyinde gerçekleştirilen tutarlılık testlerine göre, fiyat değişkenlerini içeren dokuz model istatistiksel olarak anlamlıdır. Performans değerleri karşılaştırıldığında en iyi performansı gösteren 12 nolu tahmin modeli aylık doğal gaz tüketim miktarlarını belirlemek için uygun bir model olarak kullanılabilir. Bağımsız değişkenlerin her birine ait t-testi değerleri de anlamlı çıkan model aşağıda verilmektedir.

$$\begin{aligned} \hat{Y}_t = & -73644770 - 358844(t) + 21457(X_1)_t \\ & + 67007(t) \text{COSINUS} \left(\frac{2\pi}{12} t \right) \\ & + 84577(t) \text{SINUS} \left(\frac{2\pi}{12} t \right) \\ & + 11163618(\text{LN}(X_2)) - 0,1150(\hat{R}_{t-1}) \end{aligned} \quad (5)$$

Şekil-4'te 1996 Aralık - 2001 Eylül ayları arasındaki ısıtma aylarında gözlenen ve (7) ile elde edilen tüketim miktarlarının aylara göre değişimi görülmektedir. İki eğrinin birbirine çok yakın bir seyir izlemesi, tahmin modelinin gözlem verilerine çok iyi uyduğunu ve doğal gaz talebinin kısa dönem tahminlerinde kullanılabilceğini göstermektedir.



Şekil 4. Isıtma Yapılan Aylara Ait Doğal Gaz Tüketiminin Gözlem ve Tahmin Değerleri

SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda Türkiye'nin enerji stratejisi doğal gaz üzerinde yoğunlaşmıştır. Türkiye'de doğal gaz piyasası ithalata dayalıdır ve sınırlı gaz iletim ve dağıtım sistemiyle hala gelişme aşamasında bulunmaktadır. Özellikle kış döneminde ortaya çıkan doğal gaz arz-talep dengesizliklerini gidermek için tüketim miktarlarının doğru tahmin edilmesi gereklidir. Doğal gazın kullanım için gerekenden çok az ya da çok fazla tahsis edilmesi ağır ekonomik kayıplara sebep olabileceğinden, tahmin

hatalarını azaltacak uygun talep modellerinin kullanılması önemlidir.

Türkiye'de konutlarda doğal gazın başlıca kullanım amacı mekan ısıtmadır. Mekan ısıtma amaçlı araçların kullanımını etkileyen en önemli faktör ise değişen hava sıcaklığıdır. Geçmiş çalışmalarda geliştirilen zaman serisi modellerinde hava değişkeni olarak genellikle dış ortam sıcaklığının alındığı ve doğal gaz fiyatı ile gelir dışındaki ekonomik göstergelerin analiz edilmediği görülmektedir. Çalışmada mekan ısıtma amaçlı kullanılan doğal gaz tüketimi ile zaman, derece gün değeri ve tüketicilere yönelik fiyat değişkenleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Hava sıcaklığı değişiminin bir ölçümü olarak aylık derece gün değerleri kullanılmasının sebebi, ihtiyaç duyulan enerji talebini belirlemede derece

günlerin daha iyi bir belirleyici olduğuna inanılmasıdır. Fiyat değişkenleri analiz edildiğinde, doğal gaz tüketimi üzerinde hava sıcaklığı değişiminin yanında tüketicilerin bütçe kısıtlarının da etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Modellerde, fiyat değişkeni olarak doğal gaz satış fiyatı yerine, dolar kuru ve tüketici fiyat endeksi logaritmasının kullanılması tüketim miktarı üzerinde daha açıklayıcı olduğu görülmektedir. Fiyat değişkenlerinin etkisi zamana göre değişebilir olup, ekonomik kriz sürecinde bulunan Türkiye'de doğal gaz tüketim miktarı üzerindeki yansımaları daha büyük olacaktır.

Geliştirilen zaman serisi modelleri, derece gün ve fiyat değişkeninin farklı değerlerini içeren birçok senaryo için gelecek dönemlerin tüketim tahminlerinin yapılmasına olanak vermektedir. Hedeflenen büyüme ve sosyal gelişmeleri desteklemek için, uygun tahmin modelleri kullanarak tüketicilere yeterli miktarlarda, sürdürülebilir ve rekabetçi fiyatlarla doğal gaz temin edilmesi gerekmektedir. Böylece, kısıtlı ve ithal bir enerji kaynağı olan doğal gazdan en ekonomik şekilde faydalanmak mümkün olacaktır.

KAYNAKÇA

- Campo, R, Ruiz, P.** Adaptive Weather Sensitive Short Term Load Forecast. IEEE Transactions on Power Systems 1987; 2 (3): 592-600.
- Hagan, MT, Behr, SM.** The Time Series Approach to Short Term Load Forecasting. IEEE Transactions on Power Systems 1987; 2 (3): 785-791.
- Rahman, S, Bhatnagar R.** An Expert System Based Algorithm For Short Term Load Forecast. IEEE Transactions on Power Systems 1988; 3 (2): 392-399.
- Papalexopoulos, AD, Hesterberg, TC.** A Regression Based Approach to Short Term System Load Forecasting. IEEE Transactions on Power Systems 1990; 5 (4): 1535-1544.
- Charleson, LR, Weber JE.** Energy forecasts for Western Australia 1992 - 2010. Energy Economics 1993; 15 (2): 111-122.
- Hubele, NF, Cheng, CS.** Identification of Seasonal Short Term Forecasting Models Using Statistical Decision Functions. IEEE Transactions on Power Systems 1990; 5 (1): 40-45.
- Lee, RS, Singh, N.** Patterns in Residential Gas and Electricity Demand : An Econometric Analysis. Journal of Business and Economic Statistics 1994; 12: 233-241.
- Hill, T, O'Connor, M and Remus, W.** Neural Network Models for Time Series Forecasts. Management Science 1996; 42 (7): 1082-1092.
- Connor, JT.** A Robust Neural Network Filter For Electricity Demand Prediction. Journal of Forecasting 1996; 15 : 437-458.
- Bartels, R, Fiebig, DG.** Residential end-use Electricity Demand: Results From a Designed Experiment. Energy Journal 2000; 21 (2): 51-81.
- Bohi, DR.** Analyzing Demand Behavior : a Study of Energy Elasticities. Baltimore: John Hopkins Univ. Press,1981.
- Hartman, RS.** Frontiers in Energy Demand Modeling. Annual Review of Energy 1979; 4: 433-466.
- Liu K, Subbarayan, S and Shoultz, RR.** Comparison of Very Short-Term Load Forecasting Techniques. IEEE Transactions on Power Systems 1996; 11 (2): 877-882.
- Taylor, JW, Majithia, S.** Using Combined Forecasts With Changing Weights For Electricity Demand Profiling. Journal of the Operational Research Society 2000; 51: 72-82.
- Herbert, F.** An Analysis of Monthly Sales of Natural Gas To Residential Customers in the United States. Energy System and Policy 1987; 10 (2): 127-147.
- Liu, LM, Lin, MW.** Forecasting Residential Consumption of Natural Gas Using Monthly ve Quarterly Time Series. International Journal of Forecasting 1991; 7: 3-16.
- Eltony, MN.** Demand for natural gas in Kuwait: An Empirical Analysis Using Two Econometric Models. International Journal of Energy Research 1996; 20 (11): 957-963.
- Smith, P, Husein, S and Leonard, DT.** Forecasting Short Term Regional Gas Demand Using an Expert System. Expert Systems with Applications 1996; 10 (2): 265-273.
- Bartels, R, Fiebig, DG and Nahm, D.** Regional end use Gas Demand in Australia. The Economic Record 1996; 72 (219): 319-331.
- Hobbs, BF, Helman, U and Jitraprakulsarn, S.** Artificial Neural Networks for Short Term Energy Forecasting :Accuracy and Economic Value. Neurocomputing 1998; 23: 71-84.
- Brown, RH.** Development of Artificial Neural Networking Models to Predict Daily Gas Consumption. Am. Gas Assoc. Forecasting Rev. 1996; 5: 1-22.
- Knowles, TW, Wirick, JP.** The Peoples Gas Light and Coke Company Plans Gas Supply. Interfaces 1998; 28 (5): 1-12.
- Durmayaz, A, Kadioğlu, M and Şen, Z.** An Application of the Degree-Hours Method to Estimate the Residential Heating Energy Requirement and Fuel Consumption in İstanbul. Energy 2000; 25: 1245-1256.
- Gümrah, F, Kattırcıoğlu, D, Aykan, Y, Okumuş, S and Kılınçer, N.** Modeling of Gas Demand Using Degree Day Concept: Case Study for Ankara. Energy Sources 2001; 23:101-114.
- Dağsöz, AK.** Türkiye'de Derece Gün Sayıları, Ulusal Enerji Tasarruf Politikası Yapılarda Isı Yalıtımı. İstanbul, 1995.
- Mendenhall, W, Sincich, TA.** Second Course in Statistics: Regression Analysis. New Jersey: Prentice Hall Inc,1996.
- Aras, H, Aras, N.** Forecasting Residential Natural Gas Demand. Energy Sources 2004; 26: 463-472