

# JEOTERMAL BÖLGE ISITMA SİSTEMLERİNDE ISI YÜKÜ TAHMİNİ

Adil Caner ŞENER  
Sarp YELETAYŞI  
Macit TOKSOY

## ÖZET

Bu makalede jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde (JBIS) kısa dönem (72 saatlik) ısı talebinin (yükünün) modellenmesi konusu anlatılmaktadır. Çalışmada ısı yükü modellenmesi istatistiksel bir yöntem olan zaman serisi analizi tekniği kullanılarak yapılmıştır. Önerilen metod daha sonra Balçova JBIS sistemi ısı yükü veri tabanı üstünde denenmiş ve gerçekleşen ısı yükü ile tahmin edilen ısı yükü karşılaştırılması verilmiştir. Çalışmanın amacı ısı yükü tahmininin neden gerekli olduğunu ve ülkemiz jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde “ısı yükü” tahmininin mümkün olduğunu göstermektir.

## 1.GİRİŞ

Jeotermal bölge ısıtma sistemleri de diğer ısıtma sistemleri gibi tepe ısı yüküne göre tasarlanırlar ve ısıtma sezonunun büyük bir bölümünde kısmi yüklerde çalışırlar. Isıtma sistemlerinde ısı yükünü belirleyen bir numaralı etken dış hava sıcaklığıdır, bununla birlikte büyük bir bölge ısıtma sisteminin hava sıcaklığı değişimlerine verdiği tepki bir çok etkene bağlıdır ve statik ısı yükü hesapları ile belirlenemez. Gelişmiş ülkelerde bulunan bölge ısıtma sistemlerinde ısı yükünün tahmini için ısı yükü tahmin modelleri kullanılmakta ve bu modeller sistem verileri ışığında devamlı olarak güncellenmektedir. Böylece bölge ısıtma sistemi aboneleri ihtiyaçları olan ısıyı doğru miktarda ve doğru zamanda alabilmektedirler.

Isı yükü tahmini optimum işletme stratejisinin belirlenmesinde ilk adımı ve diğer adımlar için en önemli veriyi oluşturur. Konvansiyonel enerji kaynaklı bölge ısıtma sistemlerinde olduğu gibi, bir jeotermal bölge ısıtma sisteminin optimum koşullarda işletilmesine sağlayacak kontrol stratejisi ısı yükünün modellenmesine gereksinim duyar. Isı yükünün modellenmesi, sisteme bağlı binaların herhangi bir andaki ısı kayıplarının hesaplanabilmesine imkan veren modelin kurulmasıdır. Örnek olarak üstünde çalışılan Balçova-Narlıdere sistemine bağlı yaklaşık 900 binanın termo fiziksel özelliklerinin bilinmemesi, dinamik ısı yükü hesaplama simülasyonlarının kullanımını mümkün kılmamaktadır. Sisteme bağlı binalara verilen toplam enerji 2001 yılından itibaren düzenli olarak, ölçülen eşanjör giriş ve çıkış sıcaklıkları ile şehir şebekesi debisinden hesaplanmaktadır. Günlük olarak hesaplanan bu değerler, mevcut sisteme, ideal olmamakla beraber verilen enerjidir. Bu çalışmada amaç eldeki verilere zaman serisi analizi yöntemi uygulayarak ve Balçova JBIS'nin ısı yükü modelini çıkarmak ve bu modelden yola çıkarak sistemin ısı ihtiyacını önceden tahmin etmektir.

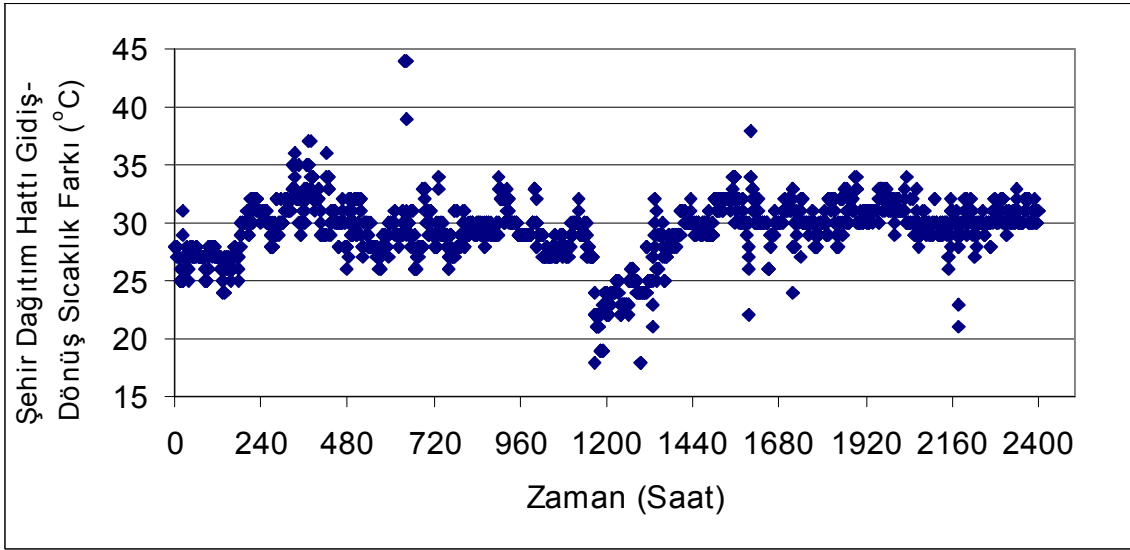
## Isı Yükü Tahminin Faydaları

Isı yükünün tahmini JBIS operatörüne sistemi gerçekten kontrolü altına alma şansı verir. Isı yükü tahmini yapmayan bir sistem kontrol stratejisi sistemde oluşan değişikliklere tepki vermek üzerine

kuruludur. Isı yükü tahminini içeren bir kontrol stratejisi ise sistemin anlık tepkiler ile değil bir plan kapsamında çalıştırılmasına olanak sağlar.

JBIS'leri, konvansiyonel yakıt kullanan bölge ısıtma sistemlerinden farklı olarak *sabit sıcaklık farkı, değişken debi* prensibine göre çalıştırılır. Proje aşamasında belirlenen sistem sıcaklık rejimi bir JBIS'nin sağlıklı çalışmasında en belirleyici etkidir. Sistemde, kullanıcılar tarafından kullanılan radyatörler dahil bütün ısı değiştiricilerin seçimi kararlaştırılan sıcaklık rejimine göre yapılır. Dolayısı ile bir JBIS'nin belirlenmiş sıcaklık rejiminin dışında<sup>1</sup> çalışması 1) daha fazla elektrik enerjisi kullanımına, ve 2) kullanıcının sağlıklı hizmet alamamasına yol açmaktadır. Bu noktada ısı yükü tahminin en büyük faydasının sistem sıcaklık rejimlerinin dalgalanmasının önüne geçilmesi olduğu söylenebilir.

Şekil 1, Balçova JBIS şehir hattı gidiş-dönüş sıcaklık farkının ısıtma sezonu içinde saatlik değişimini 100 günlük bir zaman dilimi içerisinde göstermektedir. Söz konusu devre için tasarım sıcaklık farkı 42°C olarak belirlenmiş fakat daha sonra işletme sırasında oluşan çeşitli problemlerden<sup>2</sup> dolayı işletme sıcaklık farkı 30°C olarak belirlenmiştir. Şekil 1'de gösterilen veriler 2003 yılı ısıtma sezonuna ait olup bu zaman içinde işletme sıcaklık farkı hedefi 30°C'dir. Şekil 1 incelendiğinde çıkarılacak iki sonuç; 1) sıcaklık farkının 25-35 °C arasında dalgalandığı, ve 2) daha iyi planlanmış bir kontrol stratejisi ile işletme sıcaklık farkının daha yukarılara çıkarılabileceği olacaktır.



Şekil 1. Balçova JBIS'nde şehir hattı gidiş-dönüş sıcaklık farkının saatlik değişimi.

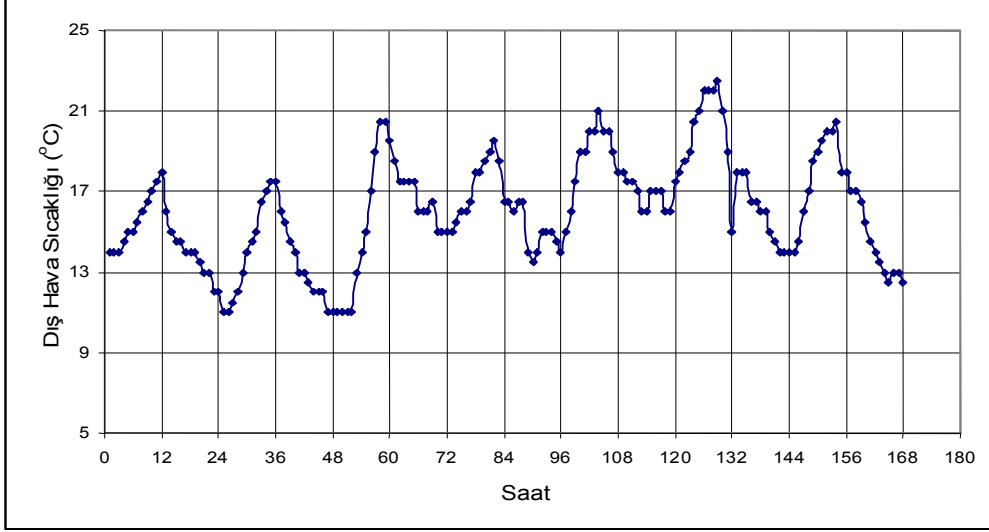
Sıcaklık rejimlerinin sabit tutulamaması durumunda oluşacak sorunlar geçmişte yapılan çalışmalarda [3,4] ayrıntılı biçimde ele alınmıştır. Sistemde sıcaklık rejimlerinin hedeflenen değerlerde tutulamamasının en etkili nedenlerinden biri de sistem operatörlerinin sisteme anlık tepkiler vermeleridir. Dış hava sıcaklığında gerçekleşen değişim sisteme bağlı binalardaki ısı talebinin değişmesine yol açmakta bu durum da gecikmeli olarak sıcaklık rejimlerine yansımaktadır. Sıcaklık rejiminin değişimine göre sistemi ayarlamaya çalışan operatör ise bütün bu değişiklikleri geriden takip etmekte dolayısı ile sıcaklık rejim, hedeflenen değerlerin etrafında dalgalanmaktadır.

Dış hava sıcaklığının dolayısı ile sistem ısı yükünün günlük (Şekil 2) ve mevsimsel (Şekil 3) olmak üzere iki ana periyodik özelliğinin olduğu düşünülürse, ısı yükü tahmini kullanmayan bir sistem kontrol

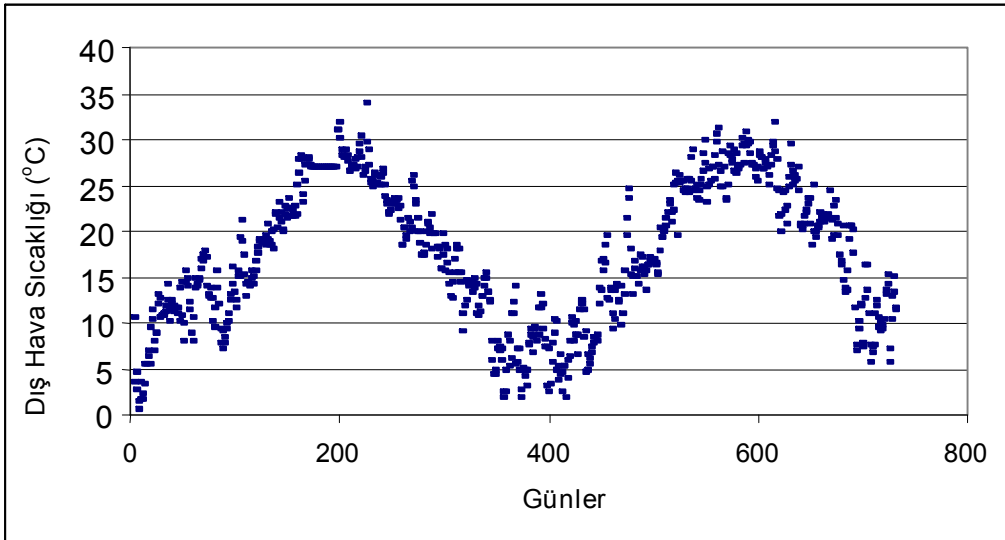
<sup>1</sup> Bir JBIS'in belirlenmiş sıcaklık rejiminin dışında çalışması büyük çoğunlukla projede belirlenmiş sıcaklık farklarından daha düşük farklarda çalışması şeklinde olmaktadır. (A.C.Şener)

<sup>2</sup> Bu konuda detaylı bilgiler [1] ve [2] kaynaklarında mevcuttur.

stratejisinin mevsimsel sıcaklık değişim trendine uyum sağlayacağı fakat günlük ve saatlik değişikliklere uyum sağlamada yetersiz kalacağı açıktır.



Şekil 2. Isıtma sezonu içerisinde İzmir ili saatlik dış hava sıcaklığı değişiminden bir kesit.



Şekil 3: İzmir ili dış hava sıcaklığının günlük değişimi (Süre: 2 yıl)

Sıcaklık rejiminin stabilize edilmesine ek olarak, ısı yükünün tahmini operatöre sistemde gerekli değişiklikleri (retim ve enjeksiyon stratejisinin önceden belirlenmesi ve kuyuların seçimi gibi ) yapması için gerekli zamanı kazandırır ve sistemin daha planlı bir Őekilde işletilmesine olanak sağlar.

## 2. NEDEN ZAMAN SERİSİ ANALİZİ?

Bir '*zaman serisi*' sıralı ve eşit aralıklı verilerden oluşur. Zaman serisi yöntemi özellikle ekonomi biliminde geleceğe yönelik senaryoların oluşturulmasında yoğunlukla kullanılır. Doğal olarak bir JBIS'nde zaman serisi analizi yöntemi ile ısı yükü tahmini yapılabilmesi için sistem verilerinin düzenli olarak toplanıp kayıt ediliyor olması gerekmektedir. Balçova-Narlidere JBIS'nde önceden belirlenmiş noktalarda uzun bir süredir veri toplama ve kayıt etme işlemi devam etmektedir. Sağlıklı bir modelin oluşturulabilmesi için 2-3 aylık bir zaman zarfında düzenli olarak kaydedilmiş saatlik veriler yeterli olacaktır. Dolayısı ile amaçlanan ısı yükü tahmin modelini oluşturabileceği bir veri tabanı Balçova-Narlidere JBIS için mevcuttur. Oluşturulan model eklenen yeni verilerle güncellenebilir böylece modelin tahmin gücü artar.

Zaman serisi analizi birçok yazılım (SAS, JMP-IN, Matlab) kullanılarak yapılabilir. Bu yazılımlar ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bu programların fiyatları ısı yükü simülasyon programlarına göre çok daha ekonomiktir. Bu çalışmada analizler SAS programı kullanılarak yapılmıştır. Dolayısı ile gereken veri tabanı oluşturulduğunda ısı yükünün tahminlenmesi için gerekli donanım standart bilgisayardır.

Balçova-Narlidere JBIS sistem verilerinin zaman serisi yöntemi ile analizi ve ısı yükü modellemesinin teorik altyapısı Ek-1'de verilmektedir.

## 3.ÖRNEK ISI YÜKÜ TAHMİN MODELİ

Balçova-Narlidere JBIS tek bir jeotermal boru hattı sisteminden ısı değiştirgeçleri vasıtası ile beslenen ikincil devrelerden oluşur. Bu ikincil devrelerin arasında en büyükleri Balçova, Dokuz Eylül Hastanesi ve Narlıdere Sistemleri olarak sıralanır. Şekil 4'te bu çalışmada ısı yükü modellemesi yapılan Balçova sisteminin basitleştirilmiş operasyon şeması gösterilmektedir. Balçova JBIS çalışmada kullanılan verilerin alındığı zaman olan 2003 yılında yaklaşık 900 binaya hizmet vermekteydi. Bu binaların çoğunluğu 5 katlı konutlar olmakla birlikte tek veya çift katlı müstakil evler, okullar, cami gibi farklı ısı yükü karakteristiği olan binalarda sistemden ısı almaktadır.

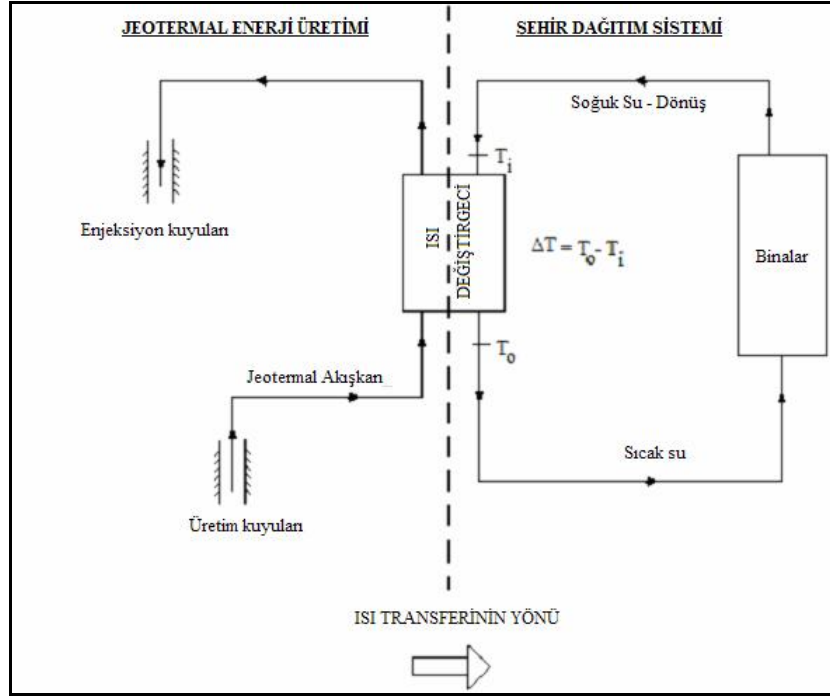
Çalışmada kullanılan veritabanı saatlik dış hava sıcaklığı ölçümlerine ek olarak ısı değiştirgecinin giriş çıkış noktalarından alınan saatlik sıcaklık ve debi ölçümlerinden oluşmaktadır. Çalışma yapıldığı tarihte sistemde herhangi bir otomasyon unsuru bulunmadığı için ölçümler vardiyalı çalışan operatörler tarafından önceden hazırlanmış tablolara yazılmakta daha sonra bu tablolar bilgisayar ortamına aktarılmaktadır.

Yapılan analizler sonucunda en uygun model ARIMAX(1,1,1) olarak seçilmiştir. Ek-1'de sunulan analizlerden elde edilen model aşağıdaki gibidir.

$$Q_t = 1.806*Q_{t-1} - 0.806*Q_{t-2} - 86.1*T_t + 155.5*T_{t-1} - 69.4*T_{t-2} - 0.956*\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

Q : Isı yükü  
t : Zaman endeksi  
T: Dış hava sıcaklığı  
ε : Hata terimi

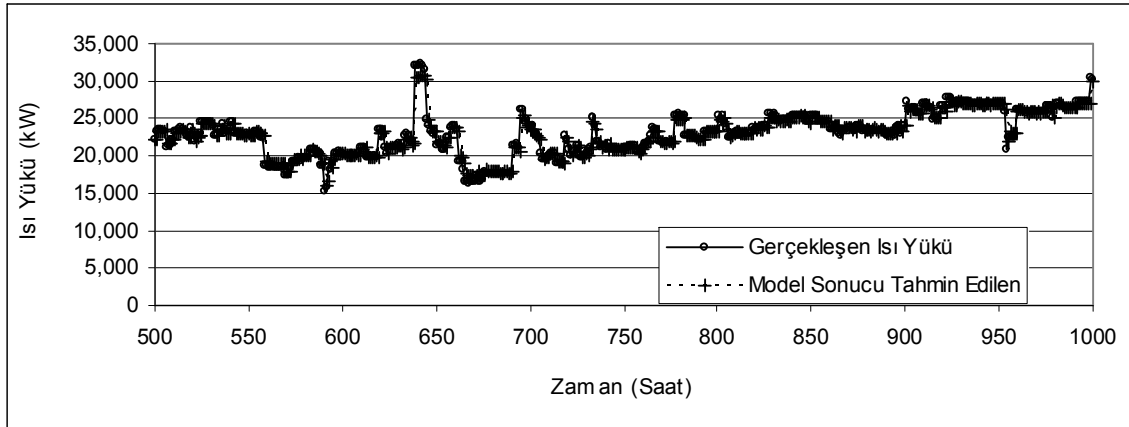
Kabaca özetlemek gerekirse model 72 saatlik hava sıcaklığı tahminini ve geçmiş saatlerde gerçekleşen ısı yükü bilgilerini kullanarak 72 saatlik bir ısı yükü tahmini sunmaktadır. Çalışmada sunulan model gelişmiş ülkelerde kullanılan modellere kıyasla çok basittir. Yukarıda verilen modele rüzgar ve güneş verilerinin de eklenmesi modelin tahmin gücünü büyük oranda arttıracaktır.



Şekil 4. Balçova JBIS basitleştirilmiş işletme şeması

#### 4. GERÇEKLEŞEN İSİ YÜKÜ İLE TAHMİN EDİLEN DEĞERLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

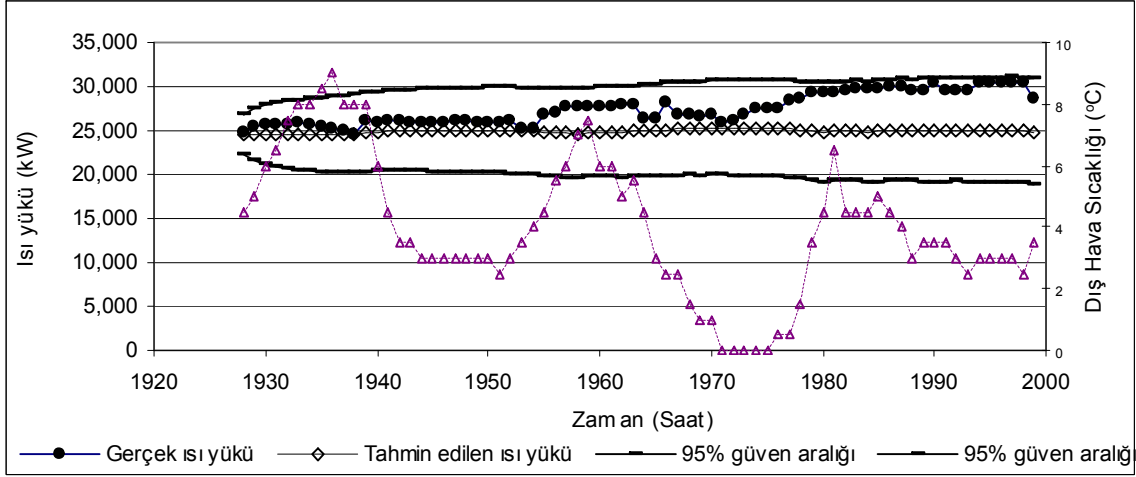
Tahmin edilen ısı yükü ile gerçekleşen ısı yükünün karşılaştırılması Şekil 5'te verilmiştir. Karşılaştırma, modeli yaratmak için kullanılan 1928 saatlik veriden sadece 500-1000 saat arası kullanılarak yapılmıştır. Diğer zaman aralıklarının karşılaştırması da aynı görünümde olmakla birlikte grafiği anlaşılabilir kılmak amacı ile sadece bir parça gösterilmiştir. Modelin  $R^2$  değeri 0.9 olarak hesaplanmıştır.



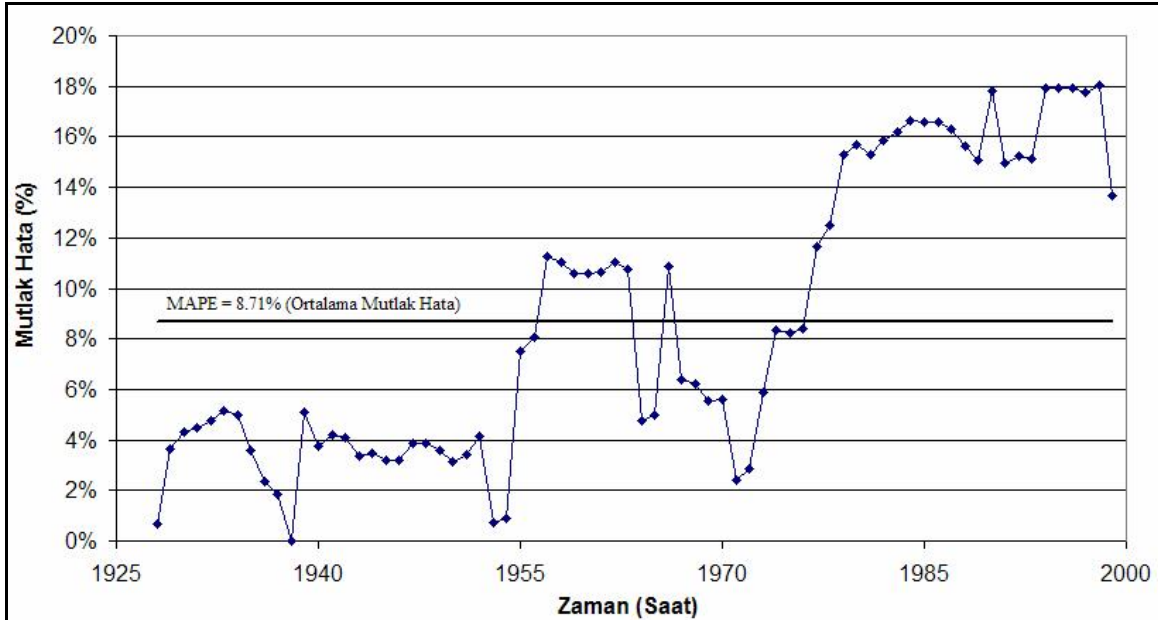
Şekil 5. Gerçek ısı yükü ile model sonuçlarının karşılaştırılması

Yaratılan ısı yükü modeli kullanılarak 1928-2000 (72 saatlik) saatleri arasında oluşacak ısı yükü tahmin edilmiştir. Sonuçlar Şekil 6'da gösterilmektedir. Tahmin edilen değerler ile gerçekleşen ısı yükü karşılaştırıldığında tahmin modelinin ortalama mutlak hatası 8.71% olarak gerçekleşir. Şekil 6 ve Şekil 7 birlikte incelendiğinde mutlak hata ilk 24 saat için 3.5%, ilk 48 saat içinse 5.3% olarak gerçekleşmektedir. Öte yandan gerçekleşen ısı yükü tüm veri noktaları için 95% güven aralığının içinde kalmaktadır (Şekil 6).

Modelin her saat başı elde edilen ölçümlerle bilgisayar tarafından otomatik olarak yenilenecek dolayısı ile tahminin kesinliği tahmin edilen zaman yaklaştıkça artacaktır.



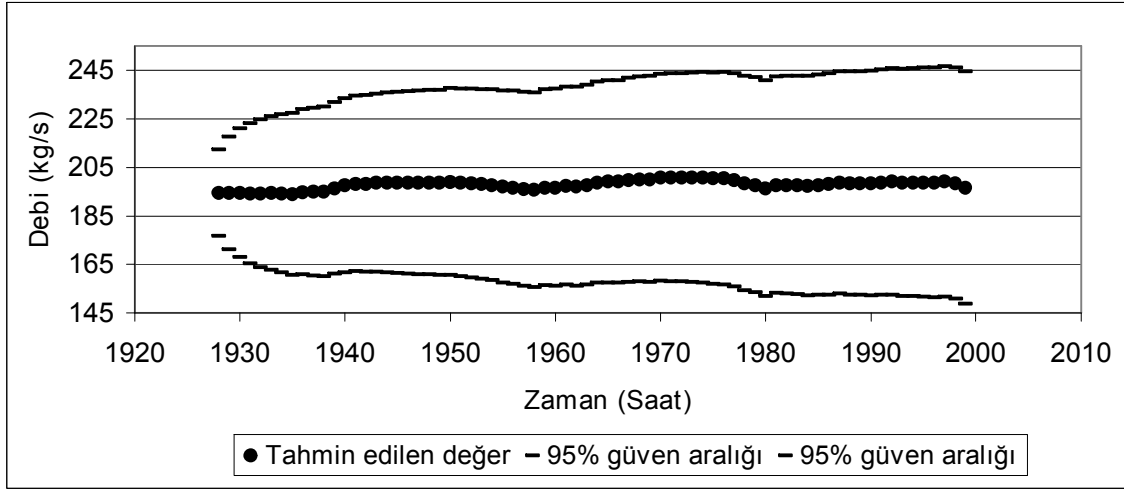
Şekil 6. Modelden elde edilen ısı yükü tahmininin gerçekleşen ısı yükü ile karşılaştırılması



Şekil 7. Mutlak Hata (%)

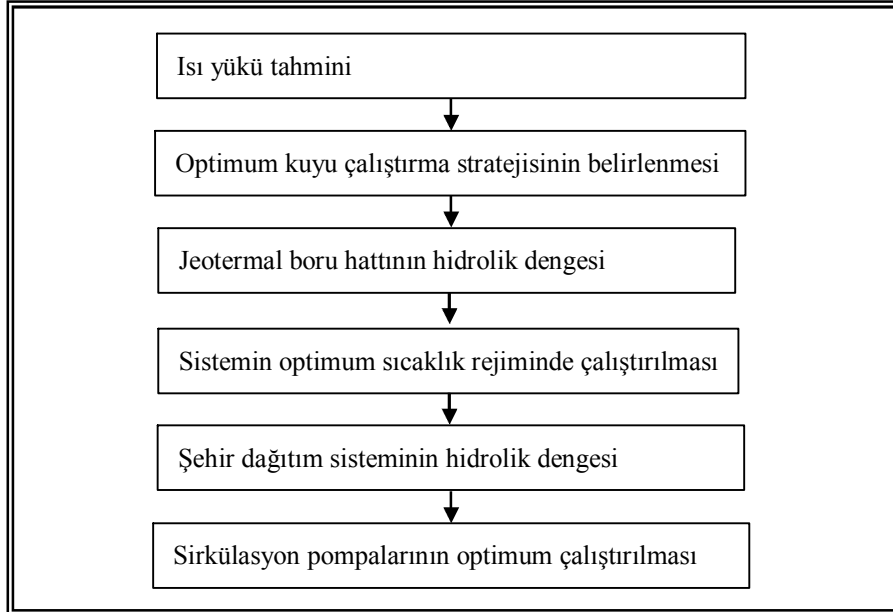
## 5. UYGULANABİLİRLİK VE SONUÇ

Önerilen modelin kullanılması durumunda söz konusu sistemde gelecek 72 saat için önerilen dağıtım sistemi debisi Şekil 8'deki gibi olacaktır. Sistemde otomasyon olduğu düşünülürse önerilen değerler yeni eklenen veriler ışığında her saat başı yenilenecek Şekil 8'de verilen Zaman – Debi grafiği bilgisayar ekranında sürekli olarak yenilenecek ve yaklaşmakta olan zaman dilimlerinin belirsizliği giderek azalacaktır.



Şekil 8. Model sonucu önerilen 72 saatlik debi

Isı yükü tahmin modelinin oluşturulması JBIS'de otomasyonun ilk ayağıdır. Şekil 9'da gösterilen JBIS optimum kontrol şemasından da görüleceği üzere sistemde gerekli ayarlamaların yapılmasına olanak sağlayacak böylece sistem sıcaklık rejimleri belirlenen değerlerde tutulabilecektir.



Şekil 9. Jeotermal bölge ısıtma sisteminin optimum kontrolü

Çalışmada sunulan modelin veya daha gelişmiş modellerin ülkemiz JBIS'lerinde uygulanmasına engel oluşturabilecek etkenler şöyle sıralanabilir;

- Modeli oluşturmak için kullanılacak veri tabanının olmaması veya yetersiz olması,
- Modeli kullanacak ve güncelleyecek iş gücünün veya donanımın bulunmaması.

Öte yandan Şekil 9'da sunulan algortimayı kullanan bir otomasyon sistemi dahilinde çalışan ısı yükü tahmin modelinin yukarıda belirtilen engellere takılmayacağı ve çok daha yararlı olacağı açıktır. Günümüzde ülkemiz JBIS'nde gerekli olan otomasyon sistemlerini ekonomik fiyatlara kuracak bilgi birikimi ve tecrübe ülkemiz özel sektöründe mevcuttur.

Daha önce de belirtildiği gibi çalışmada sunulan model güneş ve rüzgar verileri eklenerek çok daha güçlü tahmin yapar hale getirilebilir. Bu sebeple JBIS'leri bölgede bulunan meteoroloji istasyonları ile yakın işbirliği içinde olmalı eğer yakınlarda meteoroloji istasyonu yoksa kendi ihtiyaçlarını karşılayacak meteoroloji istasyonlarını sistem içinde kurmalıdırlar.

## EK 1

ARIMAX modelinde AR otoregresif komponenti, I seriyi stabilize etmek için gerekli olan çıkarma miktarını, MA değişken ortalama komponentini, X ise regresyondan gelen değişkenin varlığını simgelemektedir. Modelde bulunan AR komponenti, zaman endeksli çıktı değişkeninin zaman endeksinde kendinden önceki değerlerine bağlı olarak değiştiğini varsaymaktadır. I komponentinin sıfırdan farklı olması serinin durağan olmadığını ve stabilize edilmek için girdi ve çıktı değişkenlerinin en az 1 kere sıralı olarak farklarının alındığını göstermektedir. MA komponenti ise modelde bulunan rastgele hatanın da aslında zaman endeksinde daha önce yapılan hatalara bağlı olduğunu göstermektedir. X komponenti modelde en az bir tane bağımsız değişken bulunduğunu varsaymaktadır.

Bu durumda modelin açık hali aşağıdaki gibi oluşmaktadır:

$$(Q_t - \Phi Q_{t-1}) - (Q_{t-1} - \Phi Q_{t-2}) = \beta_1 * [(T_t - \Phi T_{t-1}) - (T_{t-1} - \Phi T_{t-2})] + \varepsilon_t - \theta \varepsilon_{t-1}$$

Bu görüntüde  $\Phi$  AR(1) komponentinin katsayısını, serinin bir kere farkının alınması I komponentinin 1 olduğunu,  $\theta$  MA(1) komponentinin katsayısını,  $\beta_1$  ise bağımsız değişkenin regresyondan gelen katsayısını simgelemektedir. Şekil E1 ve E2 SAS programı çıktıları olup söz konusu model çalıştırılarak veri tabanının analizi yapıldığında göstermektedir çıkan sonuçları göstermektedir. Alttaki model bu sonuçlar kullanılarak elde edilmiştir.

$$(Q_t - 0.806 * Q_{t-1}) - (Q_{t-1} - 0.806 * Q_{t-2}) = -86.08 * [(Q_t - 0.806 * Q_{t-1}) - (Q_{t-1} - 0.806 * Q_{t-2})] + \varepsilon_t - 0.956 * \varepsilon_{t-1}$$

ARIMAX modelinin varsayımları

- I parametresi kadar farkı alınmış serinin durağan olması.
- Hata değerlerinin ortalamasının 0 olması.
- Hata değerlerinin sıfır ortalama ve sabit varyans ile normal dağılmış olması.
- Hata terimlerinin otoregresif olmaması.
- Hata terimlerinin varyansının seri boyunca sabit olması

olarak özetlenebilir. Şekil E-2 hata terimlerinin otoregresif olmadığını göstermektedir. Şekil E3'ten ise serinin durağan olduğunu, hata değerlerinin ortalamasının yaklaşık 0 olduğunu göstermektedir. Şekil E4 hata terimlerinin normal dağılımını test edilmesinde kullanılan "Shapiro Wilk" testi sonuçlarını göstermektedir. Şeklen normalite sağlanmış olmasına rağmen test sonuçları normalite varsayımının olmadığını göstermektedir. Bu durum özellikle büyük veri serilerinde sıklıkla karşılaşılan bir durumdur ve ihmal edilmesi modelin doğruluğunu etkilemeyecektir.



The SAS System 203  
18:21 Monday, September 12, 2005

The ARIMA Procedure

Unconditional Least Squares Estimation

Parameter	Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Lag	Variable	Shift
MA1,1	0.95559	0.01012	94.42	<.0001	1	heat	0
AR1,1	0.80595	0.02053	39.25	<.0001	1	heat	0
NUM1	-86.07937	29.06949	-2.96	0.0031	0	t_amb	0

Variance Estimate	1300250
Std Error Estimate	1140.285
AIC	32583.66
SBC	32600.35
Number of Residuals	1926

Correlations of Parameter Estimates

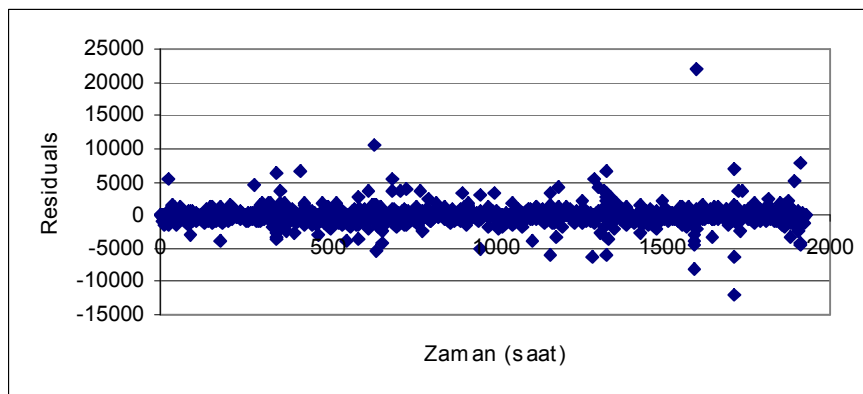
Variable		heat	heat	t_amb
Parameter		MA1,1	AR1,1	NUM1
heat	MA1,1	1.000	0.753	-0.007
heat	AR1,1	0.753	1.000	0.007
t_amb	NUM1	-0.007	0.007	1.000

Şekil E1. SAS programı çıktısı 1.

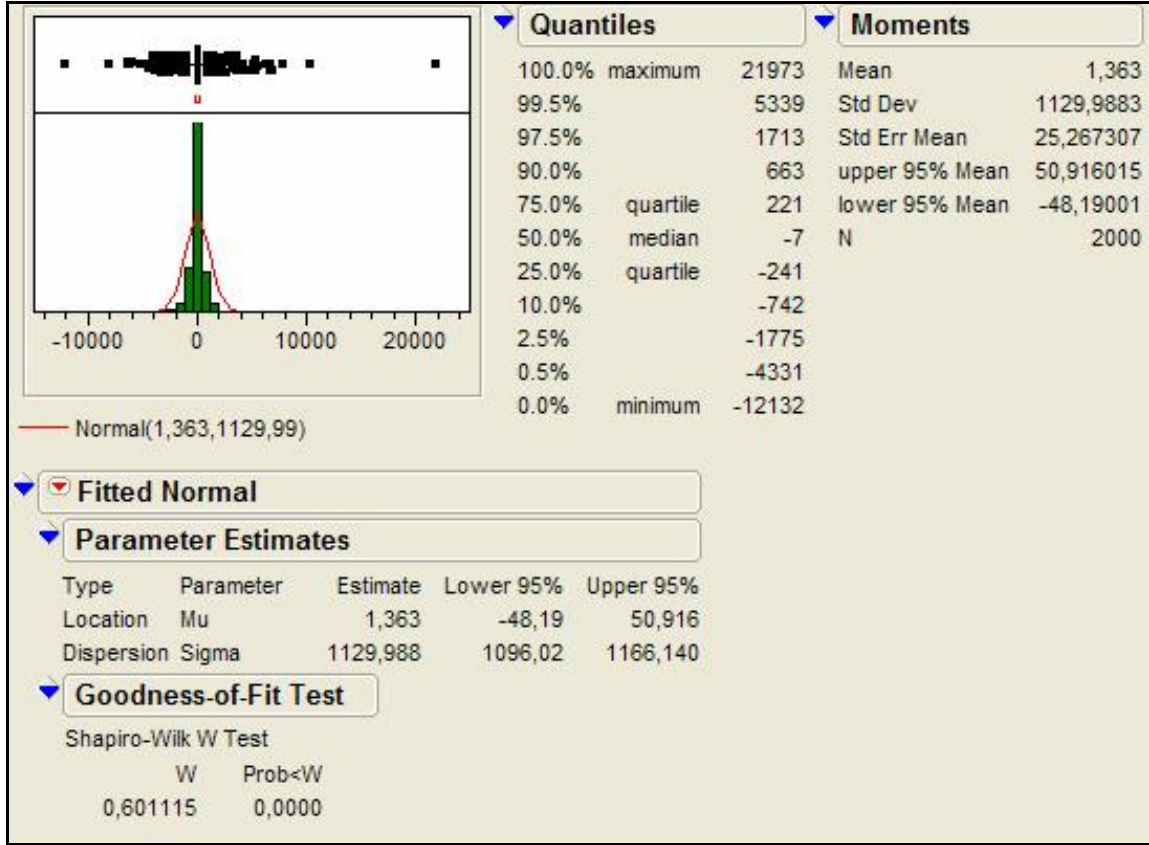
Autocorrelation Check of Residuals

To Lag	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq	-----Autocorrelations-----					
6	3.03	4	0.5523	0.006	-0.002	0.010	0.001	-0.036	-0.013
12	5.34	10	0.8677	-0.012	0.006	0.027	0.009	0.010	-0.010
18	12.40	16	0.7162	0.015	0.029	-0.023	0.036	0.023	-0.015
24	17.27	22	0.7481	-0.007	0.018	0.010	0.032	-0.020	0.023
30	21.63	28	0.7981	-0.005	-0.030	-0.011	-0.017	-0.023	-0.019
36	26.25	34	0.8265	-0.029	0.010	-0.005	-0.029	-0.022	0.007
42	29.19	40	0.8965	0.024	-0.018	0.007	0.022	-0.002	0.009
48	38.57	46	0.7736	-0.028	-0.007	-0.031	-0.018	-0.010	-0.050

Şekil E2. SAS programı çıktısı 2.



Şekil E3. Modelin hata terimleri.



Şekil E4. Hata terimlerinin normal dağılımının test edilmesi.

#### KAYNAKLAR

- [1] ŞENER A. C. , "Optimisation of Balçova Geothermal District Heating System", Yüksek lisans tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü, 2003.
- [2] ÇANAKÇI, C. "Jeotermal Bölge Isıtma Sistemleri : Balçova JBIS", Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, 2002.
- [3] ŞENER A. C., TOKSOY M., AKSOY N. "Importance of Load Based Automatic Control in Geothermal Energy Systems", 3<sup>rd</sup> International Federation of Automatic Control Workshop DECOM-TT 225-231, 2003.
- [4] ŞENER A. C., TOKSOY, GÖKÇEN, G. "Jeotermal Bölge Isıtma Sistemlerinde Optimum Kontrol", TESKON 2003 Jeotermal Enerji Ssiteimleri Semineri, 2003.
- [5] The SAS System for Windows, Release 8.02.
- [6] Nielsen, A., N., Madsen, H., "Predicting the Heat Consumption In District Heating Systems Using Meteorological Forecasts", Technical University of Denmark, Department of Mathematical Modelling, 2000.

## ÖZGEÇMİŞLER

### Adil Caner ŞENER

1977 İzmir doğumlu olan Şener, 2000 yılında ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Aynı yıl içinde İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde yüksek lisansa başlamıştır. 2000 yılından 2004 yılına kadar araştırma görevlisi olarak İYTE Makina Mühendisliği Bölümü'nde çalışan Şener, Balçova Jeotermal Bölge Isıtma Sisteminin Optimizasyonu adlı projeyi yüksek lisans tez konusu olarak çalışmıştır. 2002 yılında Birleşmiş Milletler Üniversitesi tarafından burslu olarak davet edildiği İzlanda'da jeotermal enerji sistemleri konulu 6 aylık eğitim programına katılmıştır. 2004 yılı başından itibaren doktora eğitimine A.B.D. George Washington Üniversitesi Sistem Mühendisliği programında devam etmektedir. İlgili alanı, enerji yönetimi ve mühendisliği, yön-eylem araştırmaları, risk analizi, yenilenebilir enerji kaynakları, jeotermal enerji konularını kapsamaktadır.

### Sarp YELETAYŞI

Sarp Yeletayşı 1997 yılında İstanbul Erkek Lisesi'nden, 2001 yılında da Boğaziçi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden mezun olduktan sonra yaklaşık 1 yıl Mercedes-Benz Türk firmasında Planlama Mühendisi olarak görev yapmıştır. 2004 yılında George Washington Üniversitesi'nden Mühendislik Yönetimi alanında yüksek lisans derecesi almıştır. Yüksek lisans eğitimi boyunca Afet, Kriz ve Risk Yönetimi Enstitüsü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmış ve çeşitli danışmanlık projelerinde görev almıştır. Procter & Gamble, U.S. Army Corps, ve Marriott International gibi kuruluşların projelerinde çeşitli görevler üstlenmiştir. Halen George Washington Üniversitesi'nde Kriz Yönetimi biriminde çalışmakta ve doktora çalışmasına devam etmektedir. İlgili alanları arasında özel sektörde afet planlaması ve iş devamlılığı, risk analizi, coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve enerji yönetimi yer almaktadır.

### Macit TOKSOY

1949'da İlkurşun'da (İzmir) doğdu. 1967'de Manisa Lisesi'ni, 1972'de İstanbul Teknik Üniversitesi'ni bitirdi. Ege Üniversitesi'nden doktora derecesini aldı. 1982 senesine kadar Ege Üniversitesi'nde, 1999 senesine kadar Dokuz Eylül Üniversitesi'nde öğretim üyesi olarak çalıştı. 1999'dan bu yana da İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde öğretim üyesi olarak çalışma hayatına devam ediyor. 1999 senesinde Cumhurbaşkanlığı Genel Sekreteri, İzmir eski Valisi Sayın Kemal Nehrozoğlu'nun kurduğu, Jeotermal Enerji Yüksek Danışma Kurulu'na üye seçilmesiyle, Türkiye'deki jeotermal enerji uygulamalarını tanıma fırsatı buldu. O tarihten bu yana akademik çalışma zamanını ve gücünü, ülkemizdeki jeotermal enerji bölge ısıtma sistemlerinin çağdaş, bilimsel ve teknik ölçütlerde projelendirilmesi ve uygulanmasına, ilgili bilgi ve teknolojinin yayılması için seminer ve konferanslar düzenlenmesine, ilgili alanda araştırma yapmaya, lisansüstü tez çalışmaları yaptırmaya, bu alanda kamu kaynaklarının toplumsal duyarlılıkla kullanılmasına, ilgili alanda "Türkçe" yayın yapmaya ve yapılmasına katkı koymaya, yine ilgili alanda teknik standartların geliştirilmesine, İYTE bünyesinde Türkiye'nin gereksinimi olan Jeotermal Araştırma Geliştirme Test ve Eğitim Merkezi (GEOCEN) 'nin kurulmasına ve nihayet çok önemseydiği ve gururunu duyduğu bir grup jeotermal enerji bölge ısıtma sistemi uzmanının yetişmesine katkı koymaya ayırdı. Yaptıklarından çok mutlu. Bu mutluluğa neden olan Sayın Nehrozoğlu'na, gece ve gündüzlerini jeotermal enerji ile geçirmesine mücade ettikleri için ailesine, çalışmalarını destekleyen Balçova Termal ve Balçova Jeotermal Şirketi yöneticilerine çok, lisansüstü öğrencilerine çok teşekkür ediyor.