



## GARP LİNYİTLERİ (GLİ) İŞLETMESİNİN KÖMÜR STOKLARININ KENDİLİĞİNDEN YANMASININ BİLGİSAYAR KONTROLLÜ OLARAK ÖLÇÜLMESİ

A.H. ÖZDENİZ\* & C. ŞENSÖĞÜT\*\*

### Özet

Kömürler uygun çevre koşullarını buldukları zaman, kendiliğinden yanma olayı kaçınılmazdır. Bu nedenle, bilgisayarlı ölçüm sisteminde, yığın içerisinde oluşan sıcaklıkların bilgisayar yardımıyla otomatik olarak ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, 20 adet sıcaklık sensörünün, kömür yığını içerisinde belirtilen noktalarda algıladığı sıcaklıkların elektrik sinyaline dönüştürülmesi ve bu elektriksel sinyallerin gerekli filtreleme ve yükseltme işlemleri yapıldıktan sonra, analog - dijital dönüştürme ünitesi kullanılarak, bilgisayar ortamına alınması ve bu bilgilerin istenen zaman aralıklarıyla bir veri tabanına kaydedilmesi sağlanmıştır. Daha sonra bu zaman-sıcaklık verilerinin grafikleri çıkarılmış ve kömür ocağı yönetiminin kullanımına sunulmuştur.

### 1. Giriş

Kömürün atmosfer ile teması sırasında havadan oksijen absorbe etmesiyle başlayan ve oksitlenme ile devam eden, ortamda ısı birikimi ile açık alevli yangına kadar dönüşebilen olaya kendiliğinden yanma adı verilir. Kendiliğinden yanma olayı, bir çok reaksiyon sonucu üretilen ısının, çeşitli faktörlere bağlı olarak çevreye olan kayıp ısıdan fazla olması durumunda, kömür bünyesinde meydana gelen sıcaklık artışının bir sonucudur. Bu ısı ortamın sıcaklığını artırarak, oksitlenmeyi daha da hızlandırmaktadır. Diğer bir deyişle, oksijen moleküllerinin kömür yüzeyine adsorpsiyonu sonrası burada oluşan ısı iletim, ısı taşınım ve difüzyon mekanizmalarının etkisiyle kimyasal bir reaksiyona dönüşür [4]. Kömürlerin kendiliğinden yanmaya olan yatkınlıklarının biliniyor olması, olayın oluşumunun önceden tespiti ve buna göre gerekli önlemlerin alınabilmesi açısından pratik olarak büyük önem taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler :** Kömür, Kendiliğinden yanma, Stok kömürlerde tutuşma.

Şimdiye kadar Tunçbilek kömürleri üzerinde laboratuvar ölçekli bir çok çalışma yapılmasına rağmen, bu stoklar üzerinde çok ciddi çalışmalar yapılmamıştır. Yapılan laboratuvar ölçekli çalışmalar, gram mertebelerinde kömürler üzerinde gerçekleştirilmekte ve sınırlı sayıdaki parametrelerin olay üzerindeki etkisi, yalnızca deney şartlarında geçerli olmak üzere incelenebilmektedir. Bu nedenle laboratuvar ölçekli deneysel çalışmalar ile kömürlerin kendiliğinden yanma olayının bir bütün olarak incelenmesi güç olduğu gibi elde edilen sonuçların da pratiğe uyarlanması oldukça zor olmaktadır. Bu nedenle, kendiliğinden yanma olayı üzerinde etkin olan parametrelerin büyük çoğunluğunu veya tümünü kapsayan, özellikle kömürün kendiliğinden yanması esnasındaki genel davranışının belirlenmesi amacına yönelik, büyük ölçekli (endüstriyel çaplı) çalışmaların önemi büyüktür[1]. Ancak bu tür çalışmaların çok uzun süre gerektirmesi ve pahalı bir yöntem olması nedeniyle yapılan çalışmaların sayısı oldukça kısıtlıdır.

Bu çalışmada, yukarıda sözü edilen nedenlerden dolayı, stok sahalarındaki kömürün doğal hava şartlarında bekleme sonucu oluşan davranışları bilgisayar kontrollü olarak incelenmiştir.

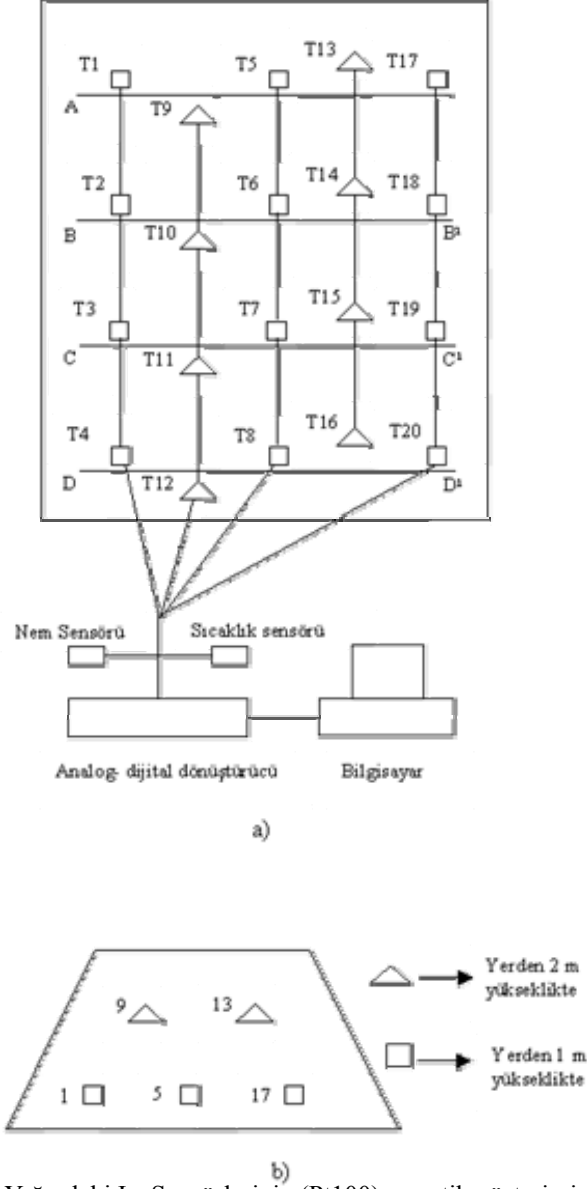
## 2. DENEY SİSTEMİ VE DENEYİN YAPILIŞI

Deneylerin yapıldığı kömür yığını, GLİ Tunçbilek İşletmesinin, kömür stok sahasında oluşturulmuştur. GLİ açıkocaklarından üretilen kömürler, Tunçbilek kömür hazırlama tesislerinde zenginleştirilmeye tabii tutulur. Deneyin yapıldığı kömürler 18/50 olarak adlandırılan 18 mm ile 50 mm arasındaki zenginleştirilmiş kömürlerdir. Oluşturulan 18/50 kömür yığınının uzunluğu 10 m, eni 5 m, yüksekliği 3 m olup yaklaşık 120 ton'dur. Üçgen prizma şeklinde oluşturulan yığının genel görünüşü Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Oluşturulan kömür yığınının genel görünüşü.

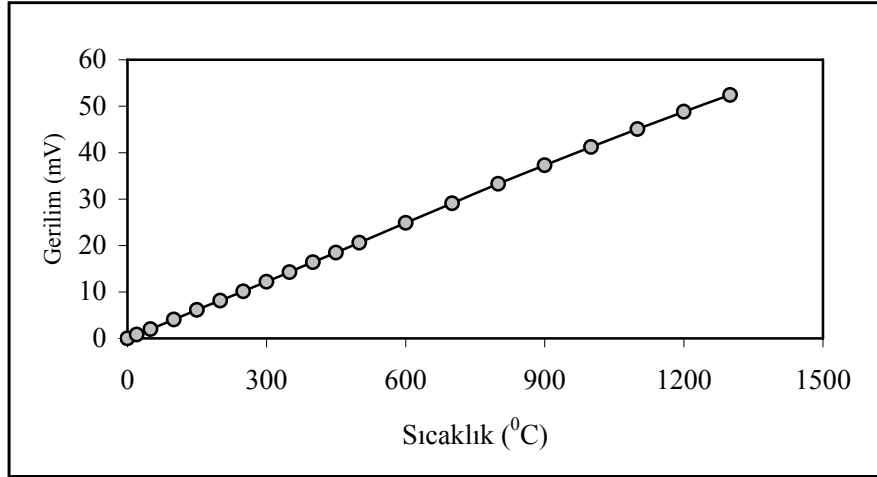
Yığının içerisine daha önce belirlenmiş noktalara, ısı farklarını hassas şekilde algılayabilecek şekilde 20 adet ısı sensörleri (Pt100) yerleştirilmiştir. Pt100'lerin yerleşimi Şekil 2'de verilmektedir. Ayrıca Çizelge 1'de ve Şekil 3'de ise Pt100'ün teknik özellikleri verilmektedir.



Şekil 2. Yığındaki Isı Sensörlerinin (Pt100) şematik gösterimi, a) Plan, b) AA' kesit.

Çizelge 1. Pt100'in (K tip) teknik özellikleri

Sıcaklık (°C)	Gerilim (mV)	Sıcaklık (°C)	Gerilim (mV)	Sıcaklık (°C)	Gerilim (mV)
0	0	300	12,207	800	33,277
20	0,798	350	14,292	900	37,325
50	2,022	400	16,395	1000	41,269
100	4,095	450	18,513	1100	45,108
150	6,137	500	20,640	1200	48,828
200	8,137	600	24,902	1300	52,398
250	10,151	700	29,128		



Şekil 3. Pt100'ün Gerilim-Sıcaklık grafiği

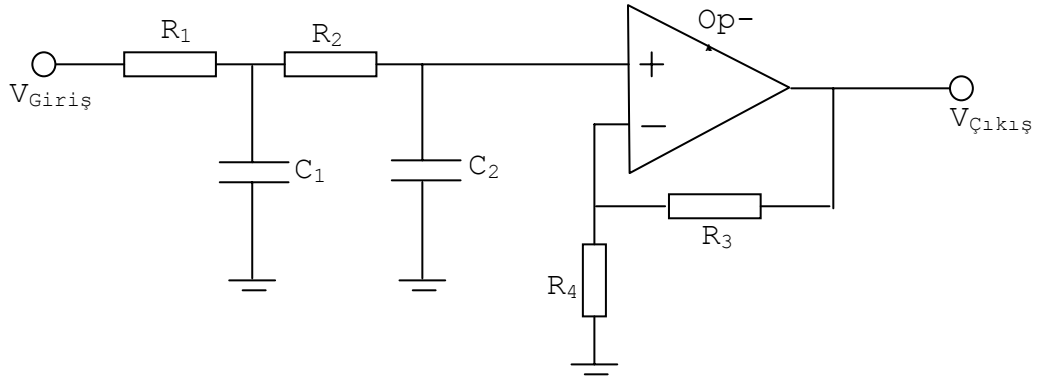
### 3. BİLGİSAYARLI ÖLÇÜM SİSTEMİ

Kömür yığınlarında kendiliğinden yanmanın en önemli işareti olan zaman-sıcaklık özelliklerinin tespitinde kullanılan bilgisayarlı ölçüm sistemi üç ana bölümden oluşmaktadır:

1. Dönüştürücü devreleri,
2. Analogdan dijitale dönüştürme ünitesi ve
3. Bilgisayar programı.

### 3.1. Dönüştürücü devreleri

Bu devrelere, sinyal uyumlandırma ve şartlandırma ünitesi de denilebilir. Ölçme işleminin temel elemanı, sıcaklık algılayıcıları olan Pt100 sensörlerdir. Bu sensörler, sıcaklıkla doğru orantılı olarak direnci artan elektronik elemanlar olup, aslında birer elektronik dirençtir. Normal dirençlerden farklı olarak, sıcaklık ile direnci doğrusal bir şekilde değişmektedir. Üzerindeki sıcaklık değişimine bağlı olarak direnci değiştiğinde, yine sıcaklıkla orantılı olarak uçlarındaki gerilim de değişmektedir. Bu gerilim değişimi, öncelikli olarak şebeke gürültüleri ve diğer elektriksel parazit kaynaklardan gelen etkilerin yok edilmesi amacıyla, alçak geçiren filtre (düşük frekansları geçirip, büyük frekansları geçirmeyen) devresinden geçirilmektedir. Bu tip bir devre Şekil 4'de görülmektedir.



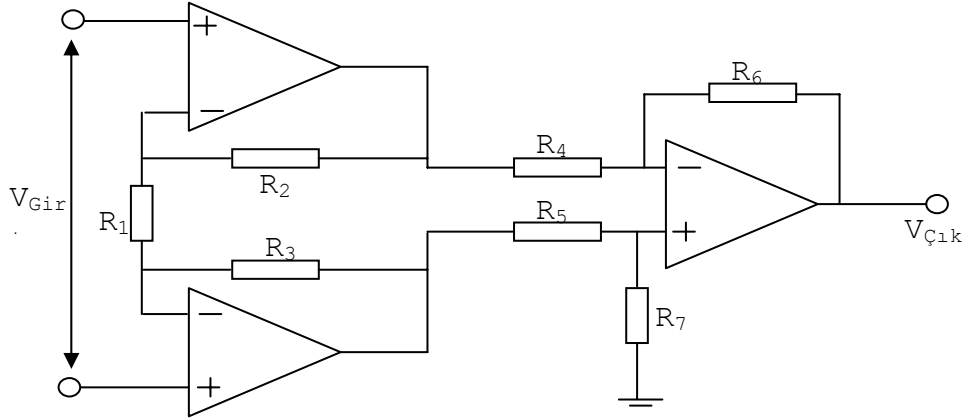
Şekil 4. İkinci dereceden alçak geçiren filtre devresi

Bu işlemin ardından, gerilim değişiminin sınırları ayarlanmaktadır. Bu işlemin, analog-dijital dönüştürme ünitesinin giriş gerilim sınırları dikkate alınarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Çünkü gerilim değişimi bu sınırları aşarsa, söz konusu ünitenin bozulmasına yol açar ve tam aksine, değişim çok küçük sınırlarda kalırsa da ölçüm hassasiyeti düşer. Bu sınırlar arasında kalabilmek için diferansiyel amplifikatörler kullanılmaktadır. Bu devrenin de prensip şeması Şekil 5'de verilmiştir.

### 3.2 Analog-Dijital dönüştürme ünitesi

Sıcaklık bilgisini içeren elektriksel sinyal, filtrelerden geçirilip uyumlandırıldıktan sonra, analog-dijital dönüştürme ünitesine ulaşmaktadır. Bu ünite; analog çoğullama devreleri, ADC devresi ve bilgisayara bağlantı için arabirim devrelerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada kullanılan ünite aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- 12 bit çözünürlüklü analog-dijital dönüşüm yapabilme,
- 100 mikro saniye dönüşüm süresi,
- 8 kanal analog giriş,
- 5 bit dijital çıkış,
- 3 bit digital giriş ve
- Printer portu ile iletişim.



Şekil 5. Diferansiyel amplifikatör

Bu ünite, Maxim firmasının MAX186 seri ADC entegresi kullanılmıştır. Ayrıca dijital giriş çıkış işlemlerinde 74HC373 Latch Buffer entegresi kullanılmaktadır. Çok basit bir yapıya sahip olan bu ünite ile yazıcı girişi yardımıyla haberleşilmektedir. Analog-dijital dönüştürme entegresi, seri iletişimle haberleştiğinden iletişimin hızı oldukça önemlidir. İletişimin hızı kullanılan bilgisayarın hızıyla doğrudan ilgili olduğundan, bilgisayarın hızının öncelikli olarak tespiti gerekir. Hız tespitinin yapılmasından sonra, analog - dijital dönüşüm entegresinden veri iletişimi, yazıcı girişi yardımıyla, bu

entegrenin sadece üç pini kullanılarak yapılmaktadır. Hangi ölçüm kanalından okuma yapılacağı ve ölçüme ne zaman başlanılacağı  $D_{in}$  pini kullanılarak, ölçüm sonucu ise  $D_{out}$  pini yardımıyla bilgisayara aktarılmaktadır. Üçüncü pin olan CLK ise  $D_{in}$  ve  $D_{out}$  ile bilgi gönderirken ve alırken senkronizasyonu sağlamaktadır. Bu üniteye ek olarak 20 ölçüm noktasından ölçüm yapabilmek amacıyla, 8 kanal analog giriş yetmediği için 24 kanallı bir analog çoğullayıcı (MUX) devresi tasarlanmıştır. Bu ek birim, 4051 analog anahtar entegreleri ve 74138 decoder entegresi kullanılarak tasarlanmıştır.

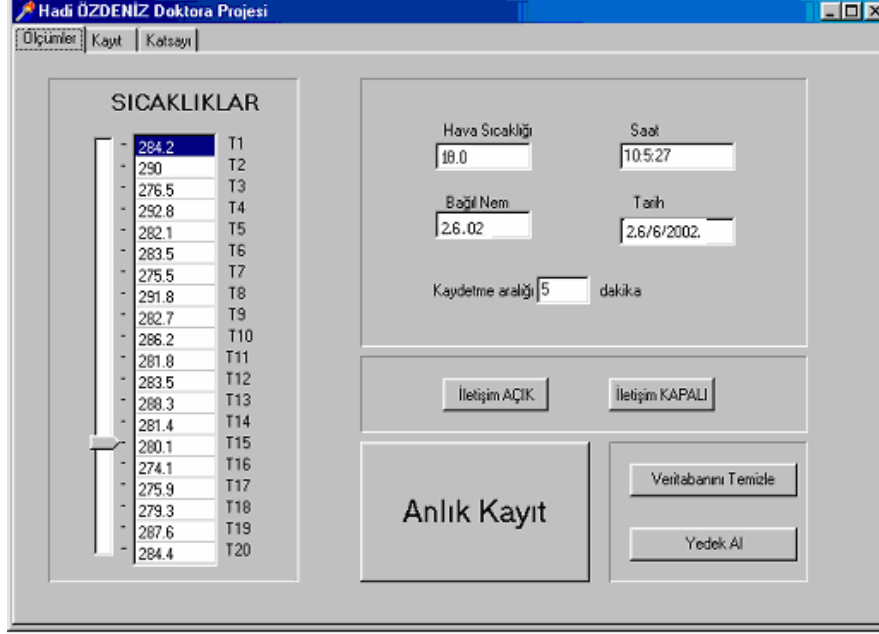
### 3.3. Bilgisayar programı

Program görsel ve nesnel yönelimli bir dil olan, Delphi 3.0'de yazılmış ve programda bilgisayar portlarına erişmek amacıyla da Assembler dili rutinleri kullanılmıştır.

Programın özellikleri şunlardır:

1. Süresi ayarlanabilen bir zaman aralığında (herhangi bir değer verilmez ise 5 dakika olarak alınmaktadır) bir ölçüm yapmaktadır.
2. 3 saatte bir tüm ölçüm değerlerinin, iki ayrı yedeği alınmaktadır.
3. Her kanal için ayrı kalibrasyon imkanı mevcuttur.

Program üç adet arayüzden oluşmaktadır. Bu arayüzlerden Şekil 6'da görülen birinci arayüz, ölçüm değerlerini görüntülemektedir. Ölçüm değerleri iki cihazdan gelmektedir. Birincisi, yukarıda da bahsettiğimiz paralel porta bağlı olan analog – dijital dönüştürme ünitesi ve ikincisi, seri porta bağlı olan nem ve sıcaklık ölçen portatif bir ölçü aletidir. Paralel porta bağlı olan ölçüm ünitesinden, yağın içindeki 20 adet sıcaklık sensörü yardımıyla ölçülen 20 adet sıcaklık verisi gelmektedir. Seri portta bağlı olan ölçüm ünitesinden ise havanın nem ve sıcaklık bilgileri gelmektedir. Ayrıca bu arayüzde seri portun açılıp kapanması, ölçüm aralığının değiştirilmesi, test amaçlı olarak anlık kayıtların alınması ve manuel olarak yedekleme işlemlerinin yapılması için düğmeler ve veri kutucukları bulunmaktadır. Sistem saati ve tarih bilgisi, yine bu arayüzdeki iki adet veri kutusunda devamlı olarak gösterilmektedir. Kayıtlarda bu tarih ve saat bilgilerine göre arşivlenmektedir.



Şekil 6. Ölçüm değerlerini gösteren birinci arayüz

Şekil 7’de görülen ikinci arayüzde, Şekil6’deki arayüzde gösterilen ve istenilen aralıkta otomatik olarak veya anlık kayıt tuşu ile manuel olarak kaydedilen kayıtlar görülmektedir. Bu kayıtlar, arayüzün alt kısmında bulunan tuş takımı ile istenirse teker teker silinebilir veya değiştirilebilir. Bu arayüzde, ölçüm noktasının çok olması nedeniyle ölçüm değerleri iki ayrı tablo halinde gösterilmiştir.

TARİH	SAAT	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
29/6/2002	10:17:59	31.2	28.2	25.5	34.1	31.4	30.6	25.2	33.5	32.3	32.2
29/6/2002	10:23:0	30.8	28.1	25.6	34.2	30.9	30.5	25.4	33.1	32.3	32.1

T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	HAVASICAK	HAVANEM
34.2	35	27.3	29.8	31.4	274.1	26.3	29.8	26.5	29.6	23.3	51.4
34.2	35.4	26.6	30	31.4	274.1	26.2	29.8	27.3	29.5	23.2	53.5

Şekil 7. Ölçüm değerlerinin kaydedildiği yeri gösteren ikinci arayüz

Şekil 8'de üçüncü ve son arayüzde, 0 ila 4096 arasında bir sayı olarak gelen 20 adet sıcaklık değerinin santigrat derece (°C) olarak gösterilebilmesi ve kaydedilebilmesi için gerekli katsayı ve ofset değerleri bulunmaktadır. Paralel porta bağlı olan ölçüm ünitesinden gelen bu ölçüm değerleri, ünitenin doğası nedeniyle 0 - 4096 arası tamsayı bir değer olarak alınmaktadır. Ünitenin ayarlandığı en yüksek sıcaklık değeri 4096, en düşük sıcaklık değeri ise 0'dır. Aradaki değerler sıcaklıkla doğru orantılıdır ve tam olarak doğrusaldır. Üniteden ayarlanan en düşük sıcaklık değeri üzerinde ince ayar yapmak için ofset kullanılmaktadır. Bu ise ölçülecek en küçük sıcaklık değerinde, ölçülen değer de sıfır olabilmesi için sayı eklemesi yapmak anlamına gelmektedir. Her bir ölçüm noktası için ayrı ayrı katsayı ve ofset değerleri vardır ve bunlar değiştirilebilir bir veri tabanında tutulmaktadır.

KATSAYILAR		OFSETLER	
T1	0.140	T1	2065
T2	0.141	T2	2038
T3	0.140	T3	2120
T4	0.142	T4	2033
T5	0.140	T5	2080
T6	0.140	T6	2070
T7	0.1395	T7	2120
T8	0.142	T8	2040
T9	0.140	T9	2076
T10	0.1405	T10	2058
T11	0.1395	T11	2075
T12	0.140	T12	2070
T13	0.142	T13	2065
T14	0.140	T14	2085
T15	0.140	T15	2094
T16	0.139	T16	2123
T17	0.139	T17	2110
T18	0.140	T18	2100
T19	0.142	T19	2070
T20	0.141	T20	2078

Şekil 8. Sistemin kalibrasyonunun yapıldığı üçüncü arayüz

Bu programda ölçüm işlemleri TIMER nesnelere kullanılarak yapılmaktadır. Ölçüm değerlerinin belirtilen aralıkta kaydedilmesi, ekrana saat ve takvimin yazılması iki ayrı TIMER kullanılarak yapılmıştır. Bu prosedürde aynı zamanda küçük bir yazılım filtresi de bulunmaktadır. 10 tane değer aynı kanaldan okunmakta, daha sonra sıralanarak ortadaki üç değer ortalaması alınmaktadır. Bu bir kayan ortalama filtresi değildir. Uç noktalardan arındıran bir ortalama filtredir.

Yığına yerleştirilen 20 adet Pt100'den çıkan kablolar, önce dijital çevirici panoya, oradan da bilgisayara bağlanmıştır. Okumalar bilgisayar aracılığıyla otomatik olarak yapılmıştır. Bu amaçla DELPHI 3.0 dilinde özel bir program yazılmıştır. Geliştirilen bu program ile sensörlerden otomatik olarak 24 saat boyunca ve her 5 dakika da bir olmak üzere sıcaklık değerleri bir veri tabanına kaydedilmiştir. Ölçümler 2001 ve 2002 yılları yaz aylarında yapılmıştır [3].

#### 4. ALINAN VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kendiliğinden yanmanın tespitine yönelik yapılan yığından, 20 farklı noktada ölçümler alınmıştır. Yığından alınan veriler her 5 dakikada bilgisayar ile otomatik olarak yenilenecek, kayıt yapılmakta ve veri tabanında depolanmaktadır. Her 5 dakikada bir istasyon noktalarından alınan verilerin toplamı 20.637 adettir. 22 istasyon noktası olduğu için 454.014 adet veri bilgisayar yardımıyla alınmıştır. 22

adet istasyon noktasının 20 adeti yığın içindeki sıcaklık sensörü, 1 adet havanın nemi ve 1 adeti de hava sıcaklık sensöründen oluşmuştur. Bilgisayar ile otomatik olarak bu değerler alınırken ayrıca, manuel olarak her saat başı 3 istasyon noktasından okumalar yapılmıştır. Bunların toplam ise 5.157 adettir. Bu ölçülen değerler atmosfer basıncı, rüzgar hızı ve rüzgar yönüdür. Genel toplamda ise 459.171 adet veri alınmıştır [3].

Ölçülen bu ham veriler hareketli ortalama filtre yöntemi (Moving Average Filter) [2] ile Excel programında filtrelenmiştir. Bu filtrelemenin yapılmasının nedeni, elektrik şebekesindeki gerilim dalgalanmalarının ve istasyon yakınında çalışan büyük makinelerin (greyder, dozer gibi) sistem üzerindeki etkilerini yok etmek içindir. Her bir saatte seçilen değerler Çizelge 2’de ve Şekil 9’da ise T1’e ait zaman-sıcaklık ölçüm grafikleri verilmiştir.

## 5. SONUÇLAR

Şimdiye kadar Tunçbilek kömürleri üzerinde laboratuvar ölçekli bir çok çalışma yapılmasına rağmen bu stoklardaki kendiliğinden yanma olayları üzerine çok ciddi çalışmalar yapılmamıştır. Yapılan laboratuvar ölçekli çalışmalar da gram mertebelerinde yapılmakta ve sınırlı sayıdaki parametrelerin olay üzerindeki etkisi yalnızca deney şartlarında geçerli olmak üzere incelenebilmektedir. Laboratuvar ölçekli bu çalışmalar ile kendiliğinden yanma olayını bir bütün olarak incelenmesi mümkün gözükmediği gibi, elde edilen sonuçlarında pratiğe uyarlanması oldukça zor görünmektedir. Bu nedenle, yapılan bu deneysel çalışmaya ait sonuçların da pratiğe uyarlanabilmesi çok önemlidir.

Bilgisayarlı ölçüm sistemi ile yığın içinden otomatik olarak alınan sıcaklık değerleri, Delphi 3.0 ‘da yazılan bir programla yapılmıştır. Delphi programlama dilinde yazılan bu program, süresi ayarlanabilen bir zaman aralığında ölçüm yapmak, üç saatte bir tüm ölçüm değerlerinin iki ayrı yedeğini almak ve her kanal için ayrı kalibrasyon özelliklerinden oluşmaktadır. Yapılan bu bilgisayar programı, verilerin alınmasında en önemli katkıyı sağlamaktadır.

## 6. KAYNAKÇA

[1] Akgün, F., 1994, Kömürlerin kendiliğinden yanmasının teorik ve deneysel incelenmesi, İTÜ, Fen Bilimleri, Doktora Tezi, İstanbul, s 1-142.

[2] Canan, S., Özbay, Y., ve Karlık, B., 1998, A Method For Removing Low Varying Frequency Trend From Ecg Signal,

Proceedings of the 1998 2nd International Conference Biomedical Engineering Days, p161.

[3] Özdeniz, A.E., 2003, Kömür Stoklarındaki Kendiliğinden Yanma Olayının İncelenmesi-Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) Örneği, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s 185, Konya.

[4] Ünver B., ve Özözen, A., 1998, Kömür stoklarında meydana gelen kendiliğinden yanma süreci ile ilgili modeller ve alınması gereken tedbirler, Madencilik Dergisi, vol. 37 no. 3, Eylül, s 29-40.

[5] DELPHİ 3.0, 1997, Inc.

**COMPUTER CONTROLLED MEASUREMENT OF  
SPONTANEOUS COMBUSTION IN THE COAL  
STOCKPILES –OF WESTERN LIGNITE CORPORATION  
(WLC)**

A.H. ÖZDENİZ\* & C. ŞENSÖĞÜT\*\*

*Abstract.* Spontaneous combustion is inevitable in case the coal meets suitable environmental conditions. Therefore, in the measurement system with computer, it is aimed to take the temperature changes automatically occurring in the stockpiles. In order to realise this scope, a total of 20 heat sensors were located inside the pile which is excess of produced coal in WLC. The signals obtained from these sensors are changed into electrical signals. After processing these signals with necessary filtering, then temperature data are taken into the computing media by the utilisation of analogue – digital transforming unit and recorded in a data log. Hereafter, the graphs formed from these time – temperature data are presented to the usage of mine management.

*Keywords: Coal, Spontaneous combustion, Selfheating in the stockpiles.*

\*\* S.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Konya

\* D.P.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya