T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GLİ TUNÇBİLEK KÖMÜRLERİNDE KENDİLİĞİNDEN YANMANIN SIKIŞMA ETKİSİNE BAĞLI OLARAK İNCELENMESİ

İsa BİÇER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat-2011
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GLİ TUNÇBİLEK KÖMÜRLERİNDE KENDİLİĞİNDEN YANMANIN SIKIŞMA ETKİSİNE BAĞLI OLARAK İNCELENMESİ

İsa BİÇER

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. A. Hadi ÖZDENİZ

2011, 64 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. İhsan ÖZKAN
Yrd. Doç. Dr. A. Hadi ÖZDENİZ
Yrd. Doç. Dr. Fetullah ARIK

Birçok kömür işletmesinde stok yangınları sonucu üretimde aksamalar ve maddi kayıplar oluşmaktadır. Çalışma GLİ Tunçbilek işletmesindeki Yörgüç panosu ve Beke panosundan alınan kömürlerle oluşturulan endüstriyel boyutlu stok üzerinde yapılmıştır. Bu çalışmada endüstriyel boyutlu stok sahalarında ve açık ocakta üretime hazır halde bulunan kömürlerde bekleme sonucu oluşacak kendiliğinden yanma olayı sıkışma etkisine bağlı olarak araştırılmıştır.

Kendiliğinden yanmanın tespitinde laboratuvar şartlarında deneyler yapılmakta olup kullanılan numuneler çok düşük miktarlarda (gr) olduğundan kömür panosunun genelini temsil edememektedir. Dolayısıyla laboratuvar ölçekli yapılan bu çalışmalar geneli tasvir etmede son derece yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle de kendiliğinden yanma olayının tespitinde büyük ölçekli bir deneysel çalışma yapılması zorunlu olmaktadır.

Kendiliğinden yanma olayı ile yığının doğal şartlarda sıkışması arasındaki ilişki kurulabilmesi amacıyla çalışmada kullanılan kömürler 2 farklı panodan seçilmiştir. Bunun nedeni aynı hava koşullarının farklı panolardan alınan kömürlere nasıl etki edeceği araştırılmıştır. Bu panolar ocakta üretim sırasında da yanma olayı gözlenen Yörgüç panosu (A stoğu) ve üretim esnasında herhangi bir yanma belirtisi gözlenmeyen Beke panosudur (B stoğu). Deneyler Garp Linyitleri İşletmesi sahası içinde uygun bir yere 2 farklı panodan alınan tüvenan kömürlerle oluşturulan endüstriyel boyuttaki stok üzerinde yapılmıştır. Kendiliğinden yanma olayının yığın sıkışmasına bağlı olarak incelenmesinde stok doğal ortam koşullara maruz bırakılmıştır. Aynı zamanda stok üzerinde etkili olan parametrelerden hava sıcaklığı, hava nemi, atmosfer basıncı rüzgâr hızı ve yönü ölçülmüştür.

Yörgüç stoğu (A stoğu) kömürlerinde 5 adet, Beke stoğu (B stoğu) kömürlerinde 6 adet sensör olmak üzere toplam 11 adet sensör kullanılmıştır. Bu sensörlerden alınan sıcaklık verileri analog-dijital dönüştürücü pano vasıtasıyla ^{o}C olarak ölçülmüştür. Sıkışmanın tespit edilmesinde lasermetre kullanılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde Yörgüç stoğu (A stoğu) kömürlerinde 28 günlük bir süre sonunda %2,53 sıkışma, Beke stoğu (B stoğu) kömürlerinde ise % 1,90 'lık bir sıkışma 47 günlük bir süre sonunda saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kendiliğinden yanma, kömür, kömür stoğu, sıkışma

ABSTRACT

MS THESIS

RESEARCH ON THE SPONTANEOUS COMBUSTION OF GLI TUNÇBİLEK COAL WITH REGARDS TO THE NATURAL COMPACTION

İsa BİÇER

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MINING ENGINEERING

Advisor: Assist. Prof. Dr. A.Hadi ÖZDENİZ

2011, 64 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. İhsan ÖZKAN
Assist. Prof. Dr. A. Hadi ÖZDENİZ
Assist. Prof. Dr. Fetullah ARIK

In many coal facilities, there are serious disruption in production and losses due to fires in the stocks. The study has been conducted on stocks of industrial scale coal, which were compiled by coal taken from Yörgüç and Beke panels in the GLI Tunçbilek facility. In this study, the spontaneous combustion of the coals, which are stockpiled in the industrial stock sites and in open-pit mines ready for production, was investigated with its relation to compression.

In the determination of spontaneous combustion, several tests on material have been carried out in laboratory conditions. However, since the material utilized in these tests is in small amount (in grams), these studies conducted in laboratory conditions usually fail to represent the general picture. Hence, there is an important need for a larger scale experiment with regards to the determination of spontaneous combustion process.

The types of coal, which have been selected to be studied with regards to the relationship between spontaneous combustion process and the natural compression of the stockpile, have been collected from two different panels. The reason for this is to analyze the effect of same weather conditions on different types of coal taken from different panels. These panels are the Yörgüç panel (A stockpile), in which a spontaneous combustion is detected during production in the mine, and the Beke panel (B stockpile), in which no spontaneous combustion has occurred during production. The study has been conducted on raw coal stockpiles designed at the normal industrial size, taken from two different panels in an appropriate field belonging to the Western Lignite Corporation (WLC). In this study of spontaneous combustion process in its relation to compression, the stock has been left in its natural environment. In the meantime, the parameters which affect the stock, such as temperature, humidity, atmosphere pressure, wind speed and direction have also been measured.

A total of 11 sensors, five in Yörgüç coal stock and six in Beke coal stock, have been utilized. The data received form these censors have been calculated as ^{o}C by using analogue – digital converter panel. A laser meter has been used to detect the compression. As a result of this study, a 2,53% compression has been detected in Yörgüç coal (A stockpile) in 28 days, and a 1,90% compression in Beke coal (B stockpile) in 47 days.

Key words: Spontaneous combustion, coal, coal stockpile, compression

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu çalışmada bana sabırla yol gösteren danışmanım Yrd. Doç. Dr. A.Hadi ÖZDENİZ'e teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca bilgi, malzeme ve materyal sağlanmasında bana yardımcı olan GLİ Açık Ocak İstihsal Şube Müdürü Mehmet Taksuk'a, Üstmadenci İzzet Aksoy, Hıfzı Sargın, Nevzat Uslu, çalışmada yardımcı olan tüm mühendis ve işçi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez jüri üyelerine tez hakkında değerlendirmeleri ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Her türlü maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İsa BİÇER
KONYA-2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

TEŞEKKÜR ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KÖMÜRLERİN KENDİLİĞİNDEN YANMASI **3**

2.1. Kendiliğinden Yanmayla İlgili Teoriler 3
2.1.1. Pirit teorisi 3
2.1.2. Bakteri teorisi 4
2.1.3. Oksidasyon teorisi 4
2.1.4. Nem Teorisi 5
2.2. Kendiliğinden Yanmayı Etkileyen Faktörler 5
2.2.1. Kömürleşme derecesi (rankı) 6
2.2.2. Metan içeriği 6
2.2.3. Pirit içeriği 6
2.2.4. Tane boyutu 7
2.2.5. Nem oranı 7
2.2.6. Kül içeriği ve mineral madde 8
2.2.7. Jeolojik koşullar 8
2.2.8. Madencilik yöntemi ve havalandırma 8
2.2.9. Oksijen konsantrasyonu ve kısmı basıncı 9
2.3. Kendiliğinden Yanmanın Tespit Edilmesinde Kullanılan Yöntemler 9
2.3.1. Adiyabatik oksidasyon yöntemi 10
2.3.2. Tutuşma sıcaklığı yöntemi 11
2.3.3. İzotermal kalorimetre yöntemi 12
2.3.4. Olpinski yöntemi 12
2.3.5. Diferansiyel termal analiz (DTA) yöntemi 13
2.3.6. Termo gravimetrik analiz (TGA) yöntemi 13
2.4. Türkiye'de Kendiliğinden Yanmayla İlgili Yapılan Çalışmalar 14

3. GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ **17**

3.1. Tarihçe 17
3.2. Coğrafya 17
3.3. Jeoloji 18
3.4. Havzanın yapısal jeolojisi 19
3.5. GLİ kömür üretimi 19
3.5.1. Açık ocak üretimi 20

3.5.2. Yeraltı üretimi 23

4. YIĞININ SIKIŞMA ETKİSİNE BAĞLI OLARAK İNCELENMESİ 25

4.1. Stok Sahasının Hazırlanması 25
4.2. Yığın Sıkışmalarının Tespit Edilmesi 29
4.3. Stok İç Sıcaklıkların Tespit Edilmesi 31
4.4. Meteorolojik Ölçümler 33

5. STOKLARDAN ALINAN VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ..... 34

5.1. A Stoğunun Sıcaklık –Zaman Değerlerinin İncelenmesi 34
5.2. B Stoğunun Sıcaklık –Zaman Değerlerinin İncelenmesi 40
5.3. A Stoğundaki Yığın Sıkışmasının İncelenmesi 46
5.4. B Stoğundaki Yığın Sıkışmasının İncelenmesi 48

6.SONUÇ VE ÖNERİLER..... 50

6.1. Sonuçlar 50
6.2. Öneriler 52

KAYNAKLAR 53

EKLER 57

ÖZGEÇMİŞ 64

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

DTA : Diferansiyel termal analiz
GLİ : Garp Linyitleri İşletmesi
TKİ : Türkiye Kömür İşletmeleri
TGA : Termo gravimetrik analiz
OSA : 110°-220°C arası Ortalama Sıcaklık Artışı
RTS : Göreli Tutuşma Sıcaklığı
Szb : Olpinski indeksi
Sza : Isınma hızı

1. GİRİŞ

Kömürlerde kendiliğinden yanma olayı madencilikte sıkça rastlanan bir olay olmakla beraber, tüvenan ve yıkanmış kömür stoklarında, yeraltında, açık ocak damarlarında meydana gelmektedir. Kömür stoklarında ve açık ocakta meydana gelen kendiliğinden yanma, kömürün kalorisini düşürerek ekonomik bir kayıp oluşturmaktadır. Yeraltı ocaklarında ise bu durum oldukça farklıdır. Kayıp sadece ekonomik olmakla kalmayıp, eğer zamanında müdahale edilip engellenmezse ocak yangınlarına ve boğucu gazlara sebep olmaktadır. Bu da iş güvenliği için çok ciddi bir sorun teşkil etmektedir.

Kendiliğinden yanma kimyasal bir reaksiyon sonucu oluşan ısının artması ve bu ısının ortamdan uzaklaştırılamaması halinde oluşmaktadır. Yeraltı ve yerüstü kömür damarlarında, tüvenan ve yıkanmış stoklarda, termik santral stok sahalarında, silolarda, uzun mesafe taşımacılıkta meydana gelebilen ve istenmeyen bir olaydır. Engellenmediğinde alevli yangına dönüşmekte, boğucu gazlara sebep olmakta üretimi engellemekte ve hepsinden daha önemlisi can ve mal kaybına sebep olmaktadır.

Kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlığının bilinmesi özellikle yeraltında yeni açılacak bir maden işletmesinin üretim metodu konusunda çok önemli bilgiler sağlayacaktır. Ülkemizde ocak yangınları sonucu kapanan yeraltı işletmeleri mevcuttur. TKİ - GLİ Tunçbilek İşletmesinde 1985- 1990 yılları arasında çıkan yangınla kapanan üretim panoları sonucu kayıp rezerv 747.657 tondur (Saraç, 1992).

TKİ'ye ait Soma ve Tunçbilek lavvarlarında yıllık 9 milyon ton kömür işlenmektedir. Üretim fazlası kömür stoklarda bekletilmektedir. Garp Linyitleri Tunçbilek İşletmesi'nde son 10 yıllık stoklarda kendiliğinden yanma sonucu oluşan tahmini rezerv kaybı yaklaşık 500.000- 1.000.000 tondur (Özdeniz, 2003).

TKİ - GLİ Tunçbilek İşletmesinde üretim fazlası kömür stok sahalarında bekletilmekte, bunun sonucunda stok yangınları oluşmaktadır. Ayrıca bazı açık ocak kömür damarlarında meydana gelen alevli yanma sonucu üretimde aksaklıklar oluşmaktadır. Oluşan bu yanmalar bazen aylarca sürebilmektedir. Bunların engellenmesi için kendiliğinden yanma üzerinde etkili olan parametreleri çok iyi belirlemek ve tanımlayabilmekle mümkündür.

Ülkemizde yaklaşık olarak 12,4 milyar tonluk bir linyit rezervi bulunmaktadır (TKİ, 2009). Kendiliğinden yanma genç kömürlerde daha fazla olan bir olaydır. Linyit oluşum olarak düşük ranklı yani genç kömürler arasına girmektedir. Bu olay sonucu kömürün kalori değeri düşmekte ve ekonomik kayıplar meydana gelmektedir.

Kendiliğinden yanmanın tespitinde laboratuvar şartlarında deneyler yapılmakta ve alınan çok az üzerinde örnek üzerinde gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla yapılan bu çalışmalar sahada oluşturulan büyük ölçekli kömür stoklarının değerlendirilmesinde son derece yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle kendiliğinden yanma olayının tespitinde büyük ölçekli hazırlanan bir kömür stoğu üzerinde bir deneysel çalışmanın yapılması bu tez çalışmasının hedefini oluşturmuştur.

2. KÖMÜRLERİN KENDİLİĞİNDEN YANMASI

Kömürlerde kendiliğinden yanma düşük sıcaklıkta oksitlenmeyle başlayıp artan ısı birikmesi nedeniyle alevli yanmaya kadar varabilen ekzotermik bir olaydır. Kömür yüzeylerinin oksijen adsorbe etmesi sonucu ortamdaki oksijen tüketimi kendiliğinden yanma olayının başlaması için ilk adımdır (Wang ve ark., 2003). Oksijen adsorbsiyonunun devam etmesi sonucu 40 °C üzerinde ekzotermik bir reaksiyon oluşarak ortam ısısı yükselmektedir. Bu ısı ortamdan uzaklaştırılmadığı takdirde 70 °C'tan den sonra CO ve CO_2 gaz yoğunluğu artmakta ve 125 °C'ta su buharı oluşmaktadır. Artan ısıyla beraber kömürün tutuşma sıcaklığına ulaşması sonucu alevli yanma başlamaktadır (Jones ve Townend, 1949; Kural, 1998). Kendiliğinden yanma genellikle düşük ranklı kömürlerde meydana gelmektedir.

2.1. Kendiliğinden Yanmayla İlgili Teoriler

Kendiliğinden yanmayla ilgili olarak yapılan çalışmalar sonucu araştırmacılar farklı teoriler ileriye sürmüştür. Bunlar;

1-Pirit Teorisi

2-Bakteri Teorisi

3-Oksidasyon Teorisi

4-Nem Teorisi

2.1.1. Pirit teorisi

Temelde piritin oksidasyonu sonucu kömür sıcaklığını artırdığı varsayılarak oluşturulmuştur. Kömür içerisinde piritin çok miktarlarda ve ince taneli halinde bulunması dışında kendiliğinden yanmaya etkisinin önemsiz olduğu vurgulanmıştır. Piritin oksijenle kimyasal reaksiyon denklemi aşağıda verilmiştir (Eroğlu ve Gouws, 1993).

$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_4 + 2FeSO_4 \qquad (2.1)$$

2.1.2. Bakteri teorisi

Kendiliğinden yanmanın kömürün bünyesindeki bakterilerin sebep olduğu varsayılmıştır. Bakteriyel aktivitenin ısınmaya olan katkısı tam olarak açıklanamamakla beraber yapılan çalışmalardan bakterilerin çok zayıf miktarda ısınmaya neden olduğu belirlenmiştir (Yıldırım, 2002). Bakteri kuramının kömürlerin kendiliğinden yanmasına etkisi kesin olarak tespit edilememiştir (Eroğlu ve Gouws, 1993).

2.1.3. Oksidasyon teorisi

Kendiliğinden yanma teorileri içerisinde en çok destek bulan teoridir. Bu konuda araştırma yapan araştırmacıların çoğunluğu yaptıkları çalışmalarda kömürü havayla temas ettirerek, oksidasyonu sağlayıp belirli sonuçlara varmıştır. Kömürlerin oksidasyonunun aşamaları 3 aşamalı olarak açıklanmıştır (Cudmore ve Sanders , 1984; Eroğlu ve Gouws, 1993):

1- Oksijenin fiziksel soğurulması,

2-Kimyasal soğrulma, aktif yapıda oksijen içeren kompleksin oluşumu,

3-Hızlı kimyasal tepkime sonucunda peroksijenin ayrışmasıyla CO, CO_2, H_2O ürünlerinin oluşumu.

Wade (1988) tarafından yapılan çalışmada, kömür parametrelerinin oksidasyon üzerindeki etkilerini Çizelge 2.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.1. Çeşitli Parametrelerin Kömür Oksidasyonu Oranına Üzerine Etkisi (Wade, 1988; Eroğlu ve Gouws, 1993).

Parametre	**Parametre artışının oksidasyon oranına etkisi**
Tane iriliği	Azalır
Sıcaklık	Artar
Nem	Artar
Ön ısıtma	Artar
Oksijen	Artar
Oksijen kısmi basıncı	Artar
Uçucu madde içeriği	Artar
Kömürleşme rankı	Azalır
Karbon içeriği	Azalır
Oksijen içeriği	Artar
İç nem	Artar

2.1.4. Nem Teorisi

Nem teorisinin temelinde kömürlerin ıslanması ve oksijen adsorbe etmesiyle ilgili yaklaşımlar yer almaktadır. Kömürün nem alması sonucu bir ısı açığa çıkarak oksidasyon tepkime hızında artış meydana gelmektedir (Eroğlu ve Gouws, 1993; Wade, 1988).

Bilindiği gibi nemli havada ısı daha iyi yayılmaktadır. Bunun sebebi hava içerisindeki hareketli halde bulunan su molekülleri nedeniyle ısının daha iyi iletilmesidir. Bu teoride de temelde nemli ortamın kömürün ısısını yükseltmesi ve ısının yükselmesi sonucu oksidasyonun artması nedeniyle kendiliğinden yanma koşullarının oluşması sağlanmaktadır. Dikkat edilmesi gereken önemli bir hususta nem teorisiyle oksidasyon teorisi arasında bir ilişki bulunduğudur. Nemin oksidasyona doğrudan bir etkisi söz konusudur. Nemli havada gaz difüzyonu daha iyi sağlanacağından oksijen moleküllerinin taşınması da kuru havaya göre da kolay olacaktır. Bu da oksidasyonu arttıracaktır.

2.2. Kendiliğinden Yanmayı Etkileyen Faktörler

Güney (1968) ’e göre oksidasyon ve kendiliğinden yanmaya etki eden faktörler 2 ana başlık altında toplamak mümkündür (Çizelge 2.2):

1-İç Faktörler (Kömürün Yapısıyla ilgili Özellikleri),

2-Dış Faktörler (Jeolojik Koşullar, Atmosferik koşullar ve İşletme Koşulları).

Çizelge 2.2. Kömürlerin kendiliğinden yanmasına etki eden faktörler (Güney, 1968)

İç Faktörler	**Dış Faktörler**
Pirit	Sıcaklık
Nem	Nem
Tane Boyutu ve Yüzey Alanı	Barometrik basınç
Kömür rankı ve petrografik bileşenler	Oksijen konsantrasyonu
Kimyasal bileşenler	Bakteri
Mineral madde	Kömür damarı ve yantaşlar
	Madencilik yöntemi
	Havalandırma sistemi

Kendiliğinden yanmayı etkileyen burada belirtilmeyen karbon içeriği, ısı iletkenliği, alkali içeriği, porozite, kömür damarı derinliği, yankayaç ısı iletkenliği, jeotermal gradyan, tahkimat yöntemi, dolgu işlemi, vs. daha birçok faktör vardır. Bu parametrelerden en önemlileri aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

2.2.1. Kömürleşme derecesi (rankı)

Bitkisel malzemelerin bataklık ortamında birikip, çökeldikten sonra jeolojik etkilerle bünyesinde fiziksel ve kimyasal değişiklikler meydana gelmektedir. Sıcaklık ve basıncın bu malzemeleri etkilemesi sonucu turbadan antrasite uzanan bir kömürleşme derecesi ortaya çıkmaktadır. Kömürün bu olgunlaşma sürecine kömürleşme derecesi veya kömür rankı denmektedir (TKİ, 2009).

Düşük ranklı kömürler yüksek ranklı kömürlere göre daha kolay okside olabildiklerinden kendiliğinden yanmaya daha yatkındırlar (Litton ve Page, 1994). Ayrıca oluşumda düşük karbon içeriğinden dolayı oksitlenmeye daha yakındır. Kömürleşme derecesi düşük olan kömürlerin çatlaklı, gözenekli yapısı ve gerilme altında ufalanmaya daha yatkın olması nedeniyle hava kömür içerisine yüksek ranklı kömürlere göre (antrasit, taşkömürü) daha kolay nüfuz edeceğinden oksidasyon da dolayısıyla daha fazla olacaktır.

2.2.2. Metan içeriği

Metan yanıcı bir gaz olmasına rağmen içeriğinde yüksek oranda metan bulunan kömürlerde metanın kömür yüzeylerini kaplaması nedeniyle hava temasına imkân sağlamamasından dolayı oksidasyon ve yanma olmamaktadır.

Yüksek metan içeriği ve akışı (geliri), yanmayı geciktirir. Çok grizulu ocaklarda yanma riski çok düşüktür. Buna karşın, metan geliri aniden düşerse, oksidasyon beklenebilir (Karpuz ve ark., 2000).

2.2.3. Pirit içeriği

Pirit kolay oksitlenen bir metal olması nedeniyle geçmişte araştırmacılar tarafından kömürün oksitlenmesinde, kömür ısısını arttırmada ve kendiliğinden yanmasında önemli bir faktör olduğu kabul edilmiştir. Ancak son yıllarda yapılan

çalışmalarda, kömür içinde ince tane halinde ve bol miktarda pirit bulunması dışında kömürün kendiliğinden yanmasına doğrudan bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir (Singh ve Demirbilek, 1986; Ünver, 1997).

Pirit özellikle rutubetli ortamda kolaylıkla oksitlenebilmekte, çok fazla miktarda ve ince taneli olarak bulunması halinde ise tepkime hız kazanmaktadır. Ayrıca, pirit oksitlendiğinde şişerek kömürün parçalanmasına, başka bir deyimle yüzey alanının artmasına neden olmaktadır (Duzy ve ark., 1985; Ünver ve Özözen, 1998).

2.2.4. Tane boyutu

Kendiliğinden yanmanın tane boyutuyla doğrudan olarak etkisi bulunmaktadır. Kömürlerde meydana gelen oksidasyon yüzey alanıyla belirlendiğinden, tane boyutu küçük kömürlerde oksidasyon yüzey alanı daha büyük olacağından dolayısıyla kendiliğinden yanmaya daha yatkın olacaktır.

Oksijen adsorplama kapasitesi daha yüksek olan kömürler kendiliğinden yanmaya daha yatkın oldukları Graham (1930) tarafından belirtilmektedir. Feng (1975) oksidasyon hızının, dış yüzey alanının küp köküyle orantılı olarak arttığını belirtmiştir.

Bazı araştırmacılar tane boyutunun küçülmesi ile hava ile temasın arttığını, büyük parçalı kömürlerde yüzey alanı küçük parçalı kömürlere göre daha az olduğundan oksidasyonun kömürün iç noktalarına inemediğini ortaya koymuşlardır (Coward, 1957).

2.2.5. Nem oranı

Nem oranı da kendiliğinden yanmayı etkileyen önemli faktörlerden biridir. Nemin dolaylı olarak tane boyutu, kömür rankı, termal aktarım ile ilişkisi bulunmaktadır. Nem düşük ranklı linyit kömüründe %30-52 dolaylarında iken; yüksek ranklı antrasit kömürlerinde % 1-5 arasındadır.

Nemli hava kuru havaya göre daha fazla ısı üreteceğinden nemli havada kendiliğinden yanma daha kolay olacaktır. Ayrıca kömürün nem tutma özelliği oksidasyonu hızlandırmaktadır.

Kömürün sıcaklığının nem sebebi ile artması ile ilgili kaynaklarda iki mekanizmadan bahsedilmekte olup bunlar; kömürün ıslanması ile bir miktar ısının açığa çıkması ve kömür oksidasyon tepkime hızının artışıdır (Wade, 1988; Eroğlu ve Gouws, 1993).

2.2.6. Kül içeriği ve mineral madde

Yüksek kül içeriği olan kömürlerde karbon miktarı azaldığından kendiliğinden yanma düşük olacaktır. Ancak kömür içerisindeki kireç, soda, demir gibi bileşiklerin oksidasyonu hızlandırıcı etkisi bulunmaktadır.

Kömürdeki kül miktarı arttıkça karbon miktarı ve dolayısıyla reaksiyona giren malzeme miktarında bir azalma olacağından yanma riskinin de azalması beklenebilir. Ancak kömür içeriği çok düşük olan kömür karışımlı pasaların bile yangın açısından yüksek risk taşıyabilecekleri yapılmış olan çalışmaların sonuçlarından anlaşılmaktadır (Ünver ve Demirbilek, 1994; Ünver, 1997; Ünver ve Özözen, 1998).

2.2.7. Jeolojik koşullar

Fay zonlarındaki çatlaklar hava geçirgenliğini arttıracağından oksidasyona sebep olacaktır. Derin ocaklarda termal gradyan artacağından sıcaklık fazla olacaktır. Fay zonlarındaki ve topuklardaki gerilmeler fazla olduğundan kömür daha gevrek, çatlaklı ve küçük taneli haldedir. Bu da oksidasyonu arttıracağından kendiliğinden yanma daha kolay gerçekleşecektir. Jeolojik dönemler içinde kömür tabakları arasında oluşan farklı tane boyu ve litolojik karaktere sahip steril zonların geçirimliliği de kendiliğinden yanmayı etkilemektedir.

2.2.8. Madencilik yöntemi ve havalandırma

Madencilik faaliyetleri yapılırken birçok üretim yöntemi kullanılmaktadır. Bunlardan mekanize panolarda üretimi yapılan kömürlerde tane boyutu küçük olduğundan kömürde oksidasyon hızlı meydana gelmektedir.

Geri dönümlü ve dolgulu uzun ayak uygulamalarında yanma riski azalmaktadır. Ayrıca ayak arkasının hava geçmesini engelleyecek şekilde oturtulması yanma riskini azaltmaktadır. Yeraltı ocaklarında havalandırmada yüksek basınç farkı oluşması

engellenmelidir. Aksi durumda hava damar ve göçük içine girmekte yanmayı kolaylaştırmaktadır. Hava yolları, regulatörlerle kontrol edilmeli, kapılardaki kaçaklar engellenmelidir (Didari, 1986).

Ocak çevresindeki havalandırma akımı da önemlidir. Yüksek miktarda hava akımı uygulandığında kömür içindeki ısı dışarıya taşınmakta, fakat artan hava miktarı ile oksidasyon daha fazla gerçekleşecektir. Hava sirkülasyonu az olduğu takdirde oksidasyon ısısı ortamdan uzaklaştırılamayacak kömür tarafından absorbe edilerek yanma oluşacaktır.

2.2.9. Oksijen konsantrasyonu ve kısmı basıncı

Oksijen oranı kendiliğinden yanmaya etkisi bulunan en önemli parametrelerdendir. Açık havada bulunan kömürlerin oksijen tüketim hızları, yeni çıkarılan kömürlere göre daha fazla olmaktadır (Winmill, 1914/1915; Krishnaswamy, 1996a).

Sınırlı miktarda hava, bir yandan oksidasyon için gerekli oksijeni sağlarken, diğer yandan, oluşan ısıyı uzaklaştırmakta yetersiz kalarak ortamda sıcaklık artışının ve kendiliğinden yanmanın başlıca nedeni olmaktadır (Didari, 1986).

2.3. Kendiliğinden Yanmanın Tespit Edilmesinde Kullanılan Yöntemler

Kömürlerin kendiliğinden yanma indekslerinin tespiti için 6 farklı laboratuvar yöntemi kullanılmaktadır.

1- Adiyabatik oksidasyon yöntemi,
2- Tutuşma sıcaklığı yöntemi,
3- İzotermal kalorimetre yöntemi,
4- Olpinski yöntemi
5- Diferansiyel termal analiz (DTA) yöntemi
6- Termo gravimetrik analiz (TGA) yöntemi

2.3.1. Adiyabatik oksidasyon yöntemi

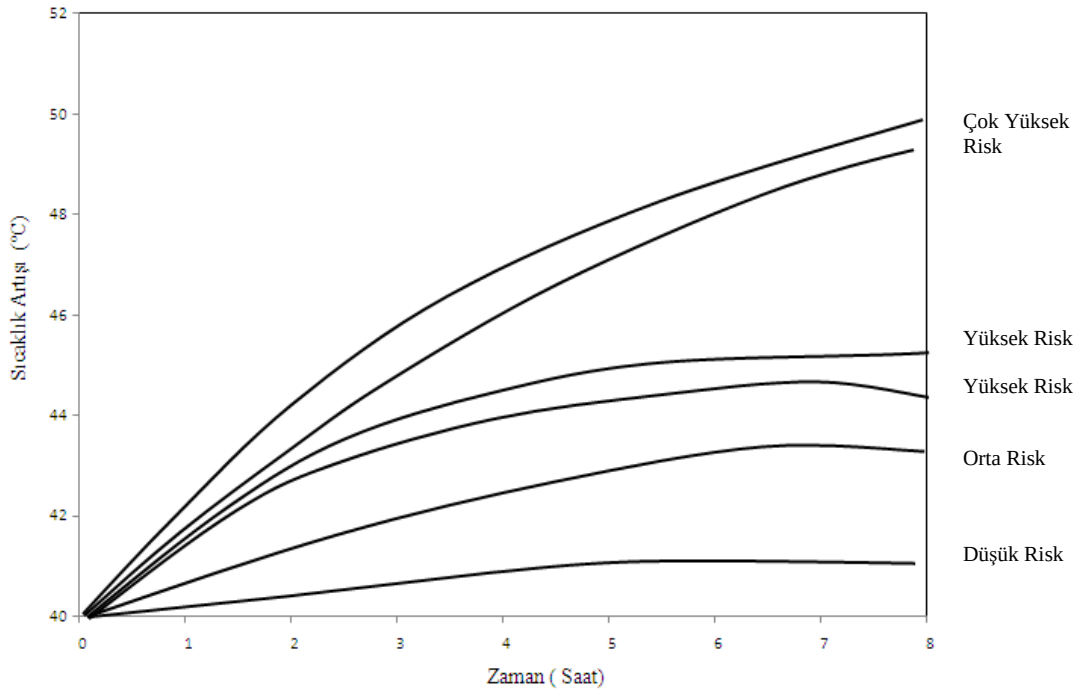
Bu yöntem kömürün adiyabatik şartlarda oksidasyon neticesinde ürettiği maksimum ısı miktarı zamana karşı değerlendirilirmesi esasına dayalı olup, ocak koşullarını en iyi temsil eden yöntemdir. Deney sonuçları değerlendirilirken şu faktörler göz önünde bulundurulur (Singh ve Demirbilek, 1986; Karpuz ve ark., 2000).

1-Kömürün ilk 1 saatte ulaştığı sıcaklık,

2-Oksidasyon sonucunda ulaşılan maksimum sıcaklık veya toplam sıcaklık artışı,

3-Oksidasyon eğilimi,

Şekil 2.1'de Singh ve Demirbilek (1986) kömürlerde zamana bağlı sıcaklık artışını grafikle belirterek risk sınıflaması oluşturmuştur. Ayrıca Çizelge 2.3'te görülen adiyabatik deney sonuçlarını risk endeksi ve kuluçka dönemiyle ilişki kurmuşlardır (Karpuz ve ark., 2000).



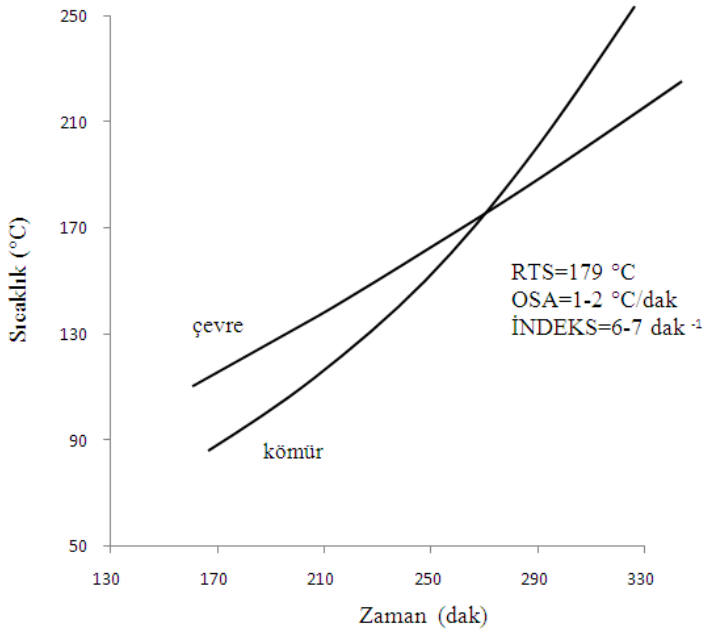
Şekil 2.1. Adiyabatik yöntemde kendiliğinden yanma risk kategorileri (Sing ve Demirbilek, 1986; Karpuz ve ark., 2000).

Çizelge 2.3. Adiyabatik Oksidasyon Yöntemine Göre Kendiliğinden Yanma Risk Sınıflaması (Singh ve Demirbilek, 1986; Karpuz ve ark., 2000).

Risk Sınıflaması	Adiyabatik Deney Sonuçları		Yanma Risk İndeksi	Toplam Yanma Riski İndeksi (Çevre koşulları dahil)	Kuluçka Dönemi (ay)
	İlk Sıcaklık Artışı (°C/saat)	Toplam Sıcaklık Artışı (°C)			
Çok Yüksek	>2.0	>7.0	8	>40	0-3
Yüksek	1.2-2.0	4.5-7.0	4	21-40	3-9
Orta	0.6-1.2	2.5-4.5	2	11-20	9-18
Düşük	<0.6	0-2.5	1	1-10	>18

2.3.2. Tutuşma sıcaklığı yöntemi

Bu yöntemde, kömürün hava ile oksidasyonu sırasında çevre sıcaklığı 110 °C ‘tan başlayarak sabit bir oranda artırılmakta, oksidasyon ile sıcaklık artışı sonucunda yanmaya geçen kömürün çevre sıcaklığını eşitleyerek aştığı nokta göreli tutuşma sıcaklığı olarak belirlenmektedir (Feng ve ark., 1973; Karpuz ve ark., 2000). Deney sonucunda sıcaklık artışı eğrisindeki veriler Şekil 2.2’de gösterildiği gibi değerlendirilir ve kendiliğinden yanma risk endeksi bulunur.



Şekil 2.2. Tutuşma sıcaklığı yönteminde sıcaklık artış eğrisi ve göreli tutuşma sıcaklığı (Feng ve ark., 1973)

$$\text{Risk İndeksi} = \frac{OSA}{RTS} \bullet 1000 \qquad (2.2)$$

OSA: 110°-220°C arası Ortalama Sıcaklık Artışı

RTS: Relatif Tutuşma Sıcaklığı, (°C)

Sıcaklık artış hızı yüksek ve tutuşma sıcaklığı düşük olan kömürlerin kendiliğinden yanma riski daha yüksek olmaktadır. Şekil 2.2'de bulunan risk endeksi Çizelge 2.3'te kullanılarak kömür için risk sınıflaması yapılmaktadır.

Çizelge 2.4.Tutuşma Sıcaklığı Yöntemine Göre Yanma Riski Sınıflaması (Feng ve ark., 1973)

Risk İndeksi	Kendiliğinden Yanma Risk Sınıfı
0-5	Düşük
5-10	Orta
>10	Yüksek

2.3.3. İzotermal kalorimetre yöntemi

Bu yöntemde sabit bir sıcaklıkta kömür numuneleri fırın içine konularak gaz akışına tabi tutulmaktadır. Numunede oksidasyon nedeniyle oluşan sıcaklık artışı termoçiftler vasıtasıyla ölçülmekte açığa çıkan ısı ile kendiliğinden yanma arasında bağıntı kurulmaya çalışılmaktadır (Ramlu, 1991).

Oksijen tüketimi olarak da adlandırılan bu yöntemde sızdırmaz bir kap içine konan kömür örneği, sabit sıcaklıkta (25 °C) bir su banyosu içine yerleştirilmekte ve 14 gün kadar sonra gaz ürünleri ölçülmektedir.

2.3.4. Olpinski yöntemi

Bu yöntemde hazırlanan küçük bir kömür peleti 235 °C sıcaklıkta oksidasyona uğratılmakta, 235 °C' ta ortaya çıkan ekzotermiklik kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığını vermektedir. Bu yöntemde -200 mesh, 0,3- 0,4 gr kömür numunesi su ile nemlendirilmekte küp biçiminde pelet hazırlanmaktadır. Saniyede 4-5 ml hava peletten geçirilmektedir. Pelet içine yerleştirilen termoçiftler ile sıcaklıklar ölçülmektedir. 235 °C' ta kadar zaman-sıcaklık grafikleri çizilmektedir. 235° C'ta eğriye çizilen teğet bize

Sza değerini vermektedir. Bu değerden kömürün % kül içeriği çıkartıldığında Szb elde edilmektedir (Banerjee, 1985).

Szb=Sza-(100/(100-%kül)) (2.3)

Szb=Olpinski indeksi

Sza=Isınma hızı

2.3.5. Diferansiyel termal analiz (DTA) yöntemi

Diferansiyel termal analiz yönteminde temel olarak kömür numunesi ve referans bir malzeme lineer bir şekilde ısıtılarak, ikisi arasında bir ΔT-T grafiği oluşturulmaktadır (Ramlu, 1991; Banerjee, 1985). Bulunan bu sonuçlar ile endotermik veya ekzotermik tepkimelerin hangi sıcaklıkta olduğu tepit edilmektedir. Tespit edilen reaksiyonlarda düşük sıcaklıklardaki verdikleri ekzotermik pik değerleri kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarıyla ilgili bir görüş vermektedir.

Banerjee (1985), kömürün termogramındaki basamakları aşağıdaki gibi tanımlamaktadır;

I. Basamak: Kömürden, nemin uzaklaşması aşamasındaki endotermik reaksiyon,

II. Basamak: Endotermik reaksiyonun bittiği andan sonra kömürde oksidasyona bağlı ekzotermik reaksiyonun başlangıcı,

III. Basamak: Termogramda ani sıcaklık artış hızının başladığı çok yüksek ekzotermik reaksiyon.

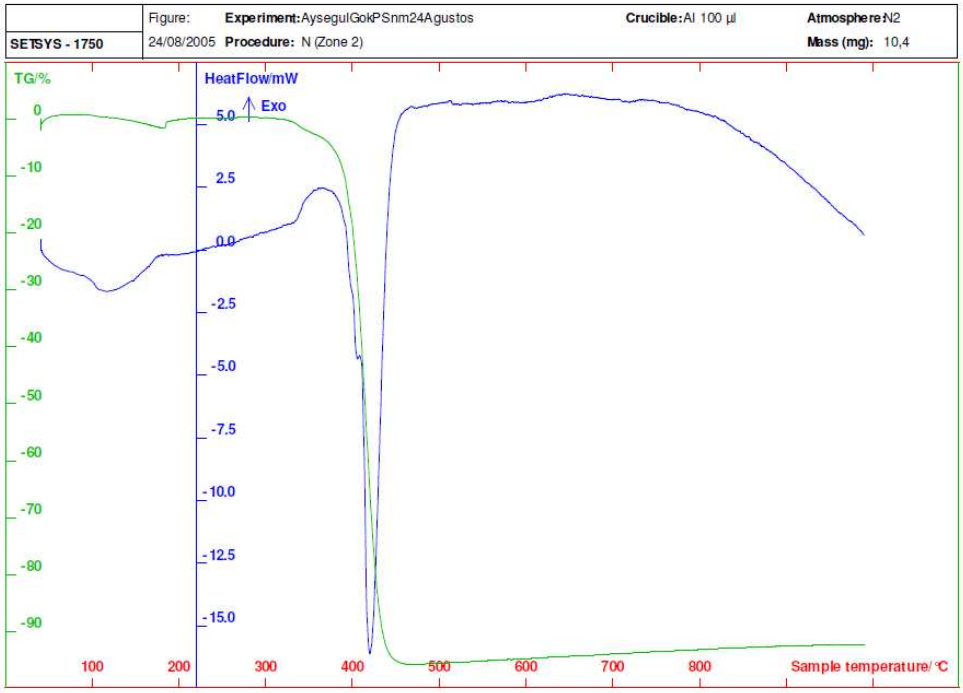
II. basamaktaki ısı artış hızı ve III. basamaktaki başlangıç sıcaklığı yatkınlığın bir göstergesi olarak kabul edilmiştir (Yıldırım, 2002).

2.3.6. Termo gravimetrik analiz (TGA) yöntemi

Termogravimetrik analizde, kontrollü bir hızla, uygun bir atmosferde ısıtılan maddenin kütlesindeki değişimler çok hassas elektronik bir terazi ile ölçülür. Numune alumina kroze içine konarak TGA cihazının terazisinde tartıldıktan sonra (5-20mg), numunenin özelliğine göre uygun gaz (inert veya reaktif gaz) seçilerek, uygun bir sıcaklık programında ısıtılır. Cihazda 1600 °C'a kadar ısıtma yapılabilmektedir. Genellikle polimer numuneleri için 1000 °C'a kadar 10 °C/dak hızı ve 50ml/dak gaz akışı programlanır. 600 °C'ta azot atmosferinden havaya geçilir. Numune kütlesindeki

değişim miktarı, zaman ya da sıcaklığın bir fonksiyonu olarak kaydedilir. Ayrıca boş kroze ile aynı şartlarda blank çalışması yapılır. Çizilen termogramlarda istenen sıcaklık aralığındaki ağırlık kaybı % olarak hesaplanır. Eğrinin 1. ve 2. türevi alınabilir, eğriler arasında matematiksel işlemler yapılabilir (Sırımoğlu N., 2010).

Süzer (2006), tarafından yapılan bir çalışmada Polistiren/Polipirol kompozitine uygulanan TGA analizi sonucu elde edilen tipik bir TGA ve DTA eğrisi Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. PS (300 nm)/PPy kompozitinin TG-DTA eğrisi (Süzer, 2006)

2.4. Türkiye'de Kendiliğinden Yanmayla İlgili Yapılan Çalışmalar

Türkiye'de kömürlerde kendiliğinden yanma ile ilgili yapılan çalışmalar, Ören ve ark., (2007) tarafından bir çizelge haline getirilmiştir. Bu çizelgede (Çizelge 2.4), tutuşma sıcaklığı, yatkınlık indeksi ve bunlara bağlı olarak risk sınıflamaları oluşturulmuştur.

Çizelge 2.4.Türkiye'de kendiliğinden yanma ile ilgili yapılan çalışmalar (Ören, 2007)

Araştırmacı	Çalışma sahası	Uygulanan yöntem	Tutuşma sıcaklığı değerleri (°C)	Yatkınlık indeksi (dak-1)	Risk sınıflaması
Ayvazoğlu (1978)	Zonguldak - Kozlu	Dinamik oksidasyon	86 – 90	-	-
Karpuz ve ark. (1986)	GAL - Silopi	Kesişim noktası	180 – 200	10 – 12 8 – 9	Yüksek Orta
Ermişoğlu ve ark. (1987)	GLİ - Ömerler	Düzeltilmiş Bystron – Urbanski	-	-	Yüksek
Karacam ve ark. (1988)	Zonguldak – Kozlu, Karadon, Armutçuk, Amasra,Üzülmez	Kesişim noktası	170 – 186	4,4 – 10,2	Orta
Yılmaz ve ark. (1990)	Zonguldak - Armutçuk	Kesişim noktası	164 – 178	3,65 – 6,18	Orta
Kaymakçı ve Didari (1992)	Zonguldak – Üzülmez GLİ - Ömerler	Kesişim noktası DTA	138 – 168	4,04 – 26,00	
Sarac ve Soyturk (1992)	GLİ – Tunçbilek-Ömerler	Kesişim noktası	138 – 146	8,5 – 26	Yüksek
Saraç (1993)	Soma - Çayırhan	Kesişim noktası	110 – 127	-	Yüksek
Didari ve ark., (1993)	Zonguldak – Üzülmez GLİ – Tunçbilek, Ömerler Muğla – Sekköy, Karaağaç	Kesişim noktası	140,6 – 176,7	-	-
Kaymakçı (1998)	Zonguldak	Kesişim noktası	150 – 215	-	-
Şensöğüt (1999)	Konya - Ilgın	Kesişim noktası	180 – 184	5,1 – 8,1	Orta
Sensöğüt ve Cınar (2000)	Konya - Ermenek	Kesişim noktası	151 – 160	4,4 – 7,3	Düşük – orta
Yılmaz (2002)	Soma – Eynez	Kesişim noktası	152 – 157	4,63 – 6,95	Düşük – orta
Şahin ve Didari (2002)	Zonguldak – Amasra, Kozlu Karadon	Kesişim noktası	141 – 186	2,64 – 6,92	Düşük – orta
Kadıoğlu ve Varamaz (2003)	Erzurum – Aşkale - Balkaya	Kesişim noktası	-	-	-
Küçük ve ark. (2003)	Erzurum - Aşkale	Kesişim noktası	138 – 160		
Özşen (2003)	28 ayrı kömür ocağı	TGA	197,308 – 221,094		

Tez konusu ile ilgili olarak ülkemizde yapılan endüstriyel boyutlu stoklar üzerindeki çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Ülkemizde endüstriyel boyutlu stoklar üzerinde ilk çalışma Özdeniz (2003) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmasında Tunçbilek Lavvar ürünlerinden olan 18-50 mm kömürlerinden büyük ölçekli stoklar oluşturarak, stoklarda atmosfer şartlarının zamana bağlı değişimini incelemiştir.

Ozdeniz'in 2009 yılında yaptığı büyük stoklar üzerindeki çalışmasında, Tunçbilek Termik Santralının stok sahasında kömür yığını oluşturarak, uzun süreli bekleme ile stok ve hava şartları arasındaki ilişkiyi incelemiştir.

Ozdeniz (2011) yaptığı diğer bir çalışmada, Tunçbilek lavvar ürünü 10-18 mm kömürler ilgili yaptığı çalışmadır. Bu çalışmasında Konya'da büyük miktarlarda kömür tüketen bir işletmenin stok sahasında endüstriyel çaplı bir stok yaparak, stoğun zamana bağlı sıkışmasını incelemiştir. 2700 saat sonunda stoktaki sıkışma oranı % 4.83 olarak tespit edilmiş ve yığın iç sıcaklığı 150 ^{o}C ulaşmıştır.

Aynı şekilde dünyada da sınırlı sayıda endüstriyel çaplı çalışmalar mevcuttur. Son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında, Fierro ve ark. (1999a), endüstriyel çaplı stoklar üzerinde çalışmışlardır. Bu amaçla, İspanya'daki Endesa kömürlerinden 3 ayrı stokta 2000–3000 ton civarındaki kömürlerde deneysel ve laboratuvar araştırmaları yapmışlardır. Deneyler sonunda toplam kendiliğinden ısınmaya bağlı sıcaklık değişimlerini hesaplamış ve yeni bir kalorifik kayıp katsayısı geliştirmiştir. Deneysel ölçümlerde kullanılan stoktaki sıcaklığın gözlemlenmesi ve ısı kayıplarının tahmin edilebilmesi tekniklerinin, termal kamera yöntemiyle daha kolay yapılabileceği ve deneysel tekniklere gerek kalmadığını ispatlamıştır.

Fierro ve ark. 1999b ve 2001 de yaptıkları detaylı gerçek ölçüm araştırmaları bu konuda araştırma yapan araştırmacılara katkı sağlamıştır. Bu amaçla İspanya'daki Mezcla tipi kömürlerden 5 adet 2000–3000 ton civarında yığın oluşturmuşlardır. 1. yığın normal olarak, 2. yığında periyodik sıkıştırmalar yapılmış, 3. yığın düşük eğim açısı ile oluşturulmuş, 4. yığın yapay rüzgâr bariyerleri ile rüzgârdan korunmuş ve 5. yığında kül-su karışımı bir çamur ile kaplanmıştır. Burada ilginç bir çalışma da yapılmıştır. Rüzgâr basıncının etkisini azaltmak için rüzgâr tüneli deneyleri yapılmıştır. Bu deney sonuçlarına göre stokta en uygun bir şekilde tasarlanan rüzgâr bariyeri ile çevrilmiştir. 5. yığın üzeri kireçtaşı, kil, kömür tozu, tuğla tozu ve alçı taşı karışımı bir malzeme ile kaplanmıştır. Bütün bu yığınların sıcaklığını kaydetmek ve gaz örneklerini toplamak için termo-çiftli ve örnek alıcılı 0.6 m, 1.5 m ve 3 m boyunda paslanmaz çelikten sondalar yığının belirli bölgelerine yerleştirilmiştir. Bu sondalar yardımıyla kendiliğinden yanma işleminin başlangıç ve gelişimi saptanmıştır. 5. yığının kül-su karışımı çamur ile kaplanması neticesinde, yığının kendiliğinden yanmayı önlemede çok etkili olduğu, ayrıca rüzgâr bariyerli yığınında etkili olduğu deney sonuçlarından anlaşılmıştır. Bu deney sonuçlarını bir matematiksel modelle de desteklemişlerdir.

3. GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ

3.1. Tarihçe

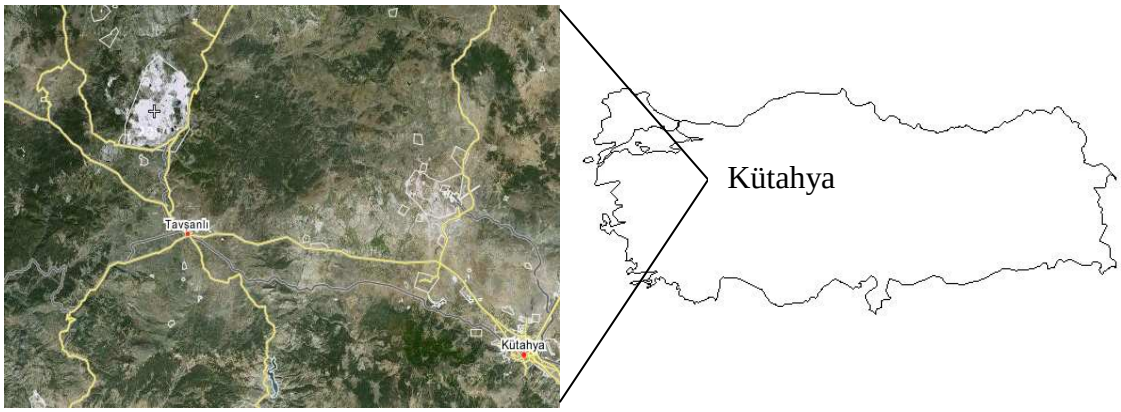
1938 Yılında ETİBANK'a bağlı olarak, "Mahdut Mesuliyetli Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi" adı altında kurulmuştur. 1957 Yılından itibaren 6974 sayılı kanunla kurulan "Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Kurumu" bünyesine alınmıştır. Başlangıçta Balıkesir'de bulunan Müessese Merkezi, 2. Dünya Savaşı sırasında Tavşanlı'ya nakledilmiştir.

Değirmisaz, Tunçbilek ve Soma işletmelerine ek olarak, Kütahya ili sınırları içerisinde yer alan Seyitömer Linyit Havzası, 01.06.1960 tarihinde Müessesenin bir bölgesi olarak işletmeye açılmıştır. Değirmisaz Linyit İşletmesi 1966 yılında yeni kurulan Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi (ELİ)'ne devredilmiştir.

Seyitömer Bölge Müdürlüğü'nün, "Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müessesesi" olarak yapılandırılması nedeniyle 01.07.1990 tarihinden itibaren GLİ Müessese bünyesinden ayrılmıştır. 1940 yılından itibaren Müessese adı altında faaliyet gösteren Garp Linyitleri İşletmesi, TKİ'nin yapılanmasındaki değişiklik nedeniyle 01.09.1995 tarihinden itibaren "GLİ Bölge Müdürlüğü" adı altında faaliyet göstermektedir.

3.2. Coğrafya

Tunçbilek işletmesi, 4364 Ruhsat Nolu Tunçbilek İmtiyaz Sahasında (13.477,28 Hektar) üretim yapmaktadır. Tavşanlı - Domaniç karayolu üzerinde yer almakta olup, Tavşanlı'ya 13 km, Kütahya'ya 58 km uzaklıktadır. Ayrıca Kütahya-Balıkesir demiryolu hattına 11 km'lik bir hatla bağlıdır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. G L İ Tunçbilek üretim sahası coğrafi konumu

3.3. Jeoloji

Tunçbilek kömür havzasında en yaşlı birim olarak Paleozoyik yaşlı metamorfik şist ve kristalize kireçtaşları ile, Paleozoyik üzerinde uyumsuz olarak Kretase yaşlı ultrabazik kayaçlar bulunmaktadır. Paleosende granit intrüzyonu görülmektedir (Ayaydın, 1987).

Tüm bu birimler Neojen yaşlı birimlerin temelini oluşturmaktadır. Temel üzerinde uyumsuz olarak bulunan Neojen; Miyosen (Tunçbilek Serisi) ve Pliyosen (Domaniç Serisi) ile temsil edilmektedir (Ayaydın, 1987).

Miyosen yaşlı birimler Alt Miyosen yaşlı genellikle taban kırıntılarından oluşan Beke formasyonu ile başlamaktadır. Bu birimin üzerine yanal düşey geçişli olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı ve kömür içeren Tunçbilek formasyonu gelmektedir. Orta-üst Miyosen yaşlı Tavşanlı volkanikleri tüm bu birimleri keserek yüzeylemektedir. Pliyosen döneminde ise Alt Pliyosen yaşlı Saruhanlar formasyonu, genellikle kırıntılı ve kısmen karbonatlı kayaçta temsil edilen Çokköy formasyonu tarafından örtülmektedir. Çokköy formasyonu ise Üst Miyosen yaşlı gölsel karbonatlı kayaçlardan oluşan Emet formasyonu ile yanal düşey geçişlidir. Pliyosen-Kuvaterner geçişinde yöredeki en genç volkanik faaliyetin ürünü olan Taşlıtepe bazaltları gözlenmektedir. Yörede en üstte ise yine Pliyo-Kuvaterner yaşlı karasal kırıntılar ve en son olarak güncel alüvyonlar yüzeylenmektedir (Arık, 2002)

3.4. Havzanın yapısal jeolojisi

Neojende yapısal olarak önemli olabilecek fay ve kıvrım eksenlerine rastlanmamaktadır. Genelde havzanın belirli aralıklarla çökmesine bağlı olarak eğim atımlı normal faylar (gravite fayları) gelişmiştir. Bu gravitasyonel hareketler sonucunda havza içinde bazen senklinal yapılar gelişmiş olup kıvrım eksenlerinin kanat açıları 10-30° arasında değişmektedir.

Sahanın tektoniğine yönelik jeofizik-rezistivite ve kömürlü zonun tavan kotuna göre yapılan yapı-kontur haritalarında fayların genelde kuzey-güney doğrultusunda geliştikleri gözlenmiştir. Tabaka eğimleri genelde 5-20^{o} kuzeydoğuya doğrudur. Başlangıçta Neojen havzasında sakin olan tektonik faaliyet, marn birimin çökelmesinden sonra Miyosen sonlarına doğru biraz hareketlenmiştir. Miyosen sonlarındaki hareketler ise, Tunçbilek serisi tabakalarının eğim açılarını yükseltmiş, yeni faylanmalar meydana gelmiştir. Miyosen sonlarındaki hareketler ise; Tunçbilek serisi tabakalarının eğim açılarını yükseltmiş, yeni faylanmalar meydana gelmiştir. Miyosen sonlarında başlayan volkanik faaliyet nedeniyle genişleyen havzada Domaniç serisi birimleri çökelmiştir. Kuyu sistemi ile üretim yapılacak sahada mevcut sondajlar ile kömür tavan kotuna göre yapılan yapı-kontur çalışmalarında birkaç eğim atımlı normal faylar ve ufak çaplı dalgalanmalar (kıvrım) haricinde ortamın daha az tektonik hareketlere maruz kaldığı görülmektedir (Ayaydın, 1987).

3.5. GLİ kömür üretimi

GLİ Tunçbilek İşletmesi, 4364 Ruhsat Nolu Tunçbilek İmtiyaz Sahası'nda (13.477,28 Hektar) kömür üretimi yapmaktadır. Üretim faaliyetleri Açık ocak ve Yeraltı ocaklarından yapılmaktadır.

3.5.1. Açık ocak üretimi

Müessesenin 4364 nolu imtiyaz sahasında 2009 yılı başı itibariyle işletilebilir rezervin 35.635.000 tonu açık işletme sahalarındadır. Açık işletme faaliyetleri; delme – patlatma, dekapaj, kömür üretimi olmak üzere 3 aşamada gerçekleşmektedir.

Delme işlemi Ingersoll Rand XL900, Ingersoll Rand DM50 delme makinalarıyla 9 inç çapında ve ortalama 8 m aralıklarla yapılmaktadır (Şekil 3.2). Delikler şeş-beş düzeninde 12 m'lik aynada 15 m uzunluğunda delinmektedir. Kuru deliklerde ANFO, sulu deliklerde emülsiyon tipi patlayıcı kullanılmaktadır. Patlatma infilaklı fitil ve Excel-nonel sistemi olmak üzere 2 şekilde yapılmaktadır.



Şekil 3.2. Delik makinası ile delme işlemi

Kömürün üstündeki tabaka delme-patlatma ile gevşetildikten sonra 10-12 m'lik dilimler ile kazıldıktan 10 yd^3 kepçe hacimli P&H 1900AL ve 26 yd^3 kepçe hacimli 2300 XP elektrikli ekskavatörler ile kazılmakta, 85 tonluk Wabco 85/D ve 170 short tonluk Komatsu 630 ES Model kamyonlarla harman sahalarına nakledilmektedir (Şekil 3.3). Açık İşletme sahalarında yılda 4.500.000 ton/tüvenan kömür üretilmekte olup, kömür dekapaj oranı 1/13'tür. Şekil 3.4'te Beke panosu üretim faaliyetlerinden bir görünüm verilmiştir.



Şekil 3.3. Elektrikli ekskavatör-kamyon ile dekapaj çalışması



Şekil 3.4. Beke panosundan genel bir görünüm

Açık ocakta dekapaj çalışmalarında dragline da kullanılmaktadır. Kömüre ulaşmak için kazılması gereken örtü katmanı fazla olduğundan önce elektrikli shovel ekskavatörlerle kazılarak inceltilmektedir. Sonrasında dragline devreye girmektedir. GLİ Tunçbilek işletmesinde 20 yd^3 kapasiteli Page 736 ve 40 yd^3 kapasiteli Marion 7820 olmak üzere 2 dragline mevcuttur. Şekil 3.5'te dragline çalışması görülmektedir.



Şekil 3.5. Beke panosunda dragline uygulaması

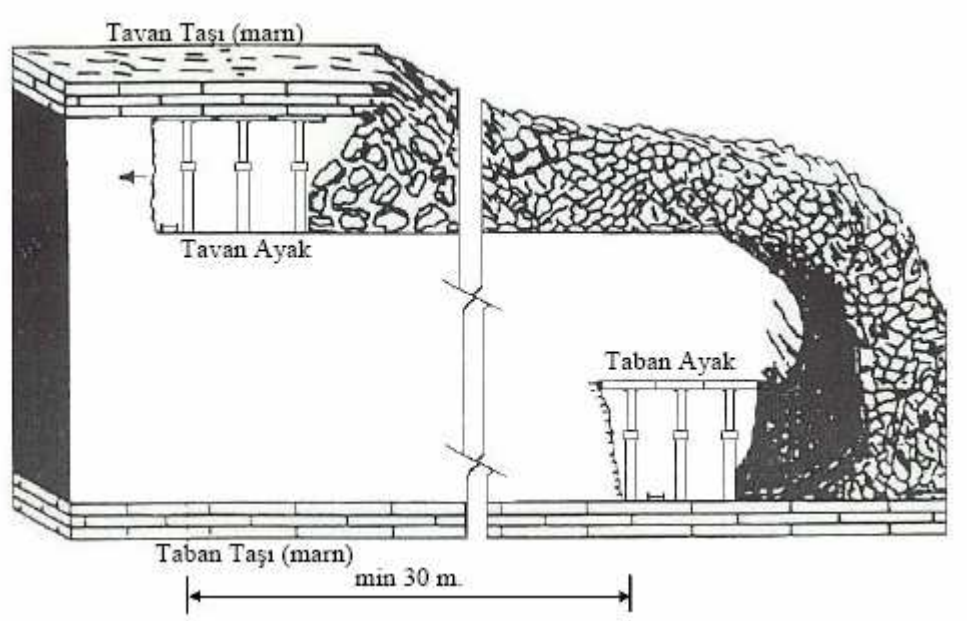
Kömür üretiminde shovel ekskavatör + kamyon sistemi ve dragline sistemiyle üstü açılan kömürler 4,5 yd^3, 6 yd^3, 10 yd^3 'lük ekskavatörler vasıtasıyla kazılmaktadır. Üretilen kömürler Wabco 85D kömür kamyonları ile lavvar tesislerine ve termik santrale nakledilmektedir.

3.5.2. Yeraltı üretimi

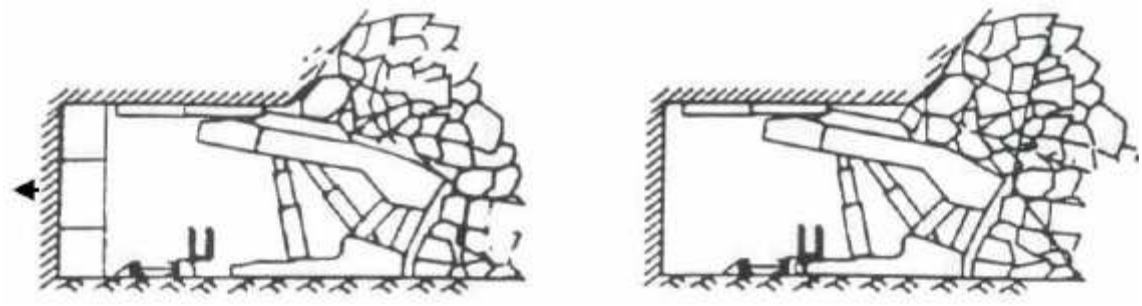
GLİ Tunçbilek işletmesinde yeraltı kömür üretimi Tunçbilek-Büyükdüz Yeraltı ve Ömerler Yeraltı Ocağından sağlanmaktadır. Tunçbilek-Büyükdüz yeraltı ocağı özel teşebbüs eliyle çalıştırılmaktadır. Bu sahada 2009 yılı başı itibari ile 4.034.826 ton işletilebilir rezerv bulunmaktadır.

Ömerler Yeraltı Ocağı'nda 2009 yılı başı itibariyle toplam 23.638.500 ton işletilebilir rezerv bulunmaktadır. Kömür üretimi klasik ve mekanize panolardan yapılmaktadır.

Klasik panolarda hidrolik direk – çelik sarma vasıtasıyla tavan ve taban ayaklardan yapılmaktadır. Taban ayaklarda ayak arkasından kömür alınması esnasında tavan taşının kömüre karışmasını engellemek için tavan ayakların tabanına hasır serilmektedir. Mekanize panolarda üretim aynadaki kömürün çift tamburlu kesici-yükleyici ile kazılarak, tahkimatların kazılan kısma ilerletilmesi ve tavan kömürünün göçertilerek alınması şeklindedir (Çelik, 2005). Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de Çelik, 2005 tarafından yapılan çalışmada klasik ve mekanize panolarda yapılan üretimler gösterilmektedir.

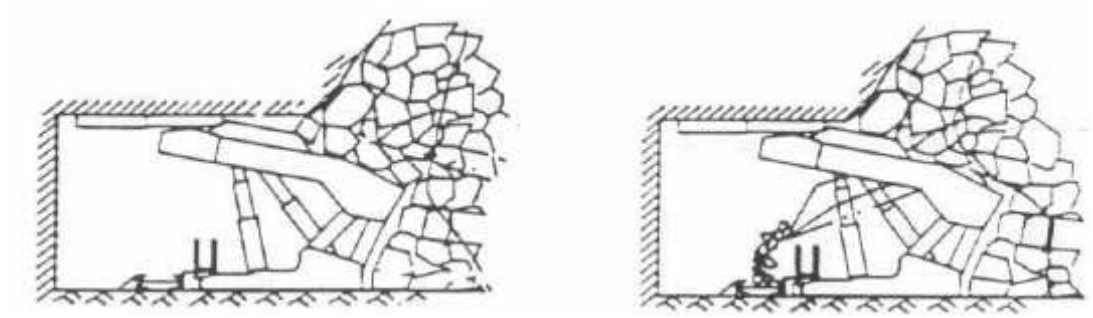


Şekil 3.6. Klasik yöntemle tavan-taban ayak kömür üretimi (Çelik, 2005)



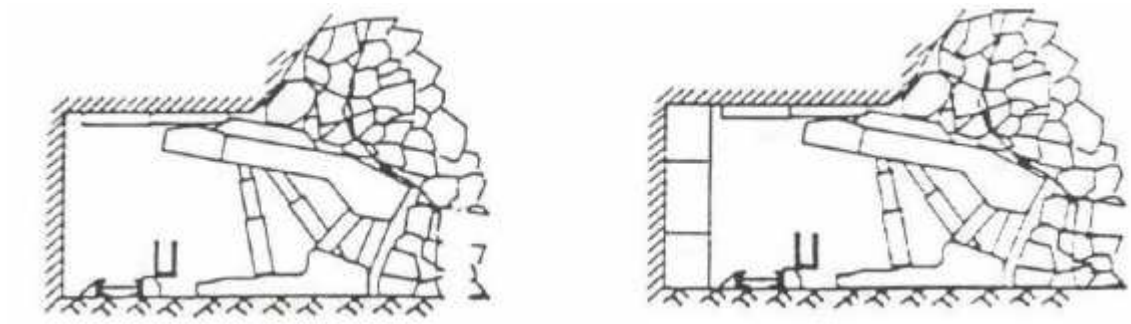
a – Ayna kazısı

b –Tahkimat öteleme



c – Kesim sonrası tahkimat öteleme, delme ve patlatma

d – Arka kömürünün göçertilmesi



e – Ayak konveyörünün ötelenmesi

f – Bir sonraki ayna kesimi

Şekil 3.7. Mekanize yöntemle kömür üretimi (Çelik, 2005)

4. YIĞININ SIKIŞMA ETKİSİNE BAĞLI OLARAK İNCELENMESİ

Kömürlerde meydana gelen kendiliğinden yanma olayının kömürün içinde oluşan ısının tahliye edilememesi sonucu gittikçe artan sıcaklık sonucu alevli yanmaya dönüştüğü bilinmektedir. İstenmeyen bu durumun engellenmesi için öncelikle üretilecek kömürlerin kendiliğinden yanma risk faktörlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu risk faktörlerinin tespitinde genellikle laboratuvar ölçekli çalışmalar yapılmaktadır. Laboratuvar çalışmalarında kullanılan kömürler çok düşük miktarlarda (gr) olduğundan kömür panosunun tamamını temsil edememektedir. Bu yüzden kendiliğinden yanmanın tespit edilmesi arazi çalışmaları yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu sebeplerden dolayı GLİ Tunçbilek İşletmesinde büyük çaplı endüstriyel boyutlu bir stok oluşturularak bu çalışma yapılmıştır.

4.1. Stok Sahasının Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan kömürler GLİ Tunçbilek İşletmesinde kendiliğinden yanmaya eğilimli ve üretim sırasında yanma gözlenen Yörgüç bölgesinde bulunan Y4-A1 (A stoğu) panosu ve üretim sırasında yanma gözlenmeyen, kendiliğinden yanmaya eğilimli olmayan Beke bölgesinde bulunan BY-K (B stoğu) panosundan alınmıştır. Ören (2006) GLİ Beke-Yörgüç ve GLİ BY- H panolarından alınan numuneler üzerinde yapmış olduğu laboratuvar çalışmaları neticesinde bu kömürlerin kendiliğinden yanma riskini yüksek olarak sınıflamıştır. GLİ kömürlerinin genelinin kendiliğinden yanma riskinin yüksek olduğu yapılan diğer çalışmalarda da vurgulanmıştır (Şensöğüt, 1999; Karpuz 2000). Kendiliğinden yanmaya eğilimli olma veya olmama ifadesi bu çalışmada üretim esnasında panoda yanma gözlenmesi veya gözlenmemesine dayandırılarak oluşturulmuştur. Çalışmada 2 farklı tür kömür kullanılmasının nedeni aynı hava koşullarının farklı panolardan alınan kömürler üzerindeki etkisinin tespiti içindir.

Kömürün alındığı GLİ Y4-A1 panosundan (Şekil 4.1) ve GLİ BY- H panodan (Şekil 4.2) genel bir görünüm verilmiştir.



Şekil 4.1. Üretim yapılan Y4-A1 panodan bir görünüm



Şekil 4.2. Üretim yapılan BY-K panodan bir görünüm

Panolardan 13.06.2008 tarihinde PC-1100 Komatsu ekskavatör ile kazılan kömür Wabco 85 D kamyonlara yüklenerek Şekil 4.3'te ve Şekil 4.4'te görülen stok yapılmıştır. Kullanılan stok boyutunda uzunluk 30 m, en 5 m ve yükseklik 3 m olarak belirlenmiştir. Bu boyutlarda stok geometrisi seçilmesinin nedeni, Özdeniz (2003) ve Özdeniz ve ark., (2006)'nın farklı boyuttaki kömürlerde aynı geometriyi kullanarak stok oluşturmasıdır.

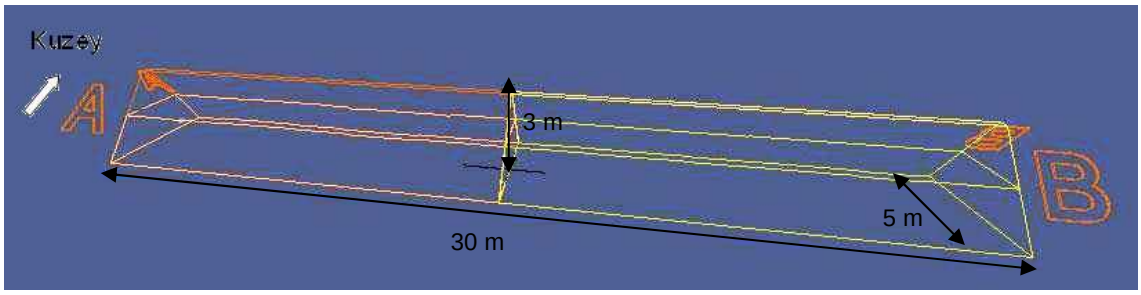
Stok oluşturulduktan sonra Komatsu WA-250-6 yükleyici ile stoğun kenar kısımları düzeltilmiştir. A pano ve B panodan alınan tüvenan kömürler ile oluşturulan endüstriyel boyutlu stok, sırt sırta gelecek şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 4.5, Şekil 4.6). Yapılan bu stoklar doğal koşullarda bekletilmiş, yığının belirlenen noktalarından sıcaklık sensörleri ile değerler alınmıştır. A stoğunda 28 gün, B stoğunda 47 gün boyunca bekleyen kömürde sıkışma etkisine bağlı olarak meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Oluşturulan endüstriyel boyutlu stoğun görünümü Şekil 4.3'te ve Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Oluşturulan endüstriyel kömür yığınının üstten görünümü



Şekil 4.4. Oluşturulan endüstriyel kömür yığınının yandan görünümü



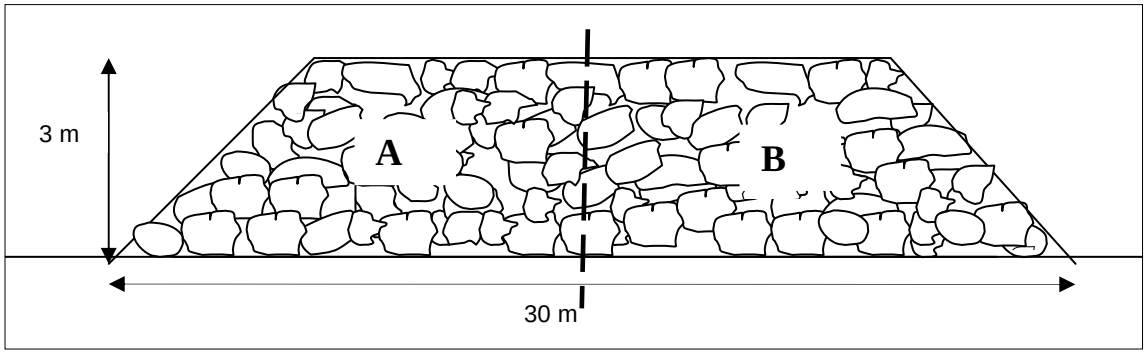
Şekil 4.5. Oluşturulan stoğun 3 boyutlu görünümü

Çalışmada kullanılan A stoğu ve B stoğu kömürlerinin laboratuvar analizleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1.Kömür analiz sonuçları

Numune	Alt Isıl Değer(kCal/kg)	Uçucu madde (%)	Kül (%)	Nem (%)	Kükürt (%)
A	3953	34,50	28,80	18,9	2,66
B	5125	33,84	22,63	10,7	1,38

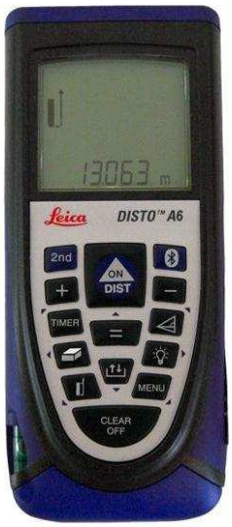
Endüstriyel boyutta oluşturulan yığının üst kısmı kürek vasıtasıyla tesviye edilmiştir. A pano ve B panodan alınan tüvenan kömürler ile oluşturulan endüstriyel boyutlu stok, sırt sırta gelecek şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 4.6). Bunun sebebi kendiliğinden yanmaya yatkın olan A panosu kömürlerinin, kendiliğinden yanmaya yatkın olmayan B panosu kömürlerine yapacağı ısı aktarımının ne şekilde olacağı ve A yığının yanması sonucu bu kömürleri buradan uzaklaştırılarak B stoğuna oksidasyon alanı oluşturulmasının kendiliğinden yanmaya etkisinin ne derecede olacağının tespit edilmesi içindir.



Şekil 4.6. Oluşturulan kömür stoğunun konumu

4.2. Yığın Sıkışmalarının Tespit Edilmesi

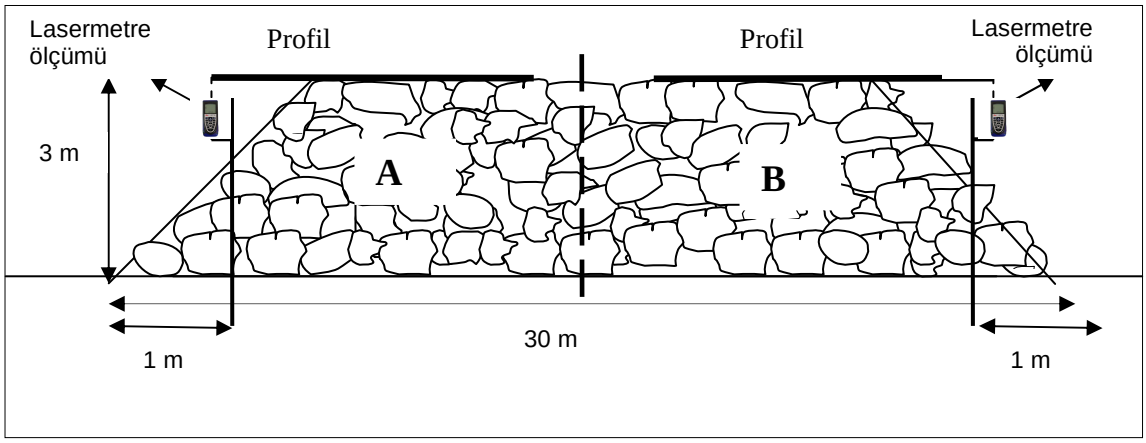
Büyük ölçekli stok yığınında meydana gelen sıkışma miktarının tespit edilmesi için 2 adet 6 m'lik profil imal edilmiştir (Şekil 4.8). Profiller çubukların stok içerisine batmaması için üzerine 4 adet kare biçiminde saç kaynaklanmıştır. A ve B stoğunun üst kısmına Şekil 4.9'da görüldüğü gibi 1'er adet yerleştirilmiştir. Şekil 4.9'da görüldüğü gibi stok kenarından yaklaşık 1 m içeriye zemine çakılarak sabitlenen 2 adet profil bulunmaktadır. Bu profilin üzerinde lasermetreyi sabitlemek için bir parça kaynaklanmıştır. Böylelikle her lasermetre ölçümünde sabit bir nokta oluşturulmuştur. Çalışmada Leica DISTO™ A6 marka bir lasermetre kullanılmıştır (Şekil 4.7). Lasermetreyi kullanım amacı, zaman içerisinde meydana gelen oturma miktarını tespit etmektir. Lasermetrenin teknik özellikleri EK-1'de verilmektedir.



Şekil. 4.7. Leica DISTO™ A6 lasermetre



Şekil 4.8. Yığın üstüne konulan profiller



Şekil 4.9. Stok yandan görünüm

4.3. Stok İç Sıcaklıkların Tespit Edilmesi

Kömür yığınının şemada belirlenen noktalarına sıcaklık değerleri almak için Pt-100 sensörleri yerleştirilmiştir. Sensörlerin stok içine rahat sokulabilmesi için içi boş, uçları sivri ve ucu delikli sondalar kullanılmıştır. Uçların delikli olmasının sebebi yığında oluşan sıcaklıkların Pt-100 tarafından algılanmasının kolaylaştırmaktır.

A yığınında 2 adet 1 m'lik, 2 adet 1,5 m'lik ve 1 adet 2 m'lik toplam 5 adet sonda kullanılmıştır. B yığınındaki sondalar ise 3 adet 1 m'lik, 2 adet 1,5 m'lik ve 1 adet 2 m'lik toplam 6 adettir. Stoğa yerleştirilmeye hazır sondalar Şekil 4.10'da gösterilmektedir.



Şekil 4.10. Stoğa yerleştirilmeye hazır sondalar

Dış ortamda bulunan havanın sonda içine girmemesi dolayısıyla Pt-100'lerin dış ortamdaki sıcaklıktan etkilenmemesi için kullanılan sondaların giriş kısımları silikon ile kapatılmış böylelikle, sensörlerde ölçülen sıcaklıkların stoğun içindeki sıcaklığı yansıtabilmesi sağlanmıştır (Şekil 4.11). Daha sonra Pt-100'lerden alınan veriler analog-dijital çevirici pano (Şekil 4.12) yardımıyla °C olarak ölçülüp manuel olarak kaydedilmiştir.



Şekil 4.11. Sondanın dışının silikonla kaplanması



Şekil 4.12. Analog-dijital çevirici pano

4.4. Meteorolojik Ölçümler

Kendiliğinden yanmada etkili olan meteorolojik parametreler Oregon Scientific kablosuz hava ölçüm istasyonu ile ölçülmüştür. Ölçülen bu parametreler rüzgâr hızı, basıncı ve yönüdür. Bu ölçüm istasyonu Şekil 4.13'te görüldüğü gibi stoğun hemen yanına kurulmuştur.



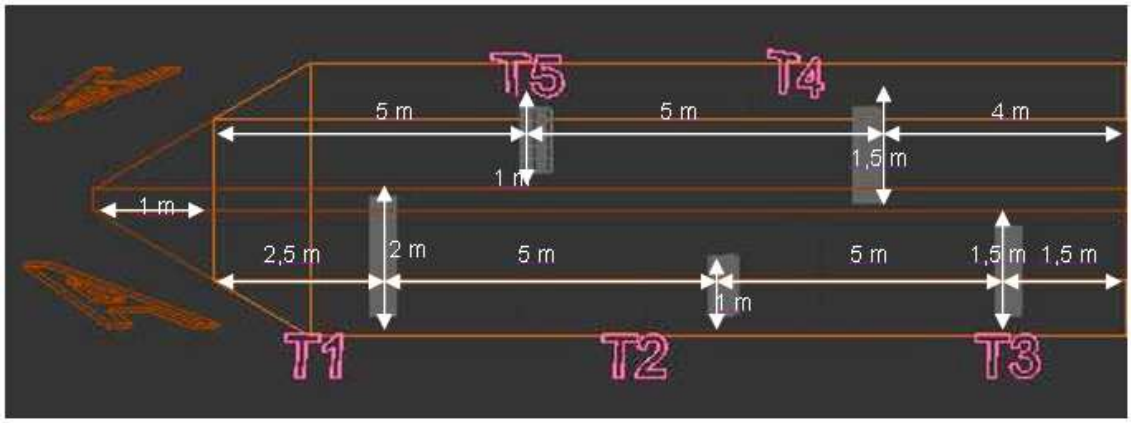
Şekil 4.13. Meteorolojik kablosuz ölçüm istasyonu

5. STOKLARDAN ALINAN VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

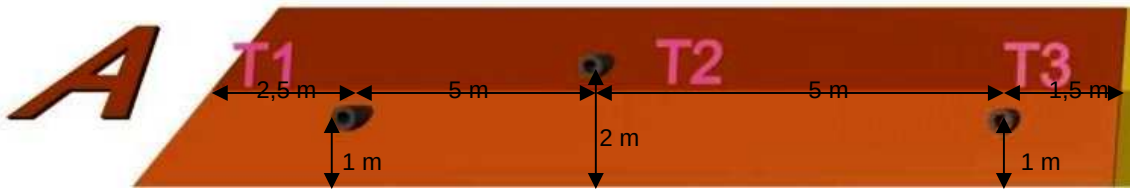
Kendiliğinden yanmanın tespitine yönelik hazırlanan endüstriyel boyutlu stokta sıcaklık değişimlerinin ölçümü için 5 tanesi A yığınında, 6 tanesi B yığınında olmak üzere toplam 11 adet Pt-100 sensör kullanılmıştır. Bu 11 adet sensörden alınan veriler elektrik şebekesinde dalgalanmaların etkisini azaltmak için hareketli ortalama filtre yöntemi Canan ve ark. (1998) ile Excel programı vasıtasıyla filtrelenmiştir. A stoğundaki ölçümler 13.06.2008 tarihinde saat 15:30'da başlamış, 11.07.2008 tarihinde saat 23:00'te sona ermiştir. B stoğundaki ölçümler 13.06.2008 tarihinde saat 15:30'da başlamış, 30.07.2008 tarihinde saat 17:30'da sona ermiştir. A stoğu sıcaklık-nem ilişkisi EK-2'de, B stoğu sıcaklık-nem ilişkisi EK-3'te, A stoğu sıcaklık-rüzgâr hızı ilişkisi EK-4'te, B stoğu sıcaklık-rüzgâr hızı ilişkisi EK-5'te, A stoğu sıcaklık-atmosfer basıncı ilişkisi EK-6'da, B stoğu sıcaklık-atmosfer basıncı ilişkisi EK-7'de verilmiştir.

5.1. A Stoğunun Sıcaklık –Zaman Değerlerinin İncelenmesi

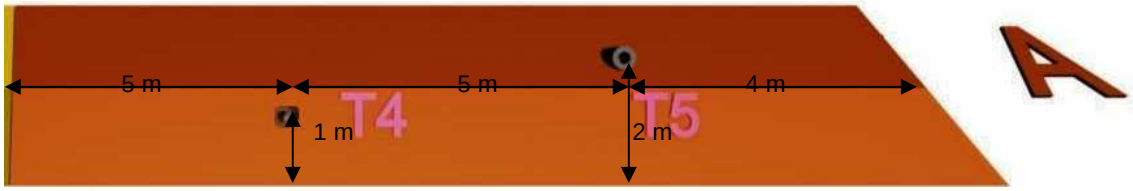
A panodan alınan kömürler üzerindeki çalışmada 2 adet (T2, T5) 1m'lik, 2 adet (T3, T4) 1,5 m'lik ve 1 adet (T1) 2 m'lik toplam 5 adet sonda kullanılmış ve bu sensörlerin stok içerisindeki yerleşimleri şematik olarak gösterilmiştir (Şekil 5.1). Yığından alınan sıcaklık okumalarıyla beraber hava sıcaklıkları da kaydedilmiş, bu yöntemle yığın iç sıcaklığı-hava sıcaklığı davranışının açıklanması amaçlanmıştır. Sensörlerden elde edilen sonuçlar ayrı ayrı grafikler üzerinde gösterilmiştir. Sensörlerin Şekil 5.2'de güney ve Şekil 5.3'te kuzey kesitlerinin yandan görünümü verilmiştir.



Şekil 5.1. A sensörlerinin şematik gösterilmesi



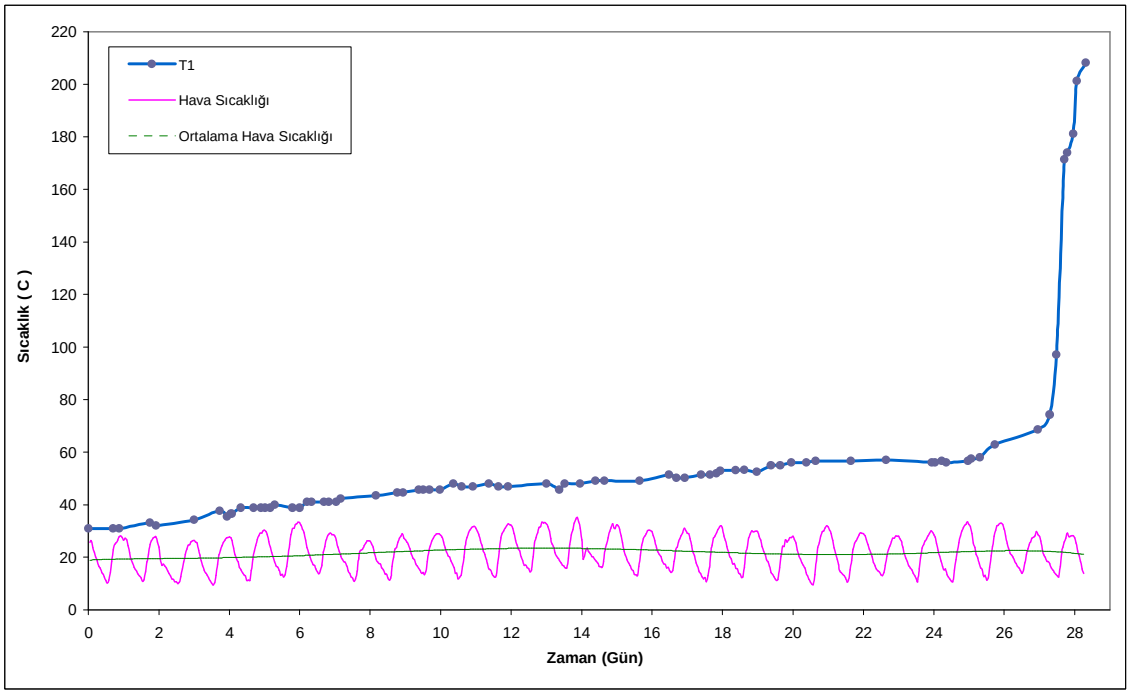
Şekil 5.2. A sensörlerinin güney kesiti



Şekil 5.3. A sensörlerinin kuzey kesiti

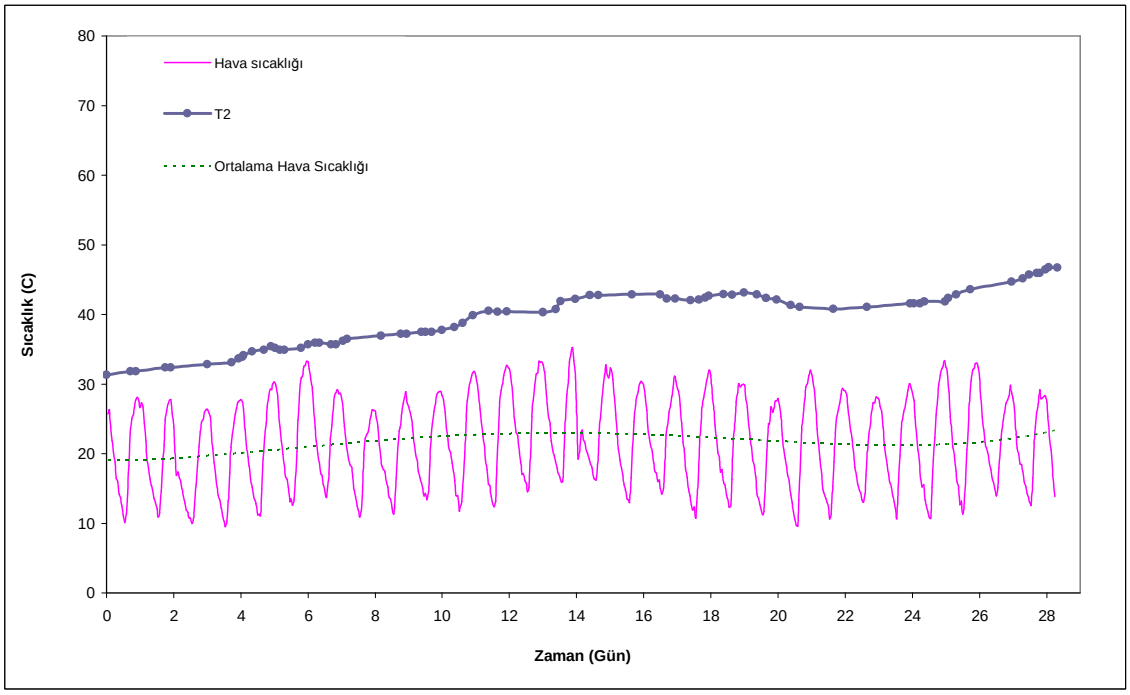
Aşağıdaki grafikte görüldüğü gibi stokta meydana gelen yanma en iyi T1 numaralı sensörde gözlenmektedir (Şekil 5.4). Yığının en iç noktasında bulunan T1 sensöründe sıcaklık artışı 60 °C ‘ye kadar doğrusal bir şekilde artmış, 60 °C‘tan sonra ani olarak artış gösterek alevli yanma olayı gerçekleşmiştir. T1’de oksidasyon neticesiyle ortama çıkan ısı korunmakta olup, ortam sıcaklığını arttırdığı gözlenmiştir. 27. günün sonunda kömür tutuşma sıcaklığına ulaşarak alevli yanmaya dönüşmüştür. Özdeniz ve ark., (2006) Tunçbilek kömürlerinden oluşturulmuş endüstriyel boyutlu bir stok üzerinde yapmış olduğu çalışmada kendiliğinden yanmanın 60 °C kritik sıcaklıkta gerçekleştiğini tespit etmiştir. Bu çalışmada da kendiliğinden yanmayı en iyi temsil eden T1 numaralı sensörümüzde kritik sıcaklık olan 60 °C olarak bulunmuştur.

A stoğunun rüzgâra en açık olan uç kısmından başlayarak lokal yanma noktaları oluşmuştur. Bunun üzerine bu stok üzerinde çalışma durdurularak yükleyici yardımıyla kömür bulunduğu yerden alınmıştır.



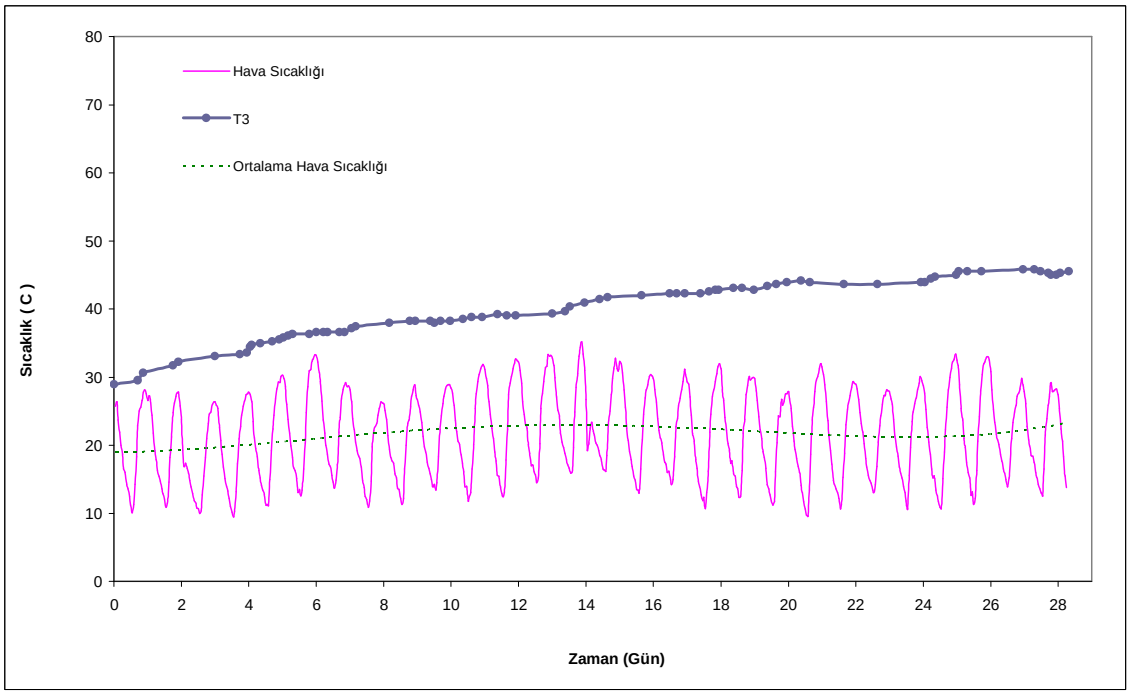
Şekil 5.4. T1 numaralı sensörün stok sıcaklığı- hava sıcaklığı ilişkisi

T2 numaralı sensörde ölçülen sıcaklıklarda görülen en önemli husus, bu sensörün yığında yüzeye yakın olması nedeniyle dış ortam sıcaklık farklarından etkilenmesidir. Tunçbilek civarında gece-gündüz sıcaklıkları arasındaki fark genellikle 20 °C kadar olmaktadır. Bu nedenle stokta gece yapılan okumalarda düşük sıcaklıklar kaydedilmiştir. Şekil 5.5'te görüldüğü gibi T2 nolu sensörün bulunduğu noktada kendiliğinden yanma olayı gözlenmemiştir. Fakat gittikçe artan bir ısınma söz konusudur.



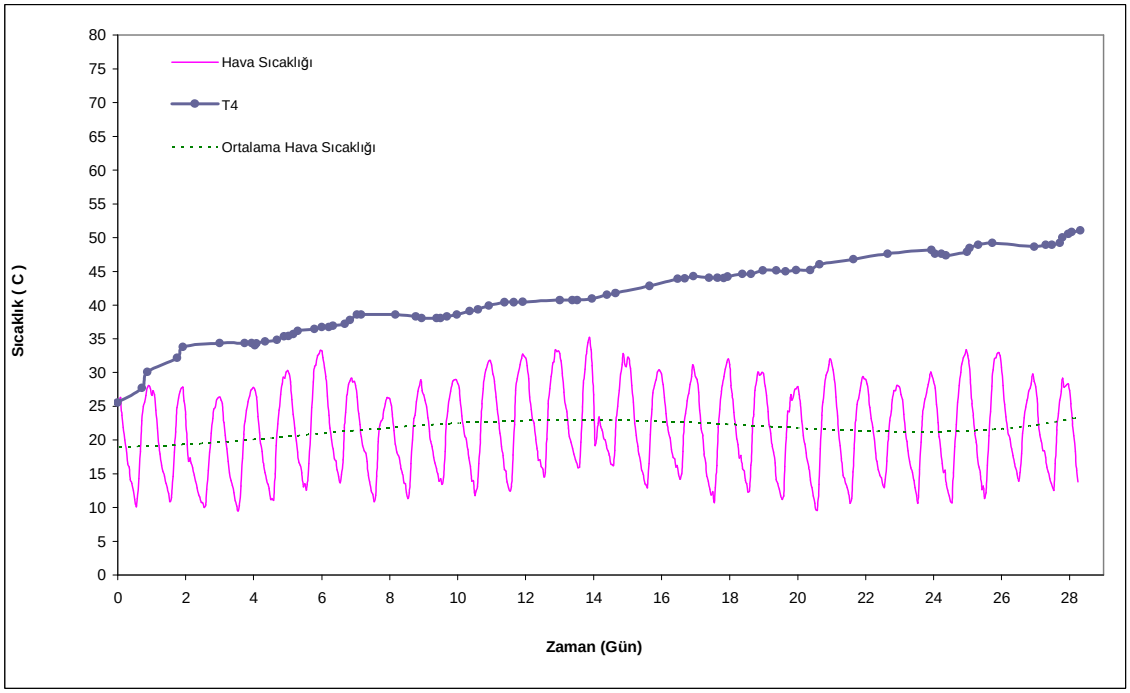
Şekil 5.5. T2 numaralı sensörün stok sıcaklığı- hava sıcaklığı ilişkisi

T3 sensöründe de T4 sensöründeki gibi gittikçe artan bir sıcaklık grafiği gözlenmektedir. Sensörün bulunduğu noktada herhangi bir kendiliğinden yanma ve duman çıkışı görülmemiştir (Şekil 5.6).



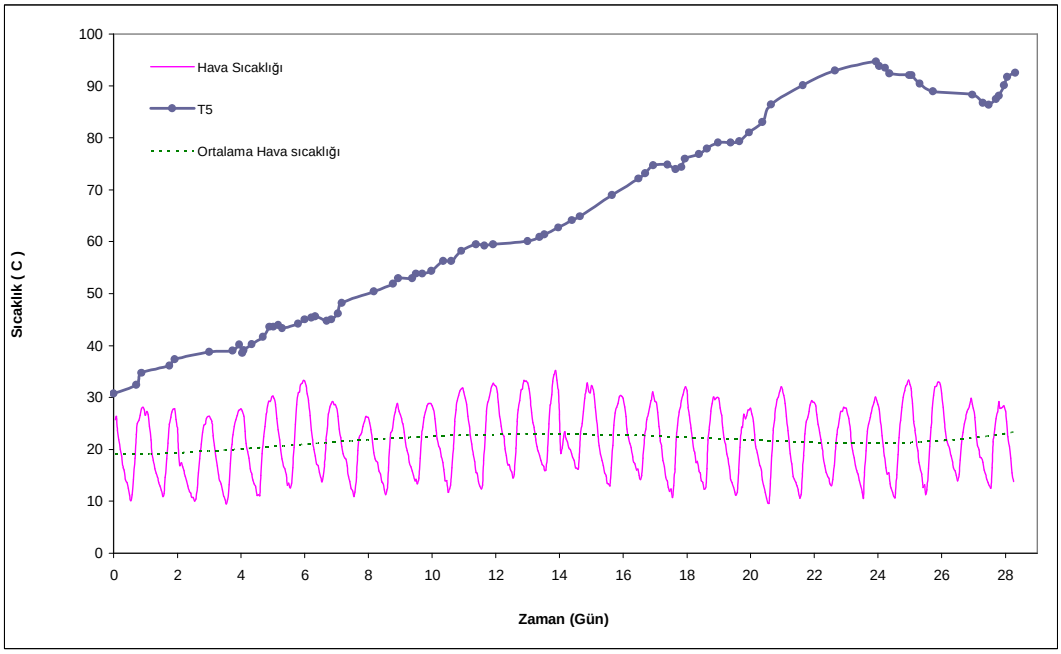
Şekil 5.6. T3 numaralı sensörün stok sıcaklığı- hava sıcaklığı ilişkisi

T4 numaralı sensörde ölçülen yığın sıcaklıkları genel olarak artma eğilimindedir. Burada kullanılan sensörlerin bulunduğu noktaların oksidasyona uğrama oranının güçlüğü sıcaklık artışları ve azalışlarında iniş çıkış olmamasının en önemli nedeni olarak açıklanabilir. Stokta gittikçe artan iç sıcaklık sonucu sıcaklıkları doğrusal bir şekilde artmaktadır (Şekil 5.7). Sıcaklık düşüşlerinden daha az etkilenmeleri (1m sondada kullanılan sensörlere göre) yığının daha merkezinde olması sonucudur.



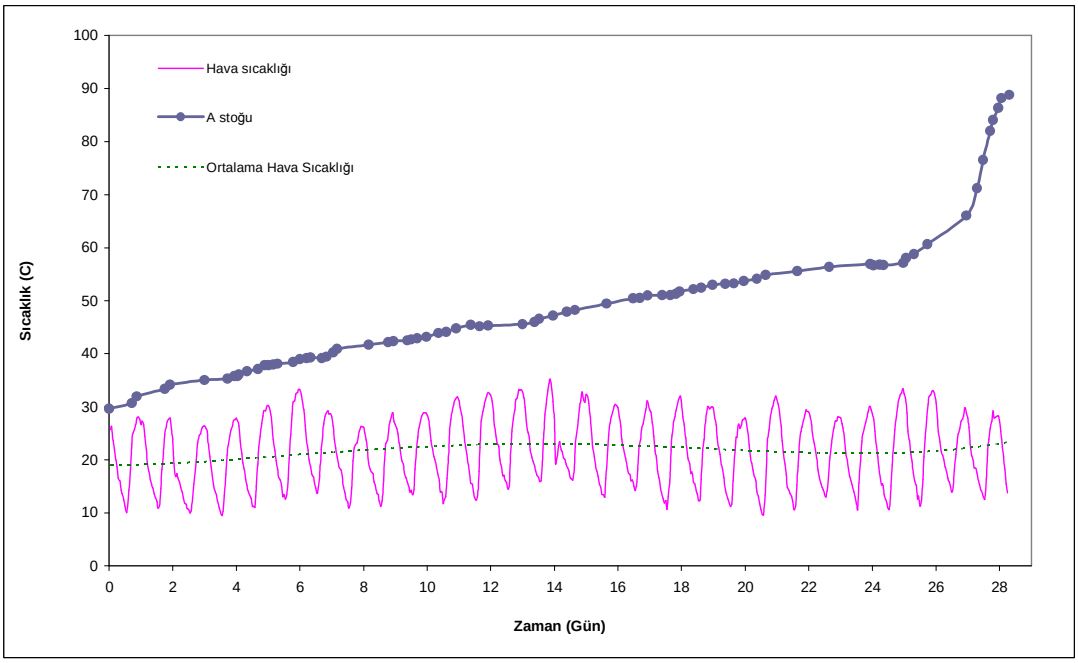
Şekil 5.7. T4 numaralı sensörün stok sıcaklığı- hava sıcaklığı ilişkisi

Şekil 5.8'deki grafikten anlaşılacağı üzere T5 sensöründe okunan değerlerde doğrusal olarak artışlar görülmektedir. T5 sensörünün bulunduğu noktada 14.günden itibaren duman çıkışları gözlemlenmiş ve 28.günde alevli yanma bariz bir şekilde oluşmuştur. Burada da dikkat çeken bir husus T1 numaralı sensörde görüldüğü gibi 60 °C ulaştıktan sonra hızla yükselen sıcaklık değerleridir.



Şekil 5.8. T5 numaralı sensörün stok sıcaklığı- hava sıcaklığı ilişkisi

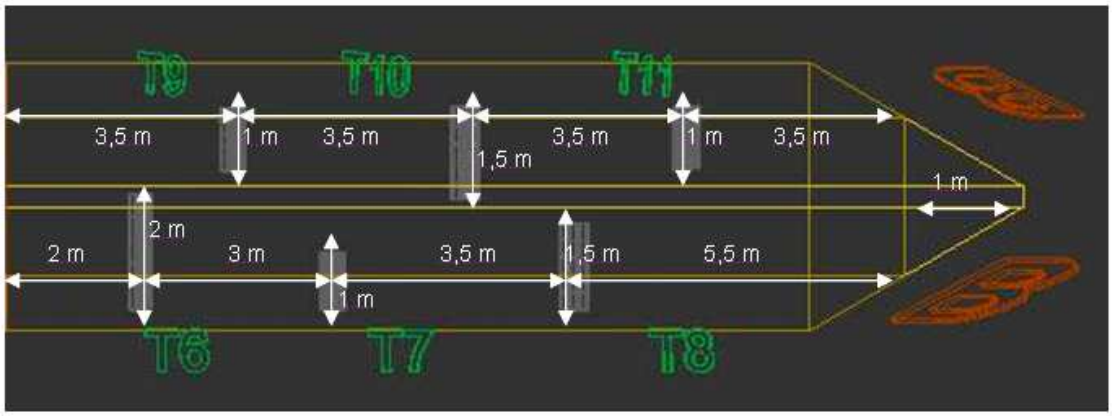
Daha sonra A stoğunda bulunan 5 adet sensörün okuduğu değerlerin ortalaması alınarak aşağıdaki Şekil 5.9'da oluşturulmuştur. İlk 14 günde yığındaki ortalama sıcaklık artışı yaklaşık 15 °C iken, ikinci 14 gündeki sıcaklık artışı yaklaşık 45 °C dir. A yığını 28.günün sonunda alevli tutuşma noktasına geldiğinden, cihazlara bir zarar gelmemesi için yükleyici ile stok kaldırılarak çalışma sona erdirilmiştir.



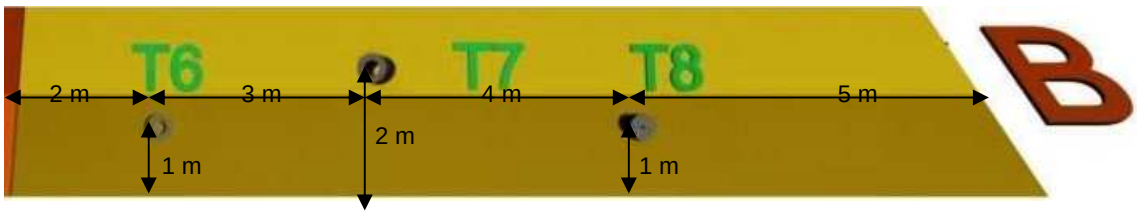
Şekil 5.9. A stok sıcaklığı- ortalama hava sıcaklığı ilişkisi

5.2. B Stoğunun Sıcaklık –Zaman Değerlerinin İncelenmesi

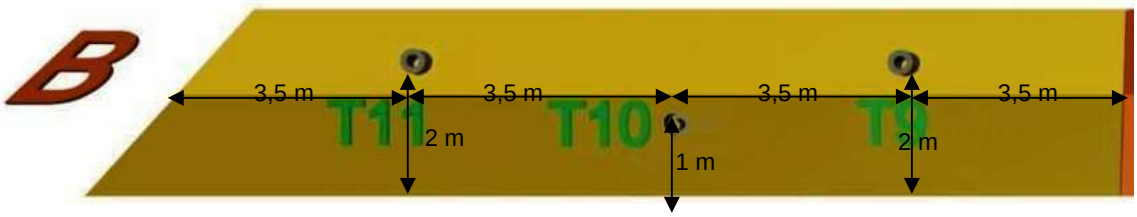
B panodan alınan kömürler üzerindeki çalışmada 3 adet 1 m'lik (T7, T9, T11), 2 adet 1,5 m'lik (T8, T10) ve 1 adet 2 m'lik (T6) olmak üzere toplam 6 adet sonda kullanılmış ve bu sensörlerin stok içerisindeki yerleşimleri Şekil 5.10 üzerinde gösterilmiştir. Yığından alınan sıcaklık okumalarıyla beraber hava sıcaklıkları da kaydedilmiş, bu yöntemle yığın sıcaklığı-hava sıcaklığı davranışı açıklanması amaçlanmıştır. Sensörlerden elde edilen sonuçlar ayrı ayrı grafikler üzerinde gösterilmiştir. Şekil 5.10'da stokta bulunan sensörlerin şematik görünümü, Şekil 5.11'de güney ve Şekil 5.12'de kuzey kesitlerinin yandan görünümü verilmiştir.



Şekil 5.10. B sensörlerinin şematik gösterilmesi

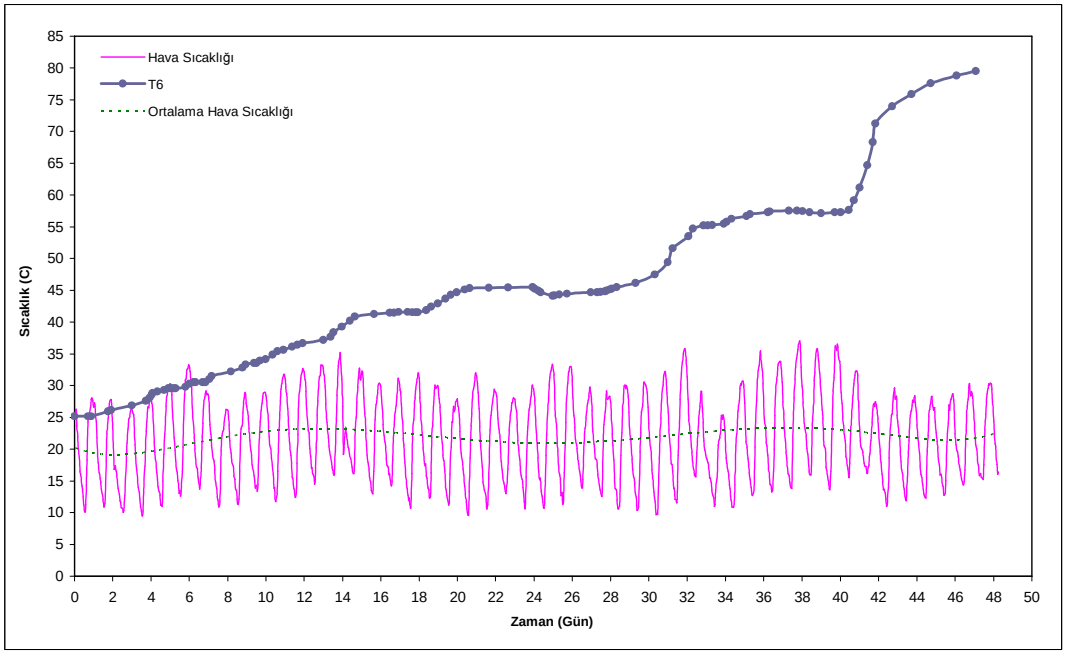


Şekil 5.11. B sensörlerinin güney kesiti



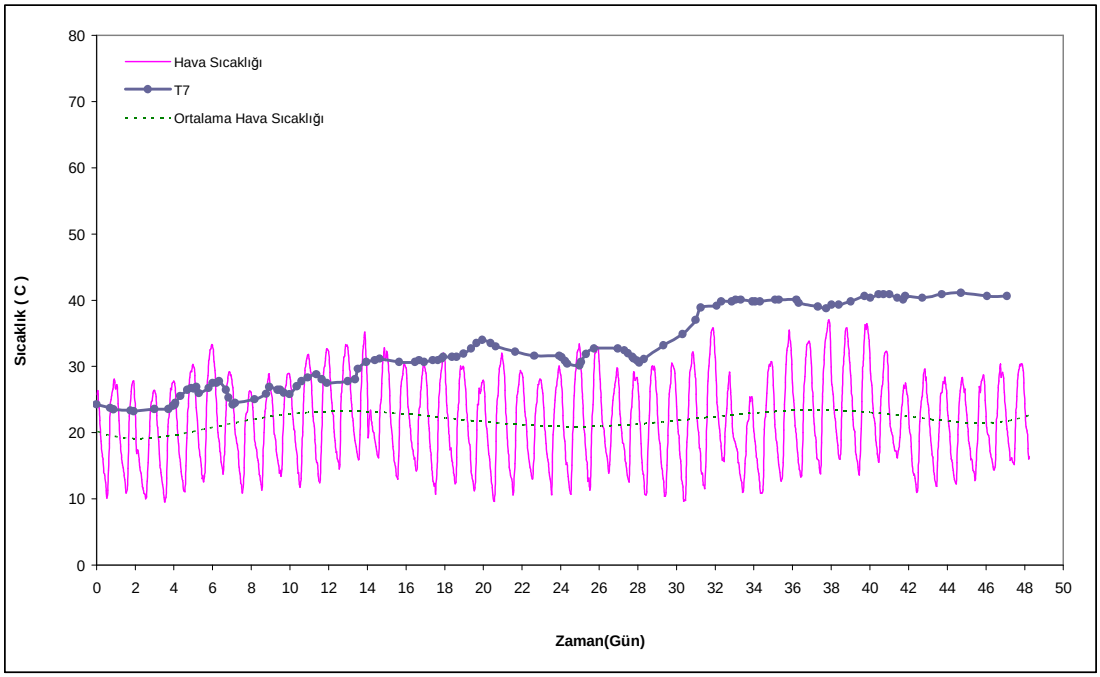
Şekil 5.12. B sensörlerinin kuzey kesiti

T6 numaralı sensörde görülen yüksek sıcaklık artışının en önemli nedenlerinden birisi yanan A kömürleriyle kontak yapan bölgede bulunmasıdır. 28 günün sonunda A kömürleri ana stoktan ayrıldığında bu zonda serbest yüzey meydana gelerek, oksidasyona sebebiyet vermiş; zaten kritik bir iç sıcaklığa ulaşmış olan bu bölgenin sıcaklığını arttırarak 47. günde yaklaşık 80 °C ye kadar varmasına neden olmuştur. (Şekil 5.13). Neticede bu bölgede lokal olarak duman çıkışları ve yanma olayı görülmüştür. Stoğun diğer ucunda herhangi bir yanma olayı gözükmemesi kendiliğinden yanma olayında oksidasyonun ne kadar önemli bir faktör olduğunu göz önüne sermektedir. Chamberlain ve ark. (1976) yaptıkları çalışmada kömürün kritik sıcaklık değerine kadar çok yavaş seyrettiği, bu değerden sonra daha hızlı bir seyir aldığı tespit edilmiştir (Özdeniz ve ark., 2006).



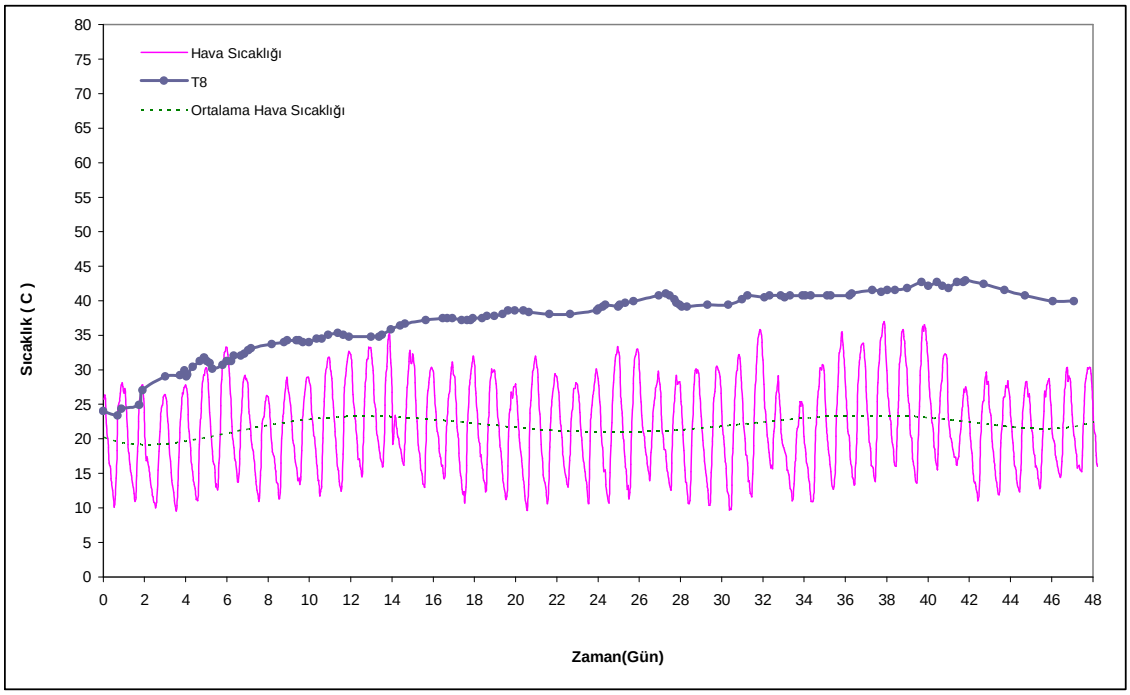
Şekil 5.13. T6 numaralı sensörün stok sıcaklığı- hava sıcaklığı ilişkisi

T7 numaralı sensörde göze çarpan en husus önemli husus 30. günden sonra ani olarak artmış bulunan sıcaklık değerleridir (Şekil 5.14). Daha önce bahsettiğimiz gibi A stoğu B kontak noktasından ayrılmasından sonra diğer sensörlerde gözlenen sıcaklık artışı burada da gözlenmiştir. 30.günden sonra sıcaklıklarda tedricen artış gözlenmiştir.



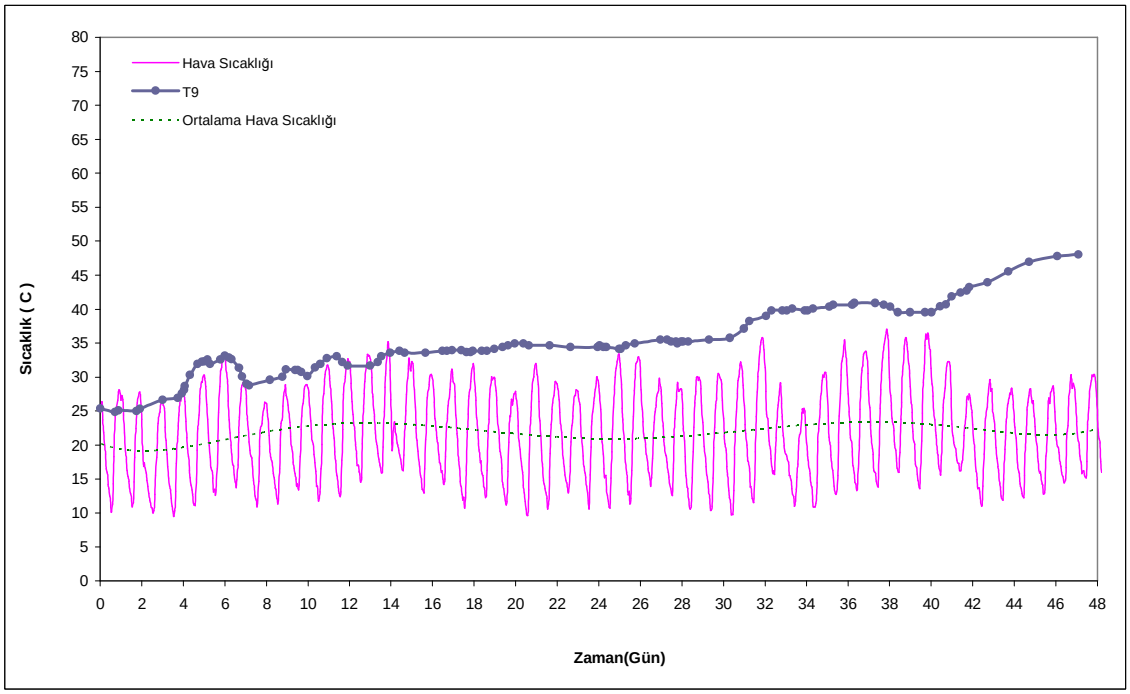
Şekil 5.14. T7 numaralı sensörün stok sıcaklığı- hava sıcaklığı ilişkisi

Şekil 5.15 'te görülen T8 sensöründe ilk 10 günde yaklaşık 10 °C artış görülmüş daha sonraki günlerde 40 °C dolaylarında devam etmiştir. Bu sensör stoğun dıs kesimine yakın bulunmaktadır. Stoğun bu bölgelerinde ısınma minimum seviyede gerçekleşmiştir.



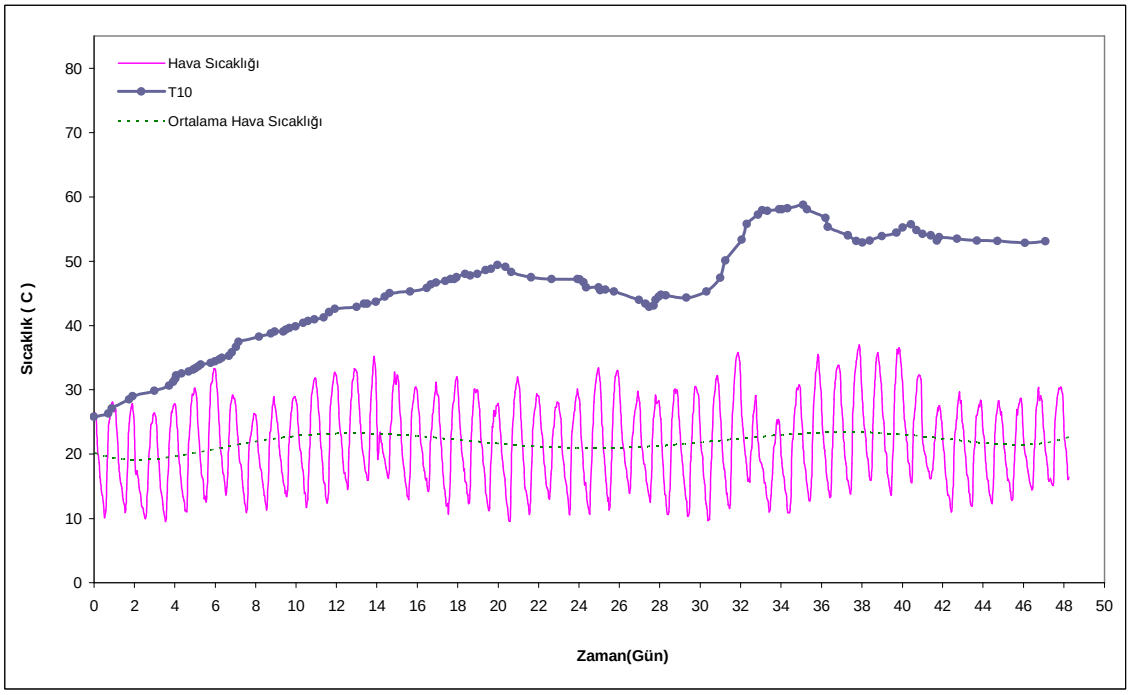
Şekil 5.15. T8 numaralı sensörün stok sıcaklığı- hava sıcaklığı ilişkisi

T9 sensöründe okunan sıcaklıklarda ilk 12 günde belirgin bir artış ve azalış gözlenmiştir (Şekil 5.16). T9 sensörünün bulunduğu yer yüzeye yakın olduğundan sıcaklık farklarından ani olarak etkilenmiştir. 28.günün sonrasında A stoğunda ölçümün sona erdirilmesi nedeniyle T7 ve T10 numaralı sensörler civarında serbest yüzey oluşmuş ve bu bölge oksidasyona maruz kalmıştır. 28.günün sonunda A stoğu B kontak noktasından ayrıldığında 1-2 gün sıcaklık sabit kalmış daha sonra hızla artmıştır. Sensörun bulunduğu noktada 42. günden sonra duman çıkışları gözlenmiştir.



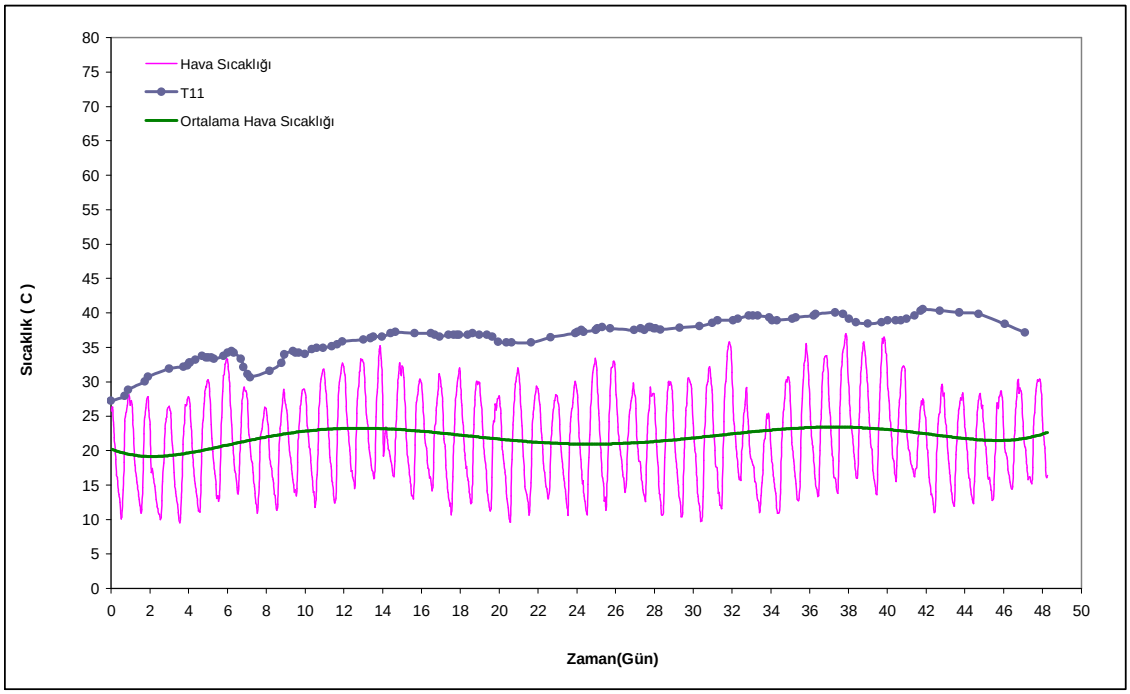
Şekil 5.16. T9 numaralı sensörün stok sıcaklığı- hava sıcaklığı ilişkisi

T10 sensöründe dikkat çeken önemli bir husus T6 numaralı sensördeki gibi 32.günden itibaren meydana gelen ani sıcaklık artışıdır. Nitekim bunun etkisinin A stoğunun kaldırılmasından sonra B yüzeyinde meydana gelen oksidasyon alanının artmasından dolayı olduğu daha önce de belirtilmiştir. Sensörün yüzeye yakın sensör olması dolayısıyla sıcaklık farklarından etkilenmesini Şekil 5.17'deki grafikte görebiliriz.



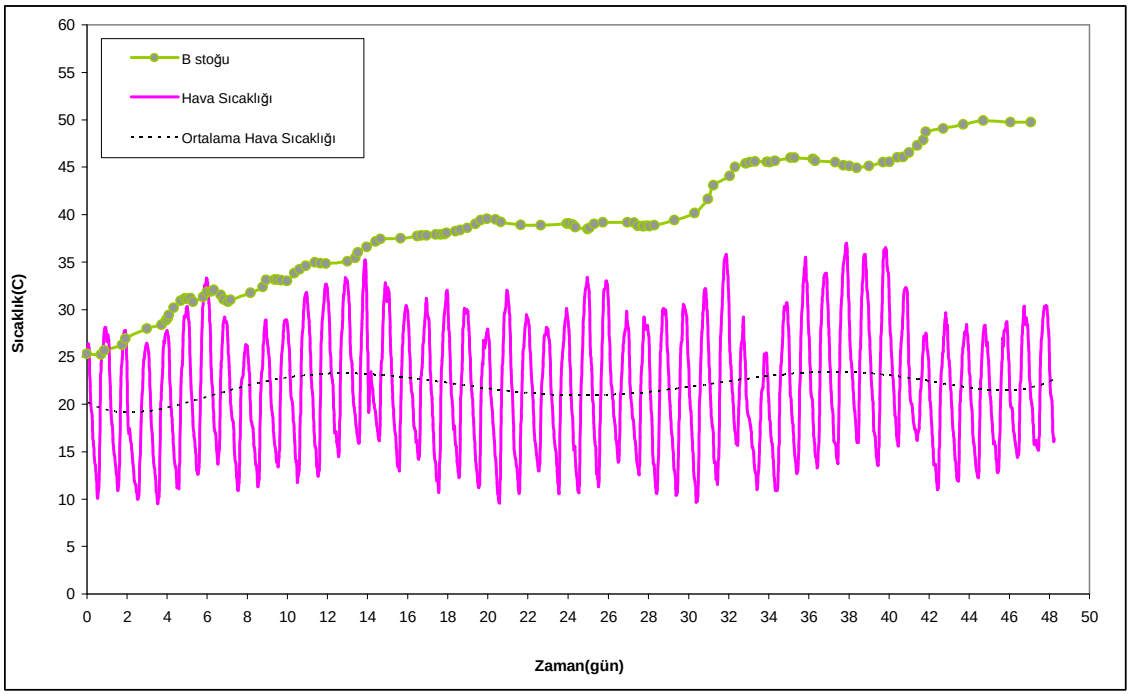
Şekil 5.17. T10 numaralı sensörün stok sıcaklığı- hava sıcaklığı ilişkisi

T11 sensöründe okunan değerlerde sadece ilk günlerde yaklaşık olarak 10 °C artış görülmüş daha sonra ortalama 35-40 °C arasında devam etmiştir (Şekil 5.18). Bulunduğu noktada herhangi bir duman çıkısı görülmemiştir.



Şekil 5.18. T11 numaralı sensörün stok sıcaklığı- hava sıcaklığı ilişkisi

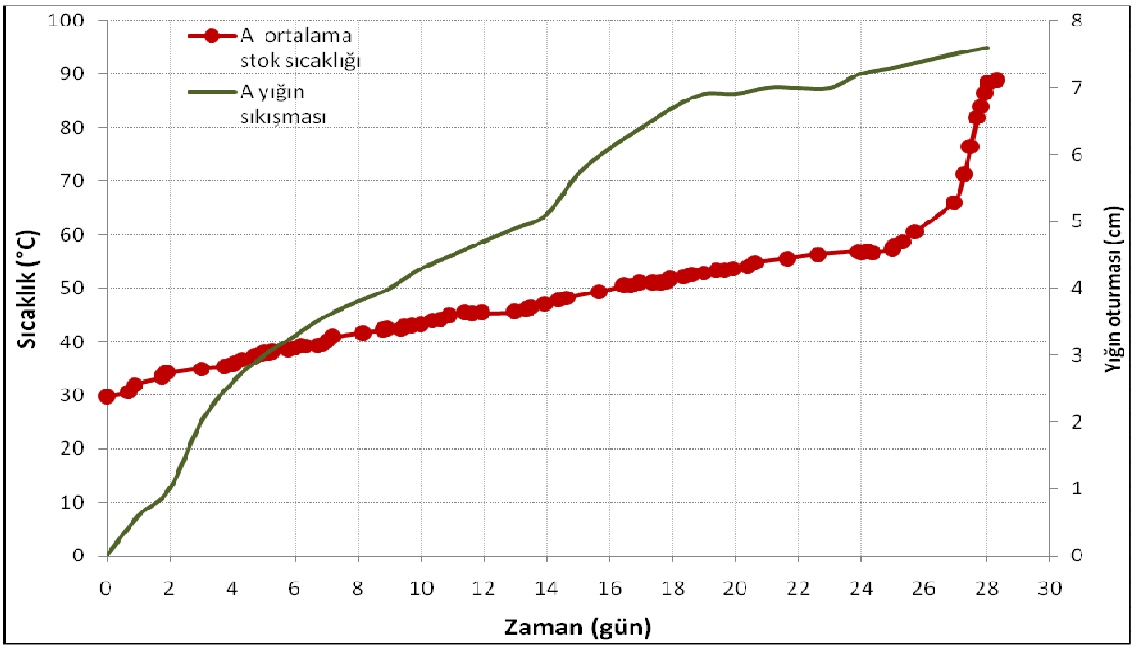
B stoğu üzerinde yapılan çalışmada genel olarak yanma belirtisi görülmemiş, sadece lokal olarak T6 sensörü civarında yüksek sıcaklıklar kaydedilmiş, bu bölgede zaman zaman duman çıkışları ve yanma olayı gözlenmiştir (özellikle 32.günden sonra). Fakat bu noktadaki ısınma T6 sensörünün A stoğuyla yapmış olduğu kontak sebebiyle olduğu önceki bölümlerde açıklanmıştır. Şekil 5.19'da görülen grafikte yığında 32.günden sonra yükselen değerlerde T6 numaralı sensörün göstermiş olduğu sıcaklık artışının etkisi büyüktür. Stok sıcaklığı 47.günün sonrasında 50 °C ye kadar çıkmıştır.



Şekil 5.19. B Stoğunun Sıcaklık –Zaman Değerlerinin Karşılaştırılması

5.3. A Stoğundaki Yığın Sıkışmasının İncelenmesi

A stoğu üzerinde 13.06.2008-11.07.2008 tarihlerinde yapılan lasermetre ölçümlerinde, 28 günlük bir süre sonunda toplam 7,6 cm oturma tespit edilmiştir. Stokta bulunan tüm sensörlerden elde edilen sıcaklıkların ortalaması alınarak yığın sıcaklığı grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.20). Yığın sıkışma miktarı ile sıcaklık artış yüzdeleri arasındaki ilişki Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.20. A ortalama stok sıcaklığı- stok sıkışması ilişkisi

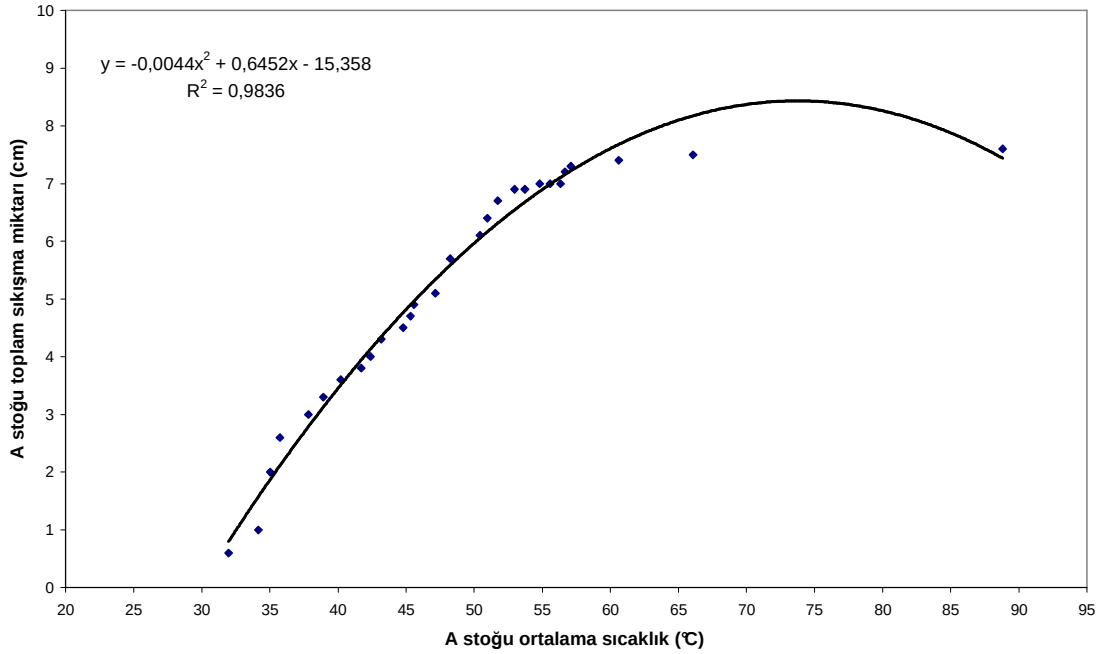
Şekil 5.20'de verilen A stoğuna ait grafikte görüldüğü gibi yığın sıcaklığında ilk günlerde meydana gelen yüksek sıcaklık artışı, belirgin oranda gözlemlenmektedir. 0-7 günlerde ortalama hava sıcaklık değeri düşme eğiliminde ve 20,43 ºC ile diğer günlere göre en düşük seviyesindedir. Buna rağmen A stoğunun sıcaklık değerleri artmıştır. Bu da A stoğunun yüksek oranda sıkışmasından kaynaklanmaktadır. Yığındaki toplam sıkışmanın % 47,37'lik bir bölümü ilk 7 gün içerisinde gerçekleşmiştir. Sonraki günlerde oturma miktarı azalmış olmasına rağmen yığın belirli bir iç sıcaklığı yakaladığından dolayı sıcaklık artışları artan bir eğimle devam etmiştir. Yağış tespit edilen 2. ve 15. günlerde yığın sıkışma miktarı artmış bulunmaktadır. 7-14.günlerde artmış bulunan ortalama hava sıcaklığının ve yığın oturmanın da etkisiyle stok sıcaklığında % 14,76'lik bir artış meydana gelmiştir. 14-21.günlerde ortalama hava sıcaklığı düşme eğilimindedir. 21-28 arası günlerde sıkışma azalmış fakat stok

kendiliğinden yanma sonucu yanmaya başlamıştır (Çizelge 5.1) . Buna göre sıkışma ilişkisi ile stok sıcaklığı arasındaki ilişkiyi en iyi stoğun kendiliğinden yanma kritik sıcaklığı olan 60 ºC'ye kadar görebilmektedir. Bu değerden sonra kömürdeki ekzotermik reaksiyon hızlı bir şekilde geliştiğinden sıkışma miktarının etkisinin yanma üzerinde etkisi önemsiz kalmaktadır.

Çizelge 5.1. A yığın sıkışma miktarları ile stok sıcaklığı artışı ilişkisi

Zaman (gün)	Stok başlangıç-bitiş sıcaklığı (ºC)	Stok sıcaklığı artış (%)	Yığın oturma miktarı(cm)	Yığın oturması(%)	Sıkışma oranı % (3m yükseklikte)
0- 7	29,61- 40,20	26,34	3,60	47,37	1,2
7- 14	40,20- 47,16	14,76	1,50	19,74	0,5
14- 21	47,16- 55,58	15,15	1,90	25,00	0,63
21- 28	55,58- 88,82	37,42	0,60	7,89	0,2
Toplam			**7,6**	**100**	**2,53**

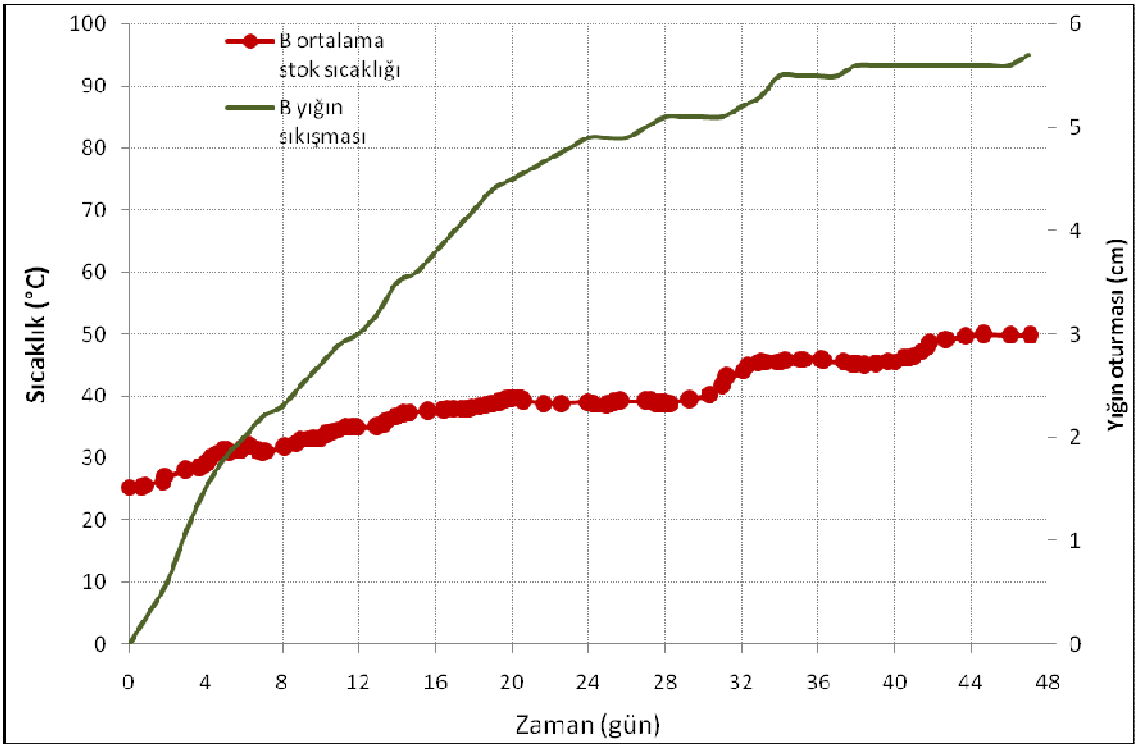
Özdeniz ve ark., (2006) GLİ'nde 10-18 cm parça boyutlu kömürlerden oluşturulan endüstriyel boyutlu bir yığın üzerinde yaptığı çalışmada 525 saatlik bir sürede %1,87 sıkışma oranı tespit etmiştir. Bu çalışmada ise 525. saatteki sıkışma oranı %2,33 olarak tespit edilmiştir. Şekil 5.21'de A stoğundaki toplam sıkışma miktarı ile ortalama sıcaklık arasındaki değişim verilmektedir. İlişki 0,98 belirlilik katsayısı ile anlamlıdır.



Şekil 5.21. A ortalama stok sıcaklığı- toplam stok sıkışması ilişkisi

5.4. B Stoğundaki Yığın Sıkışmasının İncelenmesi

B stoğu üzerinde 13.06.2008-30.07.2008 tarihlerinde yapılan lasermetre ölçümlerinde, 47 gün sonunda toplam 5,7 cm oturma tespit edilmiştir. Stokta bulunan tüm sensörlerden elde edilen sıcaklıkların ortalaması alınarak yığın sıcaklığı grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5.22).



Şekil 5.22. B ortalama stok sıcaklığı- stok sıkışması ilişkisi

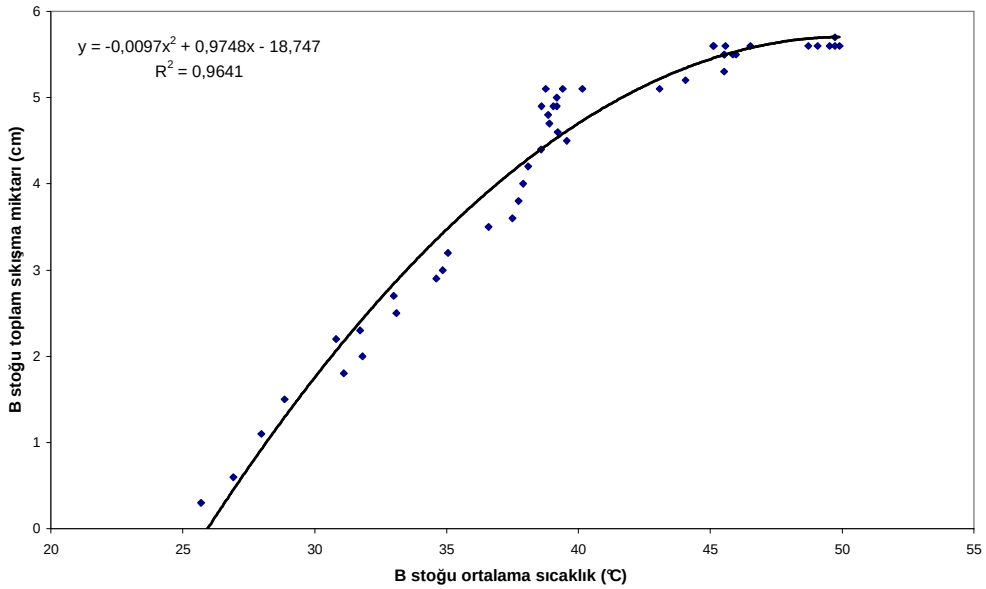
B yığınında 0-7 günlerde özellikle ilk 3 günde ortalama hava sıcaklığındaki önemli miktardaki düşüşler olmasına rağmen yığın sıcaklığı %17,82 artmıştır. Bunun en önemli nedeni ilk 7 günde yığın oturmasının büyük bir kısmının gerçekleşmesidir. 8-13.günlerde (19,4 ºC-24,8 ºC) artmakta olan ortalama hava sıcaklığı 13-20.günler arasında düşme eğilimindedir. 20-31 günler arası ortalama 21,4 ºC civarındadır.31-32 günlerde 3,3 ºC bir artış gerçekleşmiştir. Yığın oturması ve ortalama hava sıcaklığındaki bu artışın etkisiyle stok sıcaklığı % 15,66 artmıştır.Bu sıcaklık artışında 28.günün sonunda A stoğunun kaldırılması sonucu B stoğunda meydana gelen oksidasyon yüzeyinin, B stok sıcaklığındaki artışta etkisinin bulunduğu söylenebilir. Daha sonraki günlerde ortalama stok sıcaklığı önemli miktarda artmamış olmakla beraber 48-49 ºC

civarlarında seyretmiştir. Çizelge 5.2'de yığın sıkışması-stok sıcaklığı ilişkisi verilmektedir.

Çizelge 5.2. B Yığın Sıkışma miktarları ile stok sıcaklığı artışı ilişkisi

Zaman (gün)	Stok sıcaklığı başlangıç-bitiş (ºC)	Ortalama stok sıcaklığı artış (%)	Yığın oturma miktarı(cm)	Yığın oturması(%)	Sıkışma oranı % (3m yükseklikte)
0-7	25,32- 30,81	17,82	2,2	38,60	0,73
7-14	30,81- 36,60	15,82	1,3	22,81	0,43
14-21	36,60- 39,49	7,32	1,1	19,30	0,37
21-28	39,49- 38,77	-1,86	0,5	8,77	0,17
28-35	38,77- 45,97	15,66	0,4	7,02	0,13
35-42	45,97- 46,52	1,18	0,1	1,75	0,03
42-47	46,52- 49,73	6,45	0,1	1,75	0,03
Toplam			**5,7**	**100**	**1,90**

Şekil 5.23'de A stoğundaki toplam sıkışma miktarı ile ortalama sıcaklık arasındaki değişim verilmektedir. İlişki 0,96 belirlilik katsayısı ile anlamlıdır.



Şekil 5.23. B ortalama stok sıcaklığı- toplam stok sıkışması ilişkisi

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada endüstriyel boyutta oluşturulan kömür stoğunda yığın sıkışmasına bağlı olarak kendiliğinden yanma olayı incelenmiştir. Araştırmacılar tarafından genellikle laboratuvar çalışmaları yapılmaktadır. Bu konuda yapılan arazi çalışmaları son derece azdır ve kendiliğinden yanma olayını tasvir etmede yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmada bu konudaki soru işaretleri giderilmeye çalışılmıştır.

6.1. Sonuçlar

Kendiliğinden yanma olayının açıklanabilmesi amacıyla bu çalışmada kullanılan kömürler 2 farklı panodan seçilmiştir. Bu panolar ocakta üretim sırasında da yanma olayı gözlenen A panosu (Y4-A1) ve üretim esnasında herhangi bir yanma belirtisi gözlenmeyen B panosudur (BY-K).

Çalışma GLİ sahasında uygun bir yere tüvenan kömürlerle oluşturulan endüstriyel boyuttaki stok üzerinde yapılmıştır. Kendiliğinden yanma olayının yığın sıkışmasına bağlı olarak incelenmesinde stok doğal koşullara maruz bırakılmış ve sıkışma miktarı, hava sıcaklığı, hava basıncı, rüzgâr hızı ve nem verileri elde edilerek yorumlanmıştır.

A stoğu kömürlerinde 2 adet 1m’ lik, 2 adet 1,5 m‘lik ve 1 adet 2 m’lik toplam 5 adet, B stoğu kömürlerinde 3 adet 1 m’lik, 2 adet 1,5 m‘lik ve 1 adet 2 m’lik toplam 6 adet sensörün yerleştirildiği sondalar kullanılmıştır. Bu sensörlerden alınan veriler analog-dijital dönüştürücü pano vasıtasıyla ºC olarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

GLİ Tunçbilek Kömür İşletmesinde özellikle yaz aylarında ocakta üretilen tüvenan kömür ve lavvar tesisi çıkan 0-18, +18 kömürler açık stok sahasında bekletilmektedir. Bu bekleme sonucunda kömürün kalorisinde önemli miktarda düşme olmaktadır. Ayrıca bu kömürler tekrar lavvar tesisine beslenmekte bu da işletmeye ek maliyet olarak yansımaktadır. Bundan dolayı üretim planlamasının en iyi bir şekilde yapılması kömürlerin kendiliğinden yanmaya başlama sürelerinin tespiti ile mümkündür. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1-Çalışmada stoğun merkezinde kalan sensörlerin dış ortam parametrelerinden daha zor etkilendikleri görülmüştür. Kömürde meydana gelen reaksiyon neticesinde oluşan ısı yüzeye yakın sensörlerde çok fazla olmamıştır. Burada bulunan sensörlerde

oluşan ısının tahliyesi daha güç sağlandığından devamlı bir ısı birikmesi sonucu yanma olayı gerçekleşmiştir.

2- Stokta 1 m içerde bulunan sensörlerde sıcaklık değerleri 1,5 m ve 2 m içeride bulunanlara göre daha fazla değişim göstermektedir. Bunun nedeni dış ortama yakın olması nedeniyle oksidasyonu fazla alarak yanma gerçekleşmesi ve aynı zamanda da soğuma eğiliminde bulunmasıdır.

3- Stoğun merkezinde kalan 2 m'lik sondada bulunan T1 ve T6 sensörlerde sıcaklık diğer sensörlere göre sabit olarak gittikçe artan bir eğilim göstermektedir. Bu da oluşan ısının tahliye edilememesi sonucu sürekli artma eğilimi göstermesiyle açıklanabilir. Grafiğin bazı noktalarındaki sıcaklık düşüşü ise yanma sonucu oksijen miktarının azalmasına bağlı olarak azalan yanma eğilimidir.

4- A panosundan alınan kömürün 22. gününde stoğun üzerinde duman çıkışı gözlenmiş ve 28. günde alevli yanma gözlenmiştir.

5- T1 numaralı sensörde 24. günde sıcaklığın 60 °C'ın üstüne çıkması A panosu kömürleri için oluşturulan stoğun 24 günden fazla bekletilmemesi sonucunu vermektedir. B kömürlerinin ise 42.günden itibaren risk oluşturma eğiliminde olduğu gözlenmiştir.

6- B kömürünün A kömürüne kontak yaptığı noktalar arasındaki ısı alış-verişi sonucu B kömürü sensörlerinin komşu noktalarında ölçülen sıcaklıklar yüksektir.

7- Sıcaklık artışları stoğun alt ve merkez kısımlarında daha yüksek gerçekleşmiştir.

8- A ve B yığının sıkışmasının büyük bir kısmı ilk 7 gün içerisinde gerçekleşmiştir. A stoğunda 28 gün sonunda stok sıkışması % 2,53 oranında, B stoğunda 47 gün sonunda %1,90 olarak tespit edilmiştir.

9- İlk 7 gün içerisinde hava sıcaklığının genel olarak azaldığı göz önüne alındığında A ve B kömürlerinde yığın sıkışmasının artmasına bağlı olarak yığın sıcaklığı artmıştır. Son 7 gün içerisinde yığın oturmasının durma eğiliminde olmasına rağmen stok sıcaklığı artmış bulunmaktadır. Bu da kendiliğinden yanma olayının bir sonucudur.

10- A kömürleri için kendiliğinden yanma başlangıç sıcaklığı 60°C olarak tespit edilmiştir.

11- Kendiliğinden yanmaya yatkın olan kömürlerle kendiliğinden yanmaya yatkın olmayan kömürler kesinlikle aynı stokta bulunmamalıdır. Aksi halde ısıl aktarım sonucu diğer kömürlerin yanmasına sebebiyet verecektir.

12- Ocakta ve tesislerde yapılan stoklama genellikle gelişigüzel olarak yapılmakta tesis tumbaya en yakın olan kömür beslenmekte, stoğun arka taraflarında kalan kömür kullanılmamaktadır. Bu nedenle buralarda yapılan stoklamada stok etrafının boş bırakılması yükleyicinin ulaşabilirliği açısından fayda sağlayacaktır.

13- Oluşturacak kömür stoklarında, eğer stok sahasında yeterli yer varsa yan yana gelecek şekilde yığınlar oluşturulmalı, dökülen kömürlerin üzerine yeniden stok yapılmamalıdır. Kömür stoğuna gelecek yaklaşık 100 ton gibi bir baskı sebebiyle sıkışma artacak oluşan iç ısılar tahliye edilemeyecek, ayrıca sıkışma neticesinde kömürün parça boyutunda düşme meydana gelecektir. Kömürün kalitesi düşecek ve ufalanan kömür daha kolay okside olacaktır. Bu nedenle oluşturulan kömür stoklarının üzerine kamyon çıkartılmamalıdır.

6.2. Öneriler

Bu konuda yapılacak saha çalışmaları kendiliğinden yanmayı en aza indirecek faktörleri belirlemede ve bu sebeple optimum stok boyutlarının belirlenmesinde çok önemli bilgiler sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Arık, F., 2002, Gümüşköy (Kütahya) gümüş yataklarının jeokimyasal modellemesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 318 s.

Ayvazoğlu, E., 1978, EKİ Kozlu bölgesi Çay ve Acılık kömürlerinin oksidasyonunun erken tespiti yönünden incelenmesi, *Türkiye 1. Kömür Kongresi*, ss. 539-563.

Ayaydın, C., 1987, Kuyu sistemi ile üretim yapılacak sahaların jeolojisi ve mevcut sondajların havza jeolojisiyle korelasyonu.

Banerjee C. S., 1985, Spontaneous combustion of coal and mine fires, Balkema, Rotterdam, 165 s.

Chamberlain, E. A., Barrass, G., and Thirlaway, J. T., 1976, Gases evolved and possible reactions during low-temperature oxidation of coal, *Fuel 55:217*, 223 s.

Coward, H. F., 1957, Research on spontaneous combustion in mines-a review, London, *Safety in Mines Research Establishment, Ministry of Power, Research Report, 142* s.

Canan, S., Özbay, Y., ve Karlık, B., 1998, A method for removing low varying frequency trend from ecg signal, *Proceedings of the 1988 2nd International Conference Biomedical Engineering Days*, 161 s.

Cudmore, J.F., ve Sanders., 1984, Spontaneous combustion of coal, mine fires and interpretation of analysis of mine gasses-a literature review, *Australian Coal Industry Research Laboratories*, Report No 84, 10 s.

Çelik, R., 2005, GLİ Ömerler mekanize ocakta yürüyen tahkimatın taşınmasının geliştirilmesi, Doktora tezi, *Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, ss. 15-18.

Duzy, A.F. ve Land G.W., 1985, Hot Coal-Bulk Transport and Storage, *Mining Engineering, February*, ss. 139-143.

Didari, V., 1986 Yeraltı ocaklarında kömürün kendiliğinden yanması ve risk indeksleri, *Madencilik Aralık*, ss. 31-32.

Didari, V., Kaymakçı, E., Toroğlu, İ., 1993, Kendiliğinden yanmanın araştırılmasında kullanılabilecek bir laboratuvar deney düzeneği, *Türkiye 13. Madencilik Kongresi*, ss. 69- 78

Ermişoğlu, N., Yeşiltaş, A., Özerdem, S., 1987, GLİ Tunçbilek Bölgesi Ömerler Yeraltı İşletmesinde kendiliğinden yanma olayları ile mücadele ve alınan önlemler, *Türkiye 10. Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi*, ss. 473 – 491.

Eroğlu, N. ve Gouws, M. J., 1993, Kömürün kendiliğinden yanmasına ait kuramlar, *Madencilik Haziran Sayı:2*, ss. 14-17.

Feng, K.K., Chakravorty, R.N. and Cochrane, T.S., 1973, Spontaneous Combustion-A Coal Mining Hazard, *CIM Bull.*, Oct, ss. 74-84.

Feng, K. K., 1975, Spontaneous Combustion of Canadian Coals, *CIM Bull*., May 1975.

Fierro, V., Miranda, J.L., Romero, C., Andres J.M., Arriaga, A., Schmal, D., and Visser, G.H., 1999a, Prevention of Spontaneous Combustion in Coal Stockpiles: Experimental Results in Coal Storage Yard, *Fuel*, Vol. 59, ss. 23-24.

Fierro, V., Miranda, J.L., Romero, C., Andres J.M., Pierrot, A., Gomez-Landesa, E., Arriaga, A., and Schmal, D., 1999b, Use of Infrared Thermography for the Evaluation of Heat Losess During Coal Storaje, *Fuel*, Vol. 60, ss. 213-229.

Fierro, V., Miranda, J.L., Romero, C., Andres J.M., Arriaga, A., and Schmal, D., 2001, Model Predictions and Experimental Results on Self-Heating Prevention of Stockpiled Coals, *Fuel*, vol. 80, 125-134.

Güney, M., 1968, Certain Factors Affecting the Oxidation and the Spontaneous Combustion of Coal, *Min.Soc. Mag., Univ. Nott.*

Graham, J. I., 1930, The gaseous products resulting from fires and underground heatings , *Trans.Inst.Min.Engrs*.

Jones, R.E., Townend, D.T.A., 1949, Oxidation of Coal, *Journal Society of Chemical Industry*, 68s.

Kadioglu, Y., Varamaz, M., 2003, The effect of moisture content and air – drying on spontaneous combustion characteristics of two Turkish lignites, *Fuel*, (82) ss. 1685-1693

Karaçam, E., Didari, V., Atalay, T., 1988, Zonguldak kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılması", *Türkiye 6. Kömür Kongresi*, ss. 91 – 100.

Kaymakçı, E., Didari, V., 1992, Kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığının belirlenmesinde kullanılan indeksler, *Türkiye 8.Kömür Kongresi*, ss. 129 – 140.

Kaymakçı, E., 1998, Zonguldak havzası kömür damarlarına uygulanabilecek bir kendiliğinden yanmaya doğal yatkınlığı değerlendirme tekniğinin geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, ss. 78-84

Kucuk, A., Kadioglu, Y., Gulaboglu, M.S., 2003, A study of spontaneous combustion characteristics of a Turkish lignite: Particle size, moisture of coal, humidity of air, combustion and flame, ss. 255 – 261.

Karpuz, C., Güyagüler, T., Bağcı, S., Bozdağ, T., Başarır, H., Keskin, S., 2000, Linyitlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlık derecelerinin tespiti: Bölüm 1-Risk sınıflaması derlemesi, *Madencilik/ Eylül-Aralık*, ss. 4-11.

Karpuz, C., Bölükbaşı, N., Paşamehmetoğlu, A.G., Gürhan, A., 1986, GAL – Silopi asfaltitlerinin gaz içeriği kendiliğinden yanma riski ve kesilebilirliğinin araştırılması, *Türkiye 5. Kömür Kongresi*, ss. 379-391.

Kural, O., 1998, Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri, *Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş.*, 785s.

Krishnaswamy, S.K., Bhat, S., Gunn, R.D. and Agarwal, P.K., 1996a, Lowtemperature oxidation of coal: 1. A single-particle reaction-diffusion model. *Fuel***,** Vol. 75, ss. 333-343.

Litton, CD. ve Page, SJ., 1994, Coal Proximate Analyses Correlations with Airborne Respirable Dust and Spontaneous Combustion Temperature, *Fuel*, Vol. 73 No. 8, 1369-1370.

Sırımoğlu. N., 2010, Plastik ambalaj malzemeleri için uygulanan kalite kontrol testleri, *Petkim Petrokimya Holding A.Ş. Aliağa*, ss. 7-8.

Singh, R.N. ve Demirbilek, S., 1986, Seams with Spontaneous Combustion Risk, *Colliery Guardian*, s.418-420.

Süzer. Ş., 2006, Polistiren/ polipirol (Ps/Ppy) kompozit sistemlerinde partikül boyutunun kompozit özelliklerine etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 70 s.

Şahin, N., Didari, V., 2002, Zonguldak kömürlerinde kendiliğinden yanmanın erken saptanması amacıyla yanma ürünü gazların incelenmesi, *Madencilik*, 41-4, ss. 37- 51.

Saraç, S., Soytürk, T., 1992, Tunçbilek kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılması, *Türkiye 8. Kömür Kongresi*, ss. 141–152

Saraç, S., 1993, Spontaneous Combustion Tendency of Turkish Lignites, *Çukurova Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi*, 22, ss. 39–43.

Şensöğüt, C., 1999, Türk kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlığı-Ilgın Linyitleri örneği, *Madencilik, 38-1*, ss. 45– 52

Sensogut, C., Cinar, I., 2000, A Research on the tendency of Ermenek district coals to spontaneous combustion, *Mineral Resources Engineering*, 9-4, ss. 421– 427.

TKİ, 2009, Kömür (Linyit) sektör raporu, 2 s.

Ozdeniz, A.H., 2009, Investigation of coal stockpiles of Tunçbilek Thermal Power Plant with respect to time under atmospheric conditions, *Energy Sources: Part A*, 31: ss.473–479.

Ozdeniz, A.H., Corumluoglu, O., and Kalayci I., 2011, The Relationship Between Natural Compaction and Spontaneous Combustion of Industrial-Scale Coal Stockpiles, *Energy sources: Part A*, 33:121-129.

Özdeniz. A. H., Çorumluoğlu. O., Kalaycı. İ., 2006, Endüstriyel boyutlu kömür stoklarında kendiliğinden yanma ile yığının sıkışması arasındaki ilişkinin incelenmesi, ss. 2-12.

Özdeniz. A. H., 2003, Kömür stoklarındaki kendiliğinden yanma olayının incelenmesi-Garp Linyitleri İşletmesi örneği, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1 s.

Ören, Ö., Şensöğüt, C., 2007, Kütahya bölgesi linyitlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılması, *Madencilik*, Cilt 46 Sayı 1, *17* s.

Özşen, H., 2003, Bazı Türk kömürlerinin termogravimetrik özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 269 s.

Ramlu A. M., 1991, Mine disasters and mine rescue, Balkema, Rotterdam, 400.

Ünver B. ve Özözen A., 1998, Kömür stoklarında meydana gelen kendiliğinden yanma süreci ile ilgili modeller ve alınması gereken tedbirler, *Madencilik*, Eylül Cilt 37 Sayı 3, ss. 30-31.

Ünver, B. ve Demirbilek, S.,1994, Kömür karışımlı pasaların kendiliğinden yanma riski potansiyelinin analizi, *9. Kömür Kongresi*, Mayıs, Zonguldak, 317-318.

Yıldırım, Ö. S., 2002, Kömürde kendiliğinden yanmaya yatkınlığın, elektriksel, renksel ve termogravimetrik açıdan modellenmesi, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, ss. 26-56.

Yılmaz, A.O., Atalay, T., 1990, TTK Armutçuk Müessesesinde kendiliğinden yanma olayının araştırılması, *Türkiye 7. Kömür Kongresi*, ss.399–410.

Yılmaz, A.I., 2002, Eynez Yeraltı Ocağı havalandırma sisteminin ocak yangınlarına etkisi, Doktora Tezi , *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 174 s.

Wade, L., 1988, The propensity of South African coals to spontaneously combust, Johannesburg, *Ph D.Thesis, University of the Witwatersrand*.

Wang, H., Dlugogorski, B.Z., Kennedy, E.M., 2003, Coal oxidation at low temperatures: Oxygen consumption, oxidation products, reaction mechanism and kinetic modelling, *Progress in Energy and Combustion Science*, ss. 487– 513.

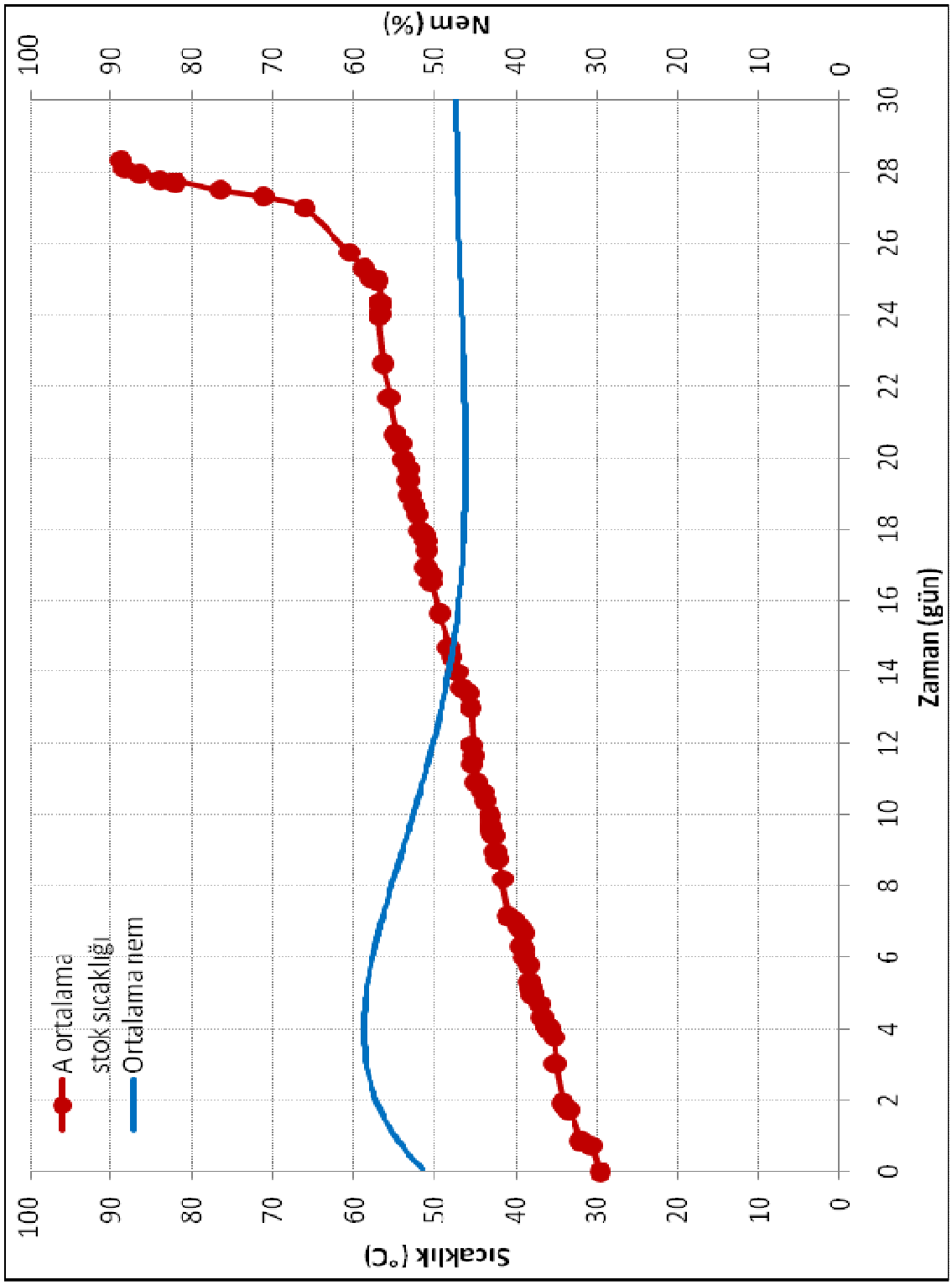
Winmill, T.F. 1914/1915, The adsorption of oxygen by coal. II. The quantity of oxygen absorbed. Trans. Inst. Min. Engrs., 48, ss. 503-507

EKLER

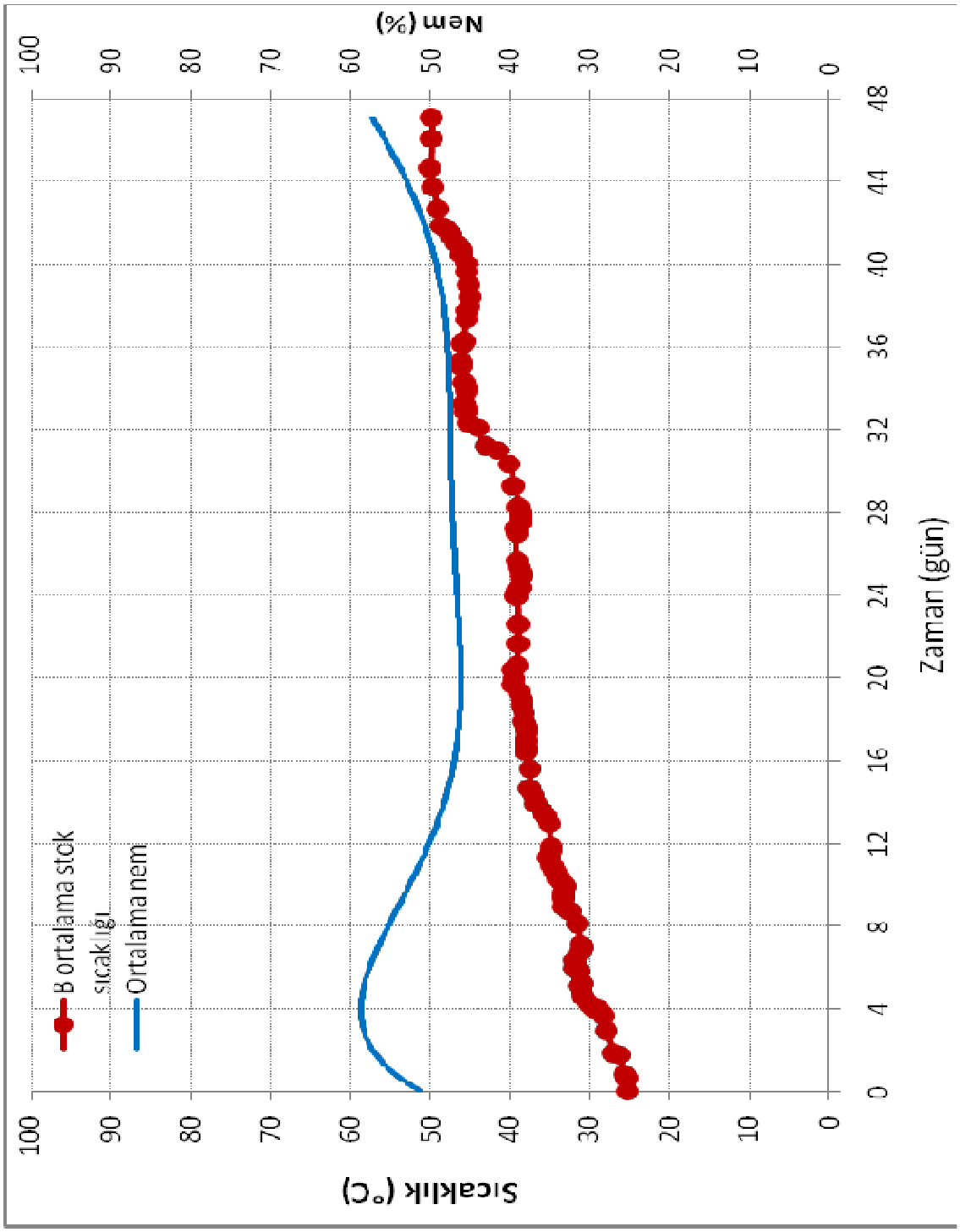
EK-1 Leica DISTO™ A6 lasermetre teknik özellikleri

Ürünün Markası/Modeli	
Markası	Leica
Modeli	DISTO A6
Ölçüleri	
Uzunluk	148 mm
Yükseklik	36 mm
Genişlik	64 mm
Ölçme Yetenekleri	
Alan Hesaplama	Var
Hacim Hesaplama	Var
Dolaylı Uzunluk Ölçümü	Var
Sürekli Ölçüm	Var
Min-Max Değer Bulma	Var
Toplama-Çıkarma Fonksyonu	Var
Lazer Metrenin Genel Özellikleri	
Ölçme Hassaslığı	± 1.5 mm
Lazer Diyodu	2
Ölçme Süresi	< 0,5 s
Tripoda Bağlanma Özelliği	Var
Pil Cinsi	AA Pil
Ağırlık	270 gr

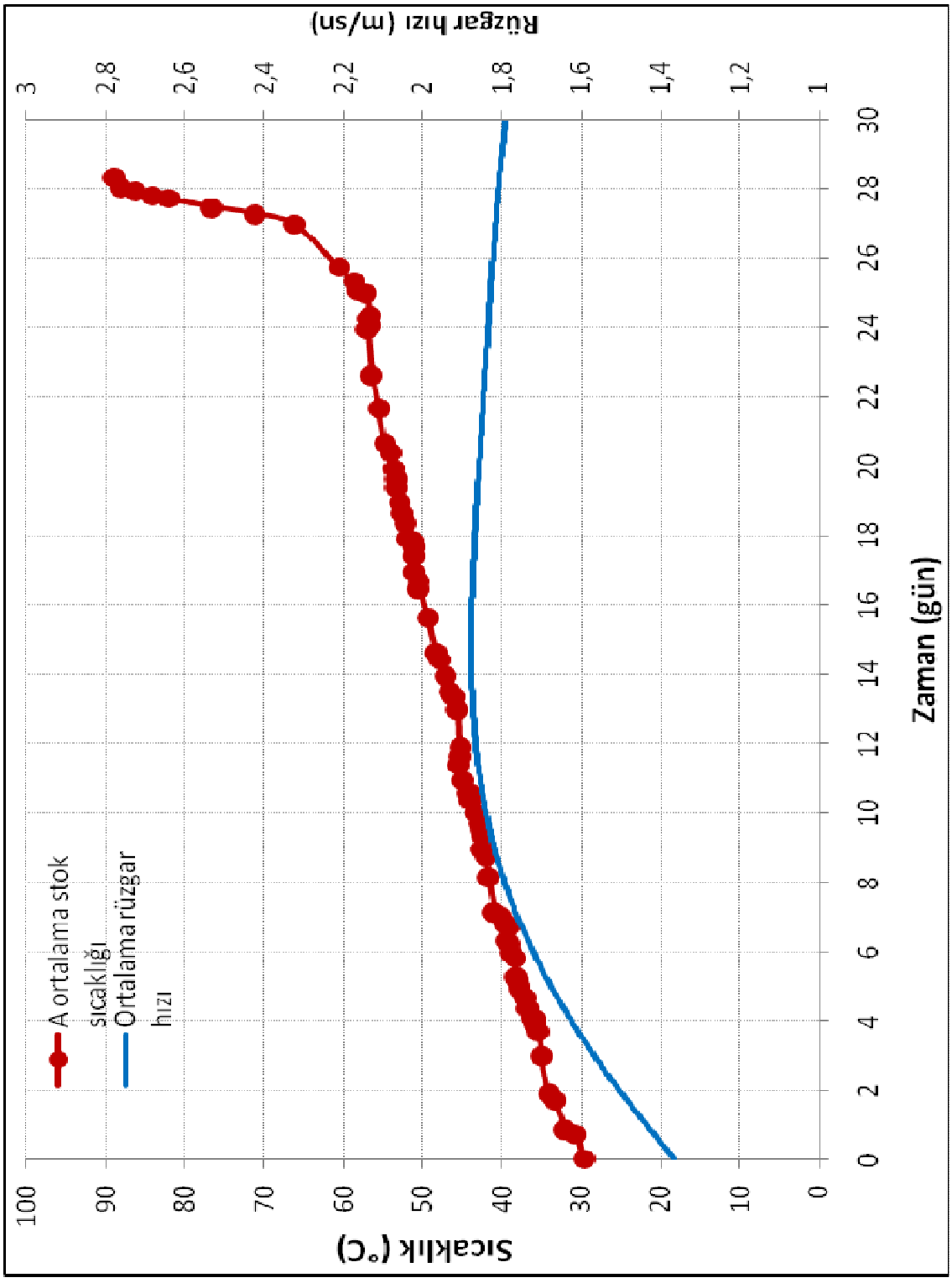
EK-2 A stoğu ortalama sıcaklık-nem ilişkisi



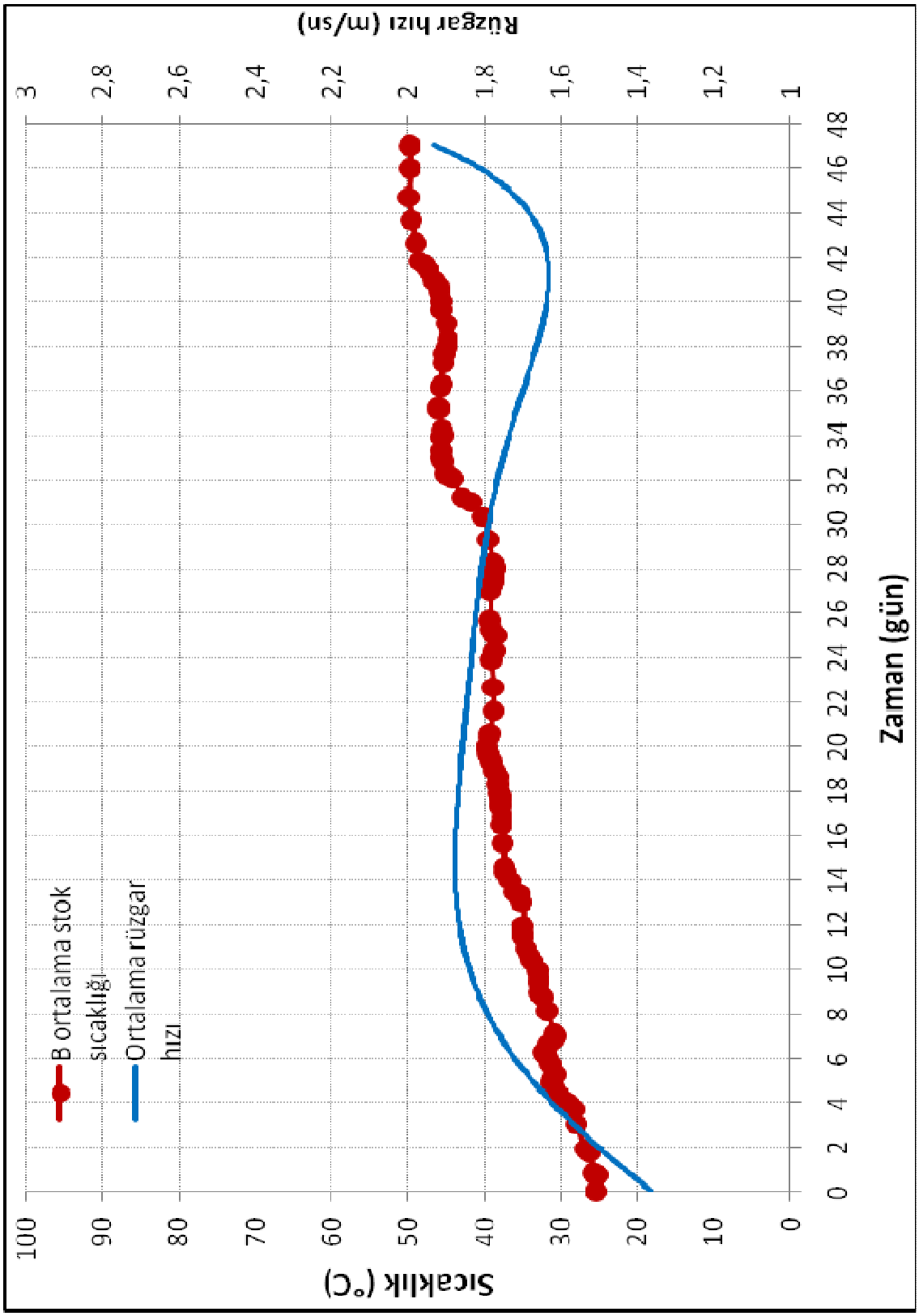
EK-3 B stoğu ortalama sıcaklık-nem ilişkisi



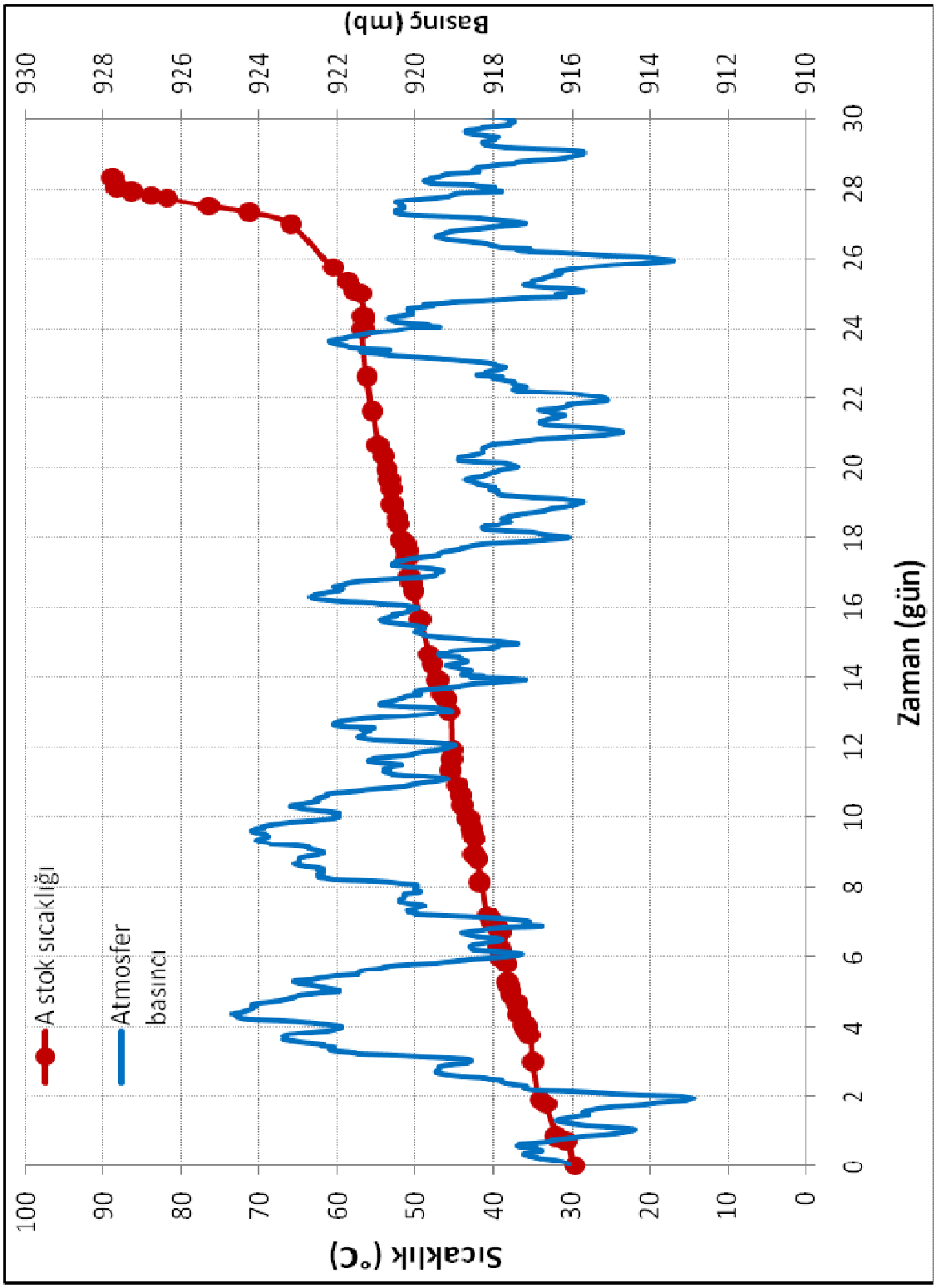
EK-4 A stoğu ortalama sıcaklık-rüzgâr hızı ilişkisi



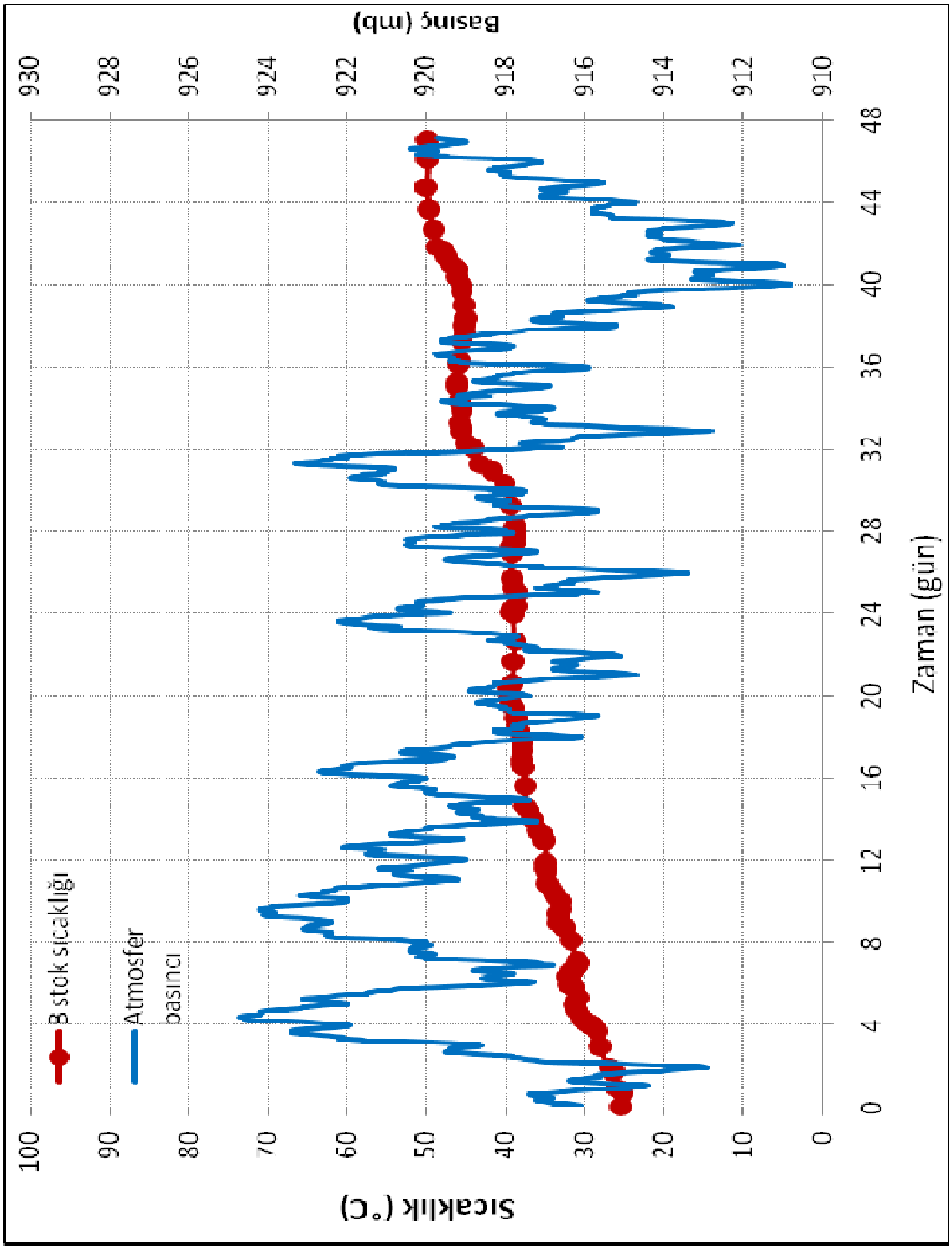
EK-5 B stoğu ortalama sıcaklık-rüzgâr hızı ilişkisi



EK-6 A stoğu ortalama sıcaklık-atmosfer basıncı ilişkisi



EK-7 B stoğu ortalama sıcaklık-atmosfer basıncı ilişkisi



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İsa Biçer
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul ,1984
Telefon :
Faks :
e-mail : isabicer @yahoo.com

EĞİTİM

Derece	**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise :		
Üniversite :	**Selçuk Üniversitesi, Konya**	**2006**
Yüksek Lisans :		
Doktora :		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2007-	**TKİ Garp Linyitleri İşletmesi**	**Maden Müh.**