



## KÖMÜR YIĞINLARINDA KENDİLİĞİNDEN YANMA OLAYINA GÜNEŞ IŞINLARININ ETKİSİ

<sup>1</sup>Kemal DOĞAN, <sup>2</sup>A. Hadi ÖZDENİZ

<sup>1,2</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, KONYA

<sup>1</sup>kdogan@selcuk.edu.tr, <sup>2</sup>hozdeniz@selcuk.edu.tr

(Geliş/Received: 13.02.2015; Kabul/Accepted in Revised Form: 05.05.2015)

**ÖZET:** Madencilik faaliyetleri ile üretilen kömürlerin ihtiyaç fazlası olan kısımları zorunlu olarak stoklanmalıdır. Stoklama sırasında bekletilen kömürlerde ekonomik ve çevresel problemler meydana gelmektedir. Kömür stoklarındaki en büyük sorun ise kendiliğinden yanma problemidir. Bu problemi önlemek için birçok çalışma yapılmıştır. Konya Çimento Fabrikası kömür stok sahasında yüzey renkleri farklı iki kömür yığını üzerinde çalışma yapılmıştır. Yığınlar eni 4 m, yüksekliği 3 m ve uzunluğu 6 m olacak şekilde oluşturulmuştur. Dış yüzeyi kireç ile kaplanan kömür yığını beyaz yığın (BYK), orijinal hali ile oluşturulmuş siyah yüzeyli yığın ise SYK olarak adlandırılmıştır. BYK yığını; beyaz yüzeyin kendiliğinden yanmaya karşı etkisinin belirlenmesi amacıyla oluşturulmuştur. Mevcut kömür yığınlarının coğrafik olarak batı yönündeki yüzeylerinin sıcaklıkları ve güneş ışınları etkisinde içsel ısınmadaki değişimler incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kömürlerde kendiliğinden yanma, içsel ısınma

### Effect of Solar Radiation on Spontaneous Combustion of Coal Stockpile

**ABSTRACT:** Surplus part of the coal generated by the mining operations must be stored. Economic and environmental problems occur during storage in coal. The biggest problem is the spontaneous combustion of coal in stockpile. To avoid this problem, many studies have been carried out. In this study, tests were conducted on two different coal stockpiles with different surface colors at Konya Cement Factory coal stockpile. Stacks were formed 4 m of width, 3 m of height and 6 m of length. The coal stockpile which outer surface is covered with lime was called white (BYK), the black surface was created with the original version was called SYK. BYK was created to determine the effect on the spontaneous combustion of the white surface. Effect of changes in internal heating of the existing coal stockpile was examined by geographically surface temperatures and sunlight on the western side of stockpile.

**Key Words:** Spontaneous combustion of coal, internal heating

### GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kömür yığınlarında düşük sıcaklıkta başlayan ve ısı birikmesi sonucu artarak açık alevli bir yangına dönüşen kendiliğinden yanma olayı, oldukça sık görülen bir durumdur. Kömür yığınlarındaki kendiliğinden yanma reaksiyonu sırasında oksijen absorpsiyonu arttığı için kömür sıcaklığı 40° C' a kadar yükselmektedir. Bu yüzden kömür yığınları çeşitli yöntemlerle havalandırılarak soğutulmak zorundadır (Wang ve ark., 2003). Ekzotermik reaksiyon sonucu üretilen ısı, ortamdaki uzaklaştırılmadığı takdirde, ortalama olarak 60–70°C'lerden sonra, CO ve CO<sub>2</sub> gibi gaz çıkış yoğunluğu artmakta ve 125°C' de su buharı oluşmaktadır. Isı artışının hızlanmasıyla kömürün tutuşma sıcaklığına ulaşması sonucu

alevli yanma başlamaktadır (Jones ve Townend, 1949; Kural, 1998; Barış, K. ve ark., 2011; Saraç, 1992). Kömür yığınlarındaki içsel yanma, büyük ısı gereksinimine ihtiyaç duyan sektörlerde de karşılaşılan bir sorundur. Bu çalışma sanayi sektöründeki yığınlara örnek teşkil etmesi amacıyla Konya ili içerisinde yer alan Konya Çimento Fabrikası kömür stok sahasında yapılmıştır. Bu stok sahasındaki mevcut kömürler, Kütahya ili Tunçbilek ilçesinde faaliyet gösteren Garp linyitleri İşletmesi'nden temin edilmektedir. GLİ işletmesinde üretilen linyit kömürünün kendiliğinden yanmaya karşı yatkınlığı bilinen bir gerçektir (Şensöğüt,1999; Karpuz ve ark., 2000).

Endüstriyel boyutlu kömür stokları üzerinde çalışmalar oldukça sınırlıdır (Sensogut ve Ozdeniz; 2005; Ozdeniz, 2009; Ozdeniz, 2010). Kömürlerin kendiliğinden yanma olayı hem açık işletmelerde hem de yeraltı madencilğinde sıklıkla karşılaşılmaktadır. Aynı zamanda da kömürlerin depo edildiği stok sahalarındaki yığınlarda da, çok sık rastlanan bir durumdur ve bu olay birçok çevresel ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Kaymakçı ve Didari, 2002). Önceki çalışmalardan farklı olarak, yüzey rengi farklı iki kömür yığını üzerinde içsel sıcaklık değişimleri incelenmiştir. Kömür yığınları, kömürün fiziksel özelliği olan siyah renkli olması sebebiyle, güneş ışığını direk absorbe ederek, daha hızlı bir şekilde sıcaklık artışı göstermektedir. Bir madde üzerine güneş ışınları temas ettiğinde, ultraviyole radyasyonun bir kısmı geri yansır, bir kısım radyasyon madde üzerinde absorplanır ve diğer bir kısım radyasyon da madde içinden geçerek yoluna devam eder (Algaba ve Riva, 2002). Siyah renkli cisimler, üzerine gönderilen ışığın tamamını soğururlar. Bu yüzden başka renkteki cisimlere göre siyah renkli cisimler daha fazla ısınır (Parlak ve Özdeniz, 2012). Bu çalışmada, eşit şartlar altında, sadece yüzey renkleri farklı iki kömür yığını oluşturulmuştur. Oluşturulan kömür yığınlarından bir tanesi orijinal kömür yığını (SYK), diğer yığın ise yüzeyi sıvılaştırılmış kireç ile kaplanmış beyaz yüzeyli kömür (BYK) yığınıdır. Bu iki yığın üzerinde zamanla oluşan iç sıcaklık ve güneş ışınları sebebiyle batı yönündeki yüzeylerinde oluşan sıcaklık değişimleri incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonrası yığınlar içerisindeki içsel sıcaklık değişimleri ile SYK ve BYK yığınlarının kendiliğinden yanma eğilimleri arasındaki ilişki incelenmeye çalışılmıştır.

## DENEY SİSTEMİ VE DENEYİN YAPILIŞI (TEST SYSTEM AND EXPERIMENTAL PROCEDURE)

Bu çalışma, Konya Çimento Fabrikası'nın kömür stok sahasında yapılmıştır. İşletme sahasındaki mevcut stoklar, tane boyutu +18-50 mm aralığındaki kömürlerden oluşmaktadır. Aynı geometrik yapıda iki farklı yığın oluşturulmuş ve bu yığınlar üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Oluşturulan iki yığınının geometrik ölçüleri yaklaşık olarak eni 4 m, yüksekliği 3 m ve uzunluğu ise 6 m olacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 1).

Beyaz renk ışığı yansıtır. Bu sebeple güneş ışınlarının beyaz renk üzerinde daha az etkili olduğu düşünüldükçe, kömür yığınlarından bir tanesinin yüzeyi sıvılaştırılmış kireç ile tamamen kaplanmıştır (BYK). Bu işlem için yanmış kireç ile su, bir kovada karıştırılarak, bir püskürtme makinesi yardımıyla yığın yüzeyine püskürtülmüştür. SYK yığını üzerine ise herhangi bir işlem yapılmamıştır. Güneş ışığı altında kömür yığınlarında kendiliğinden yanma olayını tetikleyen faktörlerin başında kömürün renginin siyah olmasıdır.

Oluşturulan her iki yığın içerisine, yığın içi sıcaklıklarını ölçmek amacıyla, sıcaklık sensörleri (PT100), yığının tabanından 1 m yükseklikte olacak şekilde yerleştirilmiştir. Sensörlerinden saat başı sıcaklık değerleri veri toplayıcı ile düzenli olarak kayıt altına alınmıştır. Eş zamanlı olarak yığınlarının dış yüzeylerinin sıcaklıkları da bir lazer termometre ile gün içerisinde 09:00-14:00 ve 21:00 saatlerinde ölçülmüştür. Kömür yığınlarının batı yüzeylerinden elde edilen sıcaklık değişimleri ile iç sıcaklık değerlerindeki değişimler bu çalışma kapsamında ayrıntılı olarak incelenmiştir.

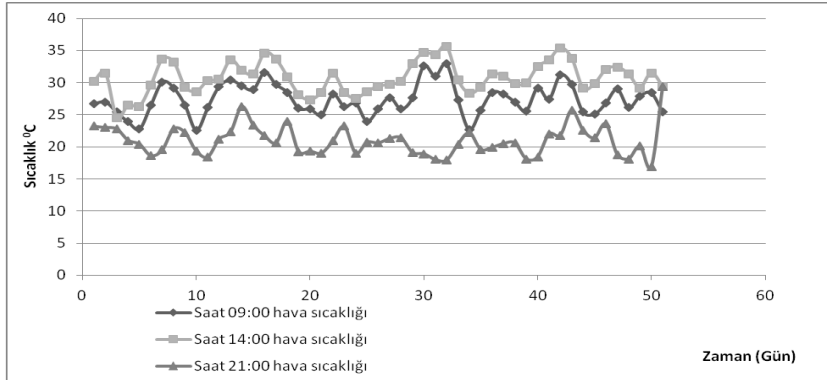


Şekil 1. Oluşturulan SYK ve BYK yığınları (SYK and BYK stokpiles)

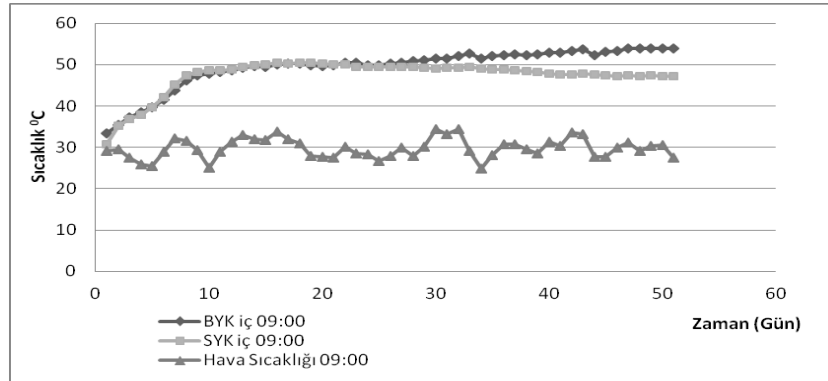
Çalışmaların yapıldığı SYK ve BYK yığınları üzerinde, 51 gün süreyle yığın içi sıcaklıkları ve yığının dış yüzeyinin batı yönlerindeki yüzey sıcaklık değişimleri kayıt altına alınmıştır. Bu okumalara paralel olarak, Meteoroloji Konya Bölge Müdürlüğünden ölçüm yapılan günlere ait ortalama basınç değeri, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, nem ve küresel radyasyon değerleri temin edilmiş ve ortam sıcaklığındaki değişimlere bağlı olarak incelemeler yapılmıştır.

#### VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ (EVALUATION OF DATA)

Çalışmanın yapıldığı 51 gün boyunca saat 09:00, 14:00 ve 21:00 de ki hava sıcaklıkları dikkate alınarak elde edilen grafik görülmektedir (Şekil 2). Çalışmanın 9,14 ve 34. günlerinde sabah saatlerinde meydana gelen yağış nedeniyle, hava sıcaklığında düşüşler gözlenmiştir.



Şekil 2. Zamana bağlı hava sıcaklığı değişimi (Temperature variation depending on time).



Şekil 3. Kömür yığınlarının saat 09:00'daki içsel sıcaklıkları ve hava sıcaklığı kıyaslamaları  
(Comparison on internal heating values at 9 am with temperature of the stockpile).

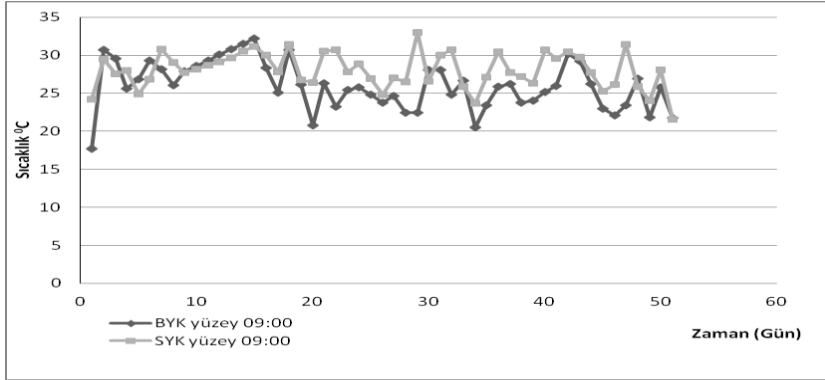
Çalışmaların yapıldığı BYK ve SYK yığınlarının sabah saat 09:00'daki içsel sıcaklık değişimleri Şekil 3'de görülmektedir. İç sıcaklıklar yaklaşık 20 gün boyunca birbirine yakın seviyelerde değişim göstermiştir, hava sıcaklığı ise az da olsa dalgalanma göstermiştir. BYK yığını iç sıcaklığı ile SYK yığını iç sıcaklığı birbirine benzer bir artış gösterirken, çalışmanın 25. gününden sonra BYK yığınının iç sıcaklığı daha hızlı artış göstererek kendiliğinden yanma eğilimine geçmiştir.

Beyaz rengin ışığı yansıttığı bilinen bir gerçektir. Bu çalışmada da BYK yığnında içsel ısınmanın daha az olması beklenmiş, fakat beklentinin aksine BYK yığın üzerindeki kireç tabakası iç yüzeydeki ısınan tekrar içeriye yansımaya neden olmuş ve kendiliğinden yanma olayını hızlandırmıştır. Çalışmalar esnasında zaman zaman anlık yağışlar yaşanmıştır. Bu yağışlar sonrası ısı düşüşleri yaşanmasına karşın BYK yığınının iç sıcaklığı yükselişine devam etmiştir. Bunun sebebi ısınan kömür ile yağmurun temas ederek buharlaşma olayını tetiklemesidir. Düşük miktardaki nem içeriğinin, kendiliğinden yanmayı hızlandırdığı, yüksek nemin ise oksidasyon olayını geciktirdiği bilinen bir gerçektir (Veselovsky, 1957; Nordon ve ark., 1979; Banerjee, 1985).

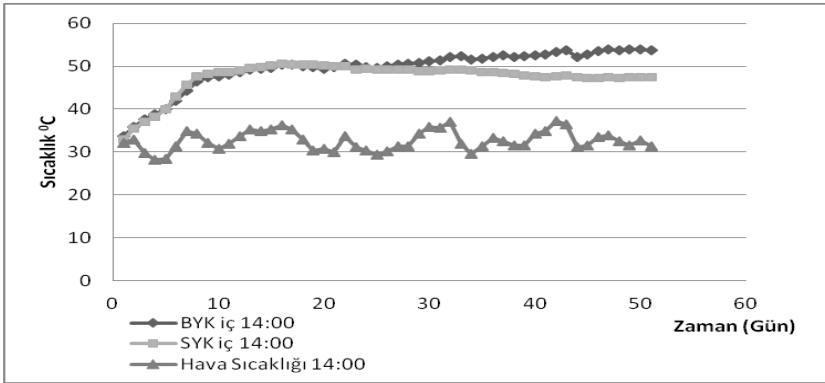
Mevcut BYK ve SYK yığınları yüzeylerinde yapılan sıcaklık ölçümlerinin batı yönünde yapılan ölçümleri Şekil 4'de verilmiştir. Çalışmalar esnasında 9-14 ve 34. günlerde meydana gelen yağmur yağışı sebebiyle, yağmur sonrası BYK yığını yüzeyi tekrar sıvı kireç ile kaplanmış ve BYK yığınının yüzeyi başlangıçtaki haline getirilmiştir.

Güneşin dik olarak geldiği saat 14:00'da yapılan incelemelerde de BYK yığnındaki içsel sıcaklık artışı, SYK yığnına kıyasla daha fazladır. Her iki yığının yüzey sıcaklıkları ve yığın içi sıcaklıkları başlangıçta aynı olmasına rağmen, zaman içerisinde BYK yığını iç sıcaklığı artarak maksimum değerlere ulaşmıştır (Şekil 5).

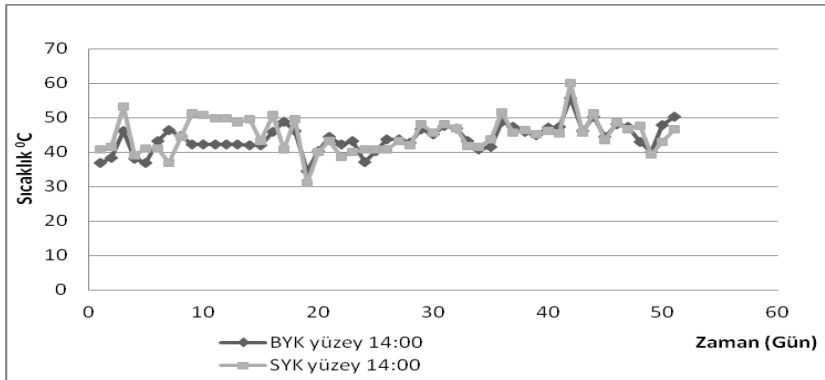
Şekil 6'da görüldüğü gibi çalışmanın başında yüzey sıcaklıkları birbirinden farklıdır. Bunun sebebi BYK yığını yüzeyine uygulanan sıvı kireçtir. Deney başlangıcından yaklaşık 4 gün sonra bu fark ortadan kalkmış ve çalışmanın sonuna kadar birbirine yakın seviyelerde devam etmiştir.



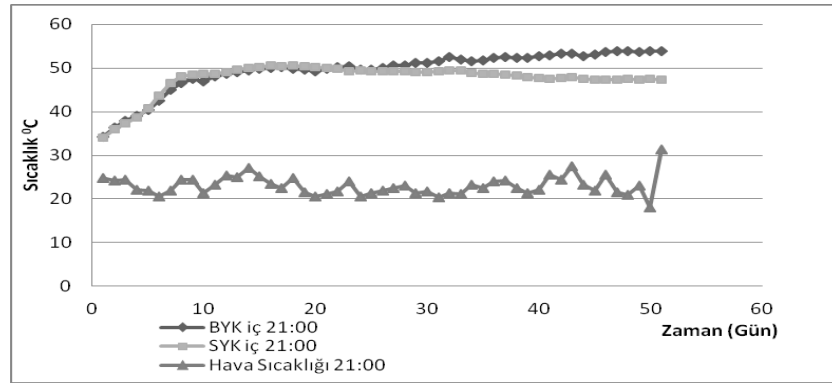
Şekil 4. Kömür yığınları batı yüzeylerinin saat 09:00'daki sıcaklık değişimleri (*Temperature changes at 9 am at the western surface of coal piles*).



Şekil 5. Yığınların saat 14:00'daki içsel sıcaklıkları ve hava sıcaklığı kıyaslamaları (*The internal temperature of the stockpile and air temperature in 2 pm hours and comparisons*).



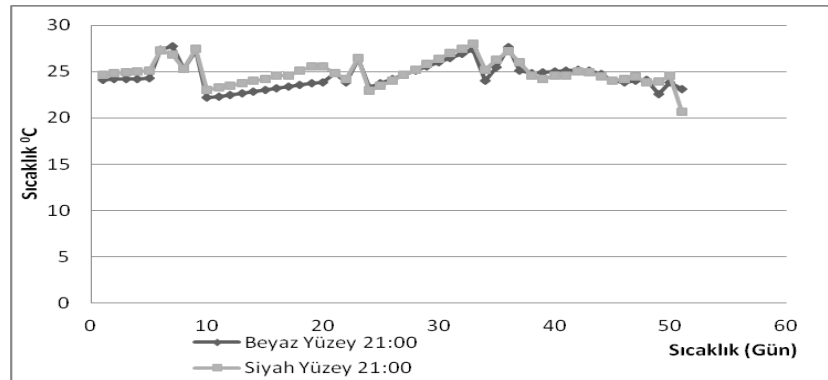
Şekil 6. Kömür yığınları batı yüzeylerinin saat 14:00'daki sıcaklık değişimleri (*Temperature changes in the hours of 2 pm western surface coal stockpiles*).



Şekil 7. Yığınların saat 21:00'deki içsel sıcaklıkları ve ortam sıcaklığı kıyaslamaları (*The internal temperature of the stockpile and ambient temperature at 9 pm comparisons*).

Mevcut iki yığın batı yönündeki saat 21:00'da yapılan sıcaklık ölçümlerinin incelemesine ait grafik Şekil 7'de verilmiştir. İçsel sıcaklık değişimi saat 09:00 ve 14:00'da elde edilen gözlemlerle aynı şekilde gelişim göstermiştir.

Akşam saat 21:00 civarındaki hava sıcaklığının, günün diğer saatlerine göre düşük olması sebebiyle, çalışmalar esnasında BYK ve SYK yığınlarının batı yönünde saat 21:00'da yapılan yüzeysel ölçümleri birbirine oldukça yakın değerler göstermiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Kömür yığınları batı yüzeylerinin saat 21:00'deki sıcaklık değişimleri (*Temperature changes in the hours of 9 pm western surface coal piles*).

## SONUÇLAR ( THE RESULTS)

Bu çalışma, Konya ili içerisinde faaliyet gösteren ve hammadde üretimi için yüksek ısıya gereksinim duyan Konya Çimento Fabrikası stok sahasında gerçekleştirilmiştir. Stok sahasında içerisinde aynı geometrik boyutlarda BYK ve SYK yığınları oluşturulmuştur. Çalışmanın amacı, beyaz rengin güneş ışınlarını yansıttığı gerçeğinden yola çıkılarak, kendiliğinden yanma olayına beyaz rengin etkisinin belirlenmesidir.

Ortam sıcaklığının da etkisiyle BYK ve SYK yığınlarının yüzey sıcaklıklarının saat 21:00 hariç, benzer bir özellik gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu sebeple geç saatlerde, (sıcaklığın daha düşük olduğu saatlerde) BYK yığın yüzeyinin daha çabuk soğuma gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışma başlangıcında BYK yığınının güneş ışınlarını yansıtacağı ve iç sıcaklığının daha az olması beklentisi, çalışma sonucunda iç sıcaklığın daha hızlı artışı ile sonuçlanmıştır. BYK yığını içerisindeki iç sıcaklık beyaz

yüzeyden yığın içerisine yansıyarak kendiliğinden yanma olayını hızlandırmıştır. Akşam saatlerinde SYK yığını iç sıcaklığı düşüş göstermiş, BYK yığnında soğuma dış yüzeyde oluşurken iç yüzeydeki ısı artışa devam etmektedir. Çalışmanın 20. gününe kadar benzerlik gösteren iç sıcaklık, zaman içerisinde BYK yığnında daha fazla artış göstererek kendiliğinden yanma olayını hızlandırmıştır.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Algaba, I. and Riva, A., (2002) *In Vitro Measurement of the Ultraviolet Protection Factor of Apparel Textiles, Coloration Technology*, 118: 52–58
- Bariş K., Aydın H., and Didari V., 2011, Statistical Modeling of the Effect of Rank , temperature, and particle size on Low- Temperature Oxidation of Turkish Coals, *Combust. Sci. And Tech.*, 183: 105-121
- Banerjee, S.C., 1985, Spontaneous Combustion of Coal and Mine fires, A.A. Balkema Press, Rotterdam.
- Jones, R.E., Townend, D.T.A., 1949, Oxidation of Coal, *Journal Society of Chemical Industry*, 68s.
- 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*, s 4–11.
- Kaymakçı, E., and Didari, V., 2002, Relations between Coal Properties and Spontaneous Combustion Parameters, *Turkish J. Eng. Env. Sci.*, 26, 59-64.
- Kural, O., 1998, Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri, Özgün Ofset Matbaacılık A.S., 785s.
- Nordon, P., Young, B.C., and Bainbridge, N.W., 1979, The Rate of Oxidation of Char and coal in Relation to Their Tendency to Self-Heat, *Fuel*, vol.58, pp 443-449.
- Ozdeniz, A.H., 2009, Investigation of coal stockpiles of Tunçbilek Thermal Power Plant with respect to time under atmospheric conditions, *Energy Sources: Part A*, 31:473–479.
- Ozdeniz, A.H., 2010 Determination of Spontaneous Combustion in Industrial-Scale Coal stockpiles, *Energy Sources: Part A*, 32:7, 665-673.
- Parlak, M.G., Özdeniz, A.H., 2012 Tunçbilek Kömürlerindeki Kendiliğinden Yanmanın Güneş Işınları Etkisine Bağlı Olarak İncelenmesi, *Türkiye 18. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak*, s 313-322.
- Saraç, S., 1992, Yeraltı Kömür Ocaklarında Kendiliğinden Yanma" Anadolu Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi Yayınları, 117 s.
- Sensogut, C., and Ozdeniz, A.H, 2005, Statistical Modeling of Stockpile Behavior under Different Atmospheric Conditions - Western Lignite Corporation (WLC) Case, *FUEL* 84, 1858-1863.
- Şensöğüt, C., 1999, Türk kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlığı-İlgün Linyitleri örneği, *Madencilik*, 38–1, s 45– 52.
- Wang, H., Dlugogorski, B.Z., Kennedy, E.M., 2003, Coal oxidation at low temperatures: Oxygen consumption, oxidation products, reaction mechanism and kinetic modeling, *Progress in Energy and Combustion Science*, ss. 487– 513.
- Veselovsky, V.S., 1957, Surface Oxidation of Coals, *Chemical Abstracts, Col*, 18547, November.