

GLİ YERALTI OCAKLARINDA MEKANİZE VE KLASİK AYAKLARDA TOZ KOŞULLARININ İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Statistical analysis of dust conditions at mechanized and conventional longwall faces in GLI underground mines

Mustafa ÖNDER (*)

Seyhan ÖNDER (**)

Tuncay AKDAĞ (***)

ÖZET

Tozluluk, yeraltı işletmelerinde üzerinde önemle durulması gereken çevresel bir problemdir. Bu çalışmada, GLİ Tunçbilek-Ömerler bölgesi yeraltı ocağında mekanize ve klasik ayaklarda yapılan toz ölçüm çalışmalarından elde edilen verilerin istatistiksel analizleri yapılmış ve ayaklardaki tozluluğun dağılım modelleri belirlenmiştir. Ayrıca ayaklardaki toz koşulları hipotez testleri kullanılarak karşılaştırılmış ve sonuç olarak, tozluluk koşulları yorumlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Toz, Yeraltı Madenciliği.

ABSTRACT

Dustiness is an important environmental problem that has to be considered in underground mines. In this paper, the data obtained from the dust measurements carried out at mechanized and conventional longwall faces in GLI Tuncbilek- Omerler underground mines have been evaluated by using statistical analysis and the distribution models of the dust data have been determined. In addition, the dustiness of the longwall faces have been compared by using the statistical hypothesis test and finally, the dust conditions have been interpreted.

Key Words: Dust, Underground Mining.

(*) Yrd.Doç.Dr., Osmangazi Üniv., Müh. Mim. Fak., Maden Mühendisliği Bölümü, ESKİŞEHİR, monder@ogu.edu.tr
(**) Arş. Gör. Dr., Osmangazi Üniv., Müh. Mim. Fak., Maden Mühendisliği Bölümü, ESKİŞEHİR
(***) Osmangazi Üniv., Müh. Mim. Fak., Maden Mühendisliği Bölümü, ESKİŞEHİR

1. GİRİŞ

Yeraltı madenciliğindeki çalışma koşulları, yoğun iş yükü, gürültü, titreşim, dizel araçların egzoz emisyonları, yüksek sıcaklık ve nemlilik, toz ve gaz gibi oldukça fazla sayıda risk faktörünü içermektedir (Scheepers vd, 2003; Bakke vd, 2001; Bratveit vd, 2003). Tozlu ortam ise bir ocakta göz önünde bulundurulması gereken önemli mesleki tehlikelerin başında gelmektedir (Ganguly vd, 2001). Toz terimi havada asılı duran ince bölünmüş katı maddeleri ifade eder ve 1 mm'den 1 µm'a kadar olan geniş bir sınıra kapsar (Sengupta, 1990). Hemen hemen tüm madencilik işlemlerinin toz oluşturması nedeniyle tüm yeraltı ocaklarında toz görülebilir ve özellikle mekanize işlemler arttıkça toz oluşumu da artar. Kendisi toz oluşturan işlemler birincil toz kaynağı olarak isimlendirilirken, oluşmuş tozu dağıtan işlemler ise ikincil toz kaynağı olarak nitelendirilir (Güyagüler vd, 2005).

Ülkemiz yeraltı kömür madenciliğinde önemli yer tutan TTK yeraltı kömür ocaklarında belirli zaman aralıkları kullanılarak yapılan çalışmalar sonucunda, birimlerin tozlu ortam koşulları ve işçi gruplarının toz etkilenmeleri belirlenerek işletmeye önemli bilgiler sunulmuştur (Didari ve Çakır, 1991).

GLİ Tunçbilek-Ömerler bölgesi mekanize çalışan ocaklardaki toz koşullarının değerlendirilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada işletmenin toz ölçümünde kullandığı cihazlar ve ölçüm teknikleri ayrıntılı olarak tanıtılmış ve 1997-2000 yıllarına ait toz ölçüm değerleri kullanılarak çalışma yerlerinin tozlu ortam koşulları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmaya göre GLİ Tunçbilek-Ömerler yeraltı mekanize ayakta 14.09.1990 tarihli Toz Yönetmeliğine göre çalışma yerlerinin büyük çoğunluğunun II. ve III. risk derecesi sınıfına girdiği belirlenmiştir (Ediz vd, 2001).

Yeraltı ocaklarındaki tozlu havanın, 10 yıllık bir çalışma hayatı boyunca teneffüs edilmesi, pnömokonyoz olarak adlandırılan meslek hastalığına neden olabilir. Yapılan araştırmalar, bir kömür işçisinin yılda ortalama 0.4-1.7 g olmak üzere, ciğerlerinde 30 g'a kadar toz birikebileceğini ortaya koymuştur (Borm and Tran, 2002).

Tozlu ortam, yeraltı işletmelerinde üzerinde önemle durulması gereken bir sorun olup, hem insan

sağlığına vereceği zararları hem de ekonomik açıdan getireceği sakıncaları en aza indirmek için, tüm yeraltı ocaklarında detaylı olarak araştırılarak, mücadele için çözüm önerileri getirilmesi gereken bir konudur. Bu çalışmada, Garp Linyitleri İşletmesi'nde (GLİ) 2004-2005 yıllarında klasik ve mekanize ayaklarda yapılmış olan toz ölçüm değerleri kullanılarak, ocağın hem klasik hem de mekanize çalışan ayaklarındaki tozlu ortam koşulları istatistiksel olarak değerlendirilmeye çalışılmıştır. İstatistiksel analiz kapsamında öncelikle, her iki ayak türü için tozlu ortamın dağılım modelleri belirlenmiş ve daha sonra ayaklardaki toz koşulları hipotez testleri ile karşılaştırılmıştır.

2. GLİ TUNÇBILEK KÖMÜR HAVZASI

GLİ Tunçbilek kömür havzasında, yeraltında kömür üretimi iki adet ocaktan sağlanmaktadır. Bunlar Tunçbilek ve Ömerler Yeraltı Ocakları'dır. Tunçbilek yeraltı ocağında 1940'lı yıllardan itibaren üretim yapılmakta, göçertmeli dönümlü uzun ayak kazı metodu ile kömür kazanılmaktadır. Ayak içi tahkimatında, klasik tahkimat sistemi olarak adlandırılan çelik sarma + hidrolik direkt olarak oluşan ve aynaya dik olarak kurulan sistem kullanılmaktadır. Yaklaşık 4-12 m kalınlığındaki kömür damarının taban taşından itibaren 2 m'lik kısmı patlatma ile gevşetilmekte ve martopikörle kazılarak alınmaktadır. Üstte kalan kısmı ise ayağın arkasından konveyör üzerine göçertilerek üretilmektedir (GLİ, 2000).

Ömerler yeraltı ocağında 1985 yılından itibaren üretime başlanmış olup, yine göçertmeli dönümlü uzun ayak kazı metodu ve tahkimat olarak da klasik tahkimat sistemi kullanılırken, 1997 yılından itibaren tam mekanize uzun ayak sistemine geçilmiş ve klasik tipte üretim yapılan panolarda işçi yetersizliği nedeniyle üretime son verilmiştir. Halen üretim tam mekanize panoda devam etmektedir. Ömerler yeraltı ocağında ayna kömür kazısı ve yüklenmesinde kullanılan kesici makine, çift tamburlu ayak konveyörü üzerine monteli, zincirsiz çekme sistemine sahiptir. Kesici makinenin teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir (GLİ,2000).

Çizelge 1. Kesici Makinenin Teknik Özellikleri

Tip	EDW-150-2L
Gövde yüksekliği	1500 mm
Kesici kol uzunluğu	1635 mm
Tambur çapı	1800 mm
Kesme derinliği	700 mm
Maksimum kesme yüksekliği	3570 mm
Konveyörün altını kesme mesafesi	300 mm
Taşıma hızı	0-12 m/dk
Maksimum taşıma kuvveti	268 kW
Motor	150 kW
Ağırlık	25000 kg

Ayak içinde kömürü nakletmek için baştan ve kuyruktan tahrikli, ortadan çift sıra zincirli, 800 ton/saat kapasiteli ayak konveyörü (AFC) kullanılmaktadır. Ayak içi konveyörü kömürü 40 m uzunluğundaki toplayıcı konveyöre nakletmekte ve buradan da kömür, 800 ton/saat kapasiteli bantlı konveyöre iletilmektedir.

3. TOZLULUĞUN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Yeraltı ocaklarındaki toz koşullarının belirlenmesi tozla mücadele çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Mekanize olarak çalışan ocaklarda kesme hareketinden ve malzemenin doğal yapısından dolayı sürekli olarak solunabilir toz ve ince tane oluşumu söz konusudur (Hekimoğlu vd, 2001). Mekanize olarak çalışan ayaklardaki tozluluğun klasik olarak çalışan ayaklara göre daha fazla olduğu da bilinen bir gerçektir.

Bu çalışmada, GL'ye ait mekanize ve klasik olarak çalışan ayaklarda 2004-2005 yıllarında gravimetrik toz örnekleyicileri ile belirlenmiş olan toz ölçüm değerleri kullanılarak, mekanize ve klasik ayağın toz koşulları istatistiksel olarak değerlendirilmeye çalışılmıştır. İstatistiksel analizlerde öncelikle mekanize ve klasik ayaklarda ölçülmüş olan tozluluk değerleri bir bilgisayar paket programı kullanılarak değerlendirilmiş ve her iki ayak türü için tozluluğun dağılım modelleri tespit edilmiştir. Ayaklardaki ortalama toz konsantrasyonları elde edilen dağılım modellerine göre belirlenmiş ve daha sonra mekanize ve klasik ayağın ortalama

tozluluğunun karşılaştırılması amacıyla "Hipotez Testi" kullanılmıştır.

Mekanize ve klasik ayak olmak üzere iki farklı ana kütle tozluluğunun kıyaslanması amacıyla ortalama toz konsantrasyonu değerleri kullanılarak "Ana Kütle Ortalamaları Farkının ($\mu_1-\mu_2$) Hipotez Testi" uygulanarak ortalama toz koşulları karşılaştırılmıştır.

Mekanize ayağa ait 31 adet toz ölçüm değeri kullanılarak mekanize ayaktaki toz koşullarının uyduğu dağılım modeli belirlenmeye çalışılmıştır. Dağılım uygunluğunu belirlemek amacıyla ARENA 6.0 paket programı kullanılmıştır. ARENA 6.0 programı bir benzetim programı olup, dağılım uygunluk testi için programın alt menülerinde bulunan "Input Analyzer" kısmından yararlanılmıştır. Dağılım uygunluk testi neticesinde Çizelge 2' de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 2. Mekanize ayak dağılım uygunluk testi sonuçları

<i>Dağılım Özeti</i>	
Dağılım	Üssel
İfade	EXPO(3.3)
<i>Khi-Kare Testi</i>	
Aralıkların sayısı	3
Serbestlik derecesi	1
Test istatistiği	0.148
p-değeri	0.718
<i>Kolmogorov-Smirnov Testi</i>	
Test istatistiği	0.217
p-değeri	0.0947
<i>Veri Özeti</i>	
Veri sayısı	31
Minimum değeri	0.58
Maksimum değeri	11.9
Ortalaması	3.3
Standart sapması	2.8

Çizelge 2'den görüldüğü gibi mekanize ayağa ait toz konsantrasyonu değerlerinin "Üssel

Dağılıma" uyduğu anlaşılmaktadır. İncelenen toz ölçüm değerlerinden en küçüğünün 0.58 mg/m^3 , en büyüğünün 11.9 mg/m^3 , ortalamasının $X_1 = 3.3 \text{ mg/m}^3$ ve standart sapmasının da $S_1 = 2.8 \text{ mg/m}^3$ olduğu görülmektedir.

Mekanize ayağa ait toz konsantrasyonu değerleri üssel dağılıma uymaktadır. Üssel dağılımın fonksiyonu $f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$ 'dir ve λ tek parametresidir. Sabit bir zaman aralığında hesaplanan ortalama değer λ olduğuna göre olayın herhangi bir zaman diliminde gerçekleşmesi durumunda beklenebilecek değer ve varyansı aşağıdaki eşitliklerden belirlenebilir (Armutlu, 1999).

$$\text{Beklenen değer: } E(X) = \mu = \frac{1}{\lambda} \quad (1)$$

$$\text{Varyans: } V(X) = \frac{1}{\lambda^2} \quad (2)$$

Çizelge 2'de verilen mekanize ayak dağılım uygunluk testi sonuçlarındaki "EXPO(3.3)" ifadesi üstel dağılımın tek parametresi olan $\lambda = 3.3$ 'dür. Bu durumda mekanize ayak için beklenebilecek ortalama toz konsantrasyonu değeri $\mu_1 = 0.303 \text{ mg/m}^3$ ve varyansı da 0.092 mg/m^3 olarak bulunur.

Mekanize ayakta yapılmış olan çalışmaya benzer şekilde, 2004-2005 yıllarında klasik ayakta belirlenmiş olan 30 adet toz ölçüm değeri için dağılım uygunluk testi tekrarlanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Klasik ayak dağılım uygunluk testi sonuçları

<i>Dağılım Özeti</i>	
Dağılım İfade	Lognormal LOGN(2.01,1.6)
<i>Khi-Kare Testi</i>	
Aralıkların sayısı	1
Serbestlik derecesi	-2
Test istatistiği	0.00307
p-değeri	<0.005
<i>Kolmogorov-Smirnov Testi</i>	
Test istatistiği	0.224
p-değeri	0.0877
<i>Veri Özeti</i>	
Veri sayısı	30
Minimum değeri	0.33
Maksimum değeri	31.6
Ortalaması	2.53
Standart sapması	5.51

Çizelge 3'de verilen sonuçlara göre klasik ayağa ait toz konsantrasyonu değerlerinin "Lognormal Dağılıma" uyduğu anlaşılmaktadır. Kullanılan toz ölçüm değerlerinden en küçüğünün 0.33 mg/m^3 , en büyüğünün 31.6 mg/m^3 , ortalamasının $X_2 = 2.53 \text{ mg/m}^3$ ve standart sapmasının da $S_2 = 5.51 \text{ mg/m}^3$ olduğu görülmektedir.

Klasik ayağa ait toz ölçüm değerleri lognormal dağılıma uymaktadır. Lognormal dağılımın logaritmik ortalama (α) ve logaritmik varyans (β^2) olmak üzere iki parametresi bulunmaktadır (Armutlu, 1999).

Çizelge 3'de verilen klasik ayak dağılım uygunluk testi sonuçlarındaki "LOGN(2.01,1.6)" değeri lognormal dağılımın iki parametresi olan $\alpha = 2.01$ ve $\beta^2 = 1.6$ 'yı ifade etmektedir. Bu durumda klasik ayağın ortalama toz konsantrasyonu değeri $\mu_2 = 2.01 \text{ mg/m}^3$ olarak bulunur.

İki ayrı ana kütle ortalamaları arasında fark olup olmadığını belirlemede ortalama farklarının testi yöntemi uygulanmaktadır (Konuk ve Önder, 1999). Mekanize ve klasik ayağın ortalama toz konsantrasyonu değerleri belirlendikten sonra ayaklardaki toz koşullarını karşılaştırmak amacıyla hipotez testi kullanılmıştır. H_0 hipotezinde, mekanize ve klasik ayaklardaki ortalama toz koşullarının aynı olduğu, alternatif hipotezde (H_1) ise farklılık gösterdiği düşünülerek Eşitlik (3)'te verilen hipotezler kurulmuştur.

$$\begin{aligned} H_0 : \mu_1 &= \mu_2 \\ H_1 : \mu_1 &\neq \mu_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Büyük örneklem ($n_1, n_2 \geq 30$) olması durumunda test istatistiği değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır (Armutlu, 1999).

$$Z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (i_1 - i_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (4)$$

Burada,

\bar{X}_1 : 1. ana kütlede elde edilen örneklerin ortalaması

\bar{X}_2 : 2. ana kütlede elde edilen örneklerin

ortalaması
 μ_1 : 1. ana kütlein ortalaması
 μ_2 : 2. ana kütlein ortalaması
 n_1 : 1. ana kütlede elde edilen örnek sayısı
 n_2 : 2. ana kütlede elde edilen örnek sayısı
 S_1^2 : 1. ana kütlein varyansı
 S_2^2 : 2. ana kütlein varyansı
 Z : Büyük örneklem için test istatistiği değeri

Eşitlik (4)' den $Z = 2.2$ olarak elde edilir ve $-z_{\alpha/2} \leq Z \leq z_{\alpha/2}$ ifadesi ile kıyaslama yapılır. $z_{0.05/2} = z_{0.025} = 1.96$ olduğundan % 95 anlam düzeyinde mekanize ve klasik ayaktaki ortalama toz konsantrasyonunun aynı olduğu hipotezi (H_0) kabul edilemez. Dolayısıyla iki ayaktaki ortalama toz konsantrasyonunun farklı olduğu ve dağılım uygunluk testlerinden elde edilen ortalama tozluluk değerlerine göre klasik ayağın daha fazla tozluluğa sahip olduğu söylenebilir.

4. SONUÇLAR

GLİ Tunçbilek-Ömerler yeraltı ocağında mekanize ve klasik ayaklarda 2004-2005 yıllarında yapılmış toz ölçüm değerlerinin incelenmesiyle, mekanize ayaktaki tozluluğun üssel dağılıma, klasik ayaktaki tozluluğun ise lognormal dağılıma uyduğu gözlenmiştir. Dağılım uygunluk testleri sonucunda belirlenmiş olan ana kütle ortalama tozluluk değerleri mekanize ayakta 0.303 mg/m^3 ve klasik ayakta ise 2.01 mg/m^3 olarak hesaplanmıştır. Kurulan hipotez testleri değerlendirildiğinde ortalama toz konsantrasyonlarının her iki ayak için farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Ana kütle ortalama tozluluk değerleri karşılaştırıldığında, klasik ayağın mekanize ayağa göre daha fazla tozluluğa sahip olduğu söylenebilir. Normal koşullarda çalışma biçimleri gereğince kayaç veya cevheri aşırı ufalayarak fazla toz çıkaran mekanize kazı araçlarının kullanıldığı mekanize ayaklarda daha fazla tozluluğun olması gerekirken klasik ayağın daha fazla tozluluğa sahip olduğu gözlenmiştir. Mekanize ayağın daha az tozluluğa sahip olmasının en önemli nedeni, ocak içinde bulunan yeraltı suyuna ilave olarak yeryüzünde bulunan su kaynaklarının da ocak içine sızarak pano

içerisinde aşırı su geliri neden olması olarak düşünülmektedir. Su geliri tozluluğu azaltması bakımından bir avantaj sağlasa da mekanize panolarda üretimi tehdit eden en önemli sorunların başında gelmektedir.

Yeraltı ocaklarındaki tozluluk koşullarının dağılım uygunluk modellerinin belirlenmesi ocakta herhangi bir zaman diliminde karşılaşılabilecek ortalama toz konsantrasyonlarının tahmininde işletmelere faydalı bilgiler sunabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında yardımlarını gördüğümüz GLİ çalışanlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

ARENA 6.0, 2000; Rockwell Software Inc.

Armutlu, İ.H., 1999; "İşletme İstatistiğine Giriş", Marmara Üniversitesi İİBF yayını, 218-355.

Bakke, B., Stewart, P., Ulvestad, B. ve Eduard, W., 2001; "Dust and Gas Exposure in Tunnel Construction Work", AIHAJ **62**, 457-465.

Borm, P.J.A. and Tran L., 2002; "From Quartz Hazard to Quartz Risk: the Coal Mines Revisited", The Annals of Occupational Hygiene, 46, No. 1, 25-32.

Bråtveit, M., Moen, B.E., Mashalla, Y.J.S. ve Maalim, H., 2003; "Dust Exposure During Small-scale Mining in Tanzania: A Pilot Study", The Annals of Occupational Hygiene, **47**, 235-240.

Didari, V. ve Çakır, A., 1991; "TTK Yer altı İşyerlerinde Solunabilir Toz Koşullarının Ayrıntılı Değerlendirilmesi", Madencilik, **30**, (4), 21-29.

Ediz, İ.G., Yuvka, Ş., Beyhan, S. ve Çolpan, R., 2001; "GLİ Tunçbilek-Ömerler Bölgesinde Mekanize Üretimde Toz Sorunu", Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, 169-174.

Ganguly, S., Gangopadhyay, S.K. ve Guha, R., 2001; "Exposure to Respirable Dust: Case studies of Jharia and Raniganj Coalfields", Mine Environment and Ventilation, 181-191, India.

GLİ, 2000; "GLİ Tunçbilek-Ömerler Yer altı Mekanizasyon Uygulaması", Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, 211.

Güyağüler, T., Karakaş, A. and Güngör, A., 2005; "Occupational Health and Safety in Mining Industry", 140.

Hekimoğlu, O.Z., Tiryaki, B. ve Ayhan, M., 2001; "Tamburlu Kesicilerde Solunabilir Toz ve İnce Tane Oluşumunun Laboratuvar ve Yeraltı Deneyleriyle Araştırılması", Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, 163-167.

Konuk, A., ve Önder, S., 1999; "Maden İstatistiği", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 155.

Scheepers, P.T.J., Micka, V., Muzyka, V., Anzion, R., Dahmann, D., Poole, J. ve Bos, R. P., 2003; "Exposure to Dust and Particle-Associated 1-Nitropyrene of Drivers of Diesel-Powered Equipment in Underground Mining", The Annals of Occupational Hygiene, **47**, 379-388.

Sengupta, M., 1990; "Mine Environmental Engineering", **1**, CRC Press, 304