

OAL İŞLETMESİNDE KISA DEVRE HAVALANDIRMA DENEMESİ

THE CONTROLLED RECIRCULATION TRIAL IN OAL UNDERGROUND MINE

Saim SARAC, *Osmangazi üniversitesi, Maden Muh. Bölümü, Eskişehir*
Oktay ÇETİN, *TKI-OAL işletmesi, Çayırhan-Nallıhan, Ankara*

ÖZET

Bu makale, galeri açma makinası ile çalışılan OAL işletmesine ait bir taban yolu ilerlemede gerçekleştirilen Kısa Devre Havalandırma uygulamasını ve sonuçlarını tanıtmaktadır. Türkiye'deki ilk kısa devre havalandırma uygulaması olan bu denemenin başarısını değerlendirebilmek için bir seri toz, sıcaklık, hava miktarı ve nemlilik ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları, kısa devre havalandırma tekniğinin havadaki toz konsantrasyonlarını önemli ölçüde azalttığı teorisini desteklemektedir.

ABSTRACT

This paper describes the Controlled Recirculation trial which was realised in a mechanised heading working of OAL colliery and presents the results of a series of dust, temperature, air quantity and humidity measurements. The result obtained from this trial which was the first recirculation application in any Turkish underground mine, supports the concept that the dust concentration could be reduced owing to the controlled recirculation technique.

1. GİRİŞ

Bir hava geliş ve bir hava donuş yolu bulunmayan kor galerilerin havalandırılması sadece yeraltı maden işletmeciliğinde değil, tünel, metro gibi yeraltı yapılarının açılması sırasında da mühendisün önemli bir uğraşı alanını oluşturur Bu tür arınlara yeterli miktarda hava ulaştırabilmek için çeşitli tali havalandırma sistemleri uygulanabilir En uygun sistemin seğiminde, çalışma sırasında karşılaşılması umulan olası evre problemlerinin gozonunde tutulması gerekir Uygulanan galeri açma yöntemine bağlı olarak aşağıdaki evre sorunlarından birisi veya birkaçı gündeme gelebilir,

- a) Ateşleme dumanları
- b) Toz
- c) Metan
- d) Sıcaklık

Geçmiş yıllarda galerilerin büyük çoğunluğu fazla olmayan uzunluklarda ve klasik ateşleme-yukleme yöntemiyle açılmaktaydı Bu çalışmalarda tali havalandırma sisteminin ana amacı, ateşleme sonrası açığa çıkan dumanları olabildiğince hızlı bir şekilde ve kısa surede dağıtmaktı Bu istem, basit emici tali havalandırma sistemiyle karşılanabilmekte, sorunların ağırlaşması durumunda kombine sistemlere başvurulmaktaydı Son yıllarda ise, yeraltı maden işletmeciliğinde mekanizasyonun gelişmesi, büyük yatırımlar yapılan panolann hazırlıklarının hızla tamamlanması gereği, galen açma işlerinin çoğunda galeri açma makinalarının kullanılmasına neden olmuştur Bu durum, ateşleme gazlarının dağıtılması sorununu ortadan kaldırmış, ancak beraberinde toz sorununu getirmiştir Galeri açma makinalarının çalışma biçimleri gereğince, anndaki cevher veya kayaç aşın ufalanmakta, havadaki toz konsantrasyonunun da oldukça yüksek değerlere ulaşmasına yol açmaktadır Kesme kafasından su püskürtmek gibi çeşitli tozla mücadele yöntemleri uygulanabilmekle birlikte, yine de ortam havasında yüksek toz oranları gözlenmektedir

Ortamdaki, özellikle de galeri açma makinası operatörünün konumundaki toz konsantrasyonunu azaltabilmek için, klasik tali havalandırma sistemlerinde de değişik uygulamalara gidilmiştir Bu uygulamalardan, aynı galeride iki ayrı boru hattının ve bir toz bastına filtrenin kullanıldığı "Kısa Devre Havalandırma" (KDH) sistemi çeşitli ülkelerde deneme ölçeğinde başlatılmış ve edinilen deneyimler ışığında geliştirilerek yaygınlaştırılmıştır

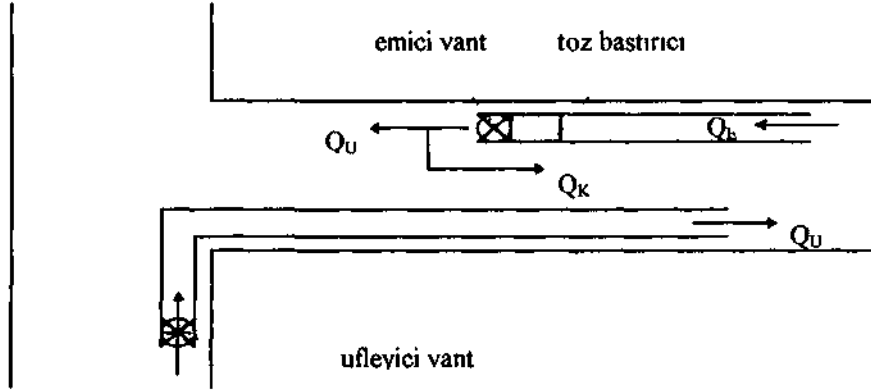
2. KONTROLLÜ KISA DEVRE HAVALANDIRMA

2.1. Genel Bilgiler

Aynı havanın bir noktadan birden fazla geçirilmesi, "Kısa Devre Havalandırma" olarak nitelenir Panolann, ilerletimli ayakların kılavuz annlanm ve tali galen arınlannın havalandırılmasında bu sistem uygulanabilir Tali havalandırmada KDH, anrı havalandırdıktan sonra çıkışa doğru yönlenen havanı» bir kısmının tekrar arın bölgesine gönderilmesi anlamına gelir (Pickering and Aldred, 1977)

Galeri içine biri ufleyici, diğeri emici olmak üzere iki ayrı boru hattı doşenir Ufleyici hat ana sistem, emici hat ise yardımcı sistemdir (şekil 1) Emici vantilatör tarafından çekilen

hava miktarı (Q_r), üfleme hattı ucundan boşalan hava miktarının (Q_u) 1.5-2 katı kadar olur. Bir başka deyişle, arıdan emilen hava arına üflenen havadan daha fazladır. Galeriye terk eden hava miktarının, galeriye giriş yapan hava miktarına eşit olması gerektiğinden, emici vantilatör tarafından emilen havanın $Q_k = Q_e - Q_u$ kadar kısmı tekrar arına doğru yönlenecek, bir kısa devre akımı oluşturacaktır. Bu sayede arın civarındaki hava miktarı artacak, $Q_e = Q_u + Q_k$ değerine ulaşacaktır (Gracie, 1984).



Şekil 1 Galeri sürmede Kısa Devre Havalandırma

Emilen havanın bir kısmının bu şekilde arına geri gönderilmesi arın civarındaki hava miktarını artırmakla birlikte, bu bölge havasındaki toz konsantrasyonlarında önemli azalmalar sağlamayacaktır. Bu nedenle, emici hat üzerinde bir veya birkaç toz bastırıcı yerleştirilir. Genellikle yağ tip olarak kullanılan toz bastırıcılar, bünyelerindeki filtre ve su püskürtme memecikleri yardımıyla emilen hava içindeki toz partiküllerinin büyük kısmını çökertir (Eyyupoğlu ve Çetin, 1995). Bu sayede, emici hat ucundan boşalıp kısa devre edilerek arın bölgesine yeniden gönderilen havadaki toz miktarı, çok azaltılmış olur. Galeri açma makinası operatörü tam arında değil, biraz daha geride bulunduğundan, toz içeriği azaltılmış olan havayı solur.

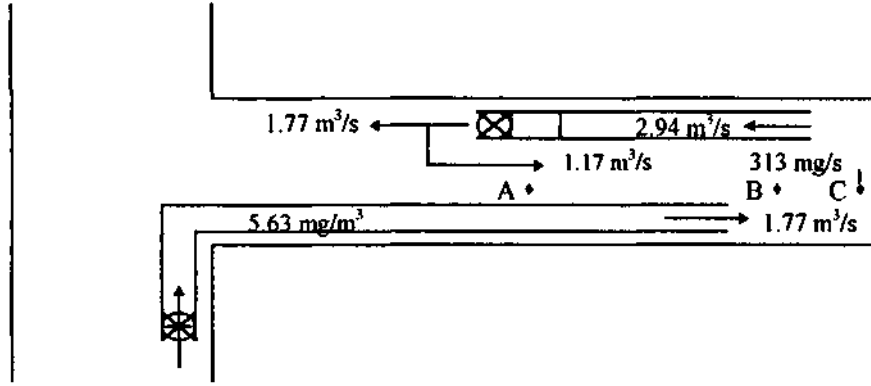
Klasik tali havalandırma sistemleriyle karşılaştırıldığında, kısa devre havalandırmanın getirdiği avantajlar şöyle sıralanabilir (Vutukuri and Lama 1988),

- Arın civarındaki hava miktarı artar
- Hava hızı da artacağından, metan tabakalaşması önlenir
- Ortam sıcaklığında azalmalar sağlanır
- Ortamdaki toz konsantrasyonları azalır

Uygulamanın başarısı büyük oranda, toz bastırıcının verimine, kısa devre oranına ve üfleme hattındaki hava miktarına bağlıdır (Verma, 1981).

2.2. Sistem formülasyonu

Arındaki kazı çalışmalarında çıkan toz miktarının, toz bastırıcının veriminin ve sistemdeki hava miktarlarının tahmin edilmesi durumunda, galeri havasındaki toz konsantrasyonlarının önceden belirlenmesi için teorik bir yaklaşım yapılabilir.



Şekil 2 . Örnek bir kısa devre havalandırma uygulaması

Şekil 2'deki örnek galeri sürme çalışmasında umulan değerler aşağıdaki gibi olsun,

Anndaki toz üretimi	313 mg/s
Üfleyici hat debisi	1.77 m³/s
Emici hat debisi	2.94 m³/s
Toz bastırıcı verimi	%72
Üflenlen havadaki tozluluk :	5.63 mg/m³

Bu galeride sadece üfleyici sistemin uygulanması durumunda,

Üfleyici hattaki toz miktarı	$5.63 \text{ mg/m}^3 \cdot 1.77 \text{ mVs} = 9.965 \text{ mg/s}$
Anndaki toplam toz miktarı	$9.965 \text{ mg/s} + 313 \text{ mg/s} = 322.965 \text{ mg/s}$
Anndaki toz konsantrasyonu	$322.965 \text{ mg/s} / 1.77 \text{ m}^3/\text{s} = 182.47 \text{ mg/m}^3$

değerlerinin oluşması beklenirdi. Aynı galeride kısa devre havalandırma uygulanırsa;

Kısa devre havalandırma oranı	$: 2.94 / 1.77 = 1.66$
Kısa devre edilen hava miktarı	$: 2.94 - 1.77 = 1.17 \text{ mVs}$
Kısa devre havadaki (A noktası) toz oranı	$: 182.47 \cdot 0.28 = 51.09 \text{ mg/m}^3$
Operatör konumundaki (B noktası) toz miktarı	$: 51.09 \cdot 1.17 + 9.965 = 69.74 \text{ mg/s}$
Operatör konumundaki (B noktası) toz oranı	$: 69.74 / (1.17 + 1.77) = 23.72 \text{ mg/m}^3$
Anın civarındaki (C noktası) toz miktarı	$: 69.74 + 313 = 382.74 \text{ mg/s}$
Anın civarındaki (C noktası) toz oranı	$: 382.74 / (1.17 + 1.77) = 130.2 \text{ mg/m}^3$

değerleri hesaplanırdı. Ancak bu değerler aynı hava kütlelerinin bir kez kısa devre edilmesi durumu içindir. Halbuki aynı hava kütlesi çok kısa bir süre içinde bir kaç kez kısa devre edilecek, toz bastırıcıdan bir kaç kez geçecektir. Dolayısıyla, sonuçtaki toz oranları daha düşük değerler olacaktır. Yukarıdaki hesaplama iteratif olarak tekrarlanır ve iki iterasyon arasındaki fark 0.01 mg/m^3 değerine düşene dek sürdürülürse "kararlı durum"a ulaşıldığındaki sonuçlar, umulan değerler olacaktır. Örnek için hesaplamalar bilgisayar yardımıyla yürütülmüş ve Çizelge 1'deki değerler elde edilmiştir.

Çizelge 1. Örnek kısa devre havalandırma uygulaması için hesaplama sonuçları

İtéra syon	A daki toz oranı (mg/m ³)	B deki toz miktarı (mg/s)	B deki toz oranı (mg/m ³)	C deki toz miktarı (mg/s)	C deki toz oranı (mg/m ³)
1	5109	69.74	23.72	382.74	130.18
2	36.45	5*61	17.89	365 61	124.36
3	34 82	50 70	17.25	363 70	123 71
4	34.64	50.49	17.17	363 49	123.64
5	34.62	50.47	17.16	363.47	123 63
6	34.62	50.47	17.16	363.47	123 63

A NOKTASINDAKİ TOZ KONSANTRASYONU : 34.62 mg/m³
B NOKTASINDAKİ TOZ KONSANTRASYONU : 17.16 mg/m³
C NOKTASINDAKİ TOZ KONSANTRASYONU : 123.63 mg/m³

A NOKTASINDAKİ TOZ AZALMA ORANI : % 81 03
B NOKTASINDAKİ TOZ AZALMA ORANI : % 90.59
C NOKTASINDAKİ TOZ AZALMA ORANI : %32 25

Çizelge değerlerinin incelenmesinden, KDH uygulamasının ortam havasındaki toz konsantrasyonlarında teorik olarak büyük azalmalar sağladığı anlaşılmaktadır. Özellikle, en kritik bölge olan operatörün bulunduğu B noktasındaki tozluluk, KDH uygulaması sayesinde % 90.59 oranında azaltabilmektedir.

3. OAL'DE KISA DEVRE HAVALANDIRMA UYGULAMASI

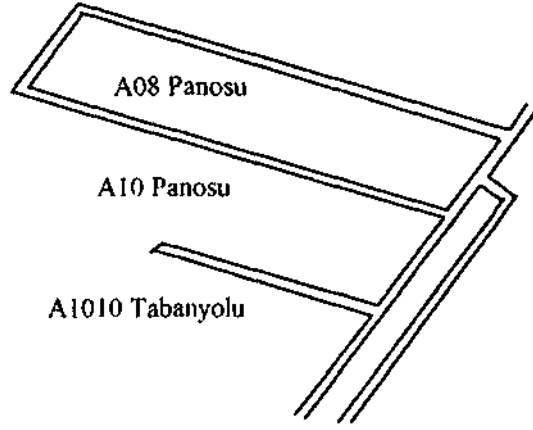
3.1. Genel Bilgiler

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumuna ait Orta Anadolu Linyitleri (OAL) İşletmesinde mekanizasyona geçişle birlikte dönmümlü uzun ayak yöntemi uygulanmaya başlanmış, pano uzunluklarının yüksek tutulması, 1000 metrenin üzerinde taban yollarının sürülmesini gerektirmiştir. Taban yollarının hızlı bir şekilde açılabilmesi için galeri açma makineler devreye sokulmuş, bu çalışma tarzı havalandırmada toz sorununu beraberinde getirmiştir. Tozla mücadele amacıyla tali havalandırmada klasik emici sistem terk edilmiş, üfle-yici-emici kombine sistem uygulanmaya başlanmıştır. Sistemin etkinliğini artırmak için, daha sonra emici hat üzerine yaş tip toz bastırıcı eklenmiştir. Galeri arını ilerledikçe emici hattın da kendiliğinden ilerleyebilmesi için, emici hat galeri açma makinası üzerine monte edilmiştir. Bu çalışmalar klasik emici sisteme oranla, ortam havasındaki toz konsantrasyonlarını önemli oranlarda azaltmıştır.

Galeri sürme sırasında havadaki toz seviyesini daha da azaltabilme olanaklarını araştırmak için, bu çalışmada kısa devre havalandırma uygulaması deneme ölçeğinde başlatılmıştır.

3.2. Denemenin yapıldığı yer ve kullanılan havalandırma ekipmanı

KDH uygulaması, hazırlıkları sürdürülen A10 panosunun alt taban yolu olacak olan, A1010 damar içi galeri sürme şantiyesinde gerçekleştirilmiştir. Toplam 970 metre uzunluğa erişecek olan tabanyolunda, ölçümler arını 500. metreda iken alınmıştır.



Şekil 3 Denemenin yapıldığı panonun genel planı

KDH uygulamasında, galeride normal çalışmada uygulanan, bir ufleyici vantilatör, bir emici vantilatör, bunların vantup hatları ve bir toz bastıncıdan oluşan havalandırma ekipmanı kullanılmış, sadece ufleyici ve emici hatların hava miktarları değiştirilmiştir Vantilatörlerin karakteristikleri aşağıdaki gibidir,

Vantilatör çapı	762 mm
Hat çapı	800 mm
Kapasite	400 mVdak
Motor gucu	30 kW
Çalışma basıncı	1 93 kPa
Tip	Aksiyal
Kanat açısı	11°
Devir	2950 devir/dak

Toz bastıncının özellikleri de şöyle özetlenebilir,

Tip	MRDE yaş tip
Kapasite	200 mVdak
Su pompası gucu	5 5kW
Su debisi	27 İt /dak
Toz bastırma verimi	% 72

3.3. Ölçümler ve ölçme aletleri

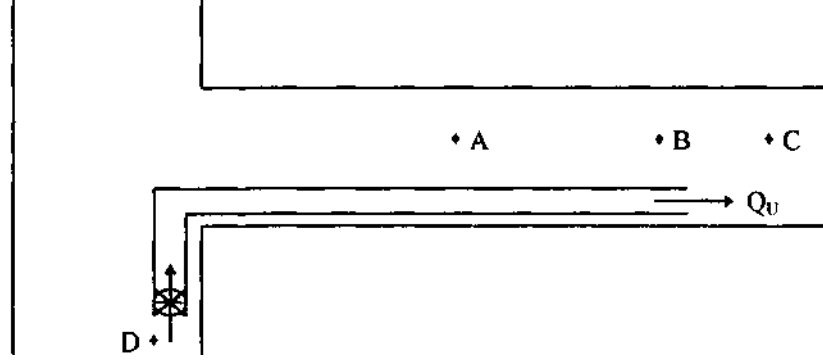
KDH denemesinin başarılı olup olmadığını denetleyebilmek, elde edilen ölçüm sonuçlarını diğer tali havalandırma sistemleriyle karşılaştırabilmek için, galeride sırasıyla basit ufleyici sistem, kombine sistem ve kısa devre havalandırma sistemi oluşturulmuştur Kombine sistemde ufleyici hat ana sistem, emici hat ise yardımcı sistem olarak düzenlenmiştir Her sistemde, benzer konumlarda istasyon noktaları belirlenmiş, bu noktalarda havanın sıcaklık, nem ve tozluluk değerleri ölçülmüştür Hava debileri için ise, hat uçlarında hava

hızı ölçümleri yapılmıştır Sıcaklık ve nem ölçümleri dijital ölçerle, hava hızı ölçümleri kanatlı tip anémomètre ile, toz ölçümleri ise optik esasa göre çalışan ve her saniyede bir toplam toz değerini mg/m' cinsinden veren Casella AMS950 toz ölçme cihazı ile gerçekleştirilmiştir Ölçümler galeri açma makinası çalışırken alınmıştır

3.4. Uygulanan havalandırma sistemleri ve ölçüm sonuçları

3.4.1. Üfleyici sistem

Öncelikle, sadece üfleyici hat çalıştırılmış ve belirlenen istasyon noktalarında ölçümler yapılmıştır istasyon noktalarının konumları Şekil 4'de, ölçüm sonuçları ise Çizelge 2'de verilmektedir



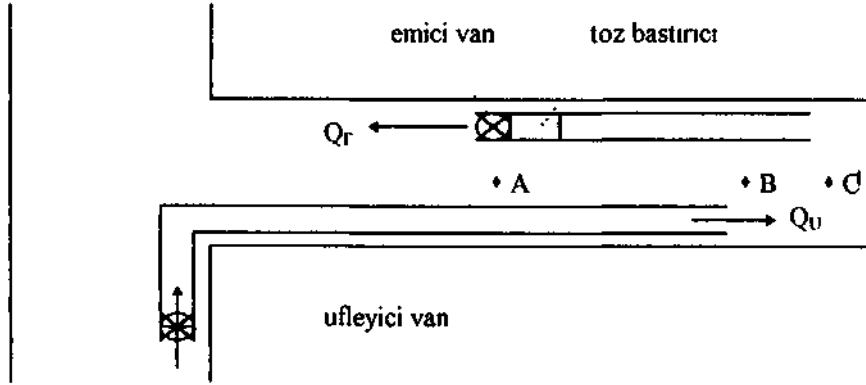
Şekil 4 Üfleyici sistemde istasyon noktalarının konumları

Çizelge 2 Üfleyici sistem için ortalama ölçüm sonuçları

	A	B	C	D
Tozluluk (mg/m ³)	62.8	128.1	170.2	5.63
Nem (%)	80	77.9	75.8	74.7
Sıcaklık (°C)	24.3	24.4	24.3	21.7
Hava debisi (nrVs)	1.8	1.9	1.9	1.7

3.4.2. Kombine sistem

Bu sistem, galeride normalde kullanılan tali havalandırma düzenidir Üfleyici hat ana sistem, emici hat ise yardımcı sistemdir Üfleyici hattaki hava debisi (1.98 m³/s), emici hattaki hava debisinden (1.43 m³/s) daha fazladır Emici hat üzerinde, toz bastırma verimi % 72 olan bir toz bastırıcı yerleştirilmektedir Anıdan emilerek, bünyesindeki tozun büyük kısmı toz bastırıcıdan geçerken çöktürülen hava galeri çıkışına doğru yönlendiğinden, anın civarındaki tozluluğu azaltma etkinliği, fazla olamamaktadır Sistemde ölçüm alınan istasyon noktalarının konumları Şekil 5'de, elde edilen ölçüm sonuçları ise Çizelge 3 'de verilmiştir



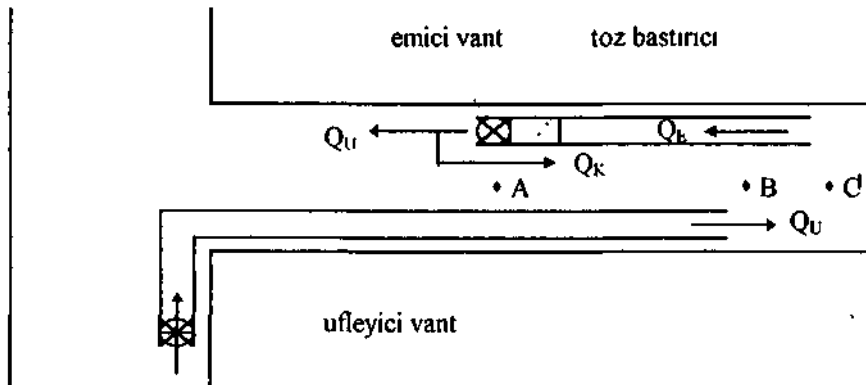
Şekil 5 Kombine sistemde istasyon noktalarının konumu

Çizelge 3 Kombine sistemde elde edilen ortalama ölçüm sonuçları

	A	B	C	
Tozluluk (mg/m')	82 2	102 6	161 3	
Nem (%)	78 7	79 2	78 6	
Sıcaklık (°C)	22 8	22 8	22 6	
Hava debisi (mVs)	0 55	0 55	1 98	Q _F = 1 43 Q _U = 1 98

3.4.3. Kısa Devre Havalandırma sistemi

Son olarak, emici hat debisinin (2 94 m Vs), ufleyici hat debisinden (1 77 mVs) fazla olması sağlanarak, toz bastırıcıdan geçen havanın bir kısmı (1 17 m Vs) arın bölgesine geri gönderilmiş, kısa devre havalandırma sistemi oluşturulmuştur. Bu uygulamada ölçüm alınan istasyon noktalarının yerleri Şekil 6'da, ortalama ölçüm değerleri ise Çizelge 4'de sunulmuştur.



Şekil 6 Kısa devre havalandırma uygulamasında istasyon noktalarının konumları

Çizelge 4 Kısa Devre Havalandırma uygulamasındaki ortalama ölçüm sonuçları

	A	B	C	
Tozluuluk (mg/W)	21 S	51 1	62	
Nem (%)	85 3	83 6	83 1	
Sıcaklık (°C)	21 6	22 1	22 2	
Hava debisi (mVs)	1 17	2 93	2 94	Q _v =2 94 Q _u =1 77

3.5. Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi

Deneme galerisinde uygulanan tüm tali havalandırma sistemlerinde elde edilen ortalama toz konsantrasyon değerleri Çizelge 5'de topluca verilmiştir. Çizelge değerlerinin incelenmesinden, kısa devre havalandırma uygulamasının tüm istasyon noktalarındaki toz konsantrasyonu değerlerini, hem basit üfleyici sisteme, hem de kombine sisteme oranla anlamlı bir şekilde azalttığı anlaşılmaktadır. Toz konsantrasyonları için sağlanan azalma oranları %50 2-73 8 arasında olmuş, en kritik nokta olan ve operatörün bulunduğu konumu temsil eden B noktasında, havadaki toplam toz konsantrasyonu ortalama olarak 51 1 mg/m³ değerine kadar indirilebilmiş, üfleyici sisteme göre %60 1, kombine sisteme göre de %50 2 oranında azalmalar sağlanmıştır (Çizelge 6)

Çizelge 5 Ortalama toplam toz değerlerinin özeti (mg/m³)

	A	B	C
Üfleyici sistem	62 7	128 1	170 2
Kombine sistem	82 2	102 6	161 3
Kısa Devre Havalandırma	21 5	51 1	62

Çizelge 6 Kısa Devre Havalandırma ile sağlanan toz azalma oranları (%)

	A	B	C
Üfleyici sisteme göre	65 7	60 1	63 6
Kombine sisteme göre	73 8	50 2	61 6

Kısa Devre Havalandırma uygulaması, ortamdaki hava sıcaklığında da bir miktar azalmalar sağlamış, üfleyici sistemde 24 3°C, kombine sistemde 22 7°C olan ortalama sıcaklıklar, bu uygulama ile 22°C ye düşmüştür. Bu, ortamdaki hava miktarının artmış olmasının bir sonucudur. Uygulama, hava nemliliğinde ise bir miktar artışa yol açmış, üfleyici sistemde %77 9, kombine sistemde %78 8 olan ortalama nemlilik, yağ tip toz bastırıcının çalışma ilkesinin su püskürtmeye dayalı olması nedeniyle %84'e yükselmiştir. Bu da yöntemin olumsuz tarafıdır.

İlk bölümde verilen teorik analiz sonuçları ile, uygulamadan elde edilen sonuçlar paralellik göstermektedir. Aradaki sapma ise, toplam tozun tümünün hava ile hareket etmemesi, bir kısmının çökmesi ve ölçüm prosedürü ile açıklanabilir.

4. SONUÇLAR

Orta Anadolu Linyitleri İşletmesinde bir tabanyolu sürme şantiyesinde gerçekleştirilen ve Türkiye'deki ilk kısa devre havalandırma uygulaması olan bu çalışmada elde edilen sonuçlar, kısa devre havalandırma sisteminin makine ile açılan galerilerde, ortam havasındaki toz konsantrasyonlarını önemli ölçüde azalttığını bir kez daha kanıtlamıştır. Kısa devre havalandırma, deneme galerisindeki hava sıcaklıklarında da bir miktar azalmalar sağlamış, ancak nemliliğin biraz artmasına yol açmıştır. Ölçüm sonuçları sistemin teorisi ile de uyum içinde olmuştur.

Sadece galeri ve taban yolu gibi madencilik yapılarının değil, tünel ve metro gibi madencilik dışı yeraltı yapılarının galeri açma makinaları ile açılması sırasında da, tozla mücadele açısından mühendise yeni alternatifler sunan kısa devre havalandırma sisteminin yaygınlaştırılması, konu ile ilgili deneyimlerin zenginleştirilmesi gerekir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, yeraltı denemelerine izin vererek katkıda bulunan OAL İşletmesinin sayın yetkililerine en içten teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Eyyuboğlu, E.M., Çetin O., (1995), Mekanize Galerilerde Kullanılan Toz Bastırıcılar ve Yaş Tip Toz Bastırıcıların OAL'de Uygulaması, *Madencilik Dergisi*, Mart 1995, 3-11

Gracie, A. (1984), Controlled Recirculation-Auxiliary Ventilation Systems, *Colliery Guardian*, 1984

Pickering, A.J., Aldred, R., (1977), Controlled Recirculation of Ventilation- a Means of Dust Control in Face Advance Headings, *The Mining Engineer*, March 1977, 329-343

Verma Y.K., (1981), Environmental Aspects of Auxiliary Ventilation, *The Mining Engineer*, October 1981, 217-226

Vutukuri V.S., Lama R.D., (1988), How to Maximise the Recirculation of Used Air, *Tunnels and Tunneling*, October 1988, 57-60