

**Cilt: 1 Sayı: 2 sh. 71-79 Mayıs 1999**

## **HAVALANDIRMA ŞEBEKE ANALİZ PROGRAMI YARDIMI İLE MADENLERDE KONTROLLU HAVA DAĞILIMI**

**(CONTROLLED AIR DISTRIBUTION IN MINES WITH THE AID OF VENTILATION NETWORK ANALYSIS PROGRAM)**

**Ercüment YALÇIN**

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir

### **ÖZET / ABSTRACT**

Kapalı ocak madenciliği, dinamik bir yapıya sahiptir. Yeni yolların ve çalışma yerlerinin açılması veya mevcut yolların kapanması durumunda, ocak içinde hava dağılımı değişikliğe uğramaktadır. Optimum havalandırma koşullarını sağlamak ve havalandırma maliyetini minimum seviyede tutabilmek için, havalandırma sistemi sık sık analiz edilmelidir. Bu da, pratik olarak ancak bilgisayar yazılımlarıyla yapılabilmektedir.

Bu makalede, SI birim sistemine göre yeniden düzenlenmiş olan havalandırma şebeke analiz programı tanıtılmakta ve madenlerde havanın serbest ve kontrollü dağılımı durumunda gerekli hava miktarı ve vantilatör gücündeki değişimler örnek bir maden üzerinde incelenmiştir.

*Underground mining has a dynamic behaviour. With the addition of new roads and working places or closing of present roads and working places, the distribution of air in the mine changes. In order to provide the optimum ventilation conditions with the minimum ventilation cost, the ventilation system should be analysed frequently. This can only be done easily with the computer softwares.*

*In this paper, the computer program that was modified for SI unit system is presented and the variations at the total air quantity and required fan power for both free and controlled air distribution cases were investigated on a sample mine.*

### **ANAHTAR KELİMELER / KEY WORDS**

Şebeke Analizi, Kontrollü Hava Dağılımı, Basınç Kaybı / *Network Analysis, Controlled Air Distribution, Head Loss.*

### **1. GİRİŞ**

Havalandırma planlamasının başlıca amaçlarından birisi, gerekli miktardaki havayı yeraltındaki çalışma yerlerine minimum havalandırma maliyeti ile göndermektir. Yeraltı madenciliğinin dinamik bir yapıya sahip olması nedeniyle, yeni çalışma yerlerinin açılması veya eski çalışma yerlerinin kapanması durumunda hava akımı dağılımında değişiklikler olabilmektedir. Gaz ve toz problemlerinin fazla olduğu ocaklarda, gaz ve toz yeterli miktarda hava göndermek suretiyle ocak dışına taşınabilmekte ve ocak havasının gaz ve toz konsantrasyonu tehlike sınırlarının altında tutulabilmektedir.

Yeraltındaki çalışma yerlerine gereğinden fazla hava göndermenin de birçok mahsurları bulunmaktadır. Genel olarak, ocak havalandırma maliyetinin artmasının yanısıra, kendiliğinden yanmaya müsait cevherlerde gizli (içsel) ocak yangınlarının çıkmasına neden olmakta ve üretimin aksamasına, can ve mal kayıplarına ve hatta ocağın tamamen kapanmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, çalışma yerlerinin hava gereksinimi doğru bir şekilde hesaplanmalı ve gerekli miktardaki hava çalışma yerine gönderilmelidir.

Günümüzde havalandırma planlaması için geliştirilmiş birçok şebeke analiz yazılımı mevcuttur. Bunlardan birisi de, Wang (1982) tarafından geliştirilen FORTRAN 77 dilindeki yazılımdır. Bu yazılımda, ocak yollarından geçen hava miktarları, kullanılan vantilatör basıncına bağlı olarak, ocak yollarının dirençlerine göre serbest olarak hesaplanmakta veya belirli yollardan istenilen miktarda havanın geçmesine göre diğer yollardaki hava miktarları, havayollarına konması gereken regülatörlerin neden olduğu basınç düşme miktarları ve gerekli yardımcı vantilatör (booster fan) basınçları hesaplanabilmektedir.

Caudle (1987), aynı yazılımın veri giriş ve çıkışlarını yeniden düzenleyerek interaktif hale getirmiştir, (PCVENT). Her iki yazılımda da, giriş ve çıkış verilerini Imperial birim sisteminde hazırlamak gerekmektedir. Oysa günümüzde, Imperial birim sistemi terkedilmekte ve havalandırma hesaplamalarında SI (Systeme Internationale d'Unites) birim sistemi kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, yukarıda adı geçen yazılım, SI birim sisteminde hazırlanan verilerle çalışacak ve SI birim sisteminde sonuçlar verecek şekilde yeniden düzenlenmiştir. Programın genel yapısı üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Ayrıca, örnek bir havalandırma planı üzerinde program çalıştırılmış ve serbest dağılımda ve kontrollü hava dağılımlarında elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

## 2. SI BİRİM SİSTEMİNDE HAVALANDIRMA PARAMETRELERİ

Ocak havalandırmasında, bir hava yolunda veya ocakta sürtünme nedeniyle meydana gelen toplam basınç kaybı Atkinson eşitliği ile hesaplanır.

$$H = R.Q^2, \text{ Paskal (N/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(1)$$

Burada; H, Basınç kaybı, Pa; R, direnç, gaul ( $\text{N.sn}^2/\text{m}^8$  veya  $\text{kg/m}^7$ ) ve Q, hava miktarı,  $\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir. Direnç eşitliği ise

$$R = (K.C.L)/S^3 \dots\dots\dots(2)$$

olup; K, sürtünme katsayısı,  $\text{N.sn}^2/\text{m}^4$ ; C, havayolu çevresi, m; L, havayolu uzunluğu, m ve S ise havayolu kesit alanı,  $\text{m}^2$ 'dir. SI birim sisteminde enerji birimi kilowatt-saat (kW-sa) dir.

## 3. YAZILIMIN TANITIMI

Yazılım, şebeke halinde hazırlanan ocak havalandırma sisteminin, serbest hava dağılımına göre veya belirli kollardan istenilen miktarda hava geçmesi istemine göre analizini yapmaktadır.

Havalandırma şebeke analizinde Hardy Cross tarafından geliştirilen "Hardy Cross İterasyon Tekniği" kullanılmaktadır (McPherson, 1974). Bu yöntemde herhangi bir koldan geçen hava miktarını (Q) bulmak için öncelikle bir tahmin yapılmaktadır (Q<sub>a</sub>).

$$Q = Q_a + D Q \dots\dots\dots(3)$$

Burada; Q<sub>a</sub>, kabul edilen herhangi bir değer; D Q ise bu değer ile gerçek değer arasındaki farktır. Şebekenin bir gözü için doğrultman katsayısı olarak bilinen D Q<sub>m</sub> değeri aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$\Delta Q_m = \frac{\sum_{i=1} (R_i \cdot Q_i^n - R_i - Q_{ia}^n)}{\sum_{i=1} n \cdot R_i \cdot Q_{ia}^{n-1}} \dots\dots\dots(4)$$

Krichhoff'un ikinci kanununa göre,  $\sum R_i \cdot Q_i^n = 0$  olduğundan

$$\Delta Q_m = \frac{-\sum_{i=1} R_i \cdot Q_{ia}^n}{\sum_{i=1} n \cdot R_i \cdot Q_{ia}^{n-1}} \dots\dots\dots(5)$$

elde edilir. Bu eşitlik, göz içinde vantilatör bulunması yada doğal havalandırmanın etkisi olması halinde aşağıdaki gibi yazılır.

$$\Delta Q_m = \frac{-\sum_{i=1} (R_i \cdot Q_{ia}^n - H_{f_i}) - DHB_m}{\sum_{i=1} (n \cdot R_i \cdot Q_{ia}^{n-1} - S_{f_i})} \dots\dots\dots(6)$$

Burada H<sub>f</sub> ve S<sub>f</sub>; Q<sub>a</sub> değerinde sırasıyla vantilatör basıncı ve vantilatör karakteristik eğrisinin eğimini göstermektedir.

Havalandırma hesaplarında n=2 olduğundan eşitlik aşağıdaki şekli alır.

$$\Delta Q_m = \frac{-\sum_{i=1} (R_i \cdot Q_{ia} |Q_{ia}| - H_{f_i}) - DHB_m}{\sum_{i=1} (2 \cdot R_i \cdot |Q_{ia}| - S_{f_i})} \dots\dots\dots(7)$$

Burada |Q<sub>ia</sub>|, Q<sub>ia</sub>'nın mutlak değeridir. Her göz için yukarıdaki son eşitlik kullanılarak D Q doğrultman katsayısı hesaplanır. İterasyon, D Q değeri belirli bir değer altına düşene kadar tekrarlanır. İterasyon sonunda her kol için bulunan hava miktarı gerçek değere yaklaşmış ve şebeke dengelenmiş olacaktır.

Şebeke analiz programı ile analizi yapılacak olan ocak havalandırma sistemi maksimum 550 koldan oluşmalıdır. Yazılıma maksimum 10 adet vantilatör özelliği girilebilmekte ve her bir vantilatör karakteristik eğrisi 3-8 data ile tanıtılmaktadır. Eğer vantilatör karakteristik eğri dataları mevcut değil ise, vantilatör için sabit bir hava miktarı atanmaktadır.

### 3.1. Giriş Verileri

Veriler yazılıma 4 ana grup halinde girilmektedir. Her bir grubun içerdiği bilgiler ve açıklamaları aşağıda verilmiştir.

#### 1. Grup : PRBID

#### 2. Grup : NB, IDTM, MIT, NFC, E-A

#### 3. Grup: FCID, NDP, FDES

QC(1), QC(2), ..... QC(8)

HC(1), HC(2), ..... HC(8)

#### 4. Grup: JA, JB, NPA, FF, HT, WTH, LNG, PRMT, AREA, R, Q, FID, NVP

Burada;

**PRBID** : 80 karakterden oluşan ocak ismi veya başlık,.

**NB** : Networktaki kol sayısı (550'den büyük olmamalıdır),

**IDTM** : Hesaplamalara baz alınacak kavşak numarası (Belirtilmezse 1 alınır),

**MIT** : Maksimum iterasyon sayısı (Belirtilmezse 50 alınır),

**NFC** : Toplam vantilatör sayısı (Maksimum 10 adet),

**E-A** : Müsade edilen minimum hata miktarı,  $m^3/sn$ ,

**FCID** : 4 karakterden oluşan Fan tanımlama başlığı,

**NDP** : Fan karakteristik veri sayısı (3-8 veri),

**FDES** : Fan karakteristik tanımlama (Maksimum 32 karakter),

**QC(1-8)** : Fan karakteristiği için hava miktarı,  $m^3/sn$ ,

**HC(1-8)** : QC'lere karşılık gelen fan basıncı, Pa (QC ve HC sıraları fan sayısı kadar tekrarlanır),

**JA** : Her bir kol için başlangıç kavşak numarası,

**JB** : Her bir kol için bitiş kavşak numarası

**NPA** : Aynı başlangıç ve bitiş kavşak numarasına ve aynı dirence sahip paralel havayolu sayısı,

**FF** : Sürtünme katsayısı,  $N.sn^2/m^4$ ,

**HT** : Dikdörtgen veya kare şeklindeki havayolunun yüksekliği, m,

**WTH** : Dikdörtgen veya kare şeklindeki havayolunun genişliği, m,

**LNG** : Havayolu uzunluğu veya eşdeğer uzunluğu, m,

**PRMT** : Havayolu çevresi, m,

**AREA** : Havayolu kesit alanı,  $m^2$ ,

**R** : Havayolu direnci, gaul ( $kg/m^7$ ),

**Q** : Havayolundan geçmesi istenen hava miktarı,  $m^3/sn$ ,

**FID** : Havayolu üzerindeki vantilatör tanıtım ismi (FCID),

**NVP** : Havayolundaki doğal havalandırma basıncı, Pa.

4. grupta yer alan veriler herbir havayolu için tekrarlanır. Eğer havayolunun direnç değeri biliniyorsa, FF, HT, WTH, LNG, PRMT ve AREA değerlerini girmeye gerek yoktur. Eğer direnç değeri bilinmiyorsa, havayolunun FF, LNG, HT ve WTH değerlerini veya FF, LNG, PRMT ve AREA değerlerini girmek suretiyle yolun direnci program tarafından hesaplanmaktadır.

Eğer vantilatör karakteristik eğrisi mevcut değilse, vantilatörün ocağa göndermesi gereken hava miktarı, sabit hava miktarı olarak girilebilir.

### 3.2. Çıkış Verileri

Yazılımın bilgisayarda çalıştırılması sonucunda, giriş verilerine ilave olarak aşağıdaki bilgiler çıktı olarak alınabilmektedir.

**I** : Kol numarası,

**JA ve JB** : Kol başlangıç ve bitiş kavşak numaraları,

**NPA** : Paralel havayolu sayısı,

**R** : Havayolu direnci, gaul,

**Q** : Havayolundan geçen hava miktarı,  $m^3/sn$ ,

**HL** : Koldaki basınç düşme miktarı, Pa,

**HJA ve HJB** : Kol başlangıç ve bitiş kavşaklarındaki basınçlar, Pa,

**AR** : Havayolu kesit alanı,  $m^2$ ,

**VE** : Koldaki hava hızı,  $m/sn$ ,

**HR** : Kolda regülatör ile yaratılması gereken basınç düşme miktarı, Pa.

Eğer değer negatif ise, kola yerleştirilmesi gereken kol vantilatör basıncı, Pa,

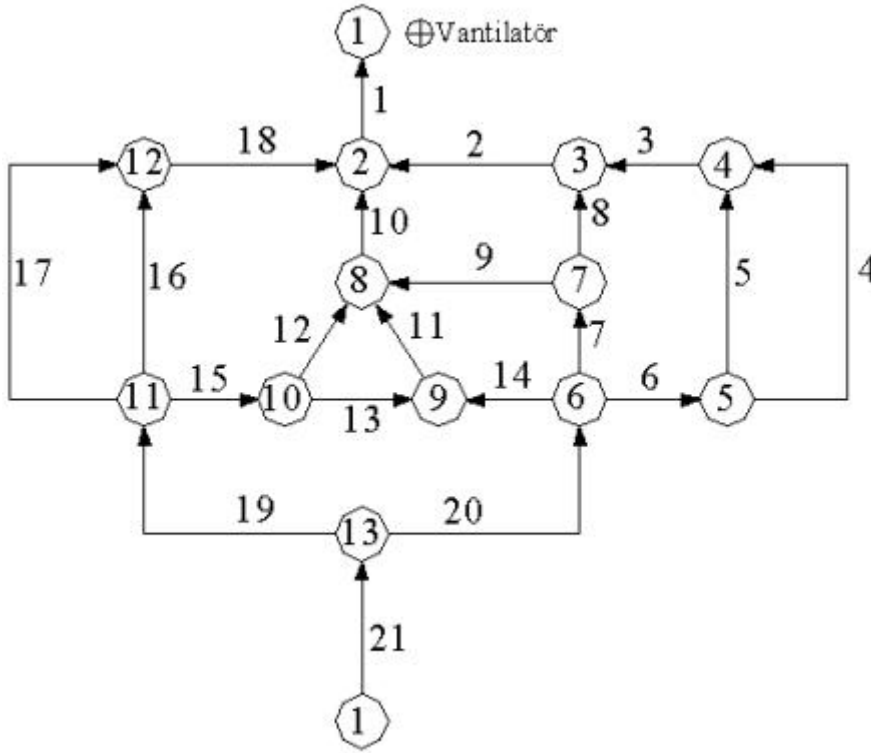
**HF** : Vantilatör basıncı, Pa.

**AHP** : Vantilatörler için hava gücü, HP veya kW,

**FID** : Vantilatör tanıtım ismi.

#### 4. ÖRNEK UYGULAMA

SI birim sistemine göre düzenlenmiş olan yazılım, Şekil 1'de havalandırma akım şeması verilen örnek ocak üzerinde test edilmiştir. Örnek ocak, 21 kol ve 13 kavşak noktasından oluşmaktadır.



**Şekil 1: Örnek ocakın havalandırma akım şeması**

Ocakta 4, 5, 9, 16 ve 17 numaralı kollar üzerinde çalışma yerleri bulunmaktadır ve bu kollardan sırasıyla 10, 10, 10, 15 ve 15  $m^3/sn$  hava geçmesi gerekmektedir. Ocak vantilatörünün karakteristik eğrisini temsil eden değerler ile hava yollarının özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1’de, 7 ve 8 numaralı yolların dirençleri bilinmemekte, bunun yerine hava yolunun diğer özellikleri veri olarak girilmektedir. Yazılım, bu verilere göre hava yollarının dirençlerini hesaplamaktadır. Ocak vantilatörü çalıştığında, ocağa giren havanın ocak içerisinde serbest dağılımı sonucunda kollardan geçen hava miktarları, kol başlangıç ve bitiş kavşaklarındaki basınçlar ile kollarda meydana gelen basınç düşme miktarları ile diğer bilgiler Çizelge 2’de özet olarak verilmiştir. Çizelgedeki HL, HJA, HJB, NVP ve HR değerleri 1000 ile çarpılmalıdır.

Çizelge 2’de görüldüğü gibi, ocağa giren toplam hava miktarı  $69.07 \text{ m}^3/\text{sn}$ ’dir ve gerekli vantilatör basıncı ile hava gücü  $1191.255 \text{ Pa}$  ve  $110.4022 \text{ HP}$  ( $82,33 \text{ kW}$ )’dır. Çalışma yerleri olan 4, 5, 9, 16 ve 17 numaralı kollardan sırasıyla 3.22, 3.61, 7.97, 11.13 ve  $9.85 \text{ m}^3/\text{sn}$  hava geçmektedir. Bu değerler, gerekli olan hava miktarlarına göre çok düşüktür.

Yazılıma, çalışma yerlerinden geçmesi gereken hava miktarları sabit değerler olarak girildiğinde ise, ocağa giren havanın ocak içinde kontrollu olarak dağılımı sonucunda kollardan geçen hava miktarları ve diğer özellikler Çizelge 3’te verilmiştir.

Serbest dağılımda 13 nolu yoldan  $2.40 \text{ m}^3/\text{sn}$  hava 10 nolu kavşak noktasından 9 nolu kavşak noktasına doğru akarken, kontrollu dağılımda hava akımı ters yönde olmakta ve  $0.57 \text{ m}^3/\text{sn}$ ’ye düşmektedir. Aynı şekilde, 7 ve 10 nolu havayollarından geçen hava miktarları serbest dağılımda 27.44 ve  $21.78 \text{ m}^3/\text{sn}$  iken, kontrollu dağılımda 4 ve 5 nolu havayollarından toplam  $20 \text{ m}^3/\text{sn}$  hava geçmesi zorunluluğu nedeniyle 7 ve 10 nolu havayollarından geçen hava miktarları azalarak sırasıyla 13.20 ve  $18.60 \text{ m}^3/\text{sn}$ ’ye düşmektedir. Diğer havayollarında da küçük de olsa değişiklikler olmaktadır.

### Çizelge 1. Network Analiz Programı Giriş Verileri

21	50	1	0.01									
FN1A	5	ABCD	D-60.	BS 2,	1170	RPM						
23.599	37.756	47.195	56.634	70.793								
2612.82	2269.421	1990.72	1672.205	1119.205								
2	1	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.02	0.00	FN1A	0.000
3	2	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.50	0.00		0.000
4	3	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.70	0.00		0.000
5	4	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	1.00	0.00		0.000
5	4	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.80	0.00		0.000
6	5	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.40	0.00		0.000
6	7	1	0.00742	0.00	0.00	109.7	7.62	0.00	0.00	0.00		0.000
7	3	1	0.01484	2.44	3.05	100.0	0.00	0.00	0.00	0.00		0.000
7	8	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	1.20	0.00		0.000
8	2	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.60	0.00		0.000
9	8	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	2.00	0.00		0.000
10	8	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	2.00	0.00		0.000
10	9	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.70	0.00		0.000
6	9	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	1.50	0.00		0.000
11	10	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	1.20	0.00		0.000
11	12	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	1.10	0.00		0.000
11	12	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	1.40	0.00		0.000
12	2	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.80	0.00		0.000
13	11	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.40	0.00		0.000
13	6	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.30	0.00		0.000
1	13	1	0.00000	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.05	0.00		0.000

**Çizelge 2. Network Analiz Programı Serbest Dağılım Çıkış Verileri**

I	JA	JB	NPA	R	Q	HL	HJA	HJB	AR	VE	NVP	HR	HF	AHP	FID
1	2	1	1	0.02	69.07	0.0954	1.0956	0.0000			0.00	0.00	1191.255	110.4022	FN1A
2	3	2	1	0.50	26.31	0.3460	0.7498	1.0956			0.00	0.00	0.000	0.0000	
3	4	3	1	0.70	6.83	0.0327	0.7171	0.7498			0.00	0.00	0.000	0.0000	
4	5	4	1	1.00	3.22	0.0104	0.7067	0.7171			0.00	0.00	0.000	0.0000	
5	5	4	1	0.80	3.61	0.0104	0.7067	0.7171			0.00	0.00	0.000	0.0000	
6	6	5	1	0.40	6.83	0.0187	0.6880	0.7067			0.00	0.00	0.000	0.0000	
7	6	7	1	0.06	27.44	0.0467	0.6880	0.7348	4.64	5.91	0.00	0.00	0.000	0.0000	
8	7	3	1	0.04	19.48	0.0150	0.7348	0.7498	7.44	2.62	0.00	0.00	0.000	0.0000	
9	7	8	1	1.20	7.97	0.0761	0.7348	0.8108			0.00	0.00	0.000	0.0000	
10	8	2	1	0.60	21.78	0.2848	0.8108	1.0956			0.00	0.00	0.000	0.0000	
11	9	8	1	2.00	6.83	0.0933	0.7175	0.8108			0.00	0.00	0.000	0.0000	
12	10	8	1	2.00	6.99	0.0977	0.7133	0.8108			0.00	0.00	0.000	0.0000	
13	10	9	1	0.70	2.40	0.0040	0.7133	0.7175			0.00	0.00	0.000	0.0000	
14	6	9	1	1.50	4.43	0.0295	0.6880	0.7175			0.00	0.00	0.000	0.0000	
15	11	10	1	1.20	9.39	0.1058	0.6076	0.7133			0.00	0.00	0.000	0.0000	
16	11	12	1	1.10	11.13	0.1362	0.6076	0.7438			0.00	0.00	0.000	0.0000	
17	11	12	1	1.40	9.85	0.1360	0.6076	0.7438			0.00	0.00	0.000	0.0000	
18	12	2	1	0.80	20.98	0.3522	0.7438	1.0956			0.00	0.00	0.000	0.0000	
19	13	11	1	0.40	30.37	0.3690	0.2386	0.6076			0.00	0.00	0.000	0.0000	
20	13	6	1	0.30	38.70	0.4495	0.2386	0.6880			0.00	0.00	0.000	0.0000	
21	1	13	1	0.05	69.07	0.2386	0.0000	0.2386			0.00	0.00	0.000	0.0000	

TOPLAM = 110.40 HP = 82.33 kW

**Çizelge 3. Network Analiz Programı Kontrollü Dağılım Çıkış Verileri**

I	JA	JB	NPA	R	Q	HL	HJA	HJB	AR	VE	NVP	HR	HF	AHP	FID
1	2	1	1	0.02	71.80	0.1031	0.9738	0.0000			0.00	0.00	1076.494	103.7078	FN1A
2	3	2	1	0.50	23.20	0.2692	0.7042	0.9738			0.00	0.00	0.000	0.0000	
3	4	3	1	0.70	20.00	0.2800	0.4242	0.7042			0.00	0.00	0.000	0.0000	
4	5	4	1	1.00	10.00	0.1000	0.8531	0.4242			0.00	-5.29	0.000	7.0971	
5	5	4	1	0.80	10.00	0.0104	0.8531	0.4242			0.00	-0.51	0.000	6.8287	
6	6	5	1	0.40	20.00	0.0800	0.6931	0.8531			0.00	0.00	0.000	0.0000	
7	6	7	1	0.06	13.20	0.1600	0.6931	0.7038	4.64	2.84	0.00	0.00	0.000	0.0000	
8	7	3	1	0.04	3.20	0.0107	0.7038	0.7042	7.44	0.43	0.00	0.00	0.000	0.0000	
9	7	8	1	1.20	10.00	0.0004	0.7038	0.7662			0.00	-0.06	0.000	0.7742	
10	8	2	1	0.60	18.60	0.1200	0.7662	0.9738			0.00	0.00	0.000	0.0000	
11	9	8	1	2.00	4.31	0.2076	0.7289	0.7662			0.00	0.00	0.000	0.0000	
12	10	8	1	2.00	4.29	0.0372	0.7291	0.7662			0.00	0.00	0.000	0.0000	
13	10	9	1	0.70	-0.57	-0.0002	0.7291	0.7289			0.00	0.00	0.000	0.0000	
14	6	9	1	1.50	4.89	0.0358	0.6931	0.7289			0.00	0.00	0.000	0.0000	
15	11	10	1	1.20	3.71	0.0165	0.7125	0.7291			0.00	0.00	0.000	0.0000	
16	11	12	1	1.10	15.00	0.2475	0.7125	0.2536			0.00	-0.71	0.000	14.2175	
17	11	12	1	1.40	15.00	0.3151	0.7125	0.2536			0.00	-0.78	0.000	15.5762	
18	12	2	1	0.80	30.00	0.7201	0.2536	1.9738			0.00	0.00	0.000	0.0000	
19	13	11	1	0.40	33.71	0.4547	0.2578	0.7125			0.00	0.00	0.000	0.0000	
20	13	6	1	0.30	38.09	0.4353	0.2578	0.6931			0.00	0.00	0.000	0.0000	
21	1	13	1	0.05	71.80	0.2578	0.0000	0.2578			0.00	0.00	0.000	0.0000	

TOPLAM = 148.20 HP = 110.51 kW



Çizelge 3'te, ocağa giren hava miktarı birmiktar artarak 71.80 m<sup>3</sup>/sn ve gerekli vantilatör basıncı 1076.49 Pa olmaktadır. Çalışma yerlerinin bulunduğu kollarda HR değerleri serbest dağılımda 0.0 iken kontrollü dağılımda negatif değerler olmaktadır. Negatif HR değerleri, bu kollarda yardımcı vantilatörler ile yaratılması gereken ilave basınç miktarlarını veya yolların dirençlerini azaltarak önlenmesi gereken basınç kaybı miktarlarını göstermektedir. 103.71 HP'lık ana vantilatör hava gücüne ilave olarak, yardımcı vantilatör kullanılması gereken kollarda, 44.49 HP'lık hava gücü gerekmekte, ocağın toplam hava gücü 148.20 HP veya 110.51 kW'a yükselmektedir ve serbest dağılıma göre %34.24'lük bir artış olmaktadır. 4 nolu çalışma yeri en uzak noktada yer aldığından, bu kolda yaratılması gereken ilave basınç miktarı diğer çalışma yerlerine göre çok yüksektir.

Kollardan istenilen miktarlarda hava geçiriminin diğer yolu ise, klasik yöntem olarak, hava kollarına regülatörlerin yerleştirilmesidir. Bu ise, deneme yanılma ile veya konulması gereken regülatör alanlarının hesaplanması ile mümkün olmaktadır ki kompleks bir yapıya sahip olan ocaklarda optimum hava dağılımını sağlamak çok zordur. Ayrıca ocak toplam direncinin artmasına neden olmaktadır.

Madenlerde havalandırma maliyetinin azaltılması için planlama sırasında optimum vantilatör seçimi çok önemlidir. Kumar ve arkadaşlarınınca (1994) yapılan bir çalışmada, yeryüzündeki ana vantilatöre ilave olarak ocak içinde kullanılacak olan yardımcı vantilatörlerin sayısı ile kapasitelerinin ve bu vantilatörlerin konulacağı yolların hassas bir şekilde belirlenmesi durumunda ocak için gerekli olan toplam havagücü gereksiniminin azaltılabileceği belirtilmektedir. Bu amaca yönelik olarak optimum vantilatör çalışma koşullarını belirleyen yazılımlar mevcuttur (Colizaya vd, 1988).

## 5. SONUÇ

Ocak havalandırma planlaması, ocak emniyetinin sağlanması açısından son derece önemlidir. Ocağa gerekenden fazla miktarda hava gönderilmesi, hava kısadevrelere ortaya çıkmasına, küçük bölgesinde biriken tehlikeli gazların ocak havasına karışmasına ve gizli ocak yangınlarına neden olabilmektedir. Ayrıca, havayollarından istenilen miktarda hava geçmesini sağlamak için regülatörlerin kullanılması, ocak toplam direncinin ve bu nedenle gerekli vantilatör basıncının artmasına neden olmaktadır. Bu ise havalandırma maliyetinin gereksiz yere yükselmesine yol açmaktadır.

SI birim sistemine göre çalışan ocak havalandırma şebeke analiz programları ile, kontrollü hava dağılımının sağlanması ve gerektiğinde ana vantilatöre ilave olarak ocak içinde yardımcı vantilatörlerin kullanılması ile optimum vantilatör çalışma koşulu elde edilmekte ve ocak havalandırma maliyeti düşürülebilmektedir. Bu nedenle, yeraltı işletmelerinin havalandırma kontrolleri sık sık yapılarak yollardan uygun miktarda hava geçmesi sağlanmalıdır.

Ayrıca, ocakta zaman içinde meydana gelen değişikliklere paralel olarak, havalandırma şebeke analiz yazılımı giriş verileri yeni duruma göre yeniden düzenlenmeli ve yazılım çalıştırılarak elde edilen sonuçlara göre havayollarında gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.

## **6. KAYNAKLAR**

Caudle, R.D., (1987): "Mine Ventilation Network Analysis", Dept. of Min.Eng., Southern Illinois Univ. -Carbondale, MNGE 425, Laboratory Reference.

Callzaya, F.; Mc Pherson, M.J.; Moussef-Jones, P., (1988): "A Computer Program for Selection the Optimum Combination of Fans and Regulators in Underground Mines", Proc. 4th. Int. Mine. Vent. Cong., Brisbane, p. 141-150.

Hartman, H.L. (1982): "Mine Ventilation and Air Conditioning", John Wiley and Sons, New York, 791 p.

Kumar, G.V.; Sastry, V.R.; Rao, G.V.K., (1994): "Optimum Fan Selection in Ventilation Planning", Mine Planning and Equipment Selection'94" Editors: Paşamehmetoğlu vd, İstanbul, s. 917-923.

McPHERSON, M. J., (1974), "Ventilation Network Analysis", The Ventilation of South African Gold Mines, The Min. Vent. Soc. Of South Africa, Editors: Burrows vd, pp 342 – 374.

Oral, M.K.; Durucan, Ş., (1994): "An Interactive Graphic Interface for Characterising for Curves in Ventilation Network Analysis", Int. J. of Sur. Mining, Reclamation and Environment, Vol. 8, s. 83-85.