

OCAK HAVALANDIRMASINDA BİLGİSAYAR PROGRAMI

TevfikGÜYAGÜLER*

ÖZET

Daha çok cevher ve kömür istemi ve yeryüzüne yakın mineral depolarının tükenmesi ile yeraltı ocakları her geçen gün büyümekte ve derinleşmektedir. Bu durum, daha büyük hacimdeki havanın, artan derinliklere ve uzaklıklara dolaştırılmasını gerektirmektedir, üretimin artırılmasını hedef tutan madencilikte, yetersiz havalandırma, üretim kayıplarının ve/veya patlama, yangın ve boğulmalar gibi apansız felaketlerin nedeni olmaktadır. Yeraltı madenciliğinin sağlık ve emniyet yönetmelikleri de uygun bir havalandırma şebekesinin sağlanmasını zorunlu kılmaktadır.

Maden sahaları ile derinliklerin artışı çözümü kolay olmayan karmaşık havalandırma problemlerini ortaya çıkarmaktadır. Bununla beraber, bu problemlerin, havalandırma sistemlerinin yapısını tanımlayan matematiksel modeller yapılarak, sayısal kompüterlerin kullanılması suretiyle çözülmesi mümkündür.

ABSTRACT

In the mining industry whose objective is to increase production, inefficient ventilation has been the reason for production losses and/or many sudden disasters owing to explosion, fire and suffocation. Underground mining health and safety regulations require a good control of the mine environment and this makes an efficient ventilation design more important.

As the depth and mine area increase, ventilation design of mines becomes more complicated. However, mathematical models which stimulate the airflow in channels can be used to solve complex ventilation problems by computers.

(*) Maden Yük.Muh, öğretim Görevlisi — ODTÜ, Ankara.

I. GİRİŞ VE SORUN

Yeraltı madenciliğinde havalandırma işleminin amacı ocakta güvenli, rahat ve sağlıklı çalışma koşullarını sağlamaktır. Bu nedenle özellikle planlama ve projelendirme aşamalarında havalandırma şebeke analizi öncelikle ele alınmalıdır. Havalandırma şebekesi analizi küçük ocaklar için bazı basit yöntemlerle kolaylıkla yapılabilir. Ancak ocağın büyük olması halinde bu tür analizi yapmak çok zaman alıcı ve zor, bazı hallerde ise olanaksızdır. Ayrıca, gerçek bir ocakta hazırlık lağımlarının sürülmesi, yeni hava yollarının açılması, bazı kartiye ve üretim panolarının işletmeye kapatılması veya yenilerinin açılması, vantilatör yerlerinin değiştirilmesi ve benzeri haller karşısında dirençlerde ortaya çıkan farklılıklar hava dağılımına gerçek bir oranda etki eder. Bu hususların ne biçim bir problem yaratacağının çok öncelerden bilinmesinde sayısız faydalar vardır. Diğer taraftan, yeraltı üretim katlarının her geçen gün derinlere ve daha grift düzenlere gereksinme göstermesi havalandırma maliyetlerini artırmaktadır. Bu maliyetlerin en alt düzeye indirilmesinde mekanik yolla sağlanan hava akımının daha da ekonomik kullanılması gereklidir.

Geçmişte, havalandırma hesaplarının doğrudan doğruya basit analitik metodlarla yürütülmesi veya şebekelerin benzeri modeller üzerinde ölçmeler yapmak suretiyle problemlerin çözümü yoluna gidilmiştir. Fakat, bugün, oldukça büyük ocaklarda daha ayrıntılı analiz ve değerlendirme yöntemlerinin kullanılmasına gereksinme duyulur. Bu işlemlerin el ile yapılması olanağı yoktur. Sayısal kompüterler diğer mühendislik problemlerinde olduğu gibi bu konuda da büyük kolaylıklar getirmiştir.

Sayısal kompüterler aracılığı ile havalandırma şebekelerinin analizinde, mekanik ve doğal havalandırma sistemleri için sırasıyla Hardy-Cross yaklaşık-tekrarlamalar tekniği ile yoğunluk-yükseklik metoduna yer veren kompüter programı kullanılarak daha hassas, hızlı ve ekonomik sonuç alma olanağı vardır. Örneğin, yirmi kadar göz içeren bir havalandırma şebekesi analizinin e) ile gerçekleştirilmesi günler gerektirirken, üçyü/u aşkın gözlü sistemlerin kompüter yardımı ile çözümü üç - beş dakikayı aşmamaktadır.

2. HAVALANDIRMA ŞEBEKE ANALİZ TEORİSİ

Fsasa girmed**n önce ileride vın konusu olacak bazı gerçek terimlerin tanımları aşağıda verilmiştir

Kol, iki kavşağı birbirine bağlayan tek bir hava yoludur. Bir kolun her bir $M < M$ bir baskı ' avşakia son bulur

r* r.,ak, ut veya daha çok ' u un b,ı noMada birleşmesinden meydana ..

len sistemdir. 0/> / durumlarda, iki hava kolu da bir kavlağı oluşturabilir

Göz, birbirine bağlanmış kollardan oludan bı şebeke\e Jahıl herhangi İMI kapalı devredir.

Havalandırma şebekesi, içinden havanın akış halinde bulunduğu kolla»in birbirleri ile birleşerek ortaya koyduğu kapalı bir sistemdir.

Direnç faktörü (R) = Her hava koluna özğü sürtünme katsayısı, kolun uzunluğu, çevresi ve kesit alanına bağlı olan bu değer, hava kolunun direnci olarak tanımlanır ve şöyle hesap edilir:

$$R = \frac{KCL}{A^3}$$

Burada,

K= Sürtünme katsayısı

C= Hava kolu çevre uzunluğu m,

L— Hava kolu uzunluğu m,

A= Hava kolu kesit alanı m² 'dir.

Basınç düşmesi= Hava koluna ait iki nokta arasındaki basınç kaybı, akan havanın bu iki nokta arasında yol alabilmesi için tükettiği basınç miktarı olarak tanımlanabilir.

Sıvı akışlı şebekelerin analizinde P basınç düşmesi aşığıdaki formül ile hesaplanır:

$$P = RQ^n$$

Burada,

P= Hava koluna ait iki nokta arasındaki basınç kaybı kg/m² veya mm su sütunu

R= Direnç faktörü

Q= Hacımsal sıvı miktarı m³/sn

n— İndeks değeri'dir.

Araştırmalar bu indeks değerinin yeraltı hava akımları için 1,8 ile 2,2 arasında olduğunu ve 2 değerinin pratik havalandırma hesapları için yeterli olduğunu göstermiştir.

Bu durumda P=RQ² formülü basınç düşme hesaplamasında kullanılacaktır.

Formülde R= KCL/A³ olduğundan,

$$P = \frac{KCLQ^2}{A^3}$$

olarak yazılabilir.

KIRCHHOFF Kanunları: Elektrik devrelerine ait Kirchhoff kanunları sınırlı şebekelerine de uygulanabilir; böylece, bunların havalandırma şebeke analizlerinde de geçerli oldukları kabul edilir.

Kirchhoff I'ye göre, bir kavşağa doğru akan havanın toplam miktarı aynı kavşaktan ayrılan hava miktarına denktir. Kollardaki hava akımının doğrultusu bir işaretle belirtilirse, kavşağa bağlı M sayıdaki koldan geçen hava miktarlarının cebirsel toplamı sıfırdır:

$$\sum_{m=1}^M Q_m = 0$$

Kirchhoff II'ye göre, bir havalandırma sistemindeki kapalı gözleri oluşturan kollardaki toplam basınç kaybı gözdeki vantilatörün yarattığı basınç farklarının toplamına eşittir. Bir gözü oluşturan M sayıdaki kollarda bir vantilatörün bulunmaması durumunda basınç düşmelerinin cebirsel toplamı sıfırdır:

$$\sum_{m=1}^M P_m = 0$$

Göze ait M sayıdaki kollardan herhangi birinde bir vantilatörün bulunması halinde, Kirchhoff II aşağıdaki gibi yazılabilir:

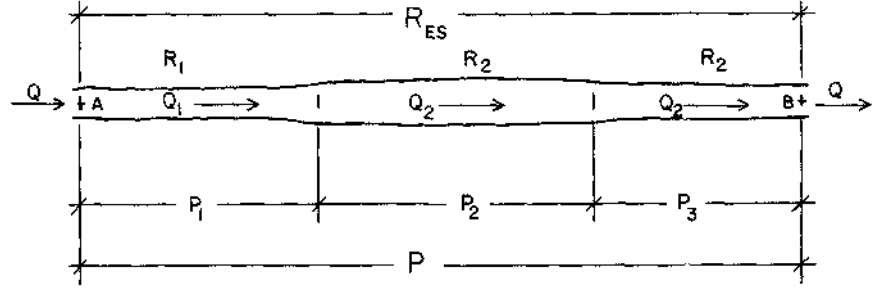
$$\sum_{m=1}^M (P_m - P_v) = 0$$

Havalandırma şebekelerinin etüd ve gerçek problemlerin çözümüne ilişkin yöntemler genellikle dört grupta irdelenir:

1. Eşdeğer dirençler,
2. Analitik analizler,
3. Analog kompüterler,
4. Sayısal kompüterler (Yaklaşık tekrarlamalar metodu).

2.1. EŞDEĞER DİRENÇLER YÖNTEMİ

Bu yöntemle problemlerin çözümünde havalandırma şebekesini oluşturan hava kollarının seri veya paralel bağlanmalarından yararlanır. Uygulamada esas prensip, ocağın tümüne veya bir kısmına ait eşdeğer direncin hesaplanması ve bilinen değerlerden bilinmeyenlerin bulunmasıdır.



Şekil 1- Hava kollarının seri bağlanması

Seri bağlamada, Şekil 1 'de görüldüğü gibi her bir hava kolundan geçen hava miktarı aynıdır. Ancak yolların dirençleri farklı olduğundan her kol için basınç düşmeleri farklıdır ve bu basınç düşmelerinin toplamı sistemin toplam basınç kaybını verir.

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

ayrıca, $P = RQ^2$ olduğundan

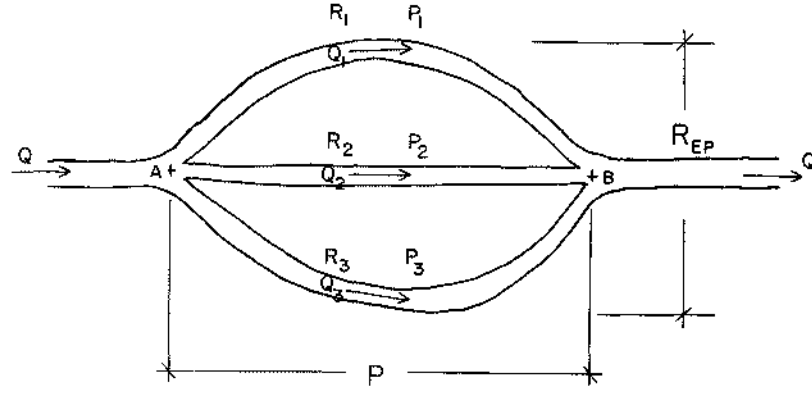
$$P = R_1 Q^2 + R_2 Q^2 + R_3 Q^2$$

Sistemin eşdeğer direnci R ile işaretlendiğinde:

$$R_{ES} Q^2 = Q^2 (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_{ES} = \sum_{i=1}^M R_i \quad \text{bulunur.}$$

Şekil 2'de verilen paralel bağlamada, her bir hava kolunda oluşan basınç düşmeleri aynı olduğundan:



Şekil 2- Hava kollarının paralel bağlanması

$$P = P_1 = P_2 = P_3$$

yazılabilir, fakat her bir koldan geçen hava miktarları birbirinden değişiktir. Dolayısıyla, her kola ait hava miktarlarının cebirsel toplamı sistemin toplam hava miktarını verir:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

ayrıca, $P = RQ^2$ olduğundan

$$Q = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

bulunur. Sistemin eşdeğer direnci R_{EP} ile işaretlenirse,

$$\sqrt{\frac{P}{R_{EP}}} = \sqrt{\frac{P}{R_1}} + \sqrt{\frac{P}{R_2}} + \sqrt{\frac{P}{R_3}}$$

yazılabilir. Böylece M sayıda hava kolunun paralel bağlanması halinde toplam direnç:

$$\frac{1}{\sqrt{R_{EP}}} = \sum_{i=1}^M \frac{1}{\sqrt{R_i}}$$

bulunur.

Bu yöntemin uygulanması ile ancak küçük veya orta büyüklükteki ocaklarla büyük bir ocağın bir kartiye veya kısmına ait havalandırma hesaplarının yürütülmesi mümkündür. Seri ve/veya paralel bağlanan kol sayısının artması hesap işlemlerini zorlaştırır.

2.2. ANALİTİK ANALİZ YÖNTEMİ

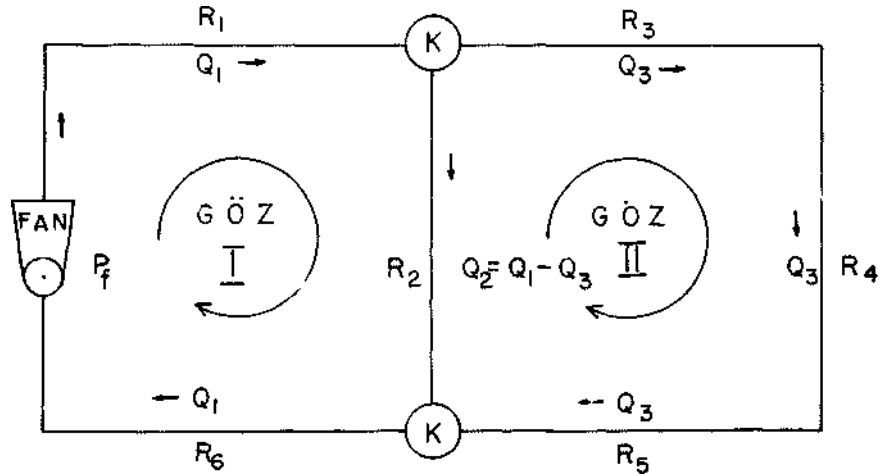
Bu metodun uygulanması ile havalandırma problemlerinin doğrudan doğruya çözülmesi olanağı vardır. Yöntemin esası kollardan oluşan her göz için Krichhoffun birinci ve ikinci kanununun yazılmasına dayanır. Basit havalandırma sistemlerine ait problemlerin çözümünde verimli sonuçlar alınırsa da büyük bir sistemin üzerinde çalışılması halinde matematiksel analizler zorlaşır. Göz sayısının gerçek bir değeri geçmesi üzerine havalandırma etüdü verimsiz hale gelir.

(m) kadar kol ve (k) kadar kavşaktan oluşan bir havalandırma şebekesinde saptanacak m kadar hava akımı sayısı vardır. Böylece, m sayıda yazılabilecek denklemin çözümü gerekir. Her göze ve kavşağa Kirchhoff kanununun uygulanması üzerine:

Kirchhoff I için k - 1

Kirchhoff II için m - k - 1

kadar denklem yazılabilir. Bu denklemlerin toplamı yukarıda belirtildiği gibi kol sayısı m'i verir.



Şekil 3- İki gözlü havalandırma şebekesi

Şekil 3'de verilen basit bir havalandırma şebekesinin irdelenmesi halinde, sisteme Kirchhoff kanunları uygulandığında:

$$\text{Kirchhoff I için} \dots \dots \dots j - 1 \\ 2 - 1 = 1 \text{ denklem}$$

$$\text{Kirchhoff II için} \dots \dots \dots m - k - 1 \\ 3 - 2 + 1 = 2 \text{ denklem}$$

yazılabilir. Bunların toplamı üç denklem eder. Sistem içinde Q_1 , Q_2 ve Q_3 gibi de birbirinden değişik üç hava akımı vardır.

Kirchhoff I'egöre, A kavşağının göz önüne alınması ile:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

Kirchhoff II'ye göre,

$$\text{Göz: I için: } R_1 Q_1^2 + R_2 Q_2^2 + R_6 Q_1^2 = P_f$$

$$\text{ve} \quad \text{e} \quad R_1 Q_1^2 + R_2 (Q_1 - Q_3)^2 + R_6 Q_1^2 + R_6 Q_1^2 - P_f = 0$$

$$\text{yahut} \quad R_2 (Q_1 - Q_3)^2 + Q_1^2 (R_1 + R_6) - P_f = 0$$

$$\text{ve} \quad R_2 (Q_1 - Q_3)^2 = P_f - Q_1^2 (R_1 + R_6)$$

$$\text{Göz: II için: } R_3 Q_3^2 + R_4 Q_3^2 + R_5 Q_3^2 - R_2 (Q_1 - Q_3)^2 = 0$$

$$\text{veya} \quad Q_3^2 (R_3 + R_4 + R_5) = R_2 (Q_1 - Q_3)^2$$

denklemleri elde edilir. Sonunda ikinci dereceli denklemde gerçek değerlerin bilinmesi ile bilinmeyenler hesaplanır.

Yukarıda verilen iki-gözlü örneğin sayısal değerlerle çözülmesi durumunda daima ikinci dereceden bir denklem, fakat üç-gözlü bir şebekenin analitik yöntemle çözülmesinde dördüncü dereceden bir denklem ortaya çıkar. Artan göz sayısı bir noktaya geldiğinde analizin devamı imkansızlaşır.

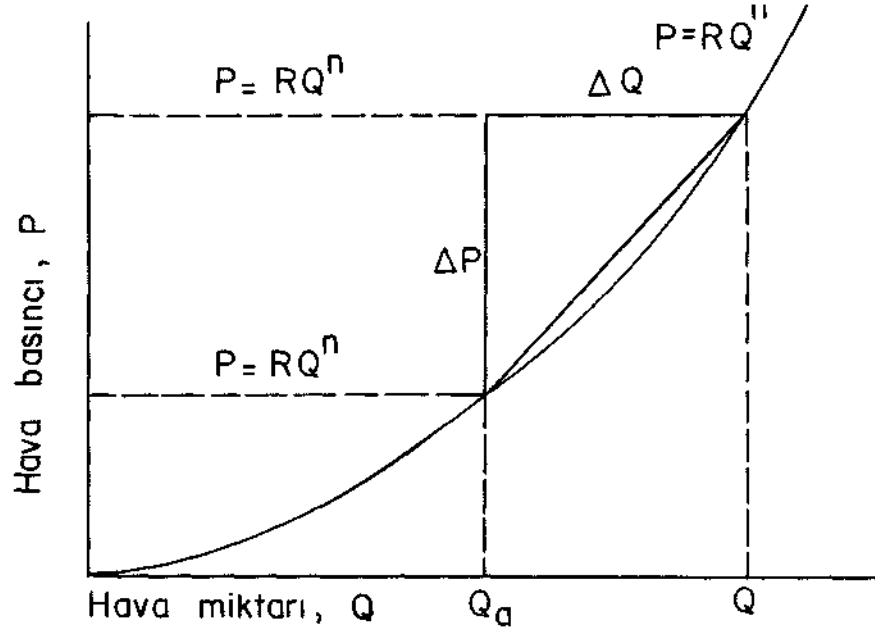
2.3. ANALOG KOMPUTER YÖNTEMİ

Havalandırma analogları havalandırma sistemini oluşturan kolları akış halindeki hava akımını temsil eden fiziksel modellerdir (3). Ortaya koyduğu prob-

lemeler nedeniyle pnömatik ve hidrolik analoglar uygulamayı elektrik analoglarına bırakmıştır. Elektrik analoglarının yeğ tutulmasının bir diğer nedeni de Kirchhoff kanunlarının hem elektrik ve hem de havalandırma şebeke analizlerinde kullanılabilmesidir. Genellikle, hava akım miktarı elektrik akımı, kolların direnci elektriksel rezistans, hava yollarındaki basınç düşmesi resistörlerdeki voltaj düşmesi ve vantilatör basınçları da ana giriş devresi voltajı tarafından temsil edilirler. Yürütülen işlemlerin çıplak gözle görülebilmesi ve bazı tiplerinde hesaplamaların doğru olmayan bir sonuca yaklaştığının izlenebilmesi avantajlarıdır. Diğer taraftan, elektrik bağlantılarının zaman alan bir sürede yapılabilmesi, hesaplamaların her aşamasında nomogram veya hesap cetvellerine ihtiyaç göstermesi üstünlüklerini sarsmıştır. Matematikse! modellerle çalışan sayısal kompüterlerin sağladıkları hız ve genel havalandırma kanunlarına karşı gösterdikleri uygunluk havalandırma analoglarını ikinci dereceye itmiştir.

2.4. YAKLAŞIK-TEKRARLAMALAR (İTERASYON) YÖNTEMİ

Havalandırma şebekelerinin analizinde kullanılan Hardy Cross (6) yaklaşık tekrarlamalar tekniği esasında şehir suyu dağılım örgütü için hazırlanmış, fakat Scott-Hinsley (4)'in çalışmaları ile geliştirilmiştir. Yöntemin prensibi, Şekil 4'ün yardımı ile, aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 4- Bir hava kolundan geçen havanın politropik kanuna gösterdiği uygunluk

Genel havalandırma formülü $P=RQ^n$ eşitliğine uygunluk gösteren bir hava yolunun belirli iki noktası arasındaki basınç farkı P, kol direnci R ve koldan geçen hava miktarı Q'dür. Burada ilk iki değer, P ile R, bilindiğinde üçüncü eleman Q'nun gerçek değerinin saptanması ile havalandırma sisteminin analizi sözkonusudur. Bir Q_a miktarının varsayımı ile ilk yaklaşım yapılır:

$$Q = Q_a + \Delta Q$$

Buradaki ΔQ değeri tahmin edilen Q_a miktarında var olabilecek hatayı işaretler ve dolayısıyla gerçek Q hava miktarının saptanması işleminde uygulanacak doğrultmaya denk olduğundan doğrultma faktörü olarak adlandırılır. Aynı şekilde, basınç düşmesinde bu doğrultmayı karşılayan hata ise ΔP 'dir. Şekil 4'de, Q ile Q_a arasına rastlayan $P=RQ^n$ eğrisinin eğimi aşağı yukarı $\Delta P/Q_a$ ile ve limite (Q_a 'nın Q değerine en çok yaklaştığı durum) dP/dQ ile ifade edilebilir. $P=RQ^n$ 'in türevi alındığında:

$$dP/dQ = n R Q^{n-1}$$

veya ilk başlangıçta varsayılan Q_a miktarı için de:

$$= n R Q_a^{n-1}$$

elde edilir. Dolayısıyla, yaklaşık olarak:

$$\Delta P/\Delta Q = n R Q_a^{n-1}$$

veya:
$$\Delta Q = \frac{\Delta P}{n R Q_a^{n-1}}$$

olur. Diğer taraftan:

$$\Delta P = RQ^n - RQ_a^n$$

eşitliği verildiğinden ve bu da bir üstteki denklemde yerine konulduğunda:

$$\Delta Q = \frac{RQ^n - RQ_a^n}{n R Q_a^{n-1}}$$

eşitliği yazılabilir.

Pratik anlamda, son denklemin payı henüz dengelenmemiş (veye hiçbir doğrultma işleminde uygulanmamış) basınç kaybını ve paydası ise P-Q eğrisinin eğimini işaretler. Yukarıda yürütülen işlem bir tek hava kolunu dikkate alır, fakat m sayıda kolların oluşturduğu havalandırma sisteminde kapalı bir gözü içeriyorsa söz konusu doğrultma faktörü:

$$\Delta Q_m = \frac{\sum RQ^n - \sum RQ_a^n}{\sum nRQ_a^{n-1}}$$

biçimine girer. Kirchhoff II'ye göre, kapalı bir gözü meydana getiren hava kollarındaki basınç düşmeleri toplamı sıfır olduğundan:

$$\sum RQ^n = 0$$

yazılır ve böylece:

$$\Delta Q_m = \frac{-\sum RQ_a^n}{\sum nRQ_a^{n-1}}$$

elde edilir, n indeksinin 2 alınması ile söz konusu denklem aşağıda verilen duruma gelir.

$$\Delta Q_m = \frac{-\sum RQ_a^2}{-\sum 2RQ_a}$$

Basınç kaybını işaretleyen paydaki ifade hava miktarı ile aynı işareti paylaşır, fakat paydadaki ifade daima pozitifdir.

Dolayısıyla:

$$\Delta Q_m = \frac{-\sum RQ_a |Q_a|}{\sum 2R |Q_a|}$$

olur. Göze ait kollardan herhangi birine bir vantilatörün yerleştirilmiş olması halinde Q miktarını veren vantilatör basıncının dikkate alınması gerekir:

$$\Delta Q_m = \frac{-\sum RQ_a |Q_a| - P_f}{\sum 2R |Q_a| - S}$$

Burada:

P_f = vantilatör basıncı, Pa;

S = vantilatör karakteristik eğrisinin eğimidir.

Tüm kollardaki hava miktarları için vantilatör basıncının değişmez olması durumunda $S=0$ olur ve denklem basitleştirilir.

$$\Delta Q_m = \frac{-\sum R Q_a |Q_a| - P_f}{\sum 2R |Q_a|}$$

Ayrıca mekanik havalandırma yanı sıra, doğal havalandırmanın da dikkate alınması halinde, söz konusu doğrultma faktörünün son biçim: aşağıda verildiği gibidir:

$$\Delta Q_m = \frac{-\sum R Q_a |Q_a| - P_f |DHB|}{\sum 2R |Q_a|}$$

Adı geçen doğal havalandırma basıncı doğrultma faktörünün uygulandığı göze ait değerdir.

3. HAVALANDIRMA ŞEBEKELERİNİN ANALİZİ İÇİN KOMPUTER PROGRAMI

Yeraltı ocaklarının küçük üretim kapasiteli olmaları halinde havalandırma hesaplarının doğrudan doğruya eşdeğer dirençler veya matematiksel analiz yöntemleri yardımıyla yapılabilmesi olanakları vardır. Havalandırma analogları orta kapasiteli olduğu kadar büyük ocaklar içinde kullanışlıdır, fakat bazı gerçek dezavantajlarının olması faydalanılmalarını kısıtlamaktadır. Dolayısıyla, oldukça büyük maden ocakları havalandırma şebekelerinin daha ayrıntılı analiz ve sayısal verilerin saptanması konusunda çok daha gelişmiş yöntem ve işlem yürüten araçlara gereksinim duyulmaktadır.

Planlama aşamasında, havalandırma problemlerinin analizi çok girift işlemler olduğundan söz konusu edilen metodlarla bunların çözümlenmesi ya çok uzun süreyi kapsamakta veya bir sonucun sağlanması imkansız olmaktadır. Havalandırma sistemlerinin analizinde Hardy Cross yaklaşık-tekrarlamalar tekniği en uygun bir metod olarak kabul edilmiştir. Günümüzün teknolojik gelişmesi, iterasyon yönteminin kompüter programları aracılığı ile havalandırma şebekelerinin analiz ve hasaplama işlemlerine uygulanabilmesine imkan yaratmıştır. Bu konu-

çevre avnı tekniği kullanan, fakat yürütülen işlemler dizisi bakımından birbirierin-
ucu değişik kompüter programlarını yayınlardan izlemek mümkündür.

3.1. KOMPÜTER PROGRAMLAMAMININ ESASLARI

HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNİN KOL TIPLERİ: Sistemi oluşturan kol-
lardan geçen hava akımı genel havalandırma kanunu $P=RQ^2$ 'ye uygunluk göster-
diğinden formüldeki üç elemandan herbiri gerektiğinde değişmez tutulabilir. Pra-
tik uygulamalarda var olan bu hususun "kol tipi" olarak kompütere verilmesi ge-
rekir. Kol tipleri Uç grupta irdelenir:

İşareti '0' olan normal hava yolu: Farklı fiziksel özelliklerinden dolayı her
kolun bir başka direnci vardır. Böyle bir koldan hava akımı zorlanmadan geçi-
yorsa, yol değişmez dirençli hava kolu olarak tanımlanır.

İşareti T olan vantilatör kolu: Değişmez basınçta tutulan bir vantilatörün
yerleştirildiği hava kofudur.

İşareti '-V' olan değişmez akımlı kol: Kapı, regülatör ve benzeri araçlar
kullanılarak gerektiğinde yol direnci azaltılıp veya artırılarak geçen hava akımı-
nın miktarı değişmez tutulan koldur.

HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNDE GÖZLERİN SEÇİMİ: Bir havalandır-
ma şebekesini ortaya kcyan hava kollarının birleştirilmesinden çeşitli düzende
gözler kurulur. Hardy Cross metodunu havalandırma problemlerine başarı ile uy-
gulayan Scott ve Hinsley (4) önerilerinde gözlerin seçimi sırasında yüksek direnç-
li kollardan iki veya daha çok gözlerin oluşmasına, mümkün olduğu kadar, yer
verilmemesini belirtmişlerdir. Gözlerin en az sayıda seçilmesi ve yüksek dirençli
kollar sayısının en alt düzeyde tutulması matematiksel işlemleri kolaylaştırır ve
iterasyonu azaltır. En az göz sayısını veren eşitlik aşağıdadır:

$$G = m - k + 1$$

Burada

G= göz sayısı,

m= hava kolu sayısı, ve

k= kavşak sayısı

dır. Havalandırma şebekesindeki yüksek dirençli kollar "birincil kol" ve düşük
olanlar da "ikincil kol" olarak tanımlanır. Yukarıdaki eşitlikten hesaplanan göz
sayısı kadar birincil kolun bulunduğu varsayılır.

Bu kompüter programının hazırlanmasında, gözlerin seçiminde kullanılan
işlemlerin tekniği Maassen tarafından ortaya konulmuştur.

VANTİLATÖR KARAKTERİSTİKLERİ: Vantilatör karakteristik eğrisi ie parabolik eğriyarif eden $P=AQ^2+ BQ+ C$ denklemi arasında bir ilişki kurmak suretiyle vantilatör özelliklerinin kompütere verilmesi olanağı vardır. Böylece vantilatör kolunda yaratılan basınç P^* hava kolundan geçen hava miktarı arasında bir bağıntı kurulmuş olur. Esasında merkezkaç tipli vantilatörlerin Q ve H sayısal değerlerinin ortaya koyduğu eğri aşağı yukarı paraboliktir. Aksiyal akımlı vantilatörün tüm eğrisi parabolik eğriye tam bir uygunluk göstermezse de vantilatör eğrisinin ocak karakteristik eğrisi ile kesiştiği çalışma noktasını içine alan sınırlı bir sahada kalan eğri parçası pratik uygulamalar için parabolik olarak kabul edilebilir. Dolayısıyla, En Küçük Kareler yöntemi ile beraber Gauss Eliminasyon metodunun kullanılması ile parabolik eğrinin A, B, C katsayıları öncelikle bulunur ve bunlar kompüter programında vantilatör özelliklerini temsil ederler.

DOĞAL HAVALANDIRMA BASINCININ SAPTANMASI: Havalandırma sistemlerinin analizinde genellikle tüm ocağa ait doğal havalandırma basınçları bir kez yürütülen bir işlemle hesaplanır. Böyle bir işlem ocağın değişik kısımlarındaki doğa! havalandırma basıncının yarattığı etkiyi yeterli biçimde ortaya koyamaz, ancak kaba bir fikir verir. Yoğunluk-yükseklik metodu ile doğal havalandırma basıncının saptanması suretiyle her kola ve dolayısıyla her göze ait basıncın hesaplanması mümkün olur.

Havalandırma şebekesine dahil bir kolun bağlı olduğu kavşaktaki hava yoğunluğu aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$w = \frac{10\,233 - 1,25 Z}{29,4 t_m}$$

Burada;

w= hava yoğunluğu, kg/m^3 ,

Z= kavşağın deniz düzeyinden yüksekliği, m;

t_m = kavşaktan geçen havanın mutlak sıcaklık derecesi
(273+t), °C

Yoğunluk-yükseklik metoduna göre herhangi bir koldaki doğal havalandırma basıncı aşağıda verilen formüle göre hesaplanır:

$$DHB = 9,807 \frac{w_1 + w_2}{2} (Z_1 - Z_2)$$

Burada;

DHB doğal havalandırma basıncı, Pa;

$$\frac{w_1 + w_2}{2} = \text{kolun her iki tarafındaki 1 ve 2 numaralı kavşaklar için hesaplanan yoğunluklar ortalaması, kg/m}^3$$

$z_1 - z_2$ == kolun her iki tarafındaki 1 ve 2 numaralı kavşaklara ait yükseklikler farkı olup kavşakların deniz düzeyinden olan yüksekliklerinden bulunur, m.

ENERJİ TÜKETİMİ VE YILLIK MALİYET: Havalandırma şebekesini her kolunda oluşan basınç kaybından dolayı ortaya çıkan enerji tüketimi v KW-h elektrik tarifesinin kompütere verilmesi suretiyle yıllık enerji maliyeti hesaplanabilir. Böylece, bir sistemde hava dağılımının ayarlanması için kollar; monte edilen kapı ve regülatörlerin havalandırma maliyetlerine yüklediği masrafların analizi mümkün olur. Ayrıca, nezaret, işçilik ve bakım masraflarının da sap tanarak bu yıllık enerji maliyetine eklenmesi ile tüm havalandırma maliyeti ortaya çıkarılabilir.

Sistemin her bir kolunda tüketilen enerji miktarı aşağıdaki güç formülünden hesaplanabilir:

$$N = \frac{Q P}{100}$$

Burada;

N = güç veya tüketilen enerji miktarı, Kw;

Q = koldan geçen hava miktarı, m³/san;

P = koldaki basınç kaybı, (mm SS)

dır.

YAKLAŞIK-TEKRARLAMA YÖNTEMİNİN DOĞRULTMA FAKTÖRÜ:

Bir önceki Bölüm'de Hardy Corss'un yaklaşık-tekrarlamalar tekniği gereği kadar açıklanmış ve doğrultma faktörünün hesaplandığı formül verilmiştir. Göz düzeninin kurulması ile, Kirchhoff'a göre kavşaklara akan ve kavşakları terkeden hava miktarlarının dengelenmesi gerekir. Bu dengeleme işlemi, her defasında hesaplanan iterasyon değerlerinin kollara uygulanması suretiyle yürütülür. İstenilen değerdeki bir doğruluğa ulaşıncaya dek tekrarlamalara devam edilir. Her defasında doğrultma faktörünün kollara eklenmesi üzerine dengelenmeye yaklaşılmış olur.

Normal bir kola uygulanan doğrultma faktörü formülü:

$$\Delta Q = \frac{-\sum (R Q | Q|)}{\sum (2R | Q|)}$$

Vantilatör koluna uygulanan doğrultma faktörü formülü:

$$\Delta Q = \frac{-\sum (R Q | Q| - P_f)}{\sum (2R | Q|)}$$

Burada;

ΔQ = doğrultma faktörü, m³/san;

R = hava kolu direnci, Ns²/m⁸ ;

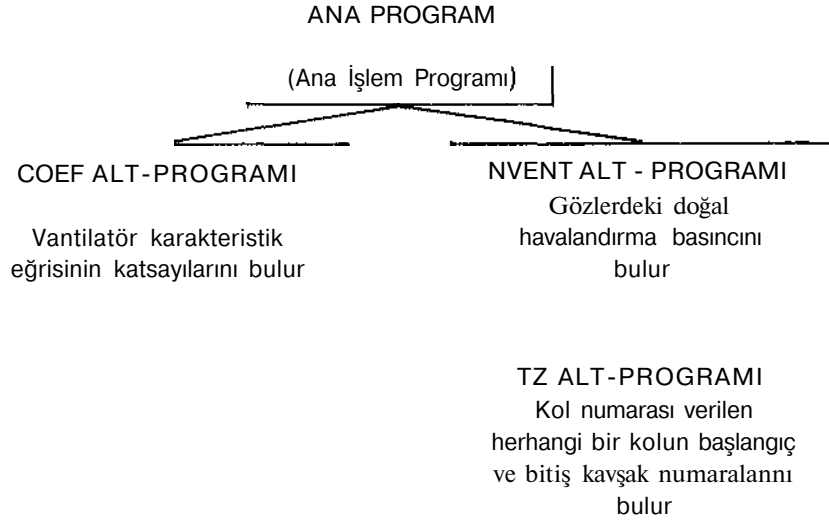
Q = koldan geçen hava miktarı, m³ /san;

$|Q|$ = koldan geçen hava miktarının mutlak değeri, m³ /san

dir.

3.2. HAVALANDIRMA ŞEBEKELERİ ANALİZ PROGRAMI

Hazırlanmış olan havalandırma şebekesi analiz programı paketi bir ana ve üç alt-programdan olmak üzere dört programdan oluşmaktadır. Aşağıdaki şema, çağırılan ve çağrılan programları gösterir:



ANA PROGRAM: Program paketi oluşturan programların en önemlisi ana programdır. Gerçek tüm işlemler bu program aracılığı ile yürütülür. Verilerin kompütere okunması, gözlerin düzenlenmesi, Hardy Cross yaklaşıklık-tekrarılama tekniğinin uygulanmasındaki işlemler, basınç düşmelerinin tekrar hesaplanması, basınç kayıplarından ötürü meydana gelen güç tüketim ve maliyetleri, gerekli çıkış çizelgelerinin hazırlanması, istendiğinde değişik verilerin kompütere verilmesi ile aynı işlemlerin tekrarlanması gibi çalışmalar bu program ile yapılır. Ayrıca, tüm gözlerdeki doğal havalandırma basıncının ayrı ayrı saptayan NVENT alt-programı ve vantilatör karakteristik eğrisinin A, B, C katsayılarını hesaplayan COEF alt - program bu ana program tarafından çağrılır. Ana programın akış şeması Çizelge -1 'de verilmiştir.

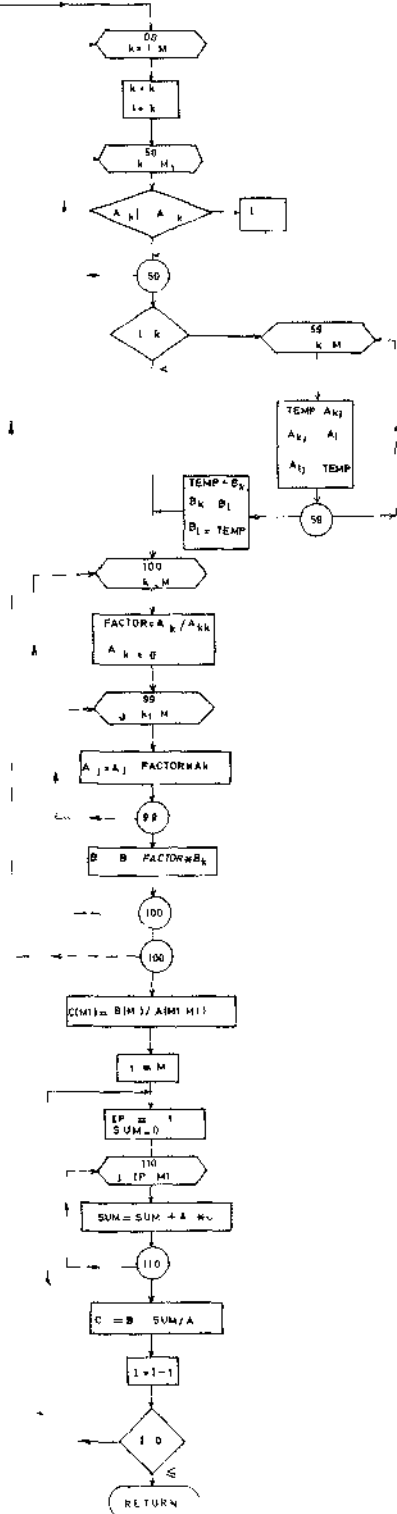
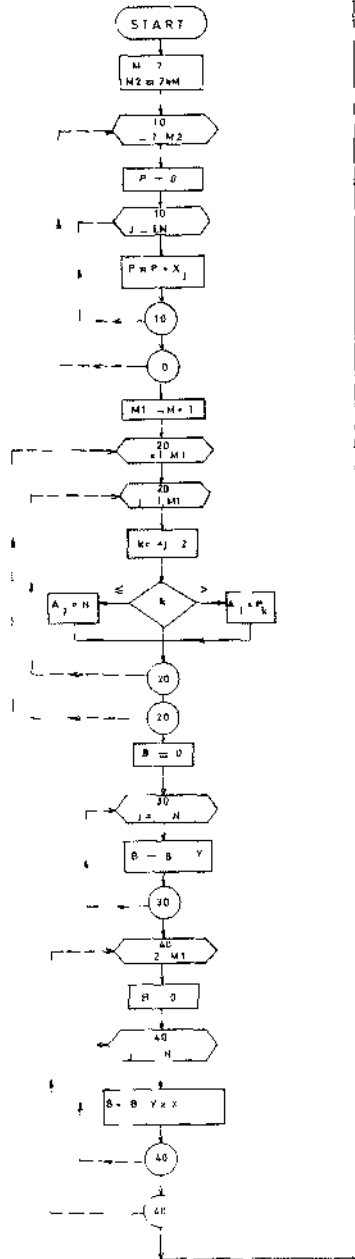
COEF ALT-PROGRAMI:COEF alt-programı, ana program tarafından çağrılan yardımcı bir programdır. Her çağrılışında bir vantilatör karakteristik eğrisinin katsayılarını hesaplar. Vantilatörü karakterize eden eğrinin ikinci dereceden yani bir parabolik eğri olduğu kabul edildiğinden, böyle bir eğriye ait katsayıların bulunmasında en küçük kareler metodu uygulanmıştır. Gauss Eliminasyon yönteminde programda yer verilmiştir.

COEF alt-programının argüman listesi; ana programdan aktarılan vantilatör eğrisinin üzerinde oldukları varsayılan bir seri noktanın basınç ve hava akım miktarları ile COEF alt-programından ana programa aktarılan vantilatör karakteristik eğrisinin hesaplanmış katsayılarından oluşmaktadır. COEF alt-program akım şeması Çizelge 2'de verilmiştir.

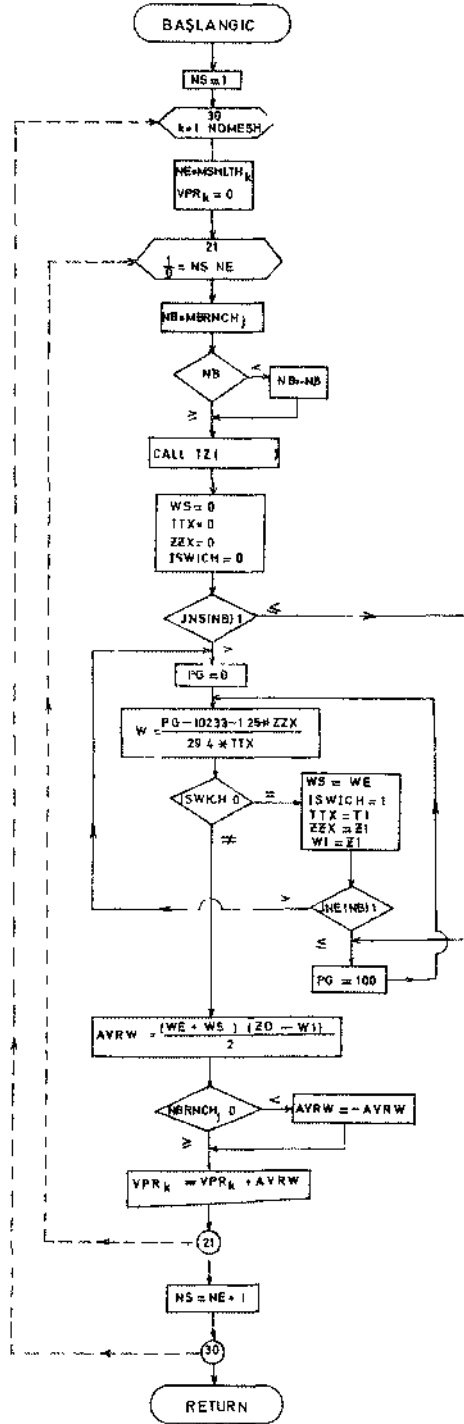
NVENT ALT-PROGRAM: NVENT alt-programı ana program tarafından çağrılan ikinci derecede önemli olan bir programdır. Her çağrılışında analizi söz konusu olan havalandırma şebekesinin ana programında oluşturulan tüm gözlerin doğal havalandırma basınçlarını hesaplar. Bir gözdeki doğal havalandırma basıncının saptanmasında, o gözü oluşturan kolların herbirinde meydana gelen doğal havalandırma basınçları ayrı ayrı hesaplanır ve bunların tümü cebirsel olarak toplanır. Bu nedenle, NVENT alt-programının argüman listesi; ana programdan aktarılan gözler, gözleri oluşturan havalandırma kolları, kolların başlangıç ve bitiş kavşakları, her bir kavşaktaki sıcaklık ve deniz düzeyinden olan yükseklik ile ana programa aktarılan gözlerdeki doğal havalandırma basınçlarından oluşmaktadır. M VENT alt-programı akım şeması Çizelge - 3'de verilmiştir.

TZ ALT - PROGRAM: TZ alt-programı, NVENT alt-program tarafından çağrılır. Her çağrılışında, istenen herhangi bir havalandırma koluna ait başlangıç ve bitiş kavşaklarındaki sıcaklık ve deniz düzeyinden olan yüksekliğini tespit eder. Bu programın argüman listesi; NVENT alt-programından aktarılan havalandırma kolu, havalandırma kolunun başlangıç ve bitiş kavşağı, tüm kavşakların sıcaklık ve yükseklikleri ile TZ alt-programından NVENT alt-programına aktarı-

Çizelge 2
COEF ALTRUTIN ALT PROGRAMI
AKIŞ ŞEMASI

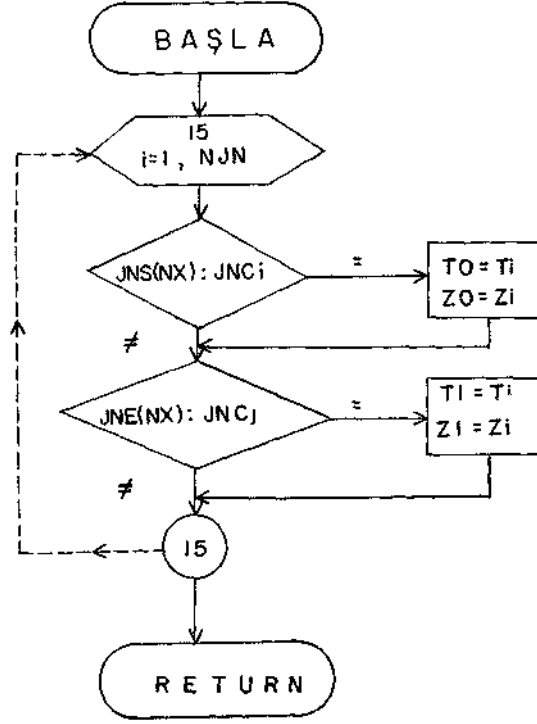


Çizelge 3 "NVENT" ALTRUTIN ALTPROGRAMI AKIŞ SEMASI



lan söz konusu havalandırma kolunun, başlangıç ve bitiş kavşaklarındaki sıcaklık ile yüksekliklerden oluşmaktadır.

TZ alt programının akım şeması Çizelge - 4'de verilmiştir.



Çizelge 4- TZ alt - programı akım şeması

PROGRAM GİRİŞİNİN DÜZENLENMESİ: Kartların delinmesi ve seri sırasının hazırlanması olarak da tanımlanabilir. Bu program paketi için gerekli tüm veriler, belirli bir düzende (formatta) kartlara delinerek hazırlanır. Veriler bir kez hazırlandıktan sonra, mevcut bilgisayar sisteminin gerektirdiği kontrol kartları, istenen sırada, program paketinden önce ve/veya sonra yerleştirilerek bilgisayara verilir.

Verilerin bilgisayara verilmesinden önce havalandırma sisteminin bir çizgisel diyagramı hazırlanır. Bu diyagram üzerinde tüm kollar, vantilatör kolu, giriş ve çıkışlar, kapılar, regülatörler, uzun ayaklar ve üretim panoları işaretlenir. Analizi ilk kez yapılan bir ocakta öncelikle havalandırma ölçmeleri yapılır. Sağlanan

karakteristiklerle kolların dirençleri hesaplanır. Sonrada aşağıda sıralanan bilgiler kompütere verilir (input data):

1. kol ve kavşak sayıları,
2. kol ve kavşak numaraları,
3. kol tipi,
4. kol direnci,
5. koldan geçen yaklaşık hava miktarı (hava miktarı en yakın bir değerin rilmesi iterasyon sayısını azaltır),
6. vantilatör karakteristikleri (A, B, C, katsayıları olarak),

Doğal havalandırma basıncının saptanması söz konusu olduğunda:

7. kavşak noktalarının deniz düzeyinden yükseklikleri
8. kavşaklardan geçen hava akımının sıcaklığı,

Havalandırma maliyetlerinin hesaplanması istendiğinde:

9. elektrik Kw-h tarifesi.

PROGRAM ÇIKIŞI: Veriler, programı izleyen kompütere değişik işlem aşamalarında kullanılarak problemin istenilen biçimde çözümü mümkün olur. Sırasıyla aşağıda verilen çizelgeler elde edilir:

1. Mekanik havalandırmaya ait giriş verileri (input data),
2. Göz listesi (kol numaraları ile birlikte),
3. Doğal havalandırmaya ait giriş verileri (input data),
4. Her göze ait doğal havalandırma basıncı (mmSS ve Pa olarak),
5. Vantilatörü karakterize eden A, B, C katsayıları,
6. Her iterasyon sonucu saptanan A Q doğrultma faktörüne ait değerler,
7. Genel analiz çizelgesi: Kol ve kavşak numaraları, kol tipi, kol direnci (SI ve Murg biriminde) hava miktarı (m^3/dak), basınç kayıpları (Pa ve mmSS) olarak, güç tüketimi (Kw ve HP olarak), elektrik tüketimi maliyeti (TL/yıl).

Havalandırma şebekesinde zaman zaman yapılacak bazı gerçek değişmelerin sistem üzerindeki etkileri de aynı programın uygulanması ile saptanabilir. Bu değişiklik istemleri şunlar olabilir:

1. Vantilatör yerlerinin değiştirilmesi: önceden herhangi bir kola monte edilen vantilatörün bir başka kola transferi, vantilatör sayısının azaltılması veya çoğaltılması, seri ve paralel vantilatör düzenlerinin denenmesi,
2. Yeni havalandırma kollarının şebekeye eklenmesi: bir bacanın veya başyukarının delinmesi, iki ayrı nakliyat yolunun birleştirilmesi, bir havalandırma

galerisinin sürülmesi ile sisteme bir başka hava yolunun eklenmesi,

3. Bazı hava kollarının şebekeden çıkarılması: bir baca veya uzun ayağın kapatılması, herhangi bir kartiye veya panoda üretime son verilmesi, bir yangın nedeniyle herhangi bir üretim panosunun sistemden çıkarılması.

4. OCAK ÖLÇÜMLERİ

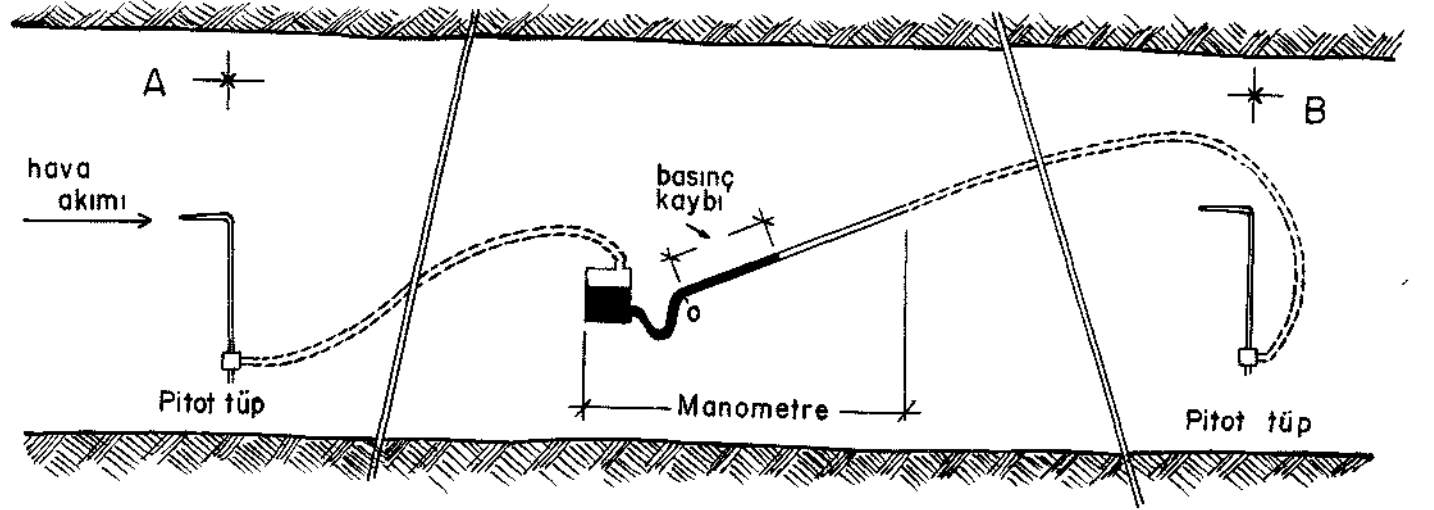
4.1. BASINÇ DÜŞMESİ ÖLÇÜMÜ

1. Pitot tüp-Manometre düzeni: Herbir hava kolunun gerçek iki noktası arasında meydana gelen statik basınç düşmesinin (veya farkının) saptanmasında kullanılan Pitot tüpü-manometre düzeni Şekil 5'te görüldüğü gibi iki Pitot tüpü, bir sivil manometre ve bunları birbirine bağlayan PVC tüpünden meydana gelir.

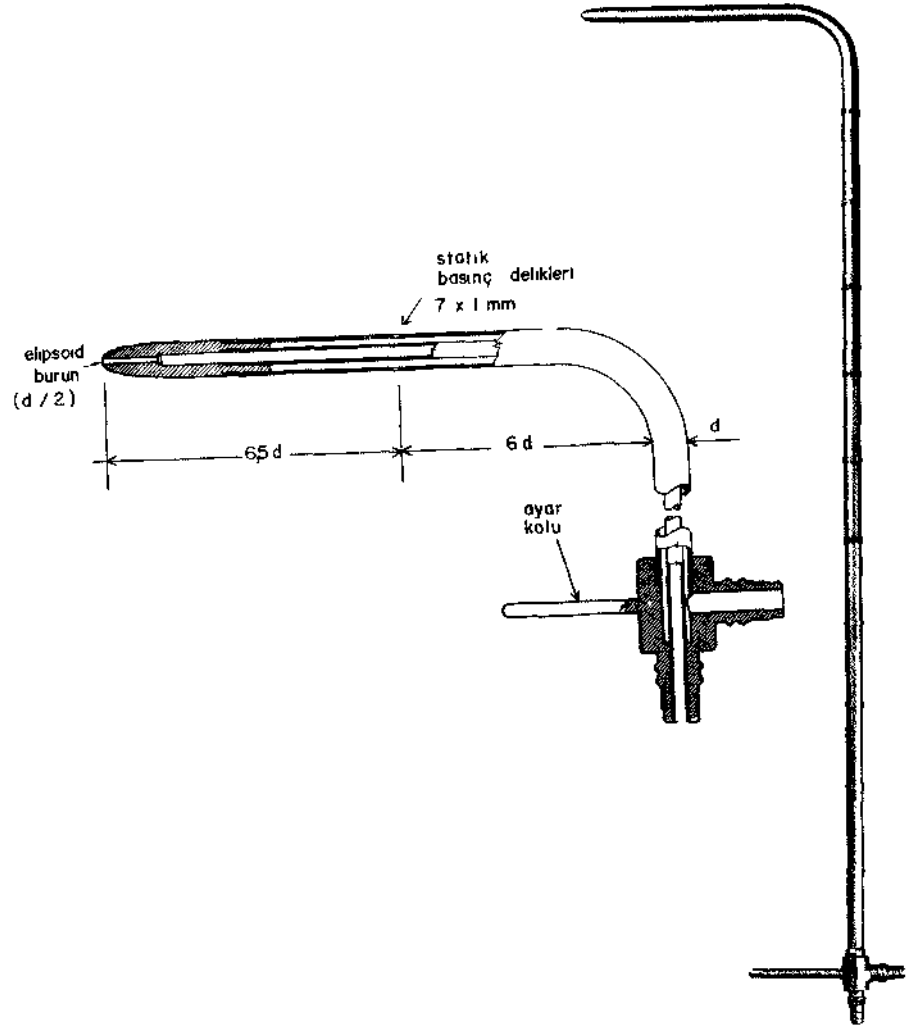
Statik basınç ölçmelerinde kullanılan eüpsoid burunlu Pitot tüpü (Şekil 6) 80 cm boyunda, 8 mm çapında olup, paslanmaz çelikten yapılmıştır. Gövdesi üzerinde bulunan 1 mm çaplı 7 adet delik bulunur.

Sivili manometre, pratik yeraltı ölçmelerinde kullanılabilme üzere üç-ayaklı bir sehpa ile donatılmıştır. Böylece portatif bir özelliğe sahiptir. Sıvı olarak kullanılan paraffin (kerosene)'in özgül ağırlığı, $0,784(20^{\circ})$ olduğundan tüp içinde oluşan içbükey, yüzey okumaları kolaylaştırır niteliktedir. Taşıma sehpa-sına sıkıca tutturulan manometre tablosu çok hassas iki düzeç aracılığı ile doğru bir düzeyde ayarlanır. Şekil 7'de manometre takımı açık ve kutusu içinde kapalı olarak görülmektedir.

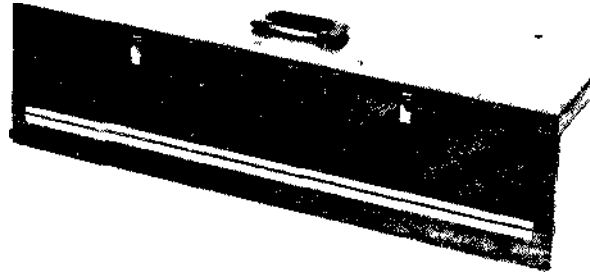
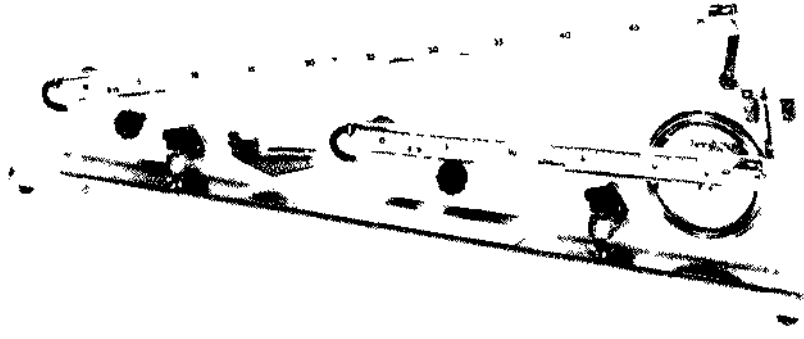
ÖLÇÜMÜN YAPILMASI: ölçme okumalarının hassasiyetle sağlanmasında kullanılan yöntemin her bir istasyon ölçme işlemine aynen uygulanmasına gereken özen gösterilmelidir. Seçilen istasyonlar arası genellikle 25-400 m arasında değişir. Ana yollarda 400 m., fakat tabanlarla uzun ayak içlerinde 25 m'ye kadar olan aralıklarda basınç düşme ölçmeleri yürütülebilir. Şekil 5'te verilen düzenin kurulmasında, öncelikle Pitot tüplerinin bir ayaklı sehpa ile yerleştirildiği istasyonların olabildiği kadar düzgün bir kesitte olması ve sonrada Pitot cihazları ve PVC tüpleri ile orta bir yere konulan manometreye bağlanması gerekir. Üç-ayak üzerindeki manometre tabla düzlemi, düzeçler kullanılarak, doğrultulur ve böylece düzen ölçümlere hazır duruma getirilir ve okumalar yapılır. Basınç kolu kesiti içinde Pitot tüp başlığının doğru biçimde yerleştirilmesinin gerçek okumaları etkilemesi göz önüne alınarak her bir okumanın yapılmasından hemen önce, ölçme, delikli gövdenin hava kolu doğrultusuna paralel olması, diğer bir deyimle, deliklerin oluşturduğu düzlemin hava akımına dik olacak şekilde olması kontrol edilmelidir.



Şekil 5- Pitot tüp - manometre düzeni



Şekii 6- Pitot t p



Şekil 7 MK - 4 Modeli portatif manometre cihazı

2. Barometrik yöntem: Basınç diismc ol<,ımlcı Pilot tüp - manometre düzeni ile yapıldığı gibi Aneroidi bammelte ile <le y.ıpl.ıhılır.

Barometreler, bilindiği gibi atmosferik basıncı ölçer. Ve genellikle cıvalıdır. Ancak cıvalı barometreler büyüklüğü, kınlabilirliği nedeniyle yeraltı ocaklarında kullanılamaz. Onun yerine Aneroid barometreler kullanılır.

Aneroid kelimesi sıvı içermeyen, sıvısız anlamındadır. Aneroid barometre bir kutu içersine sağlam bir şekilde yerleştirilmiştir. Üzerinde 710 mm Hg'den 810 veya 840 mm Hg'ye kadar bir skala ve basıncı gösteren bir ibre vardır. Bu tür barometrelerin hassasiyeti 0.05 mm. Hg (0.68 mm. su sütunu), çok hassas olanlar ise 0.025 mm. Hg (0.35 mm. su sütunu) basınç farkını ölçebilirler.

Ancak, bazı hallerde bu hassasiyet, ocak içi basınç düşmelerini okuması için kafi gelmeyebilir.

Basınç kaybı ise şöyle bulunur: Basınç düşme miktarını bulacağımız hava yolunun iki ucunda basınç barometreden okunur. Aradaki fark basınç kaybını verir.

4.2. HAVA HIZI ÖLÇÜMÜ

Yeraltı madenciliğinde çeşitli hız ölçen aletler vardır, bunlar şöyle sıralanabilir:

1. Anémomètre
2. Velometre
3. Duman tüpü
4. Pítot tüp-manometre

1. Anémomètre: Ocaklarda en çok kullanılan ve en pratik olanıdır. Çok çeşitli ve değişik özellikte olan anemometrelerden ocak içi ölçümlerinde kullanılabilen ve nokta okuması yapan Pervaneli Elektronik Anémomètre Şekil 8'de görülmektedir.

Hava yolu kesitine ve istenen hassasiyete göre anémomètre ile hız ölçmede üç ayrı yöntem kullanılabilir.

a. Tek Nokta Okuma Yöntemi,

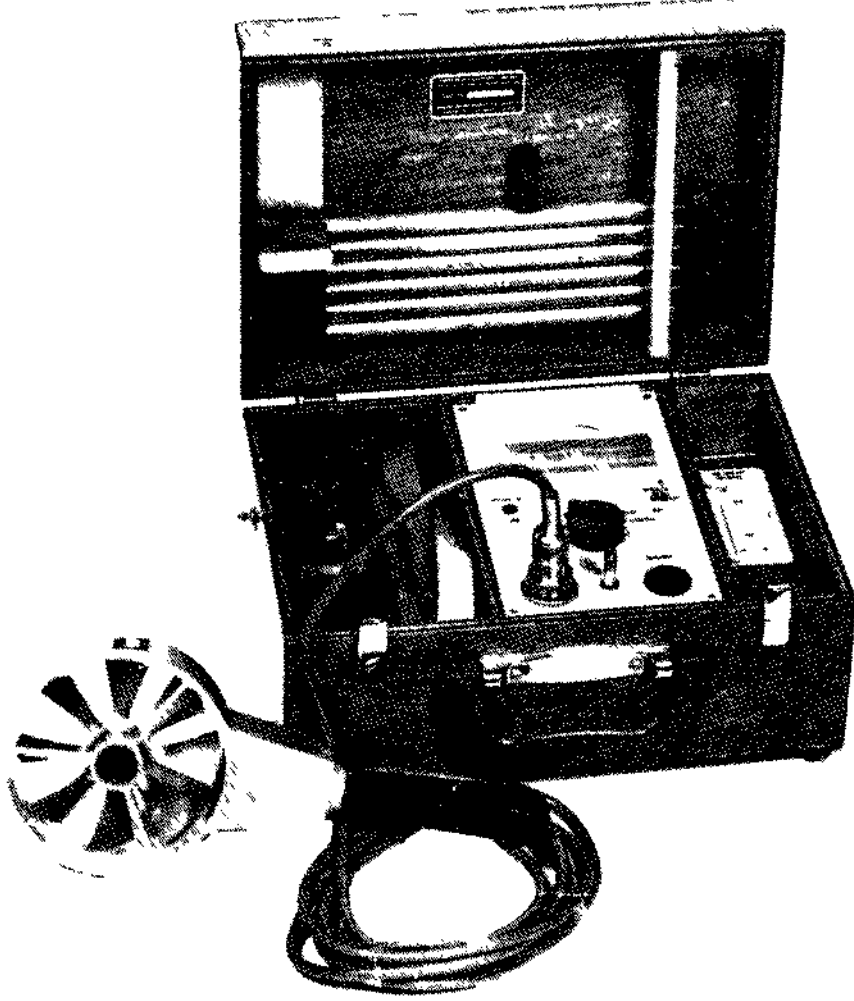
En hızlı ve en basit hız ölçme yöntemidir. Maksimum hızın kesit merkezinde olduğu varsayımından yararlanır. Ortalama hız:

$$V=0.8 \times V_{\max}$$

formülünden hesaplanır.

b. Çok Noktalı Okuma Yöntemi,

Bu yöntem hız okumada hassas sonuçlar verir. Çoğunlukla geniş kesitli hava yolları için uygulanır. Bu yöntemde kesit alanının eşit parçalara ayrıldığı varsayılır ve her parçanın merkezinde hız okuması yapılır.



Şekil 8 — Pervaneli elektronik anémomètre

Ortalama hız şöyle hesaplanır:

$$V_{\text{ortalama}} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n a_i v_i$$

burada,

a_j = küçük parçaların alanı
 v_j = küçük parçaların hızları
 A = hava yolunun kesit alanı

Ortalama hızı bulmak vakit almasına karşın hassas sonuç verdiği için bu metod çoğunlukla kullanılabilir (Şekil 9 b).

c. Devamlı Okuma Yöntemi,

Bu yöntem, ocaklarda en çok uygulanan ve çabuk sonuç veren bir hız okuma şeklidir.

Orta büyüklükteki bir kesit için anémomètre 1 dakika süre ile kesit içerisinde yavaş ve düzenli bir şekilde gezdirilir (Şekil 9 a). Hava hızı anémomètre üzerindeki skaladan okunur.

Hız okumalarının gerçek değere çok yakın olması özellikle iki etkene bağlıdır;

Birincisi, hız ölçümünde kullanılan anemometrenin "Kalibre" edilmiş olması gerekir.

İkincisi ve en önemlisi, Ölçüyü yapan kişi kesit alanını daraltacağından hız okumalarının doğrultman katsayısı ile düzeltilmesi gerekir.

Bu konuda yapılan araştırmalar kesit alanına bağlı olarak doğrultman katsayısının aşağıdaki gibi olduğunu göstermiştir:

S(m ²)	k (Doğrultman katsayısı)
8	0.950
7	0.943
6	0.937
5	0.920
4	0.900
3	0.867
2	0.800

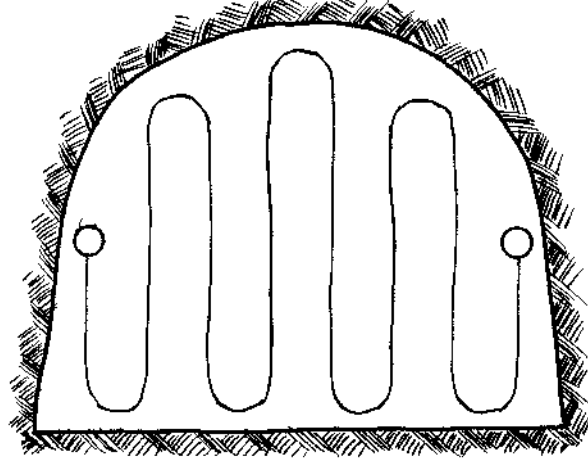
Örneğin kesiti 8 m^2 olan bir hava yolunda, anémomètre ile ölçülen hız $v = 100 \text{ m/dak.}$ ise gerçek hız;

$$V = kv$$

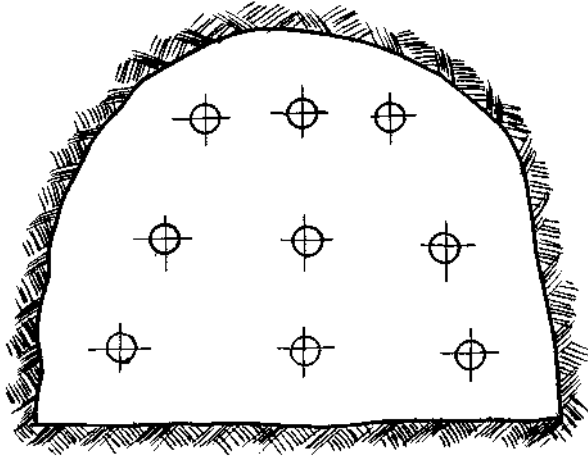
$$V = 0.95 \times 100$$

$$V = 95 \text{ m/dak.}$$

olarak alınmalıdır.



Şekil 9 a — Sürekli dolaşımli okuma işlemi



Şekil 9 b - Nokta okuma işlemi

2. Velometre: Bu tür hız ölçerlerin en büyük özelliği, hızın doğrudan doğruya üzerlerinden okunabilmeleridir. Değişik hız aralıkları için ekran üzerinde değişik skalalar vardır. Başlık olarak isimlendirilen ve velometreye takılan parça, belirli hız aralığı için hız okumalarını sağlar.

3. Duman tüpü: Çok düşük hız ölçümünde kullanılan bu tür hız ölçerler 50 m/dak. ya kadar olan hızı, hassas sayılabilecek limitler içerisinde okuyabilir.

Hız okuması şöyle yapılır: Ocağın içinde, uzunluğu belli, düz ve düzgün kesitli bir hava yolunun iki ucunda bulunan iki kişiden biri, başlık lambası ile görülebilen renkli duman çıkaran bir cihazdan dumanı çıkartır. Diğer uçtaki kişi, dumanı kendi hizasında görünceye kadar, geçen zaman ölçülür.

örneğin, galeri uzunluğu 20 m. ve geçen zaman 30 sn. ise:

$$\begin{aligned} \text{Hız} &= \text{Yol/zaman} \\ V &= 20/30 = 0.66 \text{ m/sn.} \\ V &= 40 \text{ m/dak.} \end{aligned}$$

olarak bulunur.

4. Pitot tüp-manometre: Çok yüksek hız ölçümlerinde Pitot tüp-manometre ile bulunan hız, gerçek değere çok yakındır. Bu tür hız ölçümünde hız basıncı ölçülür ve formülde yerine konarak hız hesap edilir.

$$v = \sqrt{\frac{2gh_v}{w} d}$$

burada,

$$\begin{aligned} v &= \text{hava hızı (m/sn)} \\ h_v &= \text{hız basıncı (mm. su sütunu veya kg/m}^2\text{)} \\ w &= \text{Havanın özgül ağırlığı (kg/m}^3\text{)} \\ d &= \text{Manometre sıvısının yoğunluğudur.} \end{aligned}$$

örneğin; $h_v = 10 \text{ mm (kg/m}^2\text{)}$, $w = 1.2 \text{ kg/m}^3$, $g = 9.8 \text{ m/sn}^2$, $d = 0.9$ ise:

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{10 \times 9.8 \times 0.9 / 1.2} \\ V &= 8.57 \text{ m/sn. dir.} \end{aligned}$$

Eğer hız basıncı, kesitin ortasında yapılmış ise hesap edilen hız maksimumdur. Ortalama hızı bulmak için 0.8 ile çarpmak gerekir. Diğer taraftan kesitte birden fazla hız basıncı okunursa, ortalama hızı bulmak için, her noktadaki hız formülünden bulunur ve ortalaması alınır. Hız basınçlarının ortalamasını alarak formülünden hız bulmak hatalı sonuç verebilir.

4.3. SICAKLIK VE YÜKSEKLİK ÖLÇÜMÜ

Doğal havalandırma basıncı ile, ocak havasının nem oranının hesaplanmasında, herbir kavşakta kuru ve yaş sıcaklık dereceleri ile yükseklik okumaları sırasıyla, psikometre ve altimetre ile yapılabilir.

Doğal havalandırma hesaplamalarının yapılabilmesi için, kavşakların sıcaklık ve yüksekliklerini bilgisayar programına veri olarak vermek gerekir.

5. KOMPÜTER PROGRAMINA VERİ HAZIRLANMASI

Bir yeraltı ocağının havalandırma şebekesi analizini yapmak için aşağıdaki gibi bir sıra takip edilmelidir.

5.1. OCAĞIN ÇİZGİSEL DİAGRAMININ HAZIRLANMASI

Çizgisel diagramın hazırlanmasında boyut kavramı göz önüne alınmaz. Hava geçen her yol tek bir hat olarak kağıt üzerinde gösterilir. Çizgisel diagramın doğru ve tam olarak çizilmesi, doğru sonuç alabilmek için ilk etapta. Bu nedenle-ocağı çok iyi bilmek gerekir.

Çizgisel diagram üzerinde her kavşak ve her kol ayrı ayrı numaralandırılır. Ayrıca pervane kolları, hava akınım yönü, panolar, kapılar ve regülatörler diagram üzerinde ayrı ayrı gösterilir.

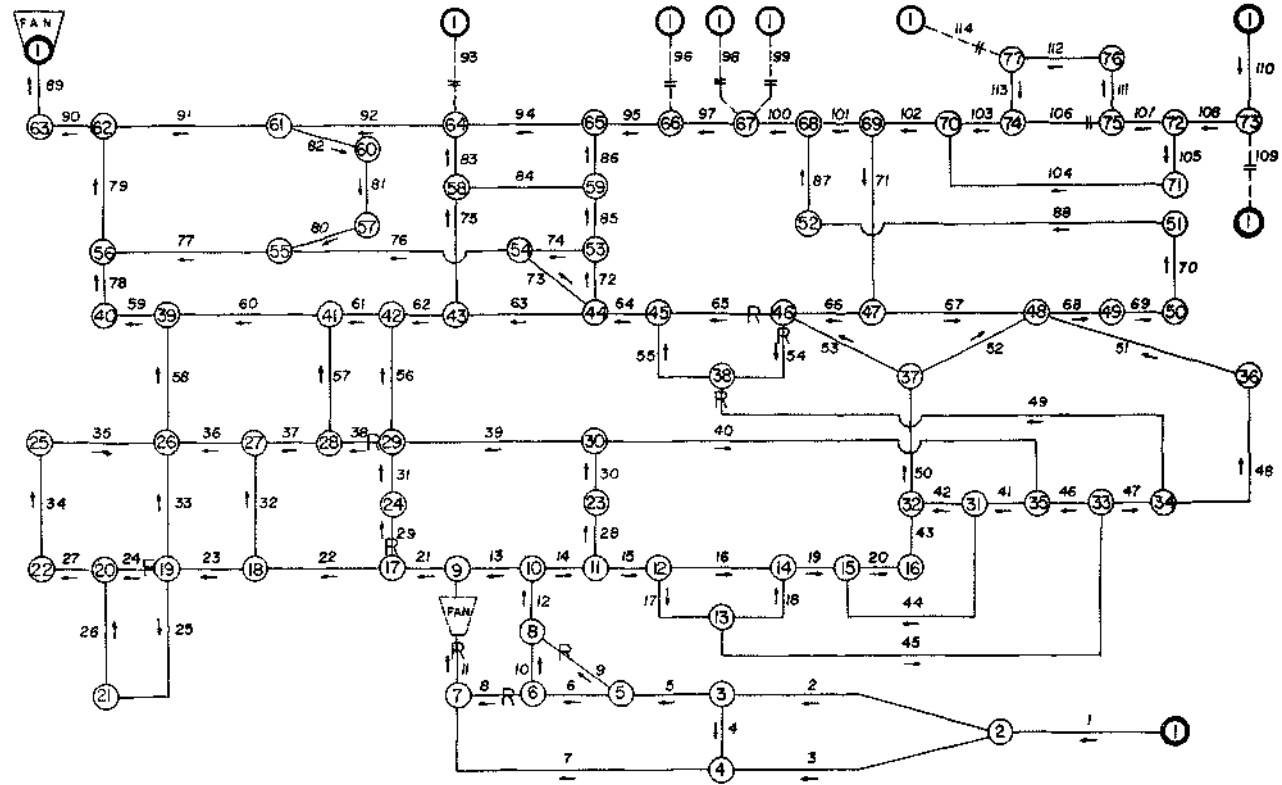
Tipik bir çizgisel diagram Çizelge 5'te gösterilmektedir.

5.2. HAVA YOLLARININ DİRENÇLERİNİN HESAPLANMASI

Havalandırma şebekesi analiz hesaplarında hava yollarının dirençlerinin doğru bulunması, sonuçların hassasiyetini artırır. Bu nedenle direnç hesaplamaları çok önemlidir.

Direnç hesabına geçmeden direnç birimlerini görelim:

Çizelge 5



ÜRETİM PANO GİRİŞLERİ = 25,32,49,81,104,112
 HAVALANDIRMA REGÜLATÖRLERİ = 8,11,10,24,29,38,49,54,65
 HAVALANDIRMA KAPILARI = 93,96,98,99,106,109,114

EKİ ARMUTÇUK BÖLGESİ OCAKLARININ
 HAVALANDIRMA SİSTEMİ ÇİZGİSEL DİYAGRAMI

DİRENÇ BİRİMLERİ:

Havalandırma problemlerinde kullanılan ve direnç, basınç ile hava miktarı arasındaki bağlantı aşağıdaki gibi gösterilir:

$$h = RQ^2$$

buradan,

$$R = \frac{h}{Q^2} \quad \text{yazılabilir.}$$

Formülde,

$$h = 1 \text{ mm. su sütunu (1 mm} = 1 \text{ kg/m}^2)$$

$$Q = 1 \text{ m}^3/\text{sn}$$

olduğunda birim direnç elde edilir.

$$R = \frac{h}{Q^2} = \frac{\text{kg/m}^2}{(\text{m}^3/\text{sn})^2} = \frac{\text{kg.sn}^2}{\text{m}^8}$$

elde edilen birim kilomurg (K/u) olarak isimlendirilir. Ancak kilomurg maden ocaklarındaki galeriler için çok büyüktür. Şöyle ki, 50 m uzunluğunda, 6 m² kesitinde bir hava *yolunun* direnci yaklaşık olarak 0.0025 kilomurgtur. Bu nedenle, pratikte kilomurgun binde biri olan diğer bir birim kullanılır. Bu direnç birimi Murg'dur.

$$1 \text{ k}\mu = 1000\mu$$

dur. Bu durumda yukarıda sözü edilen yolun direnci 2.5 murg olarak kolaylıkla gösterilebilir.

Bir diğer birim, değer olarak kilomurg ile aynı olan Weisbach'dır. Bu birimde büyük olduğundan pratikte 1 murga eşit olan miliweisbach kullanılır.

İngiltere'de kullanılan direnç birimi ise Atkinson'dur. Tanım olarak 1 Atkinson 1000 ft³/sn. miktarındaki havanın geçmesinde 1 inch'lik su sütunu basınç düşmesine neden olan direnç miktarıdır.

$$R = \frac{P}{Q^2} \quad \text{formülünde}$$

p = pound/ft²

Q = kilocusec (1000 ft³ /sn. sayısı)

olarak kullanılırsa direnç birimi Atkinson elde edilir.

Kilomurg ve Atkinson birimleri arasında şöyle bir bağıntı vardır:

1 Atkinson = 0.0061 kilomurg

1 atk. = 6.1 murg = 6.1 miliweisbach.

Havalandırma şebekesi analizi için kullandığımız kompüter programında direnç birimi Murg'dur.

Hava yollarının dirençleri iki ayrı yöntemle hesaplanabilir.

1. Direnç formülü kullanarak,
2. Basınç düşmesi ölçülerek.

1. Direnç formülü kullanarak: Bu yöntemde direnç, daha önce verilen aşağıdaki formül kullanılarak hesap edilir.

$$R = K \frac{PL}{A^3}$$

burada,

K = Sürtünme katsayısı

P = Kesit çevre uzunluğu (m)

L = Yolun uzunluğu (m)

A = Kesit alanı (m²)

R = Kilomurg'dur.

Ancak formülde, eğer ortalama uygun K değeri kullanılmamış ise hesaplanan değer sadece sürtünme nedeniyle oluşan dirençtir. Kıvrımlı, düzensiz veya içinde herhangi bir mani (posta yığını, vagon, vb.) bulunan yollar için, direnç hatalı bulunabilir (hesaplanabilir). Aynı bir örnek olarak kafes içeren kuyular da verilebilir. Bu metotda hata nedeni şöyle açıklanabilir: Bir yolun direnci, sadece havanın galeri duvarları ile sürtünmesinden dolayı oluşan sürtünme direncinden ibaret değildir. Kıvrımlar, kesit alanının daralıp genişlemesi, regülatörler, yol içinde vagon veya posta yığını bulunması, kuyu içindeki kafesler, vb. ani basınç kaybına neden olan, diğer bir deyişle hava akımına direnç gösteren ve sürtünme direncine eklenmesi gereken direnç kaynakları olabilirler.

Bu tür dirençlerin formüle sokulması ile gerçek direnç değerleri elde edilebilir.

Bu işlem üç ayrı yöntemle yapılabilir:

a) Direnci basınç düşmesi yöntemi ile hesaplayarak;

Bu yöntemde sürtünme ve ani basınç kaybına neden olan dirençler birlikte hesap edilir.

b) Eşdeğer uzunluk yöntemi;

Bu yöntemde sürtünme harici oluşan dirençlere eşdeğer uzunluklar bulunarak yolun uzunluğuna eklenir ve formülde yerine konur.

$$R = K \frac{P(L + L_e)}{A^3}$$

Örneğin, 100 m. düz hava yolunun direnci ile 80 m. kıvrımlı yolun direnci aynı olabilir. Bu durumda $L_e = 20$ m'dir.

İkinci bir örnek olarak, içinde hiçbirşey olmayan 150 m. hava yolu ile içinde 3 ocak arabası olan 120 m. hava yolunun dirençleri aynı olabilir. Bu durumda 3 arabanın oluşturduğu ilave direncin eşdeğer uzunluğu

$$L_e = 30 \text{ m.dir.}$$

Ortama göre L_e değerleri havalandırma kitaplarında bulunabilir.

c) Şartlara uygun sürtünme katsayısı bulunarak;

Bu yöntemde ilave direnç, formüldeki K değerinin yükseltilmesi ile hesap edilebilir.

Örneğin, özellikleri aynı, düz ve kıvrımlı yollardan düz olanının, sürtünme katsayısı daha azdır.

Sürtünme nedeni ile oluşan direncin hesaplanmasına bir örnek verelim:

Uzunluk (L) = 400 m.

Kesit alanı (A) = 10 m²

Kesit çevresi (P) = 13 m.

Sürtünme katsayısı (K) = 0.0010 ise,

direnç,

$$R = \frac{KPL}{A^3} = \frac{(0.0010)(13)(400)}{10 \times 10 \times 10} = 5.2 \times 10^{-3} \text{ Kilomurg}$$

$$R = (5.2 \times 10^3) 1000 \text{ murg}$$
$$R = 5.2 \text{ murg}$$

Değişik özellikteki yeraltı havayolları için sürtünme katsayıları içeren tablolar mevcuttur, (örneğin, kömür içinde sürülen galeriler için $K = 0.0008$, kaya içinde ve yatımı kesen istikamette sürülen galeriler için $K = 0.0010$ gibi).

Hesap edilen direncin hassasiyeti, hava yolu için tablolardan seçilen sürtünme katsayısı (K) değerinin o yola ne derece uygun olduğuna bağlıdır.

2. Basınç düşmesi ölçülerek: Bu yöntemde direnci hesap edilecek yolda, basınç düşmesi ve geçen hava miktarı ölçülür.

$$R = \frac{P}{Q^2} \quad \text{formülünde yerine koyarak direnç hesap edilir.}$$

Burada,

$$P = \text{milimetre su sütunu}$$
$$Q = \text{metre küp/saniye}$$
$$R = \text{kilomurg}$$

veya,

$$R = \frac{1000 P}{Q^2} \quad \text{murg}$$

Bu yöntemle direnç hesabını bir örnek ile açıklayalım:

Yeraltında direnci ölçülmek istenen hava yolunun iki ucu arasındaki basınç düşmesi 2 mm su sütunu, o koldan geçen hava miktarı ise $20 \text{ m}^3/\text{sn}$. olduğunda bu yolun direnci,

$$R = \frac{1000 P}{Q^2} = \frac{1000 \times 2}{400}$$

$$R = 5 \text{ murg}$$

Hava akımını, hava yolu içerisinde etkileyen sürtünme katsayısından ziyade, o yolun direncidir, örneğin, sürtünme katsayıları aynı olan iki yoldan kesiti

büyük olan, hava akımına daha az direnç gösterir. Yani o yolun direnci daha azdır.

100 m. uzunluğunda değişik sürtünme katsayıları olan değişik kesitli galeriler için yaklaşık direnç değerleri tablo halinde verilmiştir.

örnek; Kesiti 6.6 m^2 , uzunluğu 600 m ve sürtünme katsayısı 0.0017 olan galerinin direnci nedir?

Tablo 1'de kesiti 6.6 m^2 olan 100 m uzunluğundaki hava yolunun direnci 5.58'dir. $K=0.0017$ için doğrultma faktörü 1.13 olduğundan; $R=5.58 * 1.13 \times 600/100= 37.8$ murg olarak bulunur.

6. SONUÇ

Karmaşık havalandırma şebekelerinin analizi ve bunlara ilişkin sorunların çözümünü mümkün kılmak üzere, Hardy Cross yaklaşık tekrarlamalar tekniğini kullanan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Yeraltı madencilğinde, havalandırmayı gerektiren her ocakta şebeke analizi, ocaklarda yürütülen ölçmelerden sağlanan verilerin programa uygulanması ile kolaylıkla yapılabilir.

Söz konusu bilgisayar programı aracılığı ile üç yüzü aşkın göz içeren şebekelerin analizini her türlü ayrıntıları ile üç-beş dakikalık bir süre içinde, yürütme olanağı sağlanmıştır. Hava kolları dirençlerinin bilinmesi ve bu kolları akan hava miktarının yaklaşık olarak tahmin edilmesi ile gerçek hava miktarları, basınç düşmeleri kayıpları hava gücü ve güç kayıplarına tekabül eden yıllık enerji maliyetleri hesaplanabilir.

Bunlara ek olarak, kol, kavşak yükseklikleri ile sıcaklıklarının bilinmesi üzerine sisteme dahil her gözün doğal havalandırma basıncı ayrı ayrı bulunabilir. Ayrıca, yerüstüne tesis edilecek ana vantilatörlerin en optimum noktalarının saptanması ve üretim sahalarının kapatılması veya yenilerinin işletmeye açılması halinde, yeraltı havalandırma karakteristiklerinde ortaya çıkacak değişmelerin çok kısa zamanda hesaplanması mümkündür.

Aynı zamanda bilgisayar programı, ocakların planlanması ile projelendirilmesi aşamalarında pek çok havalandırma alternatiflerinin elde edilmesi bakımından, sistematik düzenlerin kurulmasında yardımcıdır.

Ocaklarda havalandırma şebeke analizi, gerek çalışma koşullarına, gerekse ekonomik açıdan büyük faydalar sağlayacağından, üzerinde önemle durulması gereken bir gerçektir.

S,,, ²	9 m" nin ondalık kısmı											K	d. f
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
	2	110	95.50	86.90	77.70	70.00	63.00	57.20	52.10	47.50	43.60		
3	40	36.90	34.10	31.50	29.30	27.20	25.40	23.70	22.20	20.80	0.0011	0.73	
4	19.50	18.10	17.30	16.30	15.40	14.30	13.80	13.00	12.30	11.70	0.0012	0.80	
5	11.20	17.70	9-95	9.59	9.22	8.82	8.42	8.07	7.72	7-42	0.0013	0.87	
6	7.08	6.81	6.Ş3	6.28	6.03	5.80	5.58	5.38	5.18	4.98	0.0014	0.93	
7	4.82	4.65	4.49	4.20	4.06	3.92	3.Ö0	3.80	3.67	3.55	0.0015	1.00	
d	3.45	3.34	3.23	3.15	3.06	2.97	2 .08	2J30	2.72	2.64	0.0016	1.07	
9	2.57	2.57	2.43	2.36	2.30	2.24	2J-9	2.14	2.08	2.03	0.0017	1.13	
10	1.97	1.93	1.88	1.79	1.75	1.70	1.67	1.67	1.63	1.59	0.0018	1.20	
											0.0019	1.27	
											0.0020	1.33	

Tablo 1 - 100 metre uzunluğundaki hava yollarının dirençleri (murg).

REFERANSLAR

1. GÜNEY.M., GOYAGÜLER.T.
Havalandırma Şebekelerinin Analizi İçin Komputer Programı ve Zonguldak Havzası Yeraltı Ocaklarına Uygulanması, 1975.
2. ATKINSON, J.J.,
On the Theory of the Ventilation of Mines Trans, N. Engl. Inst. Min. Engrs. 3, 118, 1854-5,
3. MAAS, W.
An Electrical Analogue for Mine Ventilation and Its Application to Ventilation Planning Geol. Mijnbouw, The Hague, 12, N.S., 117, 1950.
4. SCOTT, D.R., HUDSON, R.F. ve HINSLEY, F.B.
A Calculator for the Solution of Ventilation Network Problems
Trans. Inst. Min. Engrs., 112, 623-637, 1952*1953.
5. Mc. ELROY.G.E.
A Network Analyzer for Solving Mine Ventilation Distribution Problems
Bureau of Mines IC. 7704, 13 p. Nov. 1954.
6. CROSS, H.
Analysis of Flow In Networks of Conduits or Conductors
Bull. ill. Engng. Exp. Sta. No: 286, Urbana, 29., p. 1936.
7. CUNDALL, P.A., ERGON, I.
Havalandırma Şebeke Hesapları Komputer Programının Kullanma Talimatnamesi
8. GUYAGULER.T.
Ocak Havalandırması
EKİ "de düzenlenen kurs notları, Aralık 1977.