

OAL Kömür Ocaklarında Ocak Havasının Psikrometrik Özelliklerinde Görülen Değişimin İncelenmesi

Investigation of Psychrometric Changes of Mine air at
OAL Coal Mines

Tevfik GÜYAGÜLER *
Ümit Yaşar ÖNDER **

ÖZET

Bu çalışmada O.A.L. Kömür ocaklarında sıcaklık-rutubet kontrolüne ilişkin olarak yapılan ölçüm değerleri kullanılarak ocak havasının psikrometrik özellikleri ocağın değişik yerleri için hesaplanmıştır.

Havalandırma işleminde karşılaşılan psikrometrik olaylar saptanmış, herbir ayak ve tüm ocak için ocak havasında görülen psikrometrik değişimler incelenmiş ve çalışmaya ilişkin bazı sonuçlar çıkarılmıştır.

ABSTRACT

In this paper, the psychrometric properties of mine air at different places has been calculated by using the measurements done for heat and humidity control purpose at O.A.L. Coal mine.

The psychrometric processes occur in mine ventilation were determined, the psychrometric changes of air in the faces, and major air paths were investigated and at the end some related conclusions were drawn.

(*) Doç.Dr., Maden Yük.Müh., O.D.T.Ü.Maden Müh.Böl.,ANKARA

(**)Araş.Gör.,Maden Yük.Müh., O.D.T.Ü.Maden Müh.Böl.,ANKARA

1. GİRİŞ

Ocak havalandırmasında amaç; yeraltında güvenli ve rahat çalışma koşullarını sağlamaktır. Bu amaca, ancak gerekli kontrollerin yapılması ve görülen aksaklıkların giderilmesi ile ulaşılabilir.

Havanın nitelik (zararlı toz ve gaz kontrolü), nicelik (yeterli havanın sağlanması) ve sıcaklık-rutubet kontrolü modern yeraltı madenciliğinde uygulanmakta olan kontrol yöntemleridir(1).

Bu çalışmada O.A.L. kömür ocaklarında sıcaklık-rutubet kontrolüne ilişkin yapılan ölçümlerden yararlanılarak, ocak havasının psikrometrik özellikleri, hazırlanan bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmış, ocak havasının karşılaştığı psikrometrik işlemler ve bunların havalandırmadaki etkileri araştırılmıştır.

2. OCAK HAVASINDAKİ PSİKROMETRİK DEĞİŞMELER

Genel anlamda "Psikrometri" nemli havanın özelliklerini araştıran bilim dalı olarak tanımlanır(2). Değişik oranlarda nem içeren ocak havası ocak içinde sıkışma, genleşme, ısınma-soğuma, subuharı artışı-eksilişi gibi fiziksel işlemler sonucu bazı değişikliklere uğrar. Havanın psikrometrik özelliklerinde görülen bu değişiklikler bazı durumlarda ocak havalandırmasında büyük sorunlar yaratmaktadır.

2.1 Psikrometrik Özellikler

Psikrometrik özellikler denildiğinde akla havanın kuru sıcaklığı (t_{kj}), yaş sıcaklığı (t_w), barometrik basınç (P), özgül hacim (v), entalpi (h), sigma ısı (S), bağıl nem (ϕ) ve özgül nem içeriği (ASH) gelmektedir.

Nemli ocak havasının psikrometrik olarak durumunu saptamak için en az üç özelliği bilinmelidir. Pratikte, ölçülmesi kolay olması nedeniyle, bu üç özellik kuru ve yaş sıcaklıklar ile barometrik basınç olmaktadır.

Bu çalışmada ocak havasının diğer özellikleri bu üç özelliğin ölçülmesi ve bu değerlerin hazırlanmış olan bilgisayar programında kullanılması sonucu elde edilmiştir. Özelliklerin hesaplanmasında kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir.

Karışımın özgül hacmi; 1 kg. hava-subuharı karışımının kapladığı hacim olup aşağıdaki eşitlikten hesap edilir (2).

$$v_k = \frac{0.287(273+t_d)}{P-0.378*e} \quad m^3/kg \text{ karışım} \quad [1]$$

Karışımın (nemli hava) yoğunluğu özgül hacmin tersi olmaktadır.

$$w_k = \frac{1}{v_k} \quad kg/m^3 \quad [2]$$

Özgül nemlilik (ASH) birim ağırlıktaki (kg) hava içindeki su buharı miktarı olup aşağıdaki eşitlikten hesap

edilir.

$$\text{ASH} = \frac{622e}{P-0.378e} \quad \text{g(subuharx) /kg(karışım)} \quad [3]$$

Havanın nem içeriği mutlak < bağıl) nem (%) olarak şöyle gösterilir.

$$\phi = \frac{e}{e_{gd}} * 100 \quad [4]$$

Burada, e = Mevcut su buharı basıncı, kPa

$e_{g\{}$ = Doymuş haldeki su buharı basıncı, kPa

Karışımın entalpisi hava ve su buharı entalpilerinin toplamına eşittir. Havanın entalpisi duyulur ısıya eşittir ($C_{pa} * T_d$). Su buharının entalpisi ise duyulur (sensible) < $C_w t_w * \text{ASH}$) ve gizli (latent) ısısı ($r_{tw} * \text{ASH}$) değerlerinin toplamına eşittir(2).

Burada: C_{pa} = Havanın ısısal kapasitesi, (1.005kJ/kg°C)

C_w = Suyun ısısal kapasitesi, (4.187kJ/kg °C)

ASH = Görünür özgül nem, g(subuharı)/kg(hava)

r_{tw} ~ Buharlaştırmanın gizli ısısı ve subuharının

yaş sıcaklıkta yoğunlaşması, (kJ/kg)

$c_{pw} = su$ buharının ısısal kapasitesi,

(1.884kJ/kg°C)

Bu durumda karışımın toplam entalpisi;

$$H = C_{pa} T_d + C_w t_w \text{ASH} + r_{tw} \text{ASH}$$

olmaktadır.

Bazen entalpi yerine kullanılan sigma ısısı; entalpi değerinden sıvı ısısı çıkartılarak elde edilir (3).

Nemli havanın özellikleri yukarıda verilen formüller

kullanılarak bulunabildiği gibi değişik basınçlar için hazırlanmış olan "Psikrometrik Diyagram" lar kullanılarak da bulunabilir.

2.2 Psikrometrik İşlemler

Bütün sıcaklık-rutubet kontrol işlemlerini psikrometrik diyagramlar üzerinde göstermek olasıdır. Diyagram üzerinde iki ayrı duruma ait noktaları birleştiren her doğru bir işlemi temsil eder.

Ocak havasının ısı değişimi havalandırmada en çok rastlanan psikrometrik bir işlemdir. Ocak havasındaki bu ısı değişiminin iki bileşeni duyulur q_s (sensible) ve gizli q_x , (latent) ısı olarak tanımlanır. Başka bir deyişle toplam ısı q , q_s ve q^x değerlerinin toplamına eşittir (1,2).

Kuru sıcaklıktaki değişim duyulur ısı değişimini; özgül nemdeki değişim ise gizli ısı değişimini temsil etmektedir. Şekil (1a) da görülen yatay çizgi duyulur ısı değişimini (soldan sağa doğru ısınma, sağdan sola doğru soğuma işlemidir); dik çizgi ise gizli (latent) ısıdaki değişimi (aşağıdan yukarıya doğru nem artışını, aşağıya doğru nemin azalma işlemidir) belirler (1,2).

Bu durumda ısınma işleminde duyulur ısı artış miktarı

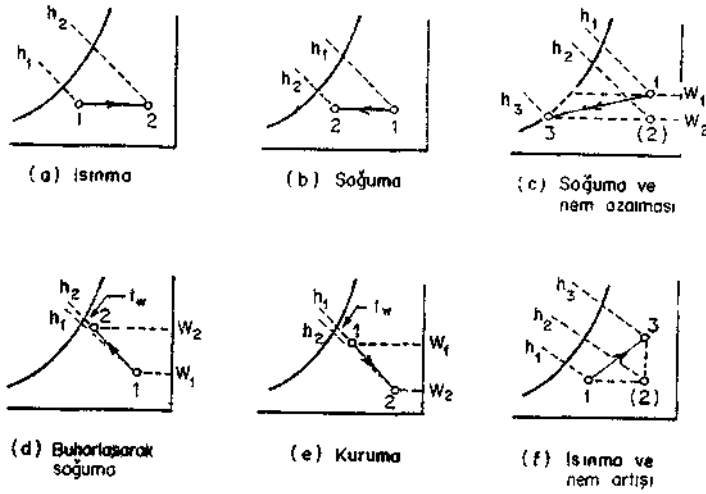
$$q = q_s = G(h_2 - h_1) \quad [5]$$

soğuma işleminde ise ısı kaybı

$$g = q_s = G (h_2 - h_1) \quad [6]$$

olmaktadır (Şekil 1a ve 1b) .

Ocak havalandırmasında genelde bu işlemlerin birkaçı birlikte oluşur. Bu tür işlemler diagram üzerinde diagonal şekilde gösterilir (Şekil 1c, 1d, 1e, 1f) .



Şekil 1 . Psikometrik İşlemler

Şekilden de görüldüğü gibi q_s ve q^h değerleri birlikte değişmektedir, örneğin soğuma ve nem azaltma işlemleri birlikte olduğunda (diyagramda sol-aşağı) ısı ve nem değişimi şöyle olur.

Isı değişimi;

$$q_s = G (h_2 - h_3)$$

$$q_L = G (h_1 - h_2)$$

$$q = q_s + q_L = G (h_1 - h_3)$$

[7]

Nem değişimi;

$$G_w = G (W! - w_3) \quad [8]$$

Buharlaşarak soğuma işleminde havaya su buharı ilavesi ile duyulur ısının gizli ısıya dönüşmesi sağlanır < diagramda sol-yukarı). Isı alış verişi olmadığı için ısı miktarı yaklaşık ($q_a + q_L$) sabit kalmakta, nem miktarı ise daha önce belirtildiği şekilde hesaplanmaktadır. Şekilde gösterilen kuruma ile ısınma-nemlendirme işlemleri yukarıda anlatılan işlemlerin tersi olmaktadır.

3. O.A.L.' DE OCAK HAVASININ PSİKROMETRİK ÖZELLİKLERİ

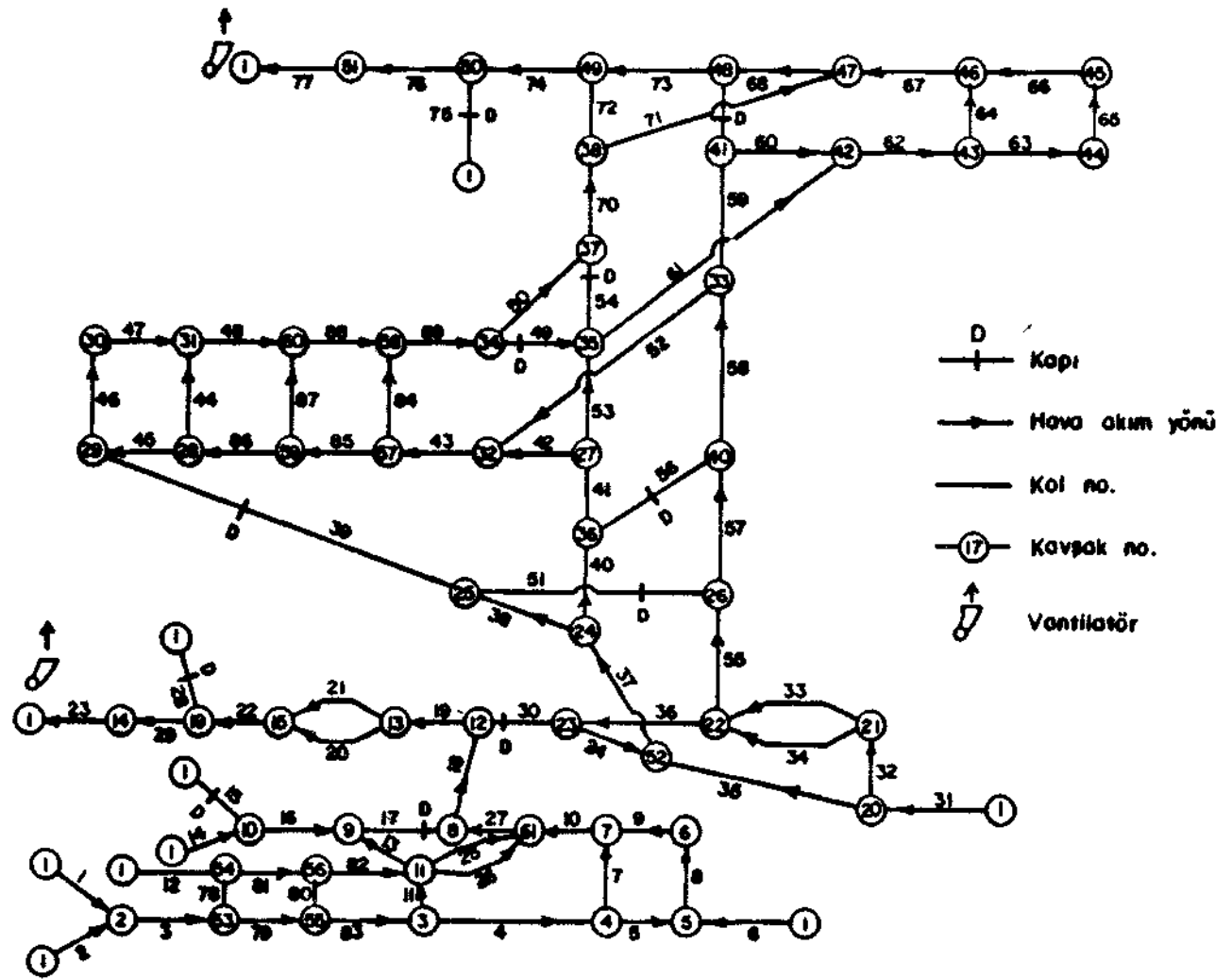
3.1 ölçümler

Sıcaklık-rutubet kontrollerine ilişkin ölçümler, O.A.L. Kömür ocakları havalandırma şebeke analizi için hazırlanmış olan çizgisel diyagramda gösterilen kavşaklarda yapılmıştır (Şekil 2) (4).

O.A.L. yeraltı ocaklarında yapılan ölçümlerde kuru vt yaş sıcaklıklar döndürmeli higrometre (psikrometre) ile, basınç ölçümleri ise Barolux tipi barometre ile yapılmıştır.

ölçüm yapılan yerlerde ocak havasının psikrometrik özellikleri bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmıştır(4).

Burada sadece ayaklardan geçen havanın psikrometrik özellikleri, değişiklikleri irdelemek amacıyla, verilmiştir (Çizelge 1).



Sekil 2 - Oal yeraltı ocakları fiziksel diyagramı

Çizelge 1: Ayaklardan Geçen Havanın Psikrometrik Özellikleri

Ayak Adı (Kol no.)	Baş. Bitiş Kavş.	Özgül hacim (nT/kg)	Özgül nem (g/kg)	Bağıl nem < %)	Entalpi (kj/kg)
A01 üst Ayak (64)	43	0.924	11.81	87.25	47.21
	46	0.944	16.23	93.30	62.46
A01 Alt Ayak (65)	44	0.926	12.68	91.79	49.73
	45	0.939	15.39	94.82	59."17
AO2 Manual Üst Ayak (44)	28	0.903	11.19	83.69	45.85
	31	0.909	12.19	85.75	49.29
AO2 Manual Alt Ayak (46)	29	0.905	12.27	88.29	49.21
	30	0.915	14.59	95.38	56.53
A02 üst Ayak (84)	57	0.901	10.71	86.78	43.31
	58	0.916	13.66	92.03	59.66
A02 Alt Ayak (87)	59	0.903	11.97	91.62	47.42
	60	0.921	15.09	94.79	58.41
A13 üst Ayak (7)	4	0.880	11.92	88.18	48.31
	7	0.884	12.08	83.39	49.86
A13 Alt Ayak (8)	5	0.896	14.69	85.99	59.16
	6	0.896	15.72	86.31	62.91

4. SONUÇLARIN İRDELENMESİ

Sonuçların irdelenmesi iki bölümde yapılmıştır. Birinci bölümde ocak havasının ayaklardaki durumları incelenmiş, ikinci bölümde ise ocak havasının ocağa giriş-çıkış arasında nasıl bir değişikliğe uğradığı incelenmiş

ve havalandırma yolu ile ocaktan dışarı taşınan ısı ve su miktarı (subuharı olarak) saptanmıştır.

Pratik hesaplamalarda ocak içinde iki nokta arasındaki ısı artışı doğrudan entalpi farkının kütle çıkış miktarı ile çarpılmasıyla bulunur(1). .

$$q = G(h_2 - h_1) \quad [9]$$

Burada q = iki nokta arasındaki ısı farkı, Kw

G = Kütle akışı, kg/s

h = Entalpi, kJ/kg * dır

Ocak havasına karışan subuharı miktarı (kg/s) ve özgül nemliliğe (g/kg) bağlı olarak aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$G_w = G(w_2 - w_1) \quad [10]$$

Burada w özgül nem başka bir deyişle havanın nem içeriğidir

4.1 Ayak Havaasının Özellikleri

Havanın ayak giriş ve çıkışındaki psikometrik özellikler Çizelge 1* de verilmiştir.

Çizelge 1* deki değerlerden yararlanılarak ayakta ocak havasına ilave edilen ısı ve subuharı miktarı hesaplanmıştır. Ayrıca toplam ısının bileşenleri olan duyulur (q_s) ve gizli ($q^$) ısı miktarları çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2: Ayaklarda Isı ve Subuharı İlavesi

Ayak Adı	Kütle Akışı kg/s	Duyulur Isı kW	Gizli Isı kW	Toplam Isı kW	Subuharı İlavesi g/s
A01 üst Ayak	7.794	25.72	88.07	113.79	38.19
A01 Alt Ayak	7.627	19.07	59.49	78.56	20.59
A02 üst Manuel	5.762	14.98	10.37	25.35	5.76
A02 Alt Manuel	9.390	16.90	48.83	65.73	21.60
A02 üst Ayak	6.768	16.24	50.08	66.32	20.30
A02 Alt Ayak	3.834	7.28	27.31	34.59	9.41
A13 üst Ayak	10.585	10.59	21.17	31.76	2.12
A13 alt Ayak	10.637	12.76	31.91	44.67	10.64

Çizelgeden görüldüğü gibi A01 üst ayakta en fazla ısı ve subuharı ilavesi olmaktadır.

4.2 Ocağın Genel Durumu

Ocak havasının subuharı içeriği ile entalpisini incelemek için ocak giriş çıkışı arasında (havanın ayaklardan geçtiği) iki ayrı yol belirlenmiş ve bu yollar üzerindeki hava kolları göz önüne alınmıştır. Çizgisel diagram üzerindeki kol numaraları ile belirlenmiş olan

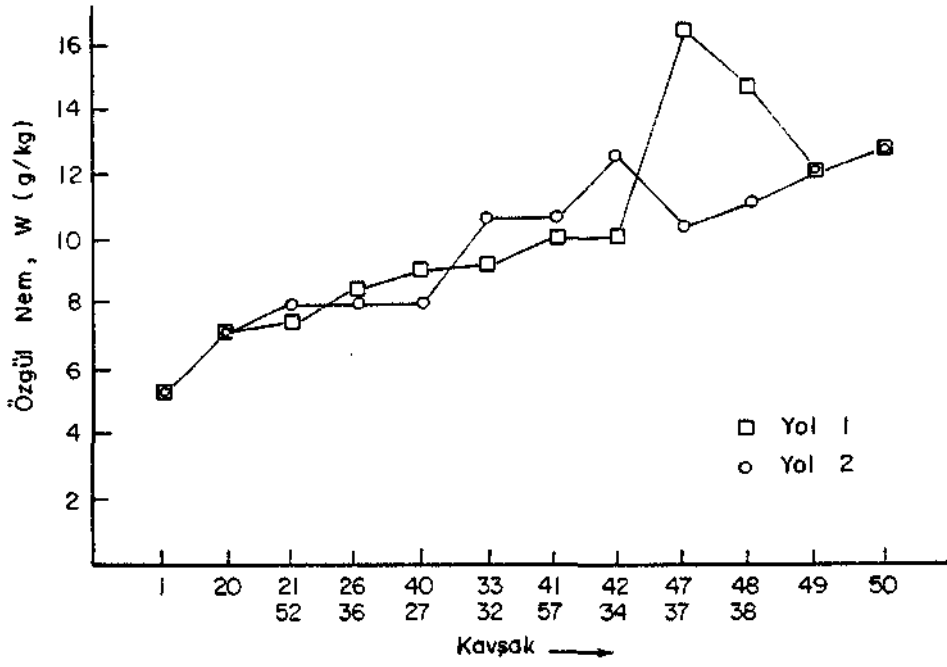
hava yollarının özgül nem içeriği ile entalpi Çizelge 3 de verilmiştir.

Çizelge 3: Yollar (1 ve 2) için özgül Nem ve Entalpi Değerleri

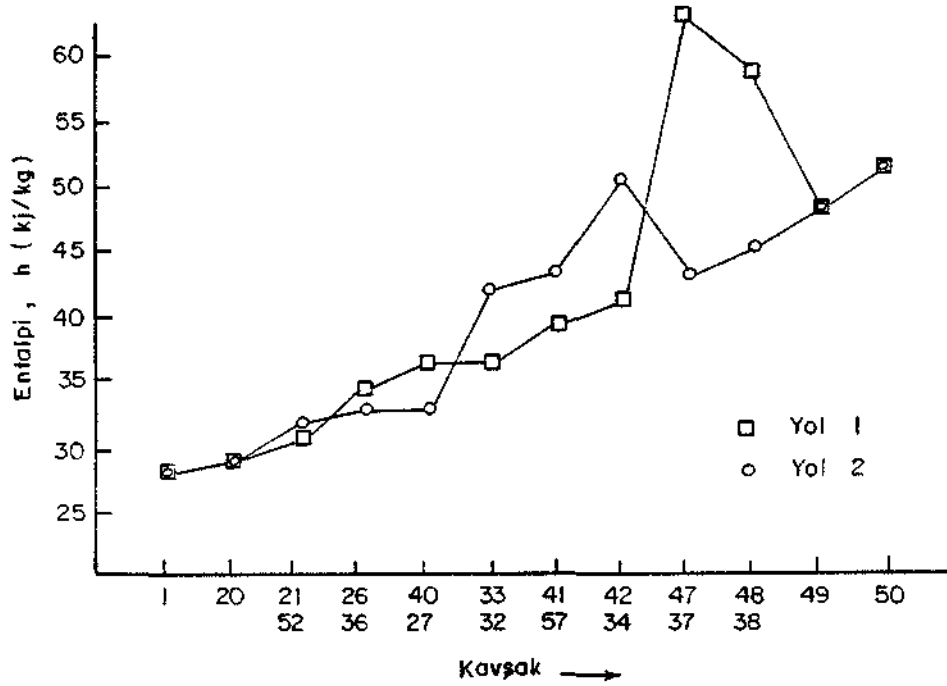
1. Yol Kol No.	Özgül Nem <g/kg)	Entalpi <kj/kg)	2. Yol Kol No	Özgül Nem (g/kg)	Entalpi <kj/kg)
1	5.22	28.3	1	5.22	28.3
20	7.12	29.1	20	7.12	29.1
21	7.56	30.5	52	7.83	32.0
26	8.53	34.4	36	8.11	32.7
40	9.07	36.3	27	9.00	32.8
33	10.14	36.4	32	10.82	42.4
41	10.14	39.6	57	10.72	43.3
42	16.50	41.3	34	12.85	50.2
47	15.65	63.1	37	10.52	42.8
48	15.05	58.9	38	10.98	44.6
49	12.35	48.1	49	12.35	48.1
50	13.23	51.3	50	13.23	51.3

Belirlenen bu yollarda oluşan subuharı ve entalpi değişimleri Şekil 3 a ve b' de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Bu şekillerden görüldüğü gibi, hava giriş ve çıkış arasında ocak havasının subuharı içeriği ve entalpi

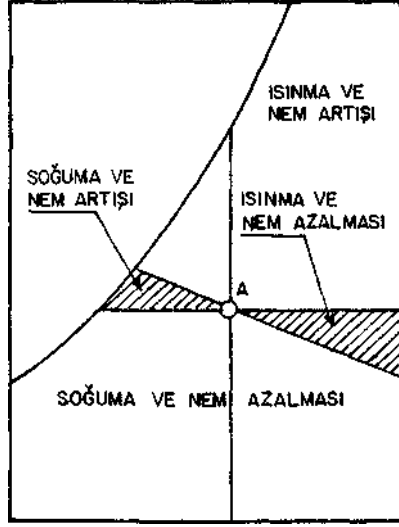


Şekil 3a . Belirlenen iki yolda nem içeriği değişimi



Şekil 3b iki ayrı yolda ısı içeriğinin (entalpi) değişimi

miktarlarında devamlı bir artış eğilimi vardır. Başka bir deyişle psikrometrik işlem, diagram üzerinde üst istikamete doğru (ısınma ve nem artışı zonu) oluşmaktadır (Şekil 4) .



Şekil 4 İşlemlerin diaqram üzerinde gösterilmesi

Giriş-çıkış arasında eklenen ısı ve nem miktarları aşağıda hesaplanmıştır.

	Giriş Kavşağı (1)	Çıkış Kavşağı (50)
Entalpi	28.3 kJ/kg	51.6 kJ/kg
özgül Nem	5.2 g/kg	13.2 g/kg
özgül Hacim	0.87 m ³ /kg	0.93 m ³ /kg

Toplara hava miktarı 3390 m³/dakika ve ortalama özgül hacim 0.9 m³/kg kütle akış miktarı:

$$G = \frac{Q/60}{v_{ort}} = \frac{3390/60}{0.9}$$

G = 62.78 kg/s olur.

Eklenen toplam ısı :

$$\begin{aligned} q &= G (h_2 - h_x) \\ &= 62.78(51.6-28.3) \\ &=1462.77 \text{ kW} \end{aligned}$$

Eklenen Toplam subuharı:

$$\begin{aligned} W &= G (W_2 - W_1) \\ &= 62.78 (13.2 - 5.2) \\ &= 502.24 \text{ g/s} \quad \text{olmaktadır.} \end{aligned}$$

Ocak havasına eklenen 1462.77 kH ısı ve 502.24 g/s subuharı, havanın diğer psikrometrik özelliklerini şöyle etkilemektedir.

	Giriş	Çıkış
Kuru Sıcaklık, $t^{\circ} \text{C}$	15.0	18.0
Yaş Sıcaklık, $t_w, ^{\circ} \text{C}$	9.1	17.2
Subuharı Basıncı, P_v, kPa	0.79	1.91
Bağıl Nem, $\phi, \%$	46.53	92.78
Yoğunluk, kg/m^3	1.15	1.09

Yukarıdaki değerlerdende anlaşılacağı gibi yoğunluk hariç (subuharı ilavesi hava yoğunluğunu azaltmıştır) diğer özelliklerde artış görülmüştür.

5. SONUÇ

O.A.L. yeraltı ocaklarında yapılan bu araştırmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

i. Ayaklarda ve ocak giriş çıkışı arasında belirlenen iki ayrı yolda gözlenen psikrometrik işlem "İsmma-nem artışı" olarak belirlenmiştir.

ii. Ocaktan havalandırma yolu ile dışarı taşınan nem' ve ısı miktarları sırasıyla saniyede 502.24 g ve 1462 kJ olarak hesaplanmıştır.

iii. Ocak giriş çıkışı arasında kuru sıcaklık 15 C'dan 18°C'a, yaş sıcaklık 9.1°C'dan 17.2°C'a ,bağıl nem ise % 46.5 den % 93'e yükselmiştir. Yaş sıcaklıktaki büyük artış ocak havasına subuharı eklenmesiyle olmuştur.

iv. Ölçümlerin yapıldığı süre içinde ocak havası psikrometrik özellikler açısından herhangi bir olumsuzluk göstermemektedir.

v. O.A.L. ocakları, fazla derinlere gitmemesine karşın, ocaktaki su miktarının artması halinde yaz aylarında bazı psikrometrik sorunlarla karşılaşması olasıdır. Bu sorunların en önemlisi kuru ve yaş sıcaklık ve hava hızından yararlanılarak hesaplanan ve doğrudan çalışma verimini etkileyen "Etkili Sıcaklık" olacaktır.

KAYNAKLAR

1. **HARTMAN, H.L.**, " Mine Ventilation and Air Conditioning",
Ronald Press, New York, 1982.
2. BARENBURG, A.W.T., " Psychrometry and Psychrometric
Charts ", 3rd. edition, Chamber of Mines of
S.Afr., Cape and Transvaal Printers Ltd., Cape
Town. *
3. LE ROUX, W.L., " Mine Ventilation Notes for Beginners",
3rd.edition. The Mine Vent. Soc. of S.Afr.,1979.
4. ÖNDER, Ü.Y., " Ventilation Network Analysis and
Calculation of Psychrometric Properties of Mine
Air in O.A.L. Cayirhan Coal **Mine** ", O.D.T.Ü.,
Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Şubat 1989.

