

BİLDİRİLER

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
me Sixth coal Congress of TURKEY

MADENLERDE MEKANİZE KAZI İÇİN BİR ÖLÇME SİSTEMİNİN
GELİŞTİRİLMESİ VE AMASRA KARBONİFER HAVZASINA UYGULANIŞI

THE DEVELOPMENT OF A ROCK CUTTING RIG FOR RAPID
EXCAVATION SYSTEMS AND ITS APPLICATION TO AMASRA COALFIELD

Nuh BİLGİN*
Kourosh SHAHRIAR**

ÖZET

Bu çalışmada madenlerde mekanize kazı için bir ölçme sisteminin geliştirilmesi amacı ile bir plânya, piezoelektrik dinamometre, yük ve galvo amplifikatörü, u.v. kayıt edici bir araya getirilerek bir kazı seti oluşturulmuş ve ölçme sistemi çeşitli defalar kalibre edilmiştir.

Ölçme sisteminin Amasra Karbonifer Havzasına uygulanması amacı ile, buradan karot ve blok numuneler alınmış üzerlerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Kesme deneyleri sonucu, formasyonlar kendi aralarında kazılabilirliklerine göre sınıflandırılmış ve bu formasyonlar için en uygun mekanize kazı sistemleri tavsiye edilmiştir.

ABSTRACT

A rock cutting rig has been designed and realized in order to investigate the mechanical cutting of rock materials and to select the best suitable tunnelling machines and rapid excavation systems. A shaping machine, a piezoelectric force transducer, charge and galvo amplifiers, u.v. chart recorder have been used for this purpose. Satisfactory calibration results have been obtained prior to rock cutting experiments.

In the second stage of this investigation, rock cutting experiments, physical and mechanical tests were carried out on different core and block samples taken from different areas of Amasra Coalfield.

(*) Doç.Dr. Maden Müh.t.T.D.Maden Fak. Maden İşletme Anabilim Dalı

(**) Yük. Maden Müh. İ.T.U. Maden Fak. Doktorant.

1. GİRİŞ

Demir çelik endüstrisi için hayati önemi olan taşkömürü Türkiye'de sadece Zonguldak Kömür Havzası'nda üretilmektedir. Bu endüstrinin gelecekteki ihtiyacının karşılanması için halen yıllık üretilen kömürün birkaç kat daha fazlasını çıkar¹mak gerekecektir. Bu da hazırlık galerinin büyük bir hızla açılması ile mümkün olabilir. Havza'da ortalama galeri ilerlemeleri günde 0.8 m'dir. Halbuki modern teknolojiye tam mekanize galeri açma makineleri ile 9-10 m. günlük ilerlemeler olağan karşılanmaktadır.

Galeri ilerlemelerinde en fazla kullanılan kazı makineleri kısmi capheli galeri açma makinalarıdır. Bunlar tam cephe galeri açma makinelerine göre daha hafif, kolay taşınabilir ve daha ucuzdurlar. Bu yöntemin sakıncalı bir tarafı makine kazılacak formasyona göre seçilmez ve tasarımılandırılmazsa kazının büyük problemler çıkarmasıdır. Nitekim bu problemlere Orta Anadolu Linyitleri işletmelerinde rastlanmış, bazı makineler uygulamaya koyulduktan sonra üzerlerinde bazı değişiklikler yapılmıştır (1, 2,3). Soruna en rasyonel yaklaşım geçilecek formasyonlardan karot veya blok numuneler alınması, bu numunelerin laboratuvarında elektronik Ölçme cihazlarıyla donatılmış bir deney setinde kesilmesidir. Deney sırasında kesici uca gelen kuvvetler ve birim hacimdeki kayacı kesmek için gerekli spesifik enerji ölçülmektedir. Kullanılan kazı sistemi karmaşıktır ve kullanılması için eğitilmiş elemana ihtiyaç vardır bu nedenle Avrupa ve Amerika'nın sadece birkaç araştırma merkezinde vardır. Bazı araştırmacılar spesifik enerjiyi dolaylı yöntemlerle tahmin etmenin mümkün olduğunu öne sürmektedirler, fakat verilen ampirik bağıntılar sadece belirli şartlarda geçerlidir ve genelleştirilemez (4,5,6). Yukarıda sözü edilen kesme deney seti ile maden ocaklarında mekanize kazının nasıl ve ne şekilde uygulanacağına dair rasyonel bilgiler elde edilir. Ayrıca bu sistemle kazı mekaniği biliminin gelişmesine büyük katkılar sağlanmaktadır (7). Mekanize kazıya hükmeden kurallar nelerdir, hangi formasyonlarda hangi tip kes-

kiler optimum neticeler verecektir, keskilere aşınmaları nasıl gelişmektedir? Bu sorulara cevap ancak formasyonlardan alınan numunelerin laboratuvarında değişik deney şartlarında kesme deneylerine tutulması ve keski davranışlarının incelenmesi ile bulunabilir. Yukarıda verilen bilgiler ışığında, Tübitak Mühendislik Araştırma Grubunun desteklediği bir proje yardımı ile yukarıda sözü edilen kazı seti kurulmuş ve Amasra Karbonifer Havzasındaki bazı formasyonlara uygulanmıştır.

2. MADENLERDE MEKANİZE KAZI SİSTEMLERİNİN SEÇİMİNDE KULLANILMAK ÜZERE BİR ÖLÇME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

2.1. Sistem Tasarımında Göz Önüne Alınması Gereken Hususlar

Belirli bir formasyonda kazı yapacak bir galeri açma makinasının verimliliğini önceden tahmin edebilmek için; kesme derinliği, keski arası mesafe vs. gibi parametrelerin etkilerini incelemek ve bunlara bağlı olarak birim hacimdeki kayacı kesmek için gerekli enerjinin laboratuvarında ölçülmesi, amaca uygun en iyi yöntem olarak kabul edilmektedir. Daha önce yapılan çalışmalar bu şartlara uygun ölçme sisteminin aşağıdaki hususları yerine getirmesi gerektiğini ortaya koymuştur (8,9). Bu şartlar şöyle sıralanabilir;

- a) Kesici uç ve kuvvet dinamometresi yekpare yapılmamalıdır, keski aşınmasının ve keskinin geometrik özelliklerinin etkisini incelemek üzere, uç dinamometreye kolaylıkla takılıp çıkarılmalıdır.
- b) Dinamometre en az 1 ton kapasiteli olmalı üç yönde ki kuvvetler ölçülebilmelidir.
- c) Kesici uca gelen kuvvetler ölçülürken dinamometrenin tabii titreşim frekansının bilinmesi gerekir. Kesme işlemi parçalar numuneden koparak devam eder (chipping), dinamometrenin tabii frekansının bu kopma frekansından çok daha fazla olma-

sı gerekir, aksi taktirde rezonans olayı meydana gelir ve hatalı ölçüm yapılır.

- d) Kazı esnasında 9 m/dak'lık kesme hızında 150 pik/saniyelik, 30 m/dak'lık bir hızda ise 250 pik/saniyelik frekans ölçülmüştür. Bu da seçilecek ölçme sisteminin 250 Hz'den daha fazla cevap verme özelliğine sahip olması gereğini getirmektedir.
- e) En gelişmiş kalemlı kaydediciler ancak 100 Hz'e kadar, optik kaydediciler ise kullanılan glavanometreye bağılı olarak 10 kHz'e kadar cevap verebilirler, bu nedenle kesme deneyleri için Ultra viole kaydediciler en uygun cihazlardır.
- f) Çalışma masası aşağı yukarı, sağa sola hareket ettirilebildiğinden, sözü geçen deneyler bir pianya ile kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Seçilen plânyanın stroku 50 cm'den az tahrik gücünün ise 9 kw dan az olmaması gerekir.

2.2. Plânya'nın Seçimi

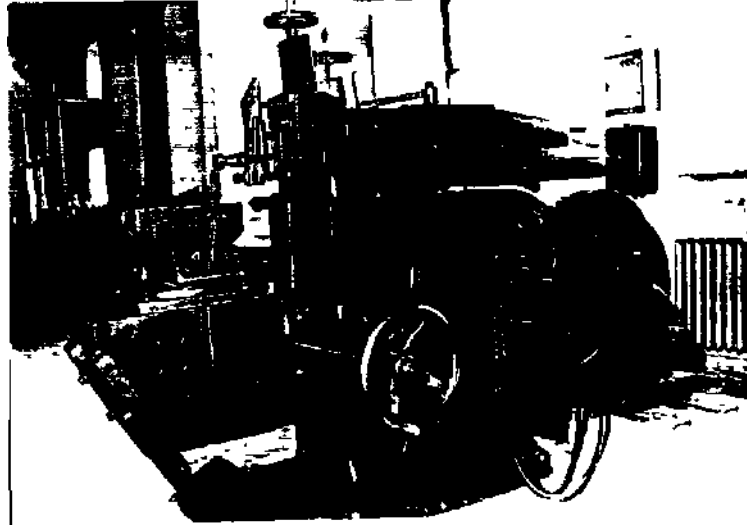
Yukarıda söz edilen Özelliklere sahip bir pianya Türkiye Taşkömürü Kurumu ile yapılan bir anlaşma çerçevesinde İ.T.Ü.ne hibe edilmiştir. Knopp markadır ve 18 kw'lık bir SIEMENS elektrik motoruyla tahrik edilmektedir. Kesme kafasının hareketi bir kayış-kasnak mekanizması ile olmakta ve kafanın gidip gelme hızı 10 ile 75 sefer/dakika arasında değiştirilebilmektedir. Çalışma masası herhangi bir ebatla karot numuneyi ve 30x40x50 cm. ebadında bir bloğu alabilecek şekildedir. Pianya aşağıdaki Şekil: 1'de ayrıntılı görülmektedir.

2.3. Ölçü ve Kayıt cihazları

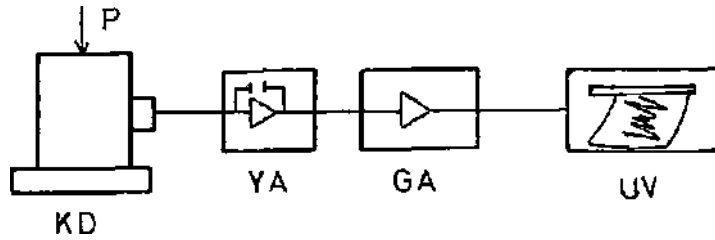
Seçilen sistem aşağıdaki Şekil: 2'de özetlenmiştir.

Şekil 2'de gösterilen Ölçü elemanları aşağıdaki gibi tarif edilebilir.

KD : Kistler Marka 9257 A tipi piezoelektrik kuvvet dinamo - metresi. Üç yöndeki kuvvetleri elektrik yüküne dönüştürür.



Şekil:1. Kesme Deneylerinde Kullanılan Plânya



Şekil: 2. Kesme Deneyleri için Kullanılan ölçü ve Kayıt Sistemi

- YA: Kistler Marka 5001 tipi yük amplifikatörü, elektrik yükünü volta dönüştürür.
- GA: Kistler Marka 5211 A tipi galvo amplifikatörü, voltajı elektrik akımına çevirir.
- UV: Bryans Marka ultra viole kaydedici. Burada galvometreler gelen akıFa bağlı olarak kuvvet değışinanJ ultra-viole ışına hasaas kağıt üzerine yansıtır.

3. AMASRA KÖMÜR BÖLGESİNDEN ALINAN NUMUNELERİN TANITILMASI

3.1. Amasra Kömür Bölgesinin Tanıtılması

Bartın-Amasra Taşkömür Havzası, Karadeniz Ereğlisi'nden İnebolu'ya kadar uzanan Türkiye Taşkömür Havzasının doğu kanadını teşkil etmektedir. Halen bu sahanın kuzey kısmında Amasra'da kurulu tesisten günde 1400 t. üretim yapılmaktadır ve üretimin arttırılması için hazırlıklar tamamlanmak üzere-dir. A ve B bölgelerinde mümkün, muhtemel ve görünür olarak 420.000.000 t. taşkömürü mevcuttur. Bölgede Paleozoyik (Karbonifer - Permiyen), Mezozoyik (Kretase). Tersiyer (Paleosen-Eosen) ve Kuvaterner yaşlı çökeller yer almaktadır. Jeolojik durum Şekil: 3'de özetle gösterilmiştir.

3.2. Karot Numunelerin Tanıtılması

Laboratuvarda gerçekleştirilen kesme deneyleri bir blok numune hariç 635 mm. çapındaki karotlar üzerinde yapılmıştır. Bu numuneler X=1344.471; Y= 44 951.88; Z=154.32 koordinatlarına sahip P 1 nolu sondaja aittir. Bu sondajın kestiği jeolojik yaş birimleri ise; 189.90 (m)'ye kadar üst Kretase'ye ait Meastrichtien 367 (m)'ye kadar Kampanien, 394 (m)'ye kadar Santonien ve Koniasien, 402 (m)'ye kadar Turonien 418 (m)'ye kadar Senomanien 1075 (m)'ye kadar Baramien'dir, buradan sonra da üst karbonifere girilmektedir, üzerlerinde kesme deneyleri yapılan karotların bazı mekanik özellikleri Çizelge:1'de özetlenmiştir.

4. YENİ KURULAN SİSTEMLE LABORATUVARDA YAPILAN KESME DENEYLERİ

4.1. Ölçme Yöntemi ve Neticelerin Değerlendirilmesi

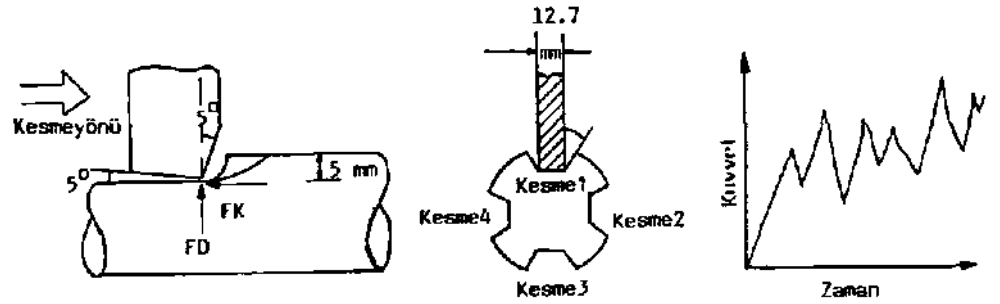
Kesme deneyleri daha önceki bölümlerde geniş olarak anlatılan planya, piezoelektrik kuvvet dinamometresi, şarj ve galvanometre amplifikatörü, ultraviyole kaydediciden oluşan kesme deney setiyle gerçekleştirilmiştir. 18 kw gücünde bir elektrik motoruyla tahrik edilen plânyanın kesme kafası elle

Y A Ğ		Kalınlık (m)	Yaklaşık Yaş	LİTOLOJİ	ÖZELLİKLER		
KUVATERNER							
T E R S İ Y E R	Eosen	Lutasyen			Abşyan, Diskordans, Tullu, Kumtaşı, Kumlu Kireçtaşı, Kumtaşı, Kilitli		
		Igazyen		100-200	Kumlu Kireçtaşı, Globigerinli Kireçtaşı		
	Paleosen			100-150	Silex, Kumlu Kireçtaşı		
U S T K R E T A S E	Mastrihtiyen			1500	Tül, İncaçamas'lı, Bol Fosil Kireçtaşı		
	Komaniyen			800	Tül		
	Santoniyen				Aglomera		
	Koniasiyen				Ardevil, Tül		
Türaniyen			100	Göbolguncana'lı beyaz-pembe kireçtaşı			
A L T K R E T A S E	Sensandriyen			150-160	Uyumsuz Şerh, Fank, Kristalin Kireçtaşı, Glaukonit Kireçtaşı, Mol' Marn, Kumlu Marn		
	Albiyen				Kumtaşı, Kireçtaşı, Kumlu Kireçtaşı, Çakıllı		
	Ust Apalyen				Debardana		
	Alt Apalyen			1500	Kırmaç, Yeşil Kumtaşı-Şeyl		
PERMİYEN		Ardıçdere					
K A R B O N İ F E R	Stenoniyen veya Westaliyen	KARADON	E		150-160	Yeşil-Kırmızı Kireçtaşı, Bantlı Şeyl	
			D		500	Silex, Kumtaşı, Çakıllı	
	C			230	Kömürce Zengin Kumtaşı, Silttaşı, Kilitli (refraktör Mırmır)		
	Westaliyen	B			200	Kömürce Zengin, Kilitli, Silttaşı, Kumtaşı	
		A			200-300	Kömürce Zengin, Silttaşı, Kumtaşı, Çakıllı	
	Hemürsüyen	ALACAĞZI	C			300-600	Kumtaşı ve Şeyl
			B				Kömürce Zengin
			A				Kömürce Zengin
	Vixen		D			1250	Bol Fosil Kireçtaşı ve Şeyl
			D-1				Mercanti, Çarklı Dolomitik Kireçtaşı

Şekil: 3. Amdırd Kömür Bölgesi Genel Jeolojik Kolunu

aşağı yukarı hareket ettirilebilmektedir, keza numunenin tespit edildiği deney sehpasını sağa, sola aşağı ve yukarı hareket ettirmek mümkündür, bu da deney sırasında kesme derinliğinin ayarlanmasında ve bir birine paralel kesmeler yapılmasında büyük kolaylık sağlamaktadır.

Tüm kesme deneyleri, 25x30x20 cm boyutlarındaki kumtaşı bloğu hariç 63 mm çapındaki karot numuneleri üzerinde yapılmıştır. Karot numune üzerinde, kendi eksenini etrafında döndürülerek, 4 ayrı deney yapmak mümkündür, bu durum aşağıdaki 4 no.lu şekilde açıklanmıştır. Kesme mekanizması oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Keski kayaca saplanırken pik kuvvetler oluşmakta, sonra kuvvetler azalmakta ve bu bütün kesme işlemi boyunca devam etmektedir (Şekil: 4).



Şekil: 4. Kesme Deneyi Şartları ve Kuvvet Oluşumu

ölçülen değerler ve deney şartları aşağıdaki gibi tarif edilmiştir.

ölçülen Değerler:

- F'K: Ortalama pik kesme kuvveti, kN, Keski ucuna, kesme yönünde gelen maksimum kuvvetlerin ortalamasıdır.
- FK : Ortalama kesme kuvveti, kN. Keski ucuna, kesme yönünde gelen kuvvetlerin ortalamasıdır, kayıt üzerinden plânimetre yardımı ile hesap edilir.
- F'D: Ortalama pik dikey kuvvet, kN. Keski ucuna, kesme yönünde dik gelen maksimum kuvvetlerin ortalamasıdır.
- FD : Ortalama dikey kuvvet, kN. Keski ucuna, kesme yönünde dik gelen kuvvetlerin ortalamasıdır, kayıt üzerinden plânimetre yardımı ile hesap edilir.

- Q : Birim kesme uzunluğunda açığa çıkan pasa hacmi, m³/km.
SE : Birim hacimdeki kayacı kesmek için gerekli enerji, MJ/m³
spesifik enerji FK/Q olarak hesap edilir.
KA : Keski aşınması, mg/m. Keskinin birim kesme mesafesinde
ağırlığından kaybetmesidir.

Deney Şartları

Deney şartları Newcastle Upon Tyne üniversitesinde tes-
pit edilen şartlara uygundur ve aşağıdaki gibidir (6).

Kesme derinliği	5 mm
Kesme açısı	-5°
Temizleme açısı	5°
Keski genişliği	12.7 mm
Keski ucu	: Tungsten karbid, % 10 kobalt

4.2. Kesme Deneyi Sonuçları

Kesme deneyi sonuçları ve korelasyon için alınan kayaç
özellikleri Çizelge: 1'de verilmektedir. Burada;

- σ_c : Basınç dayanımı, kg/cm²
 σ_t : Çekme dayanımı, kg/cm²
NYD: Nokta yük indeksi, kg/cm²
K.D.D.: Kani delici değeri
D.D.D.: Darbe dayanımı değeri

Mekanik deneylerin yapılması 10 numaralı kaynakta geniş ola-
rak açıklanmaktadır. Buradan da görüldüğü gibi deneye tabi
tutulan numunelerin spesifik enerji değerleri 7.4 MJ/m³ ile
30 MJ/m³ arasında değişmektedir. Spesifik enerji kayaç for-
masyonlarının kollu makineler ile kazılabilirliklerinin ta-
yininde göz önünde tutulan önemli bir kriterdir. Bu kritere
göre Newcastle üniversitesi sınıflaması çerçevesinde Amasra
Taşkömürü Müessesesi Müdürlüğüne ait işletme imtiyazı sınırı
içerisindeki bazı kayaç formasyonlarının sınıflandırılması bir
sonraki bölümde yapılacak ve neticeler daha geniş olarak in-
celenecektir.

Pik kuvvetler ve orta dıma kuvvetler arasındaki oran kol- lu makinelerin tasarımında dikkate alınması gereken önemli bir husustur. Bu oran arttıkça kesici kafadaki titreşimler artmakta ve hareketli parçalardaki arızalarda fazlalaşmakta- dır, keski geometrisinde yapılacak değişiklikler ile de pik kuvvetlerin ortalama kuvvetlere oranını azaltmak mümkündür (10). Yapılan deneyler sonucunda bu oranın, Amasra Kömür Böl- gesindeki bazı formasyonlarda kesme kuvveti için 1,5 ile 2.5 arasında [ortalama 2) , dikey kuvvetler için 1,3 ile 2.3 ara- sında (ortalama 1.73) olduğunu göstermiştir. Kesme kuvvetle- rinin dikey kuvvetlere oranı ise 0.54'dür.

4.3. Kömür Yankayaçları üzerinde Yapılan Deneyler

Kömür yankayaçları hakkında genel bir fikir elde edebil- mek için ocağın değişik 11 yerinde incelemeler yapılmış, bu- ralardan numuneler alınmış ve mümkün olduğu yerlerde ise de- lik delme hızları ölçülmüştür. Değerlendirmede, daha önceki çalışmalarda delme hızı ile kesme enerjisi arasında elde edi- len bağıntılardan yararlanılmıştır (11). Neticeler Çizelg:2 de verilmektedir. Buradan da görüldüğü gibi 4-100 A5 Batı Re- kubu, + 40 A5 Sondaj Yeri, 6112 Kuzey Lâğımı, +40 5 Batı Re- kubundaki formasyonlar çok sert ve mekanize bir kazıya uygun değildir.+100 B5 Doğu Rekubu, + 100 Batı Rekubu, -30/61103 Kalın Damar Sağ Tabandaki formasyonlar ise nispeten daha az serttir.

5. SONUÇLAR VE AMASRA KÖMÜR BÖLGESİNDEN ALINAN NUMUNELERİN KAZILABİLİRLİKLERİNE GÖRE SINIFLANDIRILMALARI

Madenlerde mekanize kazı için bir ölçme sisteminin geliş- tirilmesi amacı ilejplânya, piezoelektrik kuvvet ölçer, yük amplifikatörü, galvo amplifikatörü ve U-V kayıt ediciden olu- şan bir elektronik kazı deney seti tasarımılandırılmış ve uygu- lamaya koyulmuştur, ölçü sisteminin kallbrasyonunda ise neti- celerin tekrar edilebilildiği ve ölçülere güvenilebileceği bulunmuştur. Kesici ucun dinamometrenin 1 cm dışında olduğu durumda dikey kuvvetin yatay kuvvet üzerindeki etkisi sıfır,

Çizelge: 1a\ Kesme Deneyi Sonuçları ve Formasyonların Pekanik özellikleri

Sondaj Derinliği (m) ve Kuvvet	F _{1k}	FK	F _{1D}	FD	Q	SE	K _{1A}	G ₁	G ₂	NYD	AD2	D ₁₀
	kN	kN	kN	kN	t ³ /km	KJ/m ³	kg/m	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²		
	2.81	1.12	1.48	0.66	0.156	7.18						
	2.83	1.36	1.49	0.97	0.152	8.97						
74-90 Kırıktak İreksası	3.06	1.61	1.57	1.03	0.194	8.32	0	370	19.8	5	1.5	67.6
	3.62	1.32	1.88	1.16	0.162	8.15						
	3.08	1.35	1.61	0.96	0.17	8.16						
	1.56	0.89	0.65	0.59	0.106	8.42						
	1.62	1.08	0.73	0.43	0.136	7.95						
165 Kuşlaşmış Konglomera	1.49	0.8	0.62	0.29	0.123	6.19	1.35	170.9	7.7	3.6	0.9	57.5
	1.89	1.23	0.9	0.52	0.183	6.72						
	1.64	1	0.72	0.46	0.137	7.4						
	4.5	2.78	2.48	1.83	0.082	36.02						
	4.66	2.79	2.55	1.67	0.085	32.79						
222 Bazaltik Andezit	3.72	1.69	1.78	1.1	0.074	22.87	0.85	496.2	31.4	47	2.02	863
	4.29	2.42	2.27	1.53	0.08	29.89						
	4.89	2.49	2.32	1.53	0.098	25.4						
	4.69	1.98	2.47	1.11	0.094	21.16						
252 Bazaltik Andezit	3.95	1.55	2.6	0.86	0.075	20.64	0	530	62	40	2.39	85
	4.51	2.01	2.46	1.17	0.089	22.4						
	4.15	1.52			0.093	16.39						
	4.73	2.26	2.96	1.76	0.064	26.84						
261 Bazaltik Andezit	3.73	1.49	2	0.83	0.086	17.24	0	530	23	40	2.18	85.4
	3.79	1.52	1.86	0.79	0.08	18.92						
	4.12	1.69	2.27	1.12	0.086	19.6						
			1.46									
	3.14	2.94	1.63	1.09	0.084	35						
272 Kırıktak	3.35	1.72	1.55	1	0.097	17.69	0	420	36.8	31.7	2.66	70.6
	3.4	2.33	1.55	1.05	0.091	26.3						
	2.7	1.52	1.02	0.63	0.081	16.75						
	2.66	1.24	1.35	0.71	0.084	14.71						
275 Andezitik Tuf	2.46	1.22	0.89	0.56	0.071	17.1	2.4	446.5	25.3	21.8	1.81	72.6
	2.67	1.33	1.09	0.63	0.079	16.84						

Çizelge: 1b. Kesme Deneyi Sonuçları ve Formasyonların Mekanik özellikleri

Birimde Çerçimsiz, (m) ve Nüjare	F1 kN	F2 kN	F3 kN	F4 kN	θ m ³ /m ³	SE kJ/m ³	K _A g/m ³	S _c kg/cm ²	S _t kg/cm ²	k _{FD} kg/cm ²	YOG	DSD
33a Andezitik Tuf	3.41	1.77	1.62	0.9	0.111	15.68						
	3.21	1.94	1.45	0.9	0.069	20.61						
	2.76	1.7	1.34	0.93	0.05	21.18		356	26.4	13.8	0.22	72
	3.13	1.77	1.47	0.91	0.093	19.16						
339 Kurn	2.12	0.79	1.23	0.48	0.127	6.21						
	2.72	0.99	1.35	0.65	0.135	7.32						
	2.42	0.89	1.29	0.57	0.131	6.77		260	19.1	8.2	0.8	64.5
359 Andezitik Tuf	3.96	2.06	2.16	1.21	0.108	19.01						
	3.73	1.94	1.75	0.88	0.149	13.64						
	3.85	2	1.98	1.05	0.128	16.03		383.5	22.2	15	1.58	82
367 Tuf	2.4	1.53	1.18	0.92	0.084	18.21						
	2.35	1.29	1.03	0.79	0.093	13.8						
	2.72	1.37	1.23	0.89	0.1	13.74	1.03	274.1	25.2	15	1.41	73.5
	2.22	1.48	1.17	0.94	0.077	19.12						
	2.42	1.42	1.15	0.89	0.089	16.22						
367A Tuf	2.82	1.61	1.26	0.58	0.079	20.42						
	2.84	1.57	1.25	0.78	0.078	20.22						
	3.03	1.95	1.16	0.74	0.045	19.57						
	3.15	1.32	1.41	0.81	0.082	16.16		279.1	25.2	15	1.41	73.5
	2.92	1.46	1.27	0.73	0.083	17.29						
Dolun Alınan Etek (Nüjare: 1.496m)	5.02	2.91	3.47	1.91	0.053	35.06						
	5.43	2.99	3.6	2.29	0.097	30.62						
	5.23	2.95	3.54	2.1	0.09	32.94	4.5			40	2.6	20

Çizelge- 2 : Komur Yankayaçları Üzerinde Yapılan Bazı Mekanik
Deneylerin Sonuçları.

Ölçü Yen	Tarih	Basınç Dayanımı Kg/cm ²	Delme Hızı cm/dak	Formasyon
+100 A5 Batı Rekubu	Ağu.1985	846	-	Sert Kumtaşı
+L00 B5 Doğu Rekubj	it	500	-	Kumtaşı
+40 A5 Sondaj Yen	it	852	-	Sert Kumtaşı
611Z0 Kuzey Lağımı	it	900	-	Sert Kumtaşı
+100 Batı Rekubu	Mart.1986	480	40	Çamurtaşı
+40 5 Batı Rekubu	it	530	27	Konglomera
+40 5 Batı Rekubu	"	530	38	kumtaşı
4 Doğu Rekubu	it	459	-	Kumtaşı
4 Doğu Rekubu	ti	394	-	Şist
-30/61103 Sağ Tab. (Tavan Damar)	it	248	60	Şist
-30//1103 Sağ Tab. (Kalın Damar)	it	349	60	Şist
0/61183 T.Sol Tab.	ti	472	80	Şist
+100 Kavşak	ti	477		Kumtaşı

yatay kuvvetin dikey kuvvet Üzerindeki etkisi ise % 8.5'dur. ölçüler değerlendirilirken bu orandaki etkileşim göz önüne alınarak gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Bu deney seti ile kayaç numuneleri kesilirken keski ucuna gelen kuvvetler ve birim hacimdeki kayacı kesmek için gerekli enerji ölçülebilmektedir, ayrıca bu kazı deney seti ile mekanize kazıya hükmeden kuralların neler olduğu, hangi formasyonlarda hangi tip keskinlerin optimum neticeler vereceği, keski aşınmalarının nasıl geliştiği kolaylıkla incelenebilecektir.

Deney setinin Amasra Kömür Bölgesindeki formasyonlara uygulanması amacı ile, Pl pilot sondajına ait bir seri karot numune üzerinde standart mekanik ve kesme deneyleri yapılmıştır, neticede; 0 ile 165 m arasındaki mikritik kireçtaşları ve kumtaşının spesifik enerji değerlerinin 8 MJ/m civarında olduğu, bu formasyonlarda DOBCO MK2A tipi hafif kollu galeri açma makinelerinin kolaylıkla kullanılabilmesi ve ilerleme hızının ise 10-12 m³/saat arasında olacağı bulunmuştur. 165 ile 260 m arasındaki poriflritik bazaltik andezit formasyonlarının spesifik enerji değerleri 20-30 MJ/m³ civarındadır. Bu formasyonlarda kollu galeri açma makinelerini kullanmak mümkün değildir. 260-370 m. arasındaki andezitik kristal süslerin spesifik enerji değerleri 17-19 MJ/m arasında, Paurat tipi ağır kollu makineler kullanıldığında 10 m saatlik ilerlemeler mümkündür. Arındaki marn formasyonlarının spesifik enerji değerleri 7 MJ/m civarındadır, bu formasyonlarda her türlü kollu galeri açma makinesi kullanılabilir ve 15 m³/saatlik ilerlemeler mümkündür.

Yapılan kesme deneyleri pik kuvvetlerin ortalama kuvvetlere oranlarının kesme kuvveti için ortalama 2, dikey kuvvet için 1.73 olduğunu, kesme kuvvetlerinin dikey kuvvetlere oranlarının ise 0.54 olduğunu göstermiştir. Evans kesme teorisinden elde edilen teorik pik kesme kuvvetleri ile deneysel neticelerin arasında büyük benzerlik bulunmuştur.

Kömür yankayaçlarından alınan numuneler ise, kumtaşı ve konglomerada galeri açma makinalarının kullanılamayacağını

göstermiştir. Bu neticeler Zonguldak Havzası için daha önce yapılan çalışmaları doğrulamaktadır (12) . Buralarda Jumbo tipi büyük hidrolik deliciler tavsiye edilir. Arının çoğunlukta şist ve çamurtaşından oluştuğu durumlarda ise kısmi cepheli galeri açma makinaları kolaylıkla kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma "Madenlerde Mekanize Kazı için Bir ölçme Sisteminin Geliştirilmesi ve T.T.K. Amasra Kömür Bölgesi'ne Uygulanışı" adlı TÜBİTAK M.A.G- 674 nolu projenin bir bölümünü teşkil etmektedir. Yazarlar kendilerine bu imkânı tanıyan İ.T.Ü. Maden Fakültesi Dekanlığına, Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi Müdürü Sayın Basri Çatma, Etüd Tesis Şube Müdürü Sayın Erol Yamak'a ve diğer yetkililere teşekkürü bir borç bilmektedir.

KAYNAKLAR

1. HEKİMOĞLU, O.Z., Galeri Açma Makinalarında Kesici Kafa Geometrisinin Makinanın Performansına Olan Etkileri, Türkiye Beşinci Kömür Kongresi, Zonguldak, 5-9 Mayıs, 1984, s.110-140.
2. HEKİMOĞLU, O.Z. ÇULTU, C, O.A.L.'de Damar içi Galerilerin Açılması ve Karşılaşılan Sorunlar, Madencilik Semineri, Dokuz Eylül Üniversitesi. Ekim 1985, s.70-80.
3. HEKİMOĞLU, O.Z., Galeri Açma Makinalarında Kesici Kafa Geometrisinin Makinanın Performansına Olan Etkileri, Zonguldak Kömür Kongresi, Mayıs, 1986, s. 111-140.
4. FOWEL, R.J.- PYCROFT-A.S., Rock Machinability Studies for The Assessment of Selective Tunnelling Machine Performance 21st U.S. Symp. Pock Mechanics, rolla, Missouri, 1980.
5. FOWELL, R.J.-JOHNSON, S.T., Rock Classification and Assessment for Rapid Excavation, Symposium on Strata Mechanics, University of Newcastle Upon Tyne, 5-7 April, 1982, pp.240-244.
6. McFEAT-SMITH, I.-FOWELL, R.J. Correlation of Rock Properties and the Cutting Performance of Tunnelling Machines, Conference on Rock Eng. Newcastle Upon Tyne, 4-7 April, 1977, p.581-602.

7. BÖLÜKBAŞI, N., A.O.L. Beypazarı Bölgesi Kayaçlarının Kazılabilirlik Tayini, Türkiye Dördüncü Kömür Kongresi, Zonguldak, 7-11 Mayıs, 1984, s.173-200.
8. ALLINGTON, A.V., The Machining of Fock Materials, Ph.D. Thesis, The University of Newcastle Upon Tyne, England, 1969, p.185.
9. RISPIN, A., An Investigation into the Application of Lineer Cutting Tools to the Machining of Strong and Abrasive Fock Materials. Ph.D. Thesis, University of Newcastle Upon Tyne, 1970, pp.325.
10. BÎLGÎN, N., Investigations into the Mechanical Cutting Characteristics of some Medium and High Strength Rocks. Ph.D. Thesis, The University of Newcastle Upon Tyne, June, 1977, pp.332.
11. BÎLGÎN, N., Prediction of Foadheader Performance from Penetration Rates of Precussive Drills; Some Application to Turkish Coalfields, Eurotunnel 83, Conference, Switzerland, 22-24 June 1983, pp.111-114.
12. BÎLGÎN, N., Zonguldak Kömür Havzasında Burgu Davranışlarının Etüdü, TÜBİTAK MAG-5848 nolu proje, 1982, s.67.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal congress of TURKEY

BOKLU KAZI MAKİNALAHININ TEMEL ÖZELLİKLERİ VE SEÇİMLERİ

(Boom - Tyne Cutting Machines; Fundamental Features and Selection Criteria)

Osman Zeki HEKİMOĞLU (X)

Robert G. POWELL (XX)

ÖZET

Mekanize kazı sistemlerinde gittikçe önem kazanan bumlu kazı makineleri Türkiye'de de kullanılmaya başlanmıştır. İlk yatırım masrafları yüksek olan bu makinalarda verimli bir kazı işlemi için uygun bir makina seçiminin yapılması gerekir. Piyasada çeşitli tipte makinaların bulunmasına karşın bunların seçimleri ile ilgili bazı sorunların ortaya çıktığı uygulamada gözlemlenmektedir. Bu tebliğde bu ana değin elde edilen teorik ve pratik deneyimlere göre bumlu kazı makinalarının bazı temel özellikleri ve seçimleri anlatılmıştır. Ayrıca makina seçimine bir açıklık kazandırmak açısından dö-nüş eksenleri büm eksenine paralel ve dik olan kesici kafaların bir karşı-laştırılması yapılmıştır.

ABSTRACT

Boom - Tyne cutting machines increasingly becoming the principal means of mechanised drivare operations have also been employed in Turkey. On account of high initial cost, a proper selection of these machines is of great importance for an efficient excavation. Although machines of various types available there still exist some practical problems arising from the choice of relevant machine type. This paper describes some fundamental features and selection criterias of boom - type cutting machines, based upon theoretical and practical experiences gained to date. A comparison of longitudinal and transverse cutting heads was, further, made in an effort to provide an insight in to this concept.

(7) Dr. Warten Yük. Mühendisi, TKİ OAL Müessesesi Çayırhan(Beypazarı) ANKARA
(XX) Dr. İbrahim Yük. Mühendisi, Reader, The Univ. of Newcastle Upon Tyne

1. GİRİŞ

Mekanize kazı sistemi yirminci asrın son yarısından başlayarak bugüne değin çeşitli gelişmeler göstererek oldukça etkin bir düzeye ulaşmıştır. Madencilik alanında yüksek Üretim kapasitesine erişmek ve yapı endüstrisinde ise daha kısa zamanda daha du raylı tünellerin açımında uygulanan mekanize kazı sistemleri normal koşullarda diğer klasik yöntemlere oranla daha yararlı olmaktadır, özellikle bomlu kazı makinaları (BKM) çok yönlü kazabilirlik özelliklerinden dolayı uygulamada rastlanan diğer tiplere oranla daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda her ne kadar daha ağır ve güçlü BKM ları imal edilmişse de bu tip ma ki na lar sert kayaçların kazımında ekonomik olamamakta ve dolayısıyla belirli bir kesme sınırında bulunmaktadırlar. En son geliştirilen yüksek basınçlı su yardımıyla (High pressure water jet assistance) yapılan kesme yöntemi kademeli olarak BKM larına uygulanmakta ve bu şekilde elde edilen hidromekanik kesme yönteminin sert kesme koşullarında çok daha etkin olduğu çeşitli uygulamalarla kanıtlanmıştır. Ancak bu kesme yönteminin etkinliğine karşın verimliliği henüz istenilen düzeyde olmadığından mekanik kesme yönteminin güncelliğini daha uzun bir süreye dek koruyacağı açıktır.

BKM ları kazı koşullarına göre değişik tip ve kapasitede olup, kazılabilirliği zor olan kayaçlara doğru güç ve ağırlıklarındaki artışa paralel olarak maliyetleride artmaktadır. Bu nedenle ekonomik bir kazı işlini İçin uygun makinanın seçilmesi çok önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Söz konusu ma ki na lar kesme kapasitelerine göre hafif, orta ve ağır şeklinde sınıflandırılırken, piyasada benzer kapasitede kazı yapabilen ancak kesme kapasitelerinin işlevleri farklı olan makinalarda vardır. Bunların birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarının olmasına karşın, çoğu imalatçı firmalar bu iki tipten yalnız birinin Üretimini yapıp yine o tipin üstünlüğünü ifade etmektedirler. Makina tipinin yanısıra bir kazı İşleminde ekipman ve kazılan malzemenin nakliyatı, kazı yapılan yerin tahkimatı, havalandırılması ve drenajı gibi faktörlerinde makina seçiminde göz önüne alınması gerekir.

Türkiyede gerek madencilik ve gerekse İnşaat sektöründe son zamanlarda mekanize kazı'ya göre bir yönelme gelişmektedir. Şu ana değin gerçekleştirilen makina seçimi genellikle imalatçı firmaların önerileri doğrultusunda yapılmıştır. İmalatçı firmaların önerileri kuşkusuz bugüne değin elde edilen

pratik deneyim birikimlerin» dayanmaktadır. Buna karşın uygulamada makina seçiminin bazı durumlarda sağlıksız olduğu gözlenmektedir. Bu durum imalatçı firmaya bne sürülen makinanın Üstünlüğü İfadesinin yanısıra kullanımında makina konusunda yetersiz bilgilerle karşı karşıya olma durumunda etkilenmektedir. İlk yatırım maliyeti oldukça yüksek olan BKM'nin seçiminde bunlara alt çeşitli özelliklerin mutlaka bilinmesi gereklidir.

bu tebliğde yazarların elde ettiği teorik ve pratik deneyimlerin ışığında BKM'nin yapıları, performansları ve seçimlerini etkileyen faktörler anlatılarak «ivasında bulunan makine tipleri sergilenmiş ve özellikle bom eksenine dik ve bom eksenine paralel yönde dönen kesici kafaların bir karşılaştırılması yapılmıştır».

2. BOMLI KAZI MAKİNALARININ MEKANİZE KAZI SİSTEMLERİNDEKİ YERİ

Tüm kazı kollarında mekanize kazı sisteminin alışlagelen delme ve patlatma yöntemine olan üstünlükleri zamanımızda artık anlaşılmalıdır. Tünelcilik alanıyla ilk sıralarda tam cephe kazı makineleri (TKNO) daha yaygın olarak kullanılmaktaydı. Her ne kadar bu türdeki makinelerle klasik kazı yönteminin oranla daha verimli çalışmalar elde edilebiliyorsa da, ekonomik kullanım açısından TKM ile zamanımızda BKM'leri kadar yaygın olarak kullanılmamıştır. Mekanize edilmiş kazı sisteminde gerek ilk yatırım maliyetinin azlığından ve gerekse kullanışlı olmalarından ötürü en çok BKM tercih edilmektedir. Örneğin delme patlatma ile tünel kesiti etrafında oluşan fazla kırılmaların neden olduğu tahkimat maliyeti, 3 km. lik bir tüneli kazmak için kullanılan bir BKM'nin maliyetine eşit olabilmektedir (1).

Tablo 1 de delme patlatma, BKM ile ve TKM'leri ile yapılan kazıların bir karşılaştırılması görülmektedir. Tablodan da anlaşılacağı gibi BKM'leri daha avantajlı olmaktadır. Bu tür makinelerde arından açılan yere hemen tahkimat yapılabilen, bakım ve onarım için makinanın her tarafına ulaşmak kolay olmaktadır. Böylece BKM'lerinde makineden yararlanma oranı % 40 ile % 60 değerine çıkabilmektedir. Bu tür üstünlüklerine karşın BKM'lerinin aşağıda belirtildiği gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır:

(1) 14° - 20° den fazla eğimlerde verimli olarak çalışamazlar.

(2) Kazı kapasiteleri sınırlı olup çok sert ve aşındırıcı kayalar için ekonomik delillerdir.

- (3) Şart kesme koşulları için dizayn edilen ağır ve güçlü makinaların maliyeti TCKM larinkine yaklaşmakta, montajları ve sökülmeleri güç ve zaman e-
lilci olmaktadır.

3. BOMLU KAZI MAKİNALAKININ TARİHÇESİ

Bu tür makinalar uygulamada Kısmi Cepheli Galeri Açma Makineleri (Partial Face Tunnelling Machinas) Bomlu Galeri Açma Makinaları (Boom Type Tunneling Machines)' Galarİ Açma Makinaları (Roadheaders)' ve 'Seçimli Kazı Makineleri (Selective Cutting Machines)* olarak bilinirler. Galeri açmanın yanı sıra Üretim »maçlı olarakta kullanıldıklarıından dolayı bu tebliğde Bomlu Kazı Makinaları (**BKM**) terimi tercih edilmiştir.

İlk **BKM** sı 1950 lerde Macaristanda yapılan ve Macar kömür madenlerinde kullanılan hafif tipli F2 makinesidir (2). Bu makins 11«, dönme eksenleri bom eksenine dik olan ve 37,3 kW lık bir elektrik motorla tahrik edilen bir kaslıci kafa çifti il« tak eksenli basınç dayanımı an fazla 40 M a olan kömür ve yumuşak kayaların kazımı mümkün olabilmekteydi. 1950 lerin sonuna doğru bu makinaların F4 ve F5 tipleri yapıldı. 1960 lı yıllarda İse Sovyetler Birliğinde bu makine ile aynı kapasitede ancak kesici kafanın dönme eksenine paralel olan PK3 tipi yapıldı. Her İki makinanın yürüyüş ünitesi paletli tipte olup, F4 lerde yükleme ünitesi yengeç kollu İken, PK3 lerde ise maklnayı çevreleyen ve tek zincirli paletlerden oluşan bir sistemden oluşmaktaydı.

Batı Avrupada kullanılan İlk **BKM** 1961 de İngiliz Kömür İşletmelerince Sovyetler Birliğinden İthal edilen PK3 makinalarıdır. Daha sonra İngiliz Maden Araştırma ve Geliştirme Kuruluşunda bu makinalara benzer tipte ve kapasitede olan sırasıyla MK1, WK2 ve HKA makinaları yapıldı. Aynı sıralarda Dosco Firmasınınca Sovyet Pk3 Ün daha güçlü, modeli olan ve yürüyüş sisteminin elektrikden «lektrohidrolik sisteme dönüştürüldüğü Dosco Galeri Kazıcı ve Yükleyici (DRCL)' makinası İmal edildi. Bunun yanısıra Anderson Boyes-Firmasınınca 1960 ve 1970 lerde RH1 ve RHID makinaları imal edildi.

1960 larda Batı Avrupanın diğer ülkelerinde **BKM** lan pek yaygın değildi. Almanya-da kullanılan birkaç DRCL pek verimli olamadı. 1970 lerin başından sonra Alman Firmaları Demag, Eickhoff, Paurat, Westfalia LUnan ve daha sonra Salzgitter; Avusturyanın Voest Alpine Firmalarınınca bir seri **BKM** lan imal edildi.

BKM nın ekonomik va kullanışlı olduklarının anlaşılmasından sonra daha şart koşullarda kullanılabilmeleri İçin ağır va güçlü makinaların yapımına gidilmektedir. Günümüzde kullanılan ağır va yüksek kapasiteli makinaların kesici kafa motorunun gücü 300 kw'a aşarken ağırlıklarında 100 tonun Üzerine çıkabilmektedir, İppiterek kömür madenlerinde kullanılan BKM nın yıllara göre kapasite artışı Sakil 1 de verilmiştir. Bunun yanısıra bugüne değin piyasada rastlanan BKM nın tipleri ve özellikleri Tablo - 2 de verilmiştir (7).

4. BOMLU KAZI MAKİNALARININ YAPISI VB ÖZELLİKLERİ

Mekanize kazı sistemlerinde kazılan malzemenin arın gerisin« aktarılması kası makinası İle gerçekleştiğinden makina dizaynında kesici elemanların yanısıra malzemenin yüklenmesi ve taşınmasında önemli bir faktördür. Yeraltında galeri kesit alanlarının sınırlı olmasından ötürü makinenin bir yerdan başka bir çalışma yarine taşınması güçtür. Bu nedenle makina elemanları yekpare bir bütli halinde olmayıp genellikle civatarla birbirlerine bağlanan-bölmülden oluşur. Sekil 2 de «törüldeğü gibi bir BKM sı kabaca şu bölmülden oluşur:

- (1) Bom ünitesi
- (2) Yürüyüş ünitesi,
- (3) Malzeme yükleme Ünitesi (Besleyici tabla ve toplayıcılar),
- (4) Malzeme aktarma Ünitesi (Zincirli ve köprü konveyör),
- (5) Hidrolik ve elektriksel aksamlar.

Bu ana Ünitelerin yanısıra seçimli olarak kullanılabilen bazı ek donanımlarda bulunur. Bunlar makinenin duraylılığına sağlayan yan mahmuzlar (Side supports, bracing Jacks), tahkimat İçin boyunduruk kaldırma yada tavan saplama tertibatları şeklindedirler.

4.1. Bom Üniteleri

Makinanın kesici kafasını ve bunlarla İlgili olan tahrik ünitelerini taşıyan bir gövdeden oluşur. Yürüyüş ünitesi üzerindeki ana gövdede bulunan bir platforma bafılanan Bom ünitesi yine gövde üzerine sabitlendirilmiş olan hidrolik silindirlere ağı-yukarı va sağa-sola hareket edebilmektedir. Bom gövdesinden önce, bir elektrik motoru, buna ait bir dişli kutusu va en uçta kasma işlevini gerçekleştiren kesici kafa kısmı bulunur. Bom Ünitesi kesici kafa ve bom gövdesi olmak üzere İkiye ayrılabilir.

TABLO.2 PİYASADA BULUNAN BOMLU KAZI MAKİNALARI (ALFABETİK SIRAYA GÖRE YAZILMIŞTIR).

İMALATÇI FİRMA	MODEL	KAZI KAP TİPİ	KAZI KAZI YERİ (m)	TOTLAK KAZI KAZI (m)	MAKİNAMA EYİTLERİ (-) (Uzunluk x Geniçlik x Yükseklik)	KAZI KAZI KAZI (m) (Yükseklik x Geniçlik)	YÜZLÜK KAZI KAZI (Derece)	YÜZLÜK SİSTEMİ (X)	KAZI KAZI KAZI (m)	ZEMİN İYİLEŞTİRME (m ²)
NİPSON STRATEJİ VE (DOKÜMAN)	RP 21	REP	92	157	8 x 7 x 2,75	4,25 x 6	14	Y.K.	25,4	120
	RP 22	REP	112	187	9,7 x 2,8 x 2	5,2 x 6	14	Y.K.	35	170
	RP 1/3	REP	90	190	10,5 x 2,5 x 2,3	5,6 x 6	14	Y.K.	37	10
	RP 1/4	REP	112	224	9,7 x 2,8 x 2,5	6 x 6	14	Y.K.	66	143
DİSC (JAPONYA)	IK 2A	REP	67	149	7,6 x 2,9 x 2,1	4,1 x 5,8	14	Y.K.	26	150
	SL 120	REP	82	164	11,7 x 2 x 1,7	4,3 x 4,3	14	Y.K.	35	160
	IK 2B	REP	82	194	9,7 x 3 x 2	4,3 x 5,8	14	Y.K./Y.G.	37	1,0
	LH 130A	REP	140	286	17,7 x 3 x 1,3	3,5 x 5,7	14	Y.K./Y.G.	43	160
IK 3	REP	140	297	12,5 x 4 x 2,5	5,3 x 7,6	14	Y.K./Y.G.	85,7	150	
EIGEN/TF (BATE ALMANYA)	ET-110	REP/RED	110	185	8 x 2,2 x 1,5	4,5 x 5,5	18	Y.K./Y.G.	27	13 0
	ET-160 L ET-250 L	REP	160/250	357-560	13,7 x 3,1 x 1,9	5,2 x 7,2	11	Y.G./Y.K.	66	-
	ET-160 Q ET-250 Q	REP	160/250	357-560	13,2 x 3,1 x 1,9	4,8 x 7,5	11	Y.G./Y.K.	68	-
	ET-180 K ET-250 K	REP	160/250	357-560	13,2 x 3,1 x 1,9	5,1 x 7,5	11	Y.G./Y.K.	71	-
MACHINERYPORT (S.Ş.Ç.İ.)	URAL-38	REP	-	50	7,8 x 1,6 x 0,7	1,8 x 1,8	15	-	9,6	70
	4 PU	REP	22,5	93	5,8 x 2,4 x 1,3	-	10	Y.K.	10,5	85
	PK-2R	REP	32	-	6,6 x 2,5 x 1,8	3,2 x 4	-	Y.K.	12,5	50
	OPK	REP	55	175	10 x 1,6 x 1,5	3,8 x 4,7	+10,-25	Y.K.	18	-
	OPK2	REP/RED	75	195	10 x 1,6 x 1,5	4,7 x 3,6	10	Y.K.	19	66
	OPK2B	REP	75	195	10 x 1,6 x 1,5	4,7 x 3,6	20	Y.K.	20	66
	OPKSH	REP	75	195	10 x 1,6 x 1,5	4,7 x 3,6	+20,-25	Y.K.	21	66
	OPKSP	REP	75	203	16 x 1,6 x 1,5	4,7 x 3,6	10	Y.K.	21,2	66
	PK 9 v	REP	93	186	2 8 x 2 2	3,9 x 5,8	+10	Y.K.	32	180
	4 PP-2	REP	105	130	10 x 1,6 x 1,5	4,5 x 6,2	10	Y.K.	40	100
MANNESMANN DEHN (B. ALMANYA)	VS 3	REP	160/200	265	-	5 x 6,9	10	Y.K.	63	150
	VS 3/2	REP/RED	160/200	300	-	5 x 6,9	11	Y.K.	75	130
	VS 4	REP/RED	130/200	300	-	4,7 x 6,8	11	Y.K.	95	300
MITSUBI (JAPONYA)	MH-S30-13	REP	50	80	11,3 x 2,8 x 1,8	4,1 x 6,2	9,6	Y.K.	18,5	100
	MH-6120-40	REP	60/100	145	12 x 2,8 x 1,5	4,5 x 5,2	11	Y.K.	25	120
	MH-6125-20	REP	75/125	170	13 x 2,8 x 2,3	4,3 x 5,8	11	Y.K.	30	130
PANHAI (ALMANYA)	E 109	REP/RED	100	185	10,5 x 2,4 x 1,9	4,5 x 5,6	14	Y.K./Y.G.	44	150
	E 195	REP	170	263	11,7 x 2,7 x 1,8	4,2 x 5,2	14	Y.K./Y.G.	46	150
	E 134	REP/RED	115/170	153	12,3 x 3,1 x 2,3	4,8 x 7,2	14	Y.K.	70	170
	E 200	REP/RED	150	312	13,6 x 3,6 x 2,7	6 x 7,6	14	Y.K.	115	198
RALZITNER (ALMANYA)	STM 100	REP	100	200	8,8 x 2 x 1,4	1 x 5,2	17	Y.K.	75	130
	STM 160	REP	160	237	10,9 x 2,7 x 1,4	4,7 x 6,2	17	Y.K.	45	140
	STM 200	REP	200	330	12 x 3,1 x 2	5,3 x 7,5	17	Y.K.	65	150
	STM 300	REP	300	-	14 x 3,6 x 2,5	6,1 x 7,2	-	Y.K.	90	-
WEST ALFIE (AVUSTURYA)	AS 5A	REP	30	60	7 x 1,5 x 1,5	3,4 x 4,1	10	Y.K.	12	110
	AS 50	REP	100	155	7,8 x 2 x 1,7	4 x 4,8	10	Y.K.	24	130
	AS 75	REP	160	200	9,5 x 2,6 x 1,5	4,5 x 6,3	11	Y.K.	43	110
	AS 100	REP	225	275/450	12,3 x 3,5 x 1,9	5,5 x 7,3	11	Y.K.	85	190
WESTALFA LAMER (DİT ALMANYA)	3000 ZL	-	33	75	7,2 x 1,6 x 1,9	1 x 4,8	-	Yapp.11	14	90
	Y.FUCHS-40	REP	37	71	7 x 1,2 x 1,6	3,8 x 3,3	35	B.2.	7	100
	Y.FUCHS-50	REP	50	95	9,1 x 1,7 x 1,3	5,5 x 3,2	-	B.2.	-	-
	DA2B-53	REP	71	101	8,9 x 1,1 x 1,1	4,3 x 4,1	-	B.2.	-	-
	LUCHE-8110	REP	90/110	197/270	10,5 x 2,3 x 1,6	4,2 x 5,8	30	B.2.	75	100
	LUCHE-8110	REP	90/110	182/202	10,3 x 2,4 x 2,2	5 x 4,9	-	B.2.	-	-
	LUCHE-1110	REP	110	202	11,8 x 2,6 x 1,3	7,2 x 5,7	35,7	B.2.	30	120
	WAY 130	REP	130	267	12,5 x 2,7 x 1,5	1,2 x 5	22	Y.K.	47	150
	WAY 150	REP	200	370	11,5 x 3,5 x 1	5,4 x 1,8	20	Y.K.	76	148
	WAY 170/300	REP	300	37	13,2 x 3,7 x 4,3	7,7 x 7,1	70	Y.K.	71	160
	WAY 173	REP	300	300	11,5 x 4,2 x 3,5	7,6 x 7,1	-	Y.K.	-	-
	WAY 300	REP	300	177	13 x 4 x 2	5,4 x 6,7	22	Y.K./Y.K.	90	157

(B) Y.K. = Yangg Kalite, Y.K. = Tak Zinçli Palatlı Konveyör, Y.G. = Yalıtı Çık, B.2. = Dem Üzerine Yerleştirilmiş Zinçli Konveyör
 - İşletim o kon da bilgilerin elde edilmiş olduğu isim markettir.

4-1.1. Kesici Kafa Bölümü

Kesici kafanın makina Üzerindeki konumu ve dizayn şekli o makinaya etki-ven cegitli kuvvetlerin büyüklüğü ve etkileme yönünü tayin eder. Pratikte bulunsa kesici kafalar tek yada çift şekilde görülürler. Tek kesici kafanın dönme eksenini fcom eksenine paralel olup (Bundan böyle BEP tipli olarak söz edilecektir.) Çift kesici kafalarda iae dönme eksenini bom eksenine dikdir (Bundan böyle BED tipli olarak söz edilecektir.).Pratikte bulunan **KM** lan bu iki tinten birisi ile donatılmıştır.

Bu kesici kafaların birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarının bulunmasına karcın çeşitli Ülkelerdeki firmalar genellikle tek tipteki imalata yönelmekte âlrler. Örneğin İngilterede yalnızca BEP tipler görülürken Avusturyada ise BED tipler bulunmaktadır. Almanyada ise 1982 11 yıllara dek kullanılan makinaların % 65'i BSP ve % 35'i BED iken buna karsın son zamanlarda üretilen ve kullanılan makinelerin BED tipli kesici kafalara doğru yöneldiği görülmektedir. Bu iki tipten birinin kesin olarak üstün olduğunu söylemek güçtür. Ancak sert kesme koşullarında BED tipli kesici kafaların daha etkin olduğu pratikte bilinmektedir.

Menzel ve Frenyo (3) tarafından; bu iki tip kesici kafa arasında bazı belirgin avantaj ve dezavantajların bulunmasından Ötürü niteliksel bir üstünlüğün ortaya konulmadığı belirtilmektedir. Ancak kesici kafa tipinin geometrisinden etürU Sakil 3 de görüldüğü gibi BEP tipli kesici kafalarla daha düzgün tünel yüzeyleri ortaya çıkmakta ve böylece tahkimat maliyeti düşmektedir. Buna karşılık BED kesici kabalarda makinanın yatay yöndeki stabilités! çok iyi olurken, BEP tipli kesici kabalarda İse düşük olan yatay stablllitenin arttırılması için ek olarak yan silindirlerin (Mahmuzlar) kullanıldığı belirtilmektedir (3).

Kleinert (4) bir dizi deneylerden sonra BEP ve BED keaici kafalar arasında aşağıdaki temel farkların olduğunu tanımlamaktadır:

- (1) BED tipli kesici kafalarla sert kayaçlar daha rahat kazılabilmektedir.
- (2) BED tipli kesici kafalarda keskinin dizilim şekli BEP tiptekilerine oranla daha karmaşık olup en küçük bir dizayn hatası ile kazı önemli ölçüde verimsizleşir ve keski sarfiyatı çok artar.
- (3) BED kesici kabalarda verimli bir kazı performansı boradaki kaldırma kuvvetlerine bağlı olurken BEP tiplerde ise BSİİ kesici kuvvet kafanın dönme hareketiyle saplanmaktadır.

(4) BEP tipli kesici kafalar arın içersindeki kesme konumlarını rahatlıkla koruyabilirler. Buna karsın BED tiplerde ise kesici kuvvetin kaldırma kuvvetine bağlı olması ve kayaçla temas yüzeyinin az olmasından c'türÜ arına ve yanlara doğru kazma işlemleri daha hassas kontrol gerektirir.

(S) BED tipli kesici kafaların boyutlarından ötürü verimsiz bir kesme hareketinden verimli bir kesme performansına geçiş arasında çok hassas bir den^e bulunmaktadır.

Kogelman (5) tarafından ise BEP kesici kafalarda yanlardan etkiyen kesme kuvvetinin dengelenmesinde makinenin ahırlısından yararlanılamadığı ve böylece yan mahmuzların kullanılmak zorunda kalındığı ve bununda z»man kaybına vol açtığı belirtilmektedir. Oeni<; tünellerde ise yan mahmuzların tı'nel duvarlarına ula-samayısı açısından BEP tipli kesici kafaların uygun olmadıkı savunulmaktadır. Buna kar^ılıkBEP tiplerin kesici kafa ça-olarının küçük olmasından ötürü seçimli kazıya daha uygun olduğu ifade edilmektedir. BEP tipli kesici kafalarda arından kesilen malzeme yan tarafa doğru atılırken BED tiplerde ise kazılan malzeme hemen makinanm önüne atılmakta ve yüklemdeki zaman kayıpları önlenmektedir. Bu nedenle eşit kesme kapasite koşullarında BED tipli kesici kabalar % 30 oranında daha fazla üretim veya ilerleme yapabildikleri gibi # 20 - 25 oranında ise daha hafif ağırlıkta olma avantajlarına sahip olduğu beHrtllmektedir(Şekil 4).

Yazarların su ana değin BEP tipli kesici kafalar ile yaptığı teorik ve pratik araqtirmaların sonuçlarına gör« bu iki tip kesici kafa arasında aşığıdaki eribi bir karsı'astıma yapılabilir:

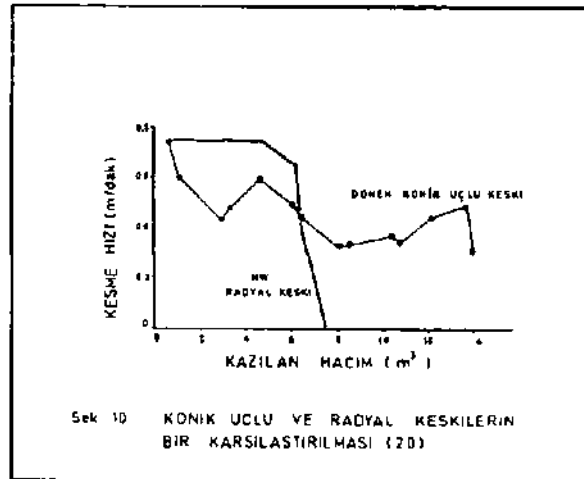
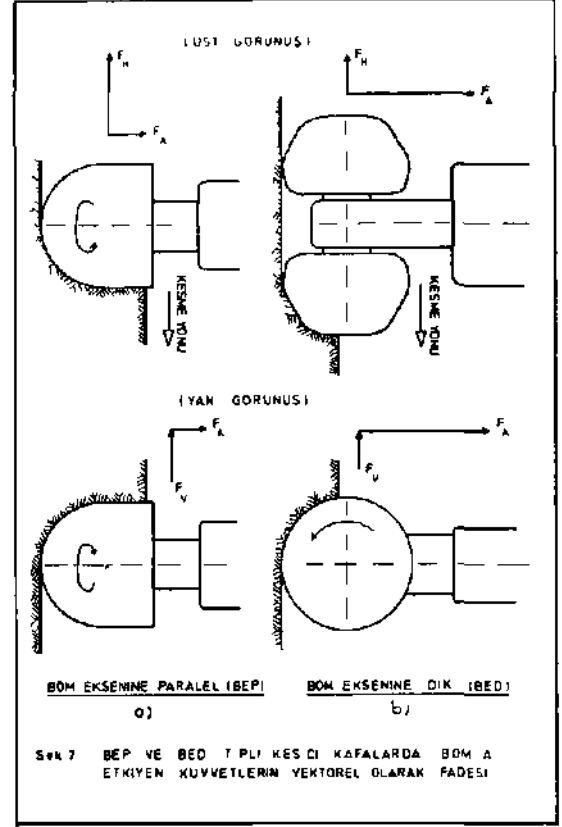
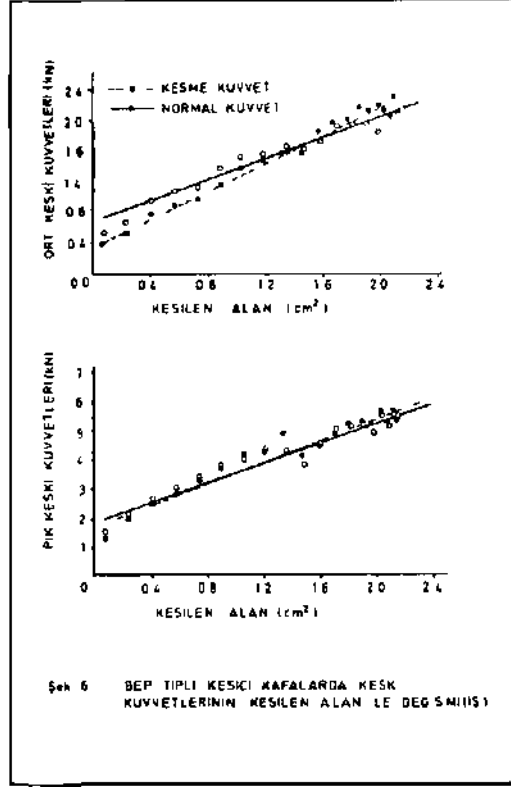
(i) Kinematik özellikler: Her iki tip kesici kafada kF3me şekillerine göre bireysel keski kuvvetlerinin büyüklümü farklıdır. BEP tiplerde keski ortama sıfır derinlikte girdiklerinden başlangıçta sıfır olan kesme kuvvetleri, dönü hareketi yaklaşık 90 dereceye vardđında en yüksek değerine ulaşırlar. Yani keski kuvvetleri kafanın bir dönüşü sırasında devamlı değişmektedir (°ekil 5). Bu nedenle kesme ortamına giren ve ortamı terketmekte olan keski kuvvetleri devamlı değiştii"inden tek ve dingil kuvvetlerindeki titreşimlerde artar Bu artı" derecesi kuskusuz keski kafa Üzerindeki dizilimlerine bağlıdır.

BED kesici kafalarda ise bireysel keski kuvvetlerinin demişimi uygulanan kesme yöntemine göre farklı olmaktadır- EŞer kesme sırasında bom aşığı ve yukarı

yönlere doğru hareket ediyorsa (Bu yöntem **BKM** larında pek uygulanmaz) keski kuvvetleri derişimi **BEP** tiplerde olduğu gibidir. Buna karşın kesme işlemi boma sap ve sol yönlere doğru hareketi ile gerçekleşiyorsa (Pratikte en çok uygulanan kazı sistemidir) keski kesme derinliği herhangi bir kesme sektörü için sabit olduğundan keski kuvvetlerine normal olarak devamlı sabit kalır. Böylece tork ve dingil kuvvetlerindeki titreşimler az düzeyde oluşur. Bu nedenden dolayıdır ki **BED** tipli kesici kafalarla donatılan **BKM** lar uygulamada daha az titreşimli olarak bilinirler.

Keski kuvvetleri genellikle kesilen alan ile orantılı olduğundan her iki tip için de kesici kafanın geometrisine bağlıdır. Yazarlar tarafından laboratuvarında simüle edilmiş küresel şekilli bir kesici kafaya alt keski kuvvetleri "Şekil 6 da gösterilmiştir. Buna göre **BEP** tipli küresel şekilli bir kesici kafada makinadan arına doğru gidildikçe kesme alanı ve kesme yarıçapları azaldığından bireysel tork ve keski kuvvetleri de aynı şekilde azalmaktadır. **BED** tipli küresel şekilli kafalarda ise arın kısmında, daha fazla alan süpürüldüğünden dolayı kuvvet dağılımı farklı olarak ortaya çıkar. Böylece makinadan arına doğru gidildikçe bireysel keski kuvvetleri artma eğiliminde iken, kesme yarıçaplarının azalmasından dolayı tork değerleri keski kuvvetleri boyunca yaklaşık olarak sabit kalma eğilimindedir. Böylece **BED** kesici kafalarda kesme sırasında daha az tork titreşimi oluşur.

2. Dinamik Özellikler: Her iki tip kesici kabada oluşan dingil kuvvetlerinin büyüklüğü ve etkiye yönleri kesici kafanın dizaynı, geometrisine ve uygulanan kesme yöntemine bağlıdır. Şekil 7 a'da görüldüğü gibi **BEP** tipli bir kesici kafaya kesme doğrultusunda yatay olarak (P_{Tf}), bu doğrultuya düşey olarak (F_y) ve bu iki kuvvetin oluşturduğu düzleme dik olarak etkiyen (Eksenel, F_x) dingil kuvvetleri bulunur, bunların büyüklükleri uygulanan kesme yöntemi ile kesici kafanın geometrisine bağlıdır. **BEP** tipli kesici kafalarda en çok 'yukarıya kesme' yöntemi uygulanır. Bu nedenle burada $F_y > F_x$ olup P_{Tf} değeri ise kesici kafa koniklikçe (Keski eksenlerinin konik düzlem^dik olması koşullarıyla) artar. Ancak pratikte kullanılan kesici kafa şekilleri göz önüne alındığında $F_y > F_x$ durumu görülür. Bu nedenle boma etkiyen bileşke kuvvetin yönü F_y ye daha yakındır. Makinada bulunan yatay itme kuvvetinin büyüklüğü makinanın ağırlığı ile ilişkilidir. Bu nedenle **BEP** kesici kafalarla donatılmış **BKM** lar sert kesme koşullarına uygun olması için güç ve ağırlıkları artırılırken yatay kuvvetin büyüklüğünden dolayı çoğu kez yan mahmuz kullanma gereğinde ortaya çıkar.



BTD tipli kesici kafalarda ise *dingil* kuvvetlerinin *buyUklUğü* ve yönleri n vf via nan Vesme yöntemine ballıdır. En çok uyrulanan kesme şekli olan saÇ ve sol yönlere do^ru kesme hareketi sırasında bınma etkiyen kuvvet bileşenleri ^ekil 7.b'de rnrülmektedir. REP tipli kafaların dinamik konumu go'z önüne alın-dılında burada oludan bileşke kuvvetinin F. ve F bilecenlerinin oluşturduğu d'İzleme yakın olduPu söylenebilir. Bunlarda makinanın afırlığı İle dengölene-bıldİFinden makına BEP tiplerde olduSu gibi yana dorru hareketlerinde zorlan-maz. Bu durum böylece BED tipli kesici kafalar için önemli bir avantaj oluş-turur.

O) Kazı hareketi açısından : BEP tipli kesici kafalarla arında istenildiği an istenilen yerin anında kazılması mümkündür. BED tiplerde ise bu mümkün ol-mayıp istenilen herhangi bir yerin kazısı için belli bir kesme kademelerinden recisi p-erektir. Uygulamada renellikle kazı işlemine önce yumuşak malzeme-lerden ballanarak sonra sert malzemelere doğru gidilir. Çok katmanlı arınlar-da ise bu sert ve yumuşak formasyonlar bazen iç içe geçmiş olabilirler. Bu du-rumda yapılması gereken seçimli kazı için BEP tipli kesici kafalar çok daha uygundur. Bunların yanısıra tahkimat için gerekli direk niplerinin kazılmasın-da ve daha düzgün tünel yüzeylerinin elde edilmesinde BEP tipli kesici kafala-rın da^e etkin ve verimli olduğu da yazarların tecrübeleri arasındadır.

4.1.2. Bom Gövdesi

Bom gHvdesl kesici kafanın hareketini ve bu hareketten doğan kuvvetleri karşılayan bölümlerden oluşur. En arkada bomu makına gevdesindeki platforma baSlavan hareket pistonları ve bunların önünde kesici kafanın tahribini sağ-ıdan bir elektrik motoru ve aktarma organları bulunur.

Bom elemanlarının verleşim düzeni makinanın yumuşak yada sert kesme ko-şullarına olan uygunlusuna göre derişir. Şekil 8 de görüldüğü gibi yumuşak kesme kt-gulları için dizayn edilen bom gövdesinde btütün üniteler birbirleriyle doörudan temas halindedirler. Bu nedenle kesme sırasında oludan kuvvetler ma-kına gövdesine aktarılırken diğeri bom üniteleri gibi elektrik motoruda dolay-sız oarak bu yüklerin etkisi altındadır. Böyle bir bomun maliyeti ucuz olup oldukça yumuşak malzemelerin kasımına uygundur. Ancak orta sertlikteki malzemelerin kazıranda bu bom uzunlurunun tahkim edilmeyişinden ÖtürU titre-şimler oluşur. Bu tür bomlar ile orta sertlikteki malzemelerin kazımı sırasın-

İda kesici uç sarfiyatının arttığı ve daha fazla bakım gerektirdiği gözlemlenmiştir. Orta ve sert kesme koşullarına göre dizayn edilen bom ise Çekil . 8 de verilmiştir. Burada, yatay itme gücünü arttırmak için bom platformu üzerinde bulunan taban geniş tutulup bir kutu haline getirilerek tork ve dingil kuvvetlerine karşı tahkim edilmiştir. Böylece bir kutu içersine giren elektrik motoru yüklerden etkilenen bir bölüm olmaktan çıkmıştır. Bu tür bom tipinde kullanılan elektrik motorları standart maden amaçlı motorlar olup yumuşak tip- li bomlarda kullanılan ve özel amaçla imal edilen motorlardan daha ucuz ve daha kullanışlı olduğu belirtilmektedir(5).

4.2. Yürütme Ünitesi

Dairesel bir gilye içersinde kazı yapabilen makinelerin dışına? BKM larj renellikle ya paletli yada lastik tekerlekli yürütme Üniteleriyle donatılmış- tır. Ancak makina pratikinde paletli yürütme sistemi en yaygın olanıdır.

Yürütme ünitesi ço#u kez gerek makinanın yanlış kullanılmasından ve gerek- se dizayn ^eklerinden dolayı ençok tamir ve bakım gerektiren kısımlardan birisi- dir, makinanın normal yürütmesinin yanısıra 3rına doğru kesme hareketini de ger- çekleştirir. Arına doğru kazı sırasında kesici kafadaki tüm kesimler aktif ola- rak birarada kesme vaptı^mdan, yürütme hızına ve kesici ka^a geometrisine bap- lı olarak makina ve yürütme ünitesi en çok bu hareket sırasında yüksek kesme 'kuvvetlerine maruz kalır. Pratikte yürütme ünitesinin aşağıdaki özelliklerde olması istenir (5):

1) İVakinanın zemine uy^uladığı basıncın düşük olması : Yumuşak ve sulu zemin- lerde makinanın batması söz konusudur. Bu nedenle makinadaki toplam ağırlı~ın zemin üzerinde daha geniş alanlara yayılmasını sağlamak için özellikle ağır makinalarda palet boyi'ları geniş tutulur.

(2) Makinanın normal yürütme hızının yüksek olması : Bu durumda gereksiz boş- ta hareket zamanı azalır ve geniş tünellerde daha seri manevra hareketi elde edilerek, tabanda kalan kazılmış malzemenin temizlenmesi daha verimli olarak yapılır- Uygulamada bulunan makinelerin normal yürütme hızı 10 m/dakika civa- rındadır.

Daha önceki makinelerde "Piyano-menteşeli" tüteki paletler kullanılmak- tayı. Ancak bunların ç~k sık arıza göstermelerinden ötürü yeni imal edilen

BKM ında "Caterpillar" tipli paletler kullanılmaktadır. Bu tip paletlerde devamlı bir "adlanma sistemi bulunup palet bağlantıları sok etkilere karşı daha dayanıklı olmaktadır. Bunun yanı sıra kırıntılı ve aşındırıcı zeminlerde daha iyi bir virüme ve tırmanma Özelliğine sahiptirler.

d.3. Malzeme Yükleme ünitesi

Makinenin en ön kısmında olup aynı zamanda en geniş kıyımını oluşturur. Tek bir marmardan oluşabildiği gibi galerilerde yükjeme kapasitesini arttırmak için yan taraflara bağlanan ek parçalarla genişlikleri arttırılabilir. Yükleme ünitesinin verimli çalışması kazı randımanında önemli ölçüde arttırır. Bir yükleme Ünitesi temel olarak besleyici tablası ve bunun üzerine yerleştirilen toplayıcı Ünitelerden oluşur. Pratikte rastlanan toplayıcılar tek yada çift zincirli paletler, yıldız çarklar ve yengeç kolları şeklinde görülür. Yengeç kollar kaba ve iri malzemelere uygun olurken yıldız çarklar ise nisbeten İnce malzemelerin yüklenmesinde kullanılır(Şekil 2). Zincirli paletlerin ise her iki koldada kullanıldığı pratikte görülür.

Bazı **BKM** rında besleyici tablası yan taraflara doğru hareket eden tiptedir (örneğin bazı Sovyet ve Alman makinalarında). Böylece yan taraflarda biriken malzemenin yüklenmesi daha kolaylaşır. Bazı makinalarda ise besleyici tablası olmayıp yükleme kesici kafa yardımıyla dolaysız olarak bom Üzerinde bulunan bir zincirli konveyörle yapılmaktadır (Örneğin westfalia Luchs ve Dach tipli makinaları)» Böylece uygulamada sık sık arızalarla karşılaşman besleyici tablasının elimine edilmesi bir avantaj olup, makinenin manevra yeteneğinde artmış olur.

4.4. Malzeme Aktarıma ünitesi

Makina önünden toplanan kırılmış malzemeler önce makina' -İçersindeki bir zincirli konveyöre daha sonrada köprü konveyör olarak tanımlanan bir bant konveyöre verilerek arın gerisine taşınır, özellikle kamyon İle malzeme nakliyatının «apıldığı geniş galerilerde köprü konveyörü pek kullanılmayıp zincirli konveyör ile doğrudan boşaltma yapmak mümkündür.

İlk yapılan **BKM** rında üst kısımda bulunan ve makinayı çevreleyen tsk zincirli paletlerle, kazılmış malzeme ön taraftan alınarak köprü konveyöre verilmekteydi. Böylece yükleme ve aktarma işlemi aynı anda gerçekleşmektedir. Bunun

vamsıra bu tin yüklene sisteminde mekina yükseklimi düşürülerek alırlık merkezide indirilebilir. Ancak bu durumda makinedeki di^ar aksamların dah? dar bir boşlukta toplanmasına neden olduğundan tamir ve bakam işlevlerini güçleştirirler.

Pratikteki makinalarda malzeme aktarılmasının daha çok mafcina içersinden eeçen zincirli konveyörlerle yapıldipi görölür. Burada malzemenin konveyöre yüklendiği kısım kapalı bir geçişten yapıldığından, bu bofaz açıklığı belli irilikteki malzemelerin geçişini sınırlar. Ancak **BKM** rında kazılan malzeme genellikle küçük taneli olduğundan bu durum arından kütle halinde kopan malzemeler için söz konusudur.

Köprü konveyörün konumu ana taşıyıcı sisteme bağlıdır. Eğer arın gerisindeki ana taşıyıcı bir bant konveyör ise köprü konveyör bu bantlı taşıyıcı üzerinde hareket edecek şekilde dizayn edilir. Bu durumda ya tavanda bulunan bir monoraya yada ana taşıyıcı üzerindeki bir platform üzerinde kayacak şekilde yerle ^tirilir.

4.5. Hidrolik ve Elektriksel Üniteler

BKM anda diper kazı makinalarında olduru eibi kesici kafa elektrik olarak tahrik olunurken boşun hareketi ise Mdrollk olarak eağlanır. itâ ki na da ki gücün büyük Kısmı kesme işlemine harcandığından kesici kafa motor gücll en büyük olacak seçilir, ilikleme ve aktarma üniteleri hidrolik yada elektrik tahriklidirler.

Hidrolik talirik sistemi için dşha Önce kullanılan yüksek basınçlı pompa-, lar terkeflderek bunların yarine düşük basınçlı (Enfazla yaklaşık 140 bar) dişli pompalar kullanılmaktadır. 8u ana de.öin elde edilen pratik deneyimler düşük basınçlı dişli pompaların kir ve tortu gibi maddelere ka«şı daha dayanıklı olduğunu ve daha az hidrolik sıvı filtrasyonu gerektirdiğini ortaya koymaktadır {fi). Bunun vanısıra bu düşük basınçlı sistemlerde yanmaya karşı dayanıklı Suva? emülsiyonu gibi hidrolik akışkanların kullanımına doğru bir ffgilim bulunmaktadır. DÜsUk basınçlı sistemlerde ekipmanlar daha güvenilir olup az bakım gerektirirler ve yüksek basınca oranla daha uzun Ömürlüdürler (5).

5. BOMLU KAZI MAKİNALARININ KESME ŞEKİLLERİ

Bir **BKM** nın kesme sekli kullanılan kesici kafanın dönme ekseninin BEP yada BED olmasına göre değişir. Makinaya etkiyen kuvvetler kesici kafanın hareketinden

kaynaklandığından, kesme sırasında kesici kafanın istenilen konumda kesmesi eerekir, tersi durumda makinanın ömrü azalarak imletme maliyeti artar. Kesme hareketinin kontrolü tamamen operatörlerin yeteneğine bağlıdır. Bu nedenle operatörlerin eMtimî çok Önemlidir. Ancak bazı koşullar operatör hakimiyetlinde yenmektedir, örneğin kayaç ve kesici uç durumuna baplı olarak çok sık c-lunan esiri ±oz operatörün r 'rüş alanını kıptatarak kesme hareketinin rözenmesini enrellsr. Bu nedenle son zamanlarda bilgisayar kontrollü kazı sistemleri uyarlanmasına sreçilmiştir ve oldukça olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Bunlardan in^ilteredeZKD Instruments Firmasınca geliştirilen (ZED-MINER) sistemler ile ayrıca Almanyada Eickhoff va Paurat BKM ında kullanılan otomatik profilleme ve doğrultu verme sistemleriyle önemli aşamalar kaydedildiği bildirilmektedir (7,8,9). Bu sistemlerde bilgisayara verilen toplam kesme derinli*i ve arında izlenecek yön gibi bilgiler doğrultusunda kazı yapılır ve ar pHrînmesede kesici ka-fanm konumu bir akran Üzerinden İzlenebilmektedir.

5.1. Bom eksenine Paralel Kesici Kafalarla Yapılan K«sme İşlemi

Bu tür kesici kafalarla önce arına doğru plrilir ve sonra yanlara ve aşapı-vukarı do&ru kesme yapılır. Kesici kafanın kinematik özellikleri gözetilerek kesme hareketi ya kapalı kesme yada yukarı.veya aşarı kesme şeklinde yapı3ır{9 Kapalı kesm«, titreşimin az ancak güç çekişinin fazla olduğu bir yöntemdir. Yukarı dotfru kesme işleminde boma etkiyen yatay dingil kuvveti (P.) dUşey dingil (P,,) kuvvetinden dabs fazladır. Yani bomdakl yatay itme silindirlerine daha fazla yük atkir. AşaSıya kesme konumunda ise $SL > F$ durumu BÖZ konusu olduğunda silindirlere etkiyen kuvvetin bileşkesi düşey yönde olma eMlimde olur ve bom yatay vb'ndaki hareketi doğrultusundan sapar ve özellikle hafif ve orta kapasiteli makinelerde yatay itme silindirlerinin bükülmesi durumu ortaya çıkar. Ayrıca bu tür kesme yönteminde kesimler ortama en büyük kesme derinlisinde /erdiklerinden keski kırılmaları oluşur ve bu nedenle pratikte daha çok yukarıya kesme şekli kullanılır.

Yukarda belirtilen.özellikler gözönüne alındılında BEP tipli kesici kafalar ile yapılan kesme işlemi Şekil 9 a'da gösterilmiştir. Galerinin her iki yanının eşit olarak kazılmasını saplamak amacıyla makina. kendi eksenini galeri eksenini ile çakışacak şekilde galerinin ortasına getirilir. Bom eksenini de arman merkezine do»ru getirildikten sonra bu konumda arına doğru kesme yapılır. İstenilen derinlice ulaşıldığında seklideki gibi yanlara ve aşası-yukarı do*ru kesme vanılır. Makina pratiğinde kesmeyi kolaylaştırmak amacıyla normal olarak ön-

es yumuşak, sonra sert yeri rln kazamı yapılır. Bomun sınır değerlerinde arına do^ru kazı yapmak silindirlerin zarar g^rmesine neden olur.

5.2. Bom Eksenine Dik Kesici Kafalarla Yapılan Kesme İşlemi

Kesici kafanın makina Üzerindeki konumunun farklı olusundan ötürU uygulan kesme yöntemi BBP tiplerden farklıdır. Sekil 9 b'de görüldüğü gibi arına doğru kesme işlemleri hemen yapılamayıp belli kademelerden geçişi gerektirmektedir- Bu tamamlandıktan sonra arının taranması bomun yalnızca sağ ve sol yön- lere olan hareketiyle gerçekteşmektedir.

6. BOMD KAZI MAKİNALARININ SEÇİMLERİNİ VE PERFORMANSLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

BKM nın seçimlerini ve performanslarını etkileyen faktörler Tablo 2 de gösterilmiştir. Bunlara alt bazı özellikler aşağıda açıklanmıştır.

6.1. Kayaç ve Makina ile İlgili Faktörler

Bir BKM nm seçiminde kayaç özelliklerinin rolü tartışılmayacak derecede önemlidir. Kayaçların kesilebilirliM konusunda çoğu kez tek eksenli basma ve çekme dayanımlarının gözetildiği bilinmektedir. Bu tür mekanik özellikler bazen avnı yapıda olan bir kayaç grubunun kesilebilirimi konusunda tek başlarına bir fikir verebilirdede eenel anlamda yetersiz kaldıkları saptanmıştır (11). Kayaçların kesilebilirliklerinin yanısıra kesici uç tipi için aşındırıcılık özelliklerinde göz önüne alınması gerekir. Keskiner aşındıkları zaman ilk , keskin konumlarına orakla daha fazla kesme kuvveti gerektirdiklerinden raakina- yi oldukça zorlarlar. Kayaç içersindeki kuvars miktarı aşınmayı etkileyen an btiytk faktördür.

Kaya-çların kesilebilirliklerinin tahmini konusunda yapılan çalışmalar ara- sında en etkin olanı kayacın özgül enerjisini hesaba katan yöntemdir (1,11). Burada laboratuvar koşullarında yapılan kesme deneyleri ile kayaçların özgül ener.lisi (Birim m kşvacı kesmek için harcanan enerji, Mj olarak) belirlenerek, yerinde, yapılan çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılarak bir bağıntı elde edilmiştir. Böylece özgül enerjilere göre bir kesilebilirlik sınıflandırılması varılarak uygun.makinanın seçimi ile birlikte aynı zamanda kesici uç sarfiyatının tahminide yaklaşık olarak yapılabilmektedir. Bu konuda ayrıntılı çalışmalar İvar olduğundan (1,1?) bu tebliğde ayrıca değinilmemiştir. Yukarda tanımlanan

kesilebilirlik deneyleri genellikle tıkkız kayaçlar Üzerinde yapıldığından zor kesme koşullarını tanımlamaktadırlar. Ancak kayaçlar genellikle kırık ve çatlaklar İçerdiklerinden uygulamada kazı İşleminin kolaylaşması söz konusu olgubilir.

Kayeç özelliklerinin yanısıra daha iyi bir kazı performansı İçin iyi bir makina dizaynı ve boyutu kuşkusuz çok önemlidir. Burada makinada bulunan toplam kurucu *füç* ve alırlık makinenin sınıflandırılmasını *tain* eder. BEP tipli kesici kafalarla donatılmış **BKM** mda hafif tnakinalar 25 ton ve orta tipler 40 ton civarında iken ağır tipler ise 70 tonun Üzerinde olmaktadır. Vakinalarda kurulu toplam gUç hafif maklnalarda 150 kW ve orta tiplerde 200 kW civarında iken ağır tiplerde İse 300 ÜWm Üzerinde olmaktadır. BED tipli kesici kafalı maklnalarda İse yukarda verilen ağırlık ve güç değerleri daha az olarak ortaya çıkmaktadır.

BKM anda bugüne değin elde edilen teknolojik gelişmelerde en çok makina nın mekanik aksamlarının dikkate alındığı gözlenmektedir. Makina ile kayaç arasında bir geçiş znu oluşturan kesici kafa üzerinde ba2i temel araştırmaların dışında ne yazık ki halen Önemli bir araştırma yapılmamıştır. Son zamanlarda bu konunun Öneminin anlaşılmasından sonra İngiliz Kömür Kurumunca keşici kafa dizaynı konusunda bir bilgisayar programı hazırlanarak imalatçı firmaların bu proSramda belirtilen tanımlamalara göre kesici kafa dizaynını ger pekleştirmeleri İstenmektedir (13). Her ne kadar bununla bazı aşamalar elde edllmişseda oretlkte halen ciddi sorunlar bulunmaktadır.

Türkyede TKİ ye bağlı OAL Müessesesinde 4 adet Sovyet Pk9r 3 adet Dose Mk2A ve 5 adet Dosco Mk2B galeri açma makinaları üzerinde yapılan performans geliştirme çalışmaları.sırasında kesici kafa dizaynının bir kazı çalışmasını ne Ölçüde etkiledİSi açık bir şekilde kanıtlanmıştır, ^aklnalarm orijinal kesici kafa dizaynı terkedilip yine OAL de yazar tarafından yeni geliştirile bir tekniğin uygulanması İle kesici uç sarfiyatında % 7Q'e varan bir indirim sa&lanmis ve makinadan kaynaklanan arızalarda Önemli Ölçüde düşüşler elde ediltmiştir (14,15). Bunların yaraşıra by kesici kafalar ile makinanm orijina kesici kabalarına göre % 30 daha az gUç çekişi elde edilmiş ve daha rahat ke me koşulları kazanılmıştır. Ayrıca kesici kafa Üzerindeki keski yuvalarının ömrü çok daha fazla artarak galeri ilerlemelerindeki temel duruşlar azaltılmıştır (16)-

6.2. Makina Dışındaki Faktörler

Bir kazı işleminde makinanın kapasitesinin yeterli oluşu o kazı sisteminin verimli olacak anlamına gelmez. Örneğin bir galeri açma işleminde kazılan verin tahkimata ve havalandırılması, ekipman ve kazılan malzemenin taşınması, drena-1 ye işgücü planlaması ilerlemeyi etkileyen en önemli faktörlerdir. Bunlar içersinde en çok zaman alıcı işlem tahkimattır. Kayacın yumuşak ve kırık zonlardan oluşması maklna için bir avantaj oluştururken tahkimat için dezavantajlı olarak bilinir, diğer bir ifadeyle kazılabilirlik İle tahkimat birbirleriyle ters orantılıdır, İngilterede mekanize galeri açma sistemlerinde elde edilen verilere göre galerilerde kullanılabilir yararlı zamanın % 28,15 i kesme ve vüklemeye harcanırken % 28,4 U ise tahkimata ayrılmaktadır (17). Yani pratikte BKM ndan yeteri kadar yararlanamama sorunu vardır, tahkimatın kazı işlemini aksatmaması için bazı durumlarda kalkan (Shield) kullanılmakta İse bu daha çöfe dairesel kesitli galerilerde başarılı olmaktadır. Her nekadar bazı imalatçı firmalar kemer şeklindeki galerilerde de kalkan kullanımına gitmişlensede bu konuda henüz önemli bir sonuç ortaya çıkmamıştır.

6.3. Bomlu Kazı Makinalarında İşletme Maliyeti

Yazarların oratik deneyimlerine göre BKM ında devamlı harcanmalarından ötürü en Önemli işletme maliyetini kesici uçlar oluşturmaktadır. Bunların yanısıre makinadaki hidrolik sistemlerle ilgili çeşitli türde keçeler, hortumlar ve pistonlar ile makine elemanlarını birbirlerine bağlayan civatalar sık sık değiştirilen kısımları oluşturur. Bunlardan sonra ise besleyici tablasının üst kısmı, vengeç kollar veya yıldız çarklar, zincirli konveyör plakaları gibi kesilen malzemeye devamlı temastan ötürü aşınan elemanlarında sık sık değiştiği gözlenir (18).

Kesici uçlar makınaya etkiyen kuvvetlerle ilişkili olduğu kadar maliyet ile fle yakından ilgilidir. Özellikle sert ve aşındırıcı formasyonlarda kesici uç maliyeti hassas bir engel olarak ortava çıkabilir. Genellikle yumuşak formasyonlarda radyal tipli keskiiler kullanılırken sert formasyonlarda İse ileri hamleli konik keskiiler kullanılır (19). Bunun nedeni konik keskiilerin daha uzun ömürlü olmasından İleri gelmektedir. Şekil 10'da dayanıklı olan Hf tipli bir radyal keski ile konik uçlu keskinin karşılaştırılması görülmektedir (20). Başlangıçta radyal keskiilerin kesme hızı daha yüksek olmaktadır. Ancak 6.4 m lük bir kazı yaptıktan sonra kullanılmaz duruma gelmektedirler.

Buna karşın konik uçlu keskiiler ise normal kasma hızını sürdürerek yaklaşık 15 m lük bir kazıyı gerçekleştirdikten sonra kullanılmaz duruma gelmektedirler. Yani konik uçlu keskiilerin ömrü radyal keskiilere oranla burada iki kat daha fazla olarak ortaya çıkmaktadır-

Radyal ve ileri hamleli konik uçlu keskiilerin kullanma sınırı kayacın aşındırıcılık ve sertlik özelliklerine göre değişir. Radyal keskiiler tek eksenli basma dayanımı 60 MPa olan kayalara dek sınırlanırken, konik uçlu keskiiler ise çok aşındırıcı olmaması koşulu ile 120 MPa dayanımındaki kayalara dek ekonomik sınırını koruyabilir.

7 « SONUÇLAR

Bomlu kazı makinaları diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de kılınım alanları bulmaya başlamıştır. Bu makinaların ilk yatırım masrafları yüksek olduğundan seçimlerinin gerçekçi olarak yapılması gerekir. Bunun için imalatçı firmaların önerilerinden çok bu konuda yapılmış çalışmaların gözeteilmesi gerekir. İmalatçı firmalarca verilen kesme sınırına pratikte pek ulaşılmaıgıda saptanan olgular arasındadır.

TKİ Kurumuna bağılı OAL (Beypazarı) Müessesesinde bulunan çeşitli tipteki bomlu kazı makinalarından elde edilen pratik sonuçlar hafif tipli makinaların ekonomik olarak tek eksenli basınç dayanımı en fazla (50-60 MPa olan kayalara dek uygulanabileceğini ifade etmektedir. Bu tip makinalar ile eğer kayaç çok aşındırıcı değil ise radyal uçların kullanılması uygun olabilir. Orta kapasiteli BKM ise ileri hamleli konik keskiilerin kullanılması koşulu ile tek eksenli basınç *âayaniwj en fazla 80 -S5 MPa* civarında olan kayalara uygun olabilir. Bu tip makinalar ile daha sert kayaçlar fiziksel olarak kesilebilir ancak ekonomik olmaz. Ağır tipli makinalar ile normal koşullarda 120 MPa a'dek kayaçların kesilebileceği ve makinanın kapasitesinin artırılması halinde (Örneğin, ağırlığının 100 tonun üzerine ve kesici kafa motorunun 300 kw a çıkarılması ile) ise bu dererin 150 MPa a dek çıkabileceği belirtilmektedir(5). Ancak ağır tipli makinalardaki bu kapasite artışı maliyeti oldukça arttırarak tam cephe kazı makinalarının maliyetine erişmeye ne^en olur.

Burada belirtilmesi gereken önemli bir konu ise makina seçicinde kayacın tek eksenli basınç dayanımının tek hasına yeterli olamayacağıdır. Yukarda verilen dererler ise yalnızca kaba bir yaklaşım amacını tasıymaktadır. Makina seçiminde kayaçların keşilebillrlik ve aşındırıcılık Özelliklerinin

mutlaka saptanması gerekir. Bu konuda Üniversite ve benzeri kuruluşlarla bir ilişki kurulmasının yararı büyük olabilir.

Seçilecek makinanın kesici kafa tipinin bom eksenine paralel yada dik olmasıâa günümüzde tartışması sürdürülen bir konudur. Her ne kadar BEP tipli makina imalatçılara bu tipin daha iyi olduğu gortişündeler ise BED tipli makinalann uygulamada sert kasma koşullarına daha uygun olduğu ise bilinen bir perçektir. Bunun yanısıra dairesel kazı yapabilen BEP tipli makinalarda kalkan kullanımından dolayı kesme kapasitesinin artışı beklenabilir.

KOT . Bu yazıda anlatılan bütün görlişler yazarlara aittir.

KAYNAKLAR

1. McFEAT-SMITH,I and POWELL, R.J., The Selection and Application of Roadheaders for Rock Tunnelling. Rapid Excavation and Tunnelling Conf., Atlanta Georgia, 1979 .
2. Seminar on "ater Assisted Roadheaders for Rock Excavation, Pittsburgh, PA, May 1982 .
3. MENZEL, W. and ^RENYO,P., Selective Cut Roadheading Machines with Longitudinal and Transverse Cutting Heads, Glückauf+Translation, 117(1981), Nr. 5 .
4. KLEINEM,H.V. , New Test-bed Results for Cutting Heads on Selective-cut Heading Machines, Gluckauf+Translation, 118(1982) , Nr.9 .
5. KOGELMANñ,f.J., Increased Productivity Through Boom-Typa Continuous Einers, S.A. Mining florid, August 1982 .
6. Tunnelling by Machine, Mining Magazine, June 1982, pp. 469-487 .
7. CHAD VICK,J.R., Special Report : Continuous Miners and Roadheaders, World Mining, September 1983, pp. 41-50 .
8. Roadheaders and Vater Jet Cutting, Vorld Mining Equipment, February, 1987, pp. 30-36 .
9. SCHNEIDER,H. , Kişisel Görüşmeler, Atlas Copco-Eickhoff,B. Almanya, 1987.
10. HEKİt'OĞLU.O.Z., Galeri Açma Makinalarmda Kesici Kafa Geometrisinin Makinanın Performanslarına Olan Etkileri, Türkiye 5. Kömür Kongresi, Mayıs 1986 .

11. POWELL,R.J. and PYCROFT.A.S., Rock Machineability Studies for the Assesment of Selective Tunnelling Machine Performance. 21 st. National Rock Mach. Symposium, U.S.A., Miss., 1980, pp. 149-158 .
12. McPEAT-SMITH.I. and FOV/ELL.R.J., Correlation of Rock Pronerties with the Cutting Performance of Tunnelling Machines. Proc. Conf. Rock Engineering, Univ. of Newcastle Upon Tyne, 1977, pp. 581-602 .
13. HOLT,P.B»» MORRIS,C.J. and OvZEN.R.J., Desk Top Computers for Design Work. The Mining Engineer, April 1984, pp. 485-489 .
14. HBKİMOĞLUJ.O.Z., OAL da Çalışan Pk9r GAM in Kesici Kafa Dizaynlarının Değiştirilmesi Üzerine Rapor. TKİ OAL Müessesesi, ğustos, 1985 .
15. HEKİMOĞLU,O.Z., Studies in the Excavation of Selected Rock Materials with Mechanical Tools. Ph.D Thesis, Univ. of Newcastle Upon Tyne, England, May 1984 .
- 16.HEKİMOĞLU,O.Z. ve TATAR,Ç., OAL Mliessesesindeki GAM nin Performanslarına İncelenmesi, (Yayınlanacak) .
17. Mechanised Support Setting. British Coal H3TD Tunnelling Pro,jeet, March 1987 .
18. REKİMOäLU,O.Z.,, OAL de çalışan Dosco Mk2A GAM ına Ait.Yedek farca Burumu ve Bunun Dosco Mk2B ile Olan İlişkisi Üzerine Rapor. TKİ OAL Müessesesi, Nisan 1985.
19. TOVELL ,R.J., HEKİMOC-LU,O.Z., ALTINOLUK,S., Drag Tools Employed on Shearer Drums and Roadheaders. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 10. Kongresi, Ankara, Mayıs 1987 .
20. HURT,K.G. and MacANDREff,K.M_M Cutting Efficiency and Lifa of Rock -Cutting Picks. Mining Science and Technology, 2(1985) 139-151 .
21. FOtfBLL,R.J.,and JOHNSON,S.T, Rock Classification for Rapid Excavation Systems. Symposium on Strata Mechanics, Univ. of Newcastle upon Tyne, April 1982, pp. 241-245 .

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal Congress of TURKEY

BEYPAZARI PROJESİ RAPORU
REPORT ON BEYPAZARI LIGNITE PROJECT

Yusuf AYDIN x

Jörn PJNFSTJCK XX

ÖZET

Beypazarı Tevbii Projesi, Çayırhan'da 2x150 MW kurulu güçteki termik santrale ve teshine yeraltından yılda 2*200.000 ton linyit sağlanması için tam mekanize bir yeraltı ocağının kurulması amacıyla yürütülmektedir. İlk defa tam mekanizasyonun yeraltına uygulanması olan bu projede aynı zamanda T.K.İ.'nin diğer yeraltı işletmelerindeki elemanlarının da eğitiminin sağlanacağı modern bir eğitim ve tahliye merkezi de öngörülmüş ve bu merkezlerin kurulması çalışmaları da yoğun bir şekilde sürdürülmektedir.

ABSTRACT

The Beypazarı Expansion Project is realized for developing a complete fully mechanized mine to feed the power plant of 2x130 MW and domestic demand by producing 2.200.000 tons/year. Besides being the first project for realization of full mechanization in our country a modern training and mine rescue center is under construction to serve whole T.K.İ. underground personnel.

(x) Maden Yüksek Mühendisi, T.K.İ.-0.A.L.Hüessesesi, Çayırhan-Nallıhan/ANKARA

(xx) Maden Yüksek Mühendisi, Montan Consulting Essen/B.Almanya

1. TÜRKİYE'DE LİNYİTİN ÖNEMİ

Türkiye'de linyit önemli bir birincil enerji kaynağını oluşturmaktadır, Türkiye'de toplam linyit üretimi son on yıl içinde yılda % 13 artış göstererek 1985 yılı itibariyle 36.000.000 ton'a ulaşmıştır. 1990 yılı için üretim hedefi 62.015.01 ton olarak planlanmış olup, Üretim büyük kısmı yeni termik santrallerinde kullanılacaktır. Üretim büyük kısmı Elbistan Açık işletmesinden gelmesine rağmen, linyit rezervleri hemen hemen ülkemizin her tarafına yayılmıştır. Yeni projelerin başlıca ise 1936 yılından beri varlığı bilinen, Ankara'ya 120 Km. uzaklıktaki Beypazarı projesidir.(Şekil 1). Çayırhan, Tepeköy ve Koyunağlı sahalarından oluşan havzanın toplam rezervi yaklaşık 450*1000 ton dur. 150-400 M. derinliğe sahip damarlardan oluşan rezerv derinlik dolayısıyla açık işletmeciliğe elverişli değildir. % 3-5 gibi yüksek bir kükürt içeriğine sahip linyit diğer projelere nazaran daha yüksek sayılabilecek ve 3000-3500 Kcal/kg arasında değişen bir kalorifik değere sahiptir.

T.K.İ., Çayırhan Bahasında 1967 yılından beri yıllık üretimi 300.000 ton olan küçük bir yeraltı işletmesini manuel kazı metodlarıyla çalıştırmaktadır.

1.2.Beypazarı Tevsii Projesi

1979 yılında Çayırhan Köyü yakınında 2x150 MW gücünde termik santral kurulması ve santralin Çayırhan sahasından üretilecek kömürle beslenmesi planlanmıştır. T.K.İ. Çayırhan'da bütünüyle modern ekipmanlarla donatılmış yeni bir işletmenin kurulmasına karar vermiştir« işletmede modern bir eğitim merkezi, ambar ve materyal Btokluna sahası yanısıra kurtarma istasyonu da yer alacak ve T.K.İ. nin diğer yeraltı işletmelerindeki elamanların modern madencilik metodları, emniyet ve kurtarma alanındaki eğitimleri burada yürütülecektir. Şekil 2 de Çayırhan işletmesinin A, B, C, D, E ve F sahaları görülmektedir. Yaklaşık 70,000.000 ton rezerv tam mekanize panolarda ve 30,000,000 rezerv yarı-mekanize veya manual panolarda mevcuttur.

Ruhrkohle AG. ye bağlı Montan Consulting T.K.İ. tarafından müşavir olarak atanmış ve 1983 yılından beri çalışmalarını sürdürmektedir.

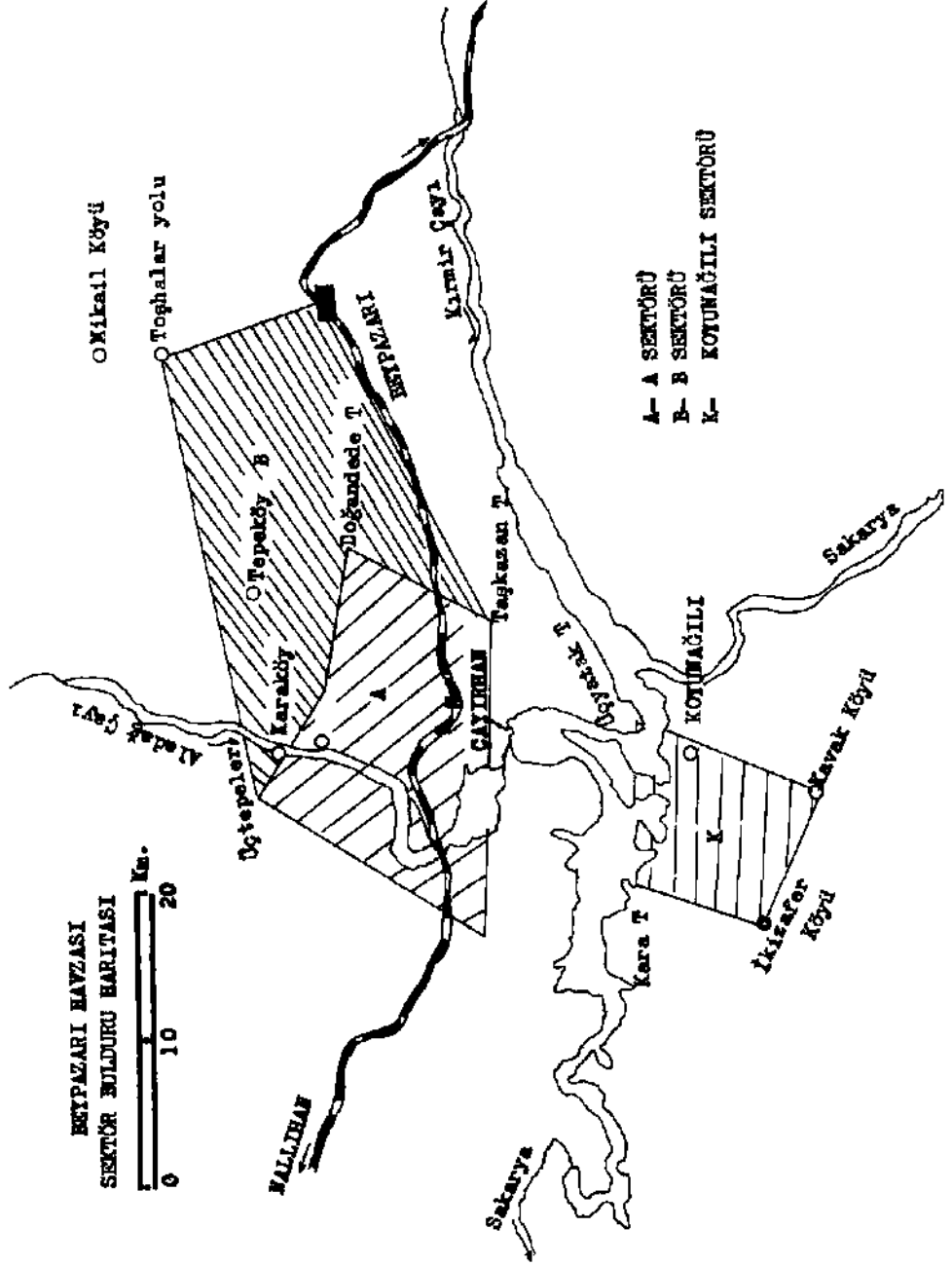
2. JEOLJİ

2.1.Rezervler

Kalınlığı 0,6-2.0M. arasında değişen bir arakesmeyle ayrılmış olan iki kömür damarı birbirinden bağımsız olarak üretilecektir. Projenin temelini oluşturan bir damardan üstte olanı ortalama 1*5 M, altta olanı ise ortalama 1*7 M, kalınlığa sahiptir,

Kömür damarları yarı-çöl dağlık bir bölgede 150-200 M, derinlikte ve 3-45 arasında değişen eğime sahiptir,

Yeni işletme yaklaşık 35 Km² alana sahiptir ve bu alan Doğu ve güney yönünde uzanan Davutoğlu fayı ile A (fay güneyinde) B ve C (fay kuzeyinde) ve D (fayın bitiminde doğuda) sahalarına bölünmüştür*



Şekil 1. Beypazarı Havzası Sektörleri

EBJİ işletme A sahasının batı kısmında yer almıştır.

+570 M ana giriş tünelinin açılması sırasında! bilinen damarların yaklaşık 130 M. altında 9 M. kalınlığında yeni bir damarla karşılaşmıştır. Tapılan araştırma sondajlarında bu damarın daha ince görünmesi, üçüncü damarın bir mercek damar olduğu kanaatini uyandırmıştır ("Şekil 3)«

Tam mekanize panolardan üretilen kömürün hesaplanmasında aşağıdaki sınırlamalar yapılmıştır«

• . 0

- a) 35 den fazla eğimlerde mekanize ayakların çalışma zorluğu dolayısıyla 35 den yüksek eğime Bahip kömür rezervleri üretilen rezerv içine alınmamıştır«
- b) +250 M. kotu altında kalan rezervler yüksek eğim nedeniyle çok fazla miktarda taş içinde hazırlıkları gerektirdiğinden üretim için değerlendirmeye alınmamıştır*»
- o) Üçüncü damar yetersiz araştırma dolayısıyla üretim için değerlendirilmemiştir. (Damar hakkında araştırmalar yeraltı sondaj makinaları vasıtasıyla mevcut hazırlık galerilerinden yürütülmektedir).

Yukardaki sınırlamalar ışığında, yeni işletmede görünür rezerv 120.000.000 ton civarındadır. Faylar emniyet toplukları ve üretim kayıpları için gerekli olan eksiltme yapıldığında, tam mekanize uzun ayaklardan üretilen miktar yaklaşık 70.000.000 ton tüvenandır. Yarı mekanize veya manual ayaklarla 30.000,000 ton kömür faylı ve eğimli sahalardan Üretilenir. Böylece, üçüncü damar gözönünde tutulmadan termik santralın kömür ihtiyacı uzun dönemde karşılanabilmektedir*»

2.2.Araştırma Çalışmaları

35 Km alanındaki kömür sahası % 30 karotlu olmak üzere IIB sondaj ile araştırılmıştır.

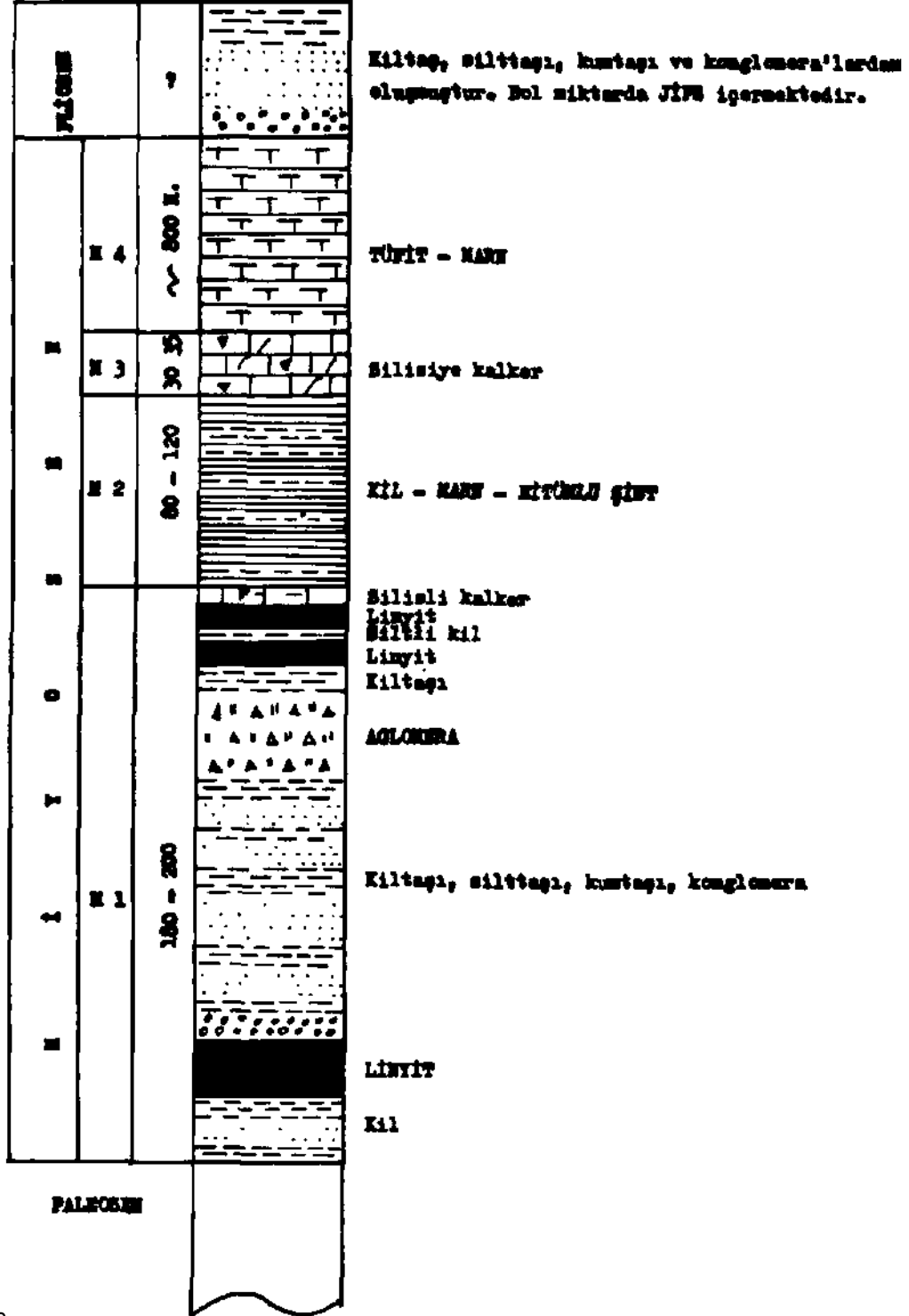
Eski ocaklar 1960 den beri çalışmakta olup şu ana kadar 20 Km baca sürülerek mekanize uzun ayaklar için hazırlanan yeni işlemeyle eski ocağın integrasyonu sağlanmıştır. Dolayısıyla yeni işletmede kömür damarının ve tektoniğin belirlenmesine yönelik araştırmalar tamamlanmıştır. Ancak, yine de beklenmeyen faylarla karşılaşmış ve bazı pano yerleşimleri değiştirilerek ortalama pano uzunluğu 700 M. civarına düşürülmüştür.

g.3.Kömür Özelliği

Linyit miosen orijinlidir. Tüvenan kömürün alt ısı değeri 3000 Kcal/kg ve küllük içeriği 3-5 olarak yüksek bir değerdedir. Kendiliğinden yanmaya eğilim de buradan kaynaklanmaktadır.

! Tüvenan kömür herhangi bir zenginleştirme işlemine tutulmamaktadır. Sadece iki boyut grubunda sınıflandırılarak satışa sunulmaktadır. İnce kömür termik santrale ve parça kömür çevreye satılmaktadır. Yüksek küllük içeriğinden dolayı kömürün [Ankara veya diğer büyük şehirlerde kullanılmasına izin verilmemektedir]«

Kalınlık Litoloji



2.4»Çevre Kayaç Şartları

Tavan ve taban taşları kömür içine sokulumlar yapmasına va düzgün olmamasına rağmen tavan ve taban taşı şartları oldukça iyi sayılabilir* Tabakalaşma oldukça duraylı ve taban yolları üzerinde basınç ve konverjanBin etkisi oldukça azdır« üst damarda, tavan taşı büyük parçalar halinde kırılmakta fakat boşluklar iyi dolmaktadır. Alt damarda, tavanı oluşturan 0.6-1.5 M. kalınlığındaki ara kesme ince parçalar halinde kırılmaktadır« Her iki damar tavan şartları yürüyen tahkimat (Powered support) uygulaması için elverişlidir«

3. İŞLETME ÜRETİM PLANI

Termik santralın iki ünitesi tam kapasite çalışmada 1.800«000 ton tüvenan (3000 Kcal/kg) kömüre ihtiyaç duyacaktır« Ek olarak ilk 5-6 yılda 400*000 ton kömür teshin ve Banayiye satılacaktır. Daha sonra toplam satış 3*000,000 ton* a yükselecektir«

üretim aşağıda verilen şartlara göre planlanmıştır;

1. İşletme yapısı yılda 3.000.000 ton (10000 t/gün, 300 gün/yıl) üretim yapacak şekilde dizayn edilmiştir«
- 2* Termik santralın çalışmaya başlamasından sonra ilk 5-6 yılda toplam üretim 2.200.000 ton/yıl (7300 t/gün, 300 gün/yıl) olacaktır»
3. 2.200.000 ton üretimin 300*000 ton/yıl kısmı tabanlardan ve elle çalışılan ayaklardan gelecektir.
- 4* Yıllık Üretimin 1.900.000 ton/yıl kısmı tam mekanize iki panodan (4 ayak) yapılacaktır, üretimi aynı seviyede tutmak için bir pano (2 ayak) yedek olarak hazır bekletilecektir.

Yukarıdaki kabuller işletme planlamasının temelini oluşturmaktadır«

İlk mekanize panolar A-13 ve O1 dir« A-02 panosu ilk yedek pano olacaktır* Mekanize panolardan planlanan üretim gerçekleştirilen 3*15 M/gün ilerlemenin ışığında aşağıdaki gibi hesaplanabilir

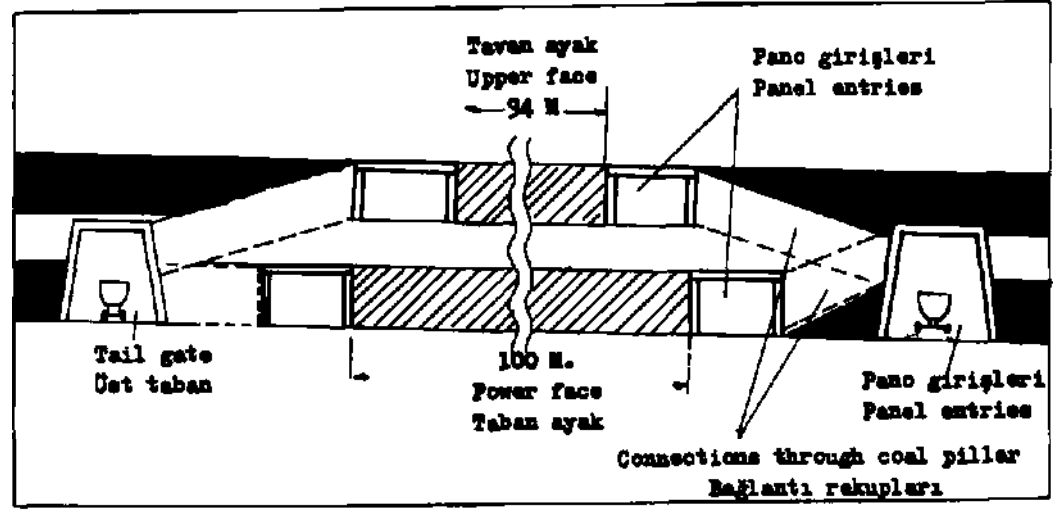
Ayak uzunluğu	i 220 M.
Damar kalınlığı	t 1*50 K.(üst) 1*70 M.(alt damar)
Kömür özgül ağırlığı	1 1.43 t/M ³
Üst damar üretimi	1 3-15M/g 1 1.50 K.x 220 K.1 1.43 t/M ³ . 1490 t/«
Alt donar Üretimi	1 3.15M/g 1 1.70 M.1 220 M«x 1.43 t/* ³ - 1680 t/g
Pano üretimi	- 3170 t/g
İki pano yıllık üretimi (300 gün/yıl)	- 1.900*000 ton

Bu Üretim hedefi çok gerçekçidir. Ek rezervi» düşünülduğünde, ayaklar normal şartlarda daha fazla üretim yapabilir ve yıllık çalışma günü diğer kömür işletmelerinde olduğu gibi 356 gün/yıl*a çıkarılabilir« Kalkan tahkimatların uygulanmasının ekonomik olmadığı yerlerde hidrolik direkler kullanılarak kısa panolar oluşturulacak ve elle çalışılacaktır*

4. PROJENİN TEKNİK TANITIMI

4.1.Eski İşletmede Kullanılan Üretim Metodu

50-150 M* uzunluğundaki ayaklarla arka göçertmeli çalışma eski işletmede uygulanan sistemdi« Kendiliğinden yanmaya yatkın kömürden dolayı ayaklar dönümlü çalışmakta, üst damar alt damarın 30-40 M. önünde olmak üzere her iki damar kombine olarak kazılmaktaydı» İki ayak arasındaki 30-40 M. uzaklık, 30-40 günlük bir zamana tekabül etmektedirki daha uzun zaman aralıklarında göçük kısmında yangınlar oluşmaktaydı«



Şekil 4« Manuel işletim sistemi*

Şekil 4'de görüldüğü üzere, eski ocakta, alt ve üst taban yolu 7-8 M² kesitte açılıp ağaç tahkimat ile desteklenmekte ve her iki tarafında 10 M. topuk bırakılmaktadır« Pano kılavuzları kömür içinde sürülmekte, havalandırma ve nakliye bağlantıları 5° M» aralıklarla taban yollarına yapılmıştır« Günlük 1000 ton tüvenan üretim patlatma ve kazma ile yapılmaktadır« Ayaklar hidrolik direk ve çelik sarma ile tahkim edilmektedir*

4»2«İeni İşletmede Pano Dizaynı Ve Üretim Sistemi

Detaylı çalışmalardan sonra tam mekanize ayakların dizaynında Beçilen yöntem aşağıda özet olarak açıklanmıştır;

- Tüksek yangın riski dolayısıyla panolar eski işletmede olduğu gibi sadece dönümlü olarak çalışmalıdır.

- b) B«r iki damar yine kombine olarak beraber kazılacaktır« Tavan ayak 20-50 M. taban ayak Önünde olacaktır« Her iki damarın kasisi arasındaki saman farkı mümkün olduğuna kadar as olacaktır« Bunların nedeni, göçük içinde kalan kömürün kendiliğinden yanmaya olan yatkınlığıdır.
- o) Her iki damar tak taban yolu ile çalışacaktır« Kalınlığı 0.6-1.Ş K. arasında değişen arakesmeyle birlikte toplam kalınlık 5*0 H«ye ulaştığından ve taban-yolu yüksekliği değişken olduğundan« tabanda kömür bırakılarak taban yolu 3«5 M« yükseklikte aürüleoeektir« Bırakılan kömür, tavan ayak geçtikten sonra alınacak ve taban yolu sürtünmeli direklerle desteklenecektir« Bu tip direkler 3 yıldan beri işletmede başarıyla denenmektedir»
- d) Pano alt taban yolları bir sonraki pano üst taban yolu olarak kullanılacak ve topuklardan kaçınılacaktır. Bunun nedenleri}
- Taban yolu ihtiyacını minimuma indirmek,
 - Rezervlerin daha iyi kullanılmasını sağlamak,
 - Üçüncü damar kazılırken Üstte bulunan topukların yarattığı yüksek basınçları yok etmek,
 - Kendiliğinden yanma riskini azaltmaktır«
- a) Alt taban yolunun, bir sonraki pano için üst taban yolu olarak kullanılması için göçük tarafına ramble yapılması*
Dolayısıyla, taban yolu faydalı kesiti açık tutulaoak ve göçük içine hava kaçakları önlenmiş olacaktır,
- f) Ayak uzunluğu maksimum 220 K« olacaktır«
- g) Bütün ayaklar, modern kalkan tahkimat ile donatıldığından, ayak taşınmalarını azaltmak için pano boyları mümkün olduğunca uzun tutulacaktır« Mamafih, Jeolojik şartlardan dolayı şu anda ortalama pano uzunluğu 100 X.itr«

4«3«An*. Hazırlık

İlk olarak çalışılacak olan A sahası hazırlıkları Austro Mineral'in teklifleri doğrultusunda yapılmıştır« Austro Mineral ana hazırlıkların taban taşı İçinde tamamlanmasını önermiştir« Fakat, taban taşı içinde galeri ilerlemelerinin düşük olması yanısıra kazı zorluğu ve yüksek maliyet dolayısıyla gelecekte ana hazırlıklarda aşağıdaki şekilde BÜrülmesi planlanmıştır,

- a) Her saha, damar içinde eürüleoeek iki paralel yolla hazırlanmalıdır« Toll ardan biri hava girişi ve nakliye, diğeri hava dönüş yolu olarak kullanılacaktır« Bunun taş içinde ana yolların sürülmesine karşın avantajları}
- Damar hakkında daha iyi bilgi elde edilmesi,
 - ilerlemelerin yüksek olması,
 - Düşük maliyettir«

- b) Bu ana yol sistemi sahanın ortasında olacaktır ve her iki tarafta yaklaşık 1500 M. uzunluğunda panoların teşkiline imkan sağlayacaktır« Yangınları önlemek için şotkretin (shotcrete) yapılacaktır,
- c) Eğimin yüksek olduğu sahalarda yolun biri damar içinde açılacak ve hava dönüş yolu olarak kullanılacak, diğeri taban taşı içinde düşük eğimde açılacak ve hava giriş ve nakliye yolu olarak kullanılacaktır«
- Taş içinde sürülen bütün ana yollar $14\sim 20 M^2$ kesitte ve çelik rijid kemer bağ olacaktır« Damar içinde sürülen ana yollar ise çelik trapez bağ olacaktır*

4«4«Haval andırma

Damarlar yüzeyden 150-200 M. derindedir* Sıcaklık 19— 20 civarında olduğundan atmosferik zorluklarla karşılaşılacağı düşünülmemektedir« Ayakların yaklaşık 700— 800 K-ydk hava geçirilmelidir« Şu ana kadar işletmede metan gazı varlığına rastlan manastır« Mamafih, bütün elektrik ekipmanları alevsizdirmaz seçilmiştir*

Lağımlar 350-400 H /dk hava miktarıyla üf ley ici olarak havalandırılmaktadır* Bütün lağımlarda ayrıca 200 M³/dk kapasiteli toz bastırmalar yerleştirilmiştir* Soğuma sistemlerine ihtiyaç yoktur«

Ana vantilatör yüzeyde en yüksek kota sahip noktaya yerleştirilmiştir« 295 KM³ gücündeki vantilatör 150 Kp/M² basınçta 9000 M³/dk kapasiteye sahiptir«

Sazı sahaların havalandırması bağımsız Bağlanacaktır« Bu sahalarda, aynı tipte gerekli sayıda küçük axial vantilatörler paralel bağlanarak kullanılacaktır« Spesifik havalandırma ihtiyaçları birçok vantilatörün çalıştırılmasıyla kolaylıkla karşılanabilir*

4.5«tthai Edilen Madencilik Ekipmanları

Pano, hazırlık, nakliye, havalandırma ve emniyet ekipmanlarının hepsi dışardan ithal edildiğinden teknik özellikleri şartnamelerle ilk aşamada belirlenmiştir«

Ekipmanların teknik özelliklerini belirleyen şartlar asadaki gibi özetlenebilir

- a) Yedek parça etoklamasını ve operatörlerle mekanik bakımcıların eğitimini basitleştirmek için ekipmanların standard olması,
- b) Modern teknoloji ürünü olması,
- c) Türkiyede tamir-bakımı yapılabilecek materyalin kullanılması,
- d) Ruhrkohle veya İngiliz işletmelerinde tecrübeyle uygunluğu ispatlanmış makinelerin seçilmesi«

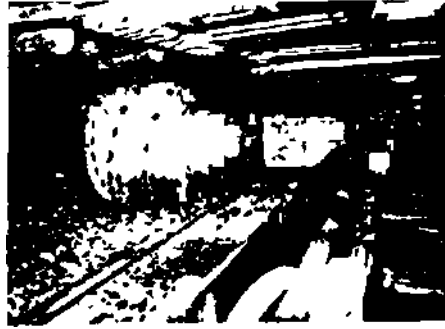
Ekipmanların standardizasyonuna büyük önem verilmiştir. Yeni ekipmanın mümkün olduğunca bir üreticiden temin edilmesine çalışılmıştır« Aşağıda seçilen ekipmanların önemli olanları kısaca tanıtılmıştır«

Seçilen Kesicinin Özellikleri;

- APC üzerinde çalışan çift tamburlu kesici-yükleyici,
- Eiootrack zinciraiz çekme,
- 230 EH. güç,
- Makinanın yerden yüksekliği 1 1.000 mm.
- Makinanın uzunluğa t 7926 mm.
- Hidrolik çekme sistemi 1 2 ı 200 KN.
- Maksimum kesme yüksekliği 1 2410 mm*
- H&bandan kesme derinliği 1 250 mm.
- Tambur çapı t 1300 mm*
- Kesim, derinliği t 850 mm.
- Makina ağırlığı 1 26 ton
- Point attack (Konik uçlu) kesici uçlar*

ince damarlarda kullanılan ve ayak konveyörü boyunca hareket eden in web shearers (h&ve içi kesici) seçilmeyişinin nedeni, bununla 2*40 M* kalınlıkta damarın kazılmasının mümkün olmayışı, daha fazla arızalanmaya yatkın olmaları v< daha pahalı olmalarıdır*

Kesioi tambur önü koruyucuları yoktur (Cowl) ve kömürün konveyöre yüklenmesi konveyörün yükleme rampaları yardımıyla yapılmaktadır*



Şekil 6* Çift tamburlu kazıcı yükleyici makina

Kesicilerin ilk çalışmaya başladığında tamburların yüklemeye etkisi yetersiz kalmıştır* Fakat, tamburların dönüş yönünün İngiliz usulüne çevrilmesi yükleme kabiliyetini oldukça arttırmıştır*

Zincirli Konveyörler

Zincirli konveyörler ayaklarda ayak konveyörü, taban yolunda yükleme konveyörü va ana yolda bant konveyör besleyicisi ana konveyörü olarak kullanılmaktadır. Farklı nakliye kapasitesi için 2 farklı hızda standart bir tip seçilmiştir,

özellikleri!

dönel olarak,

* Dış genişliği 732 mm oluk

- Merkezde çift zincir, 25 i \$2 mm.

- Kopma yükü 2 x 850 KH.

- Tahrik 1 hidrolik kaplin (Coupling) Tek hız, hava soğutmalı motor.

Hidrolik kaplin, tek hız, hava soğutmalı motor uygulamasının Almanyahdaki uygulamaya ters olarak seçilmesinin nedeni, ekipmanların daha uouz olması, daha uzun ömürlü olması, elektrik sisteminin daha basit olmasıdır«

Ayak Zincirli Konveyör

- Zincir hızı 1 0*64 M/s

— Motor gücü 1 2 x 132 Kw.

— Kapasite t 550 t/saat

Ara Yükleme ve Aktarma Konveyörü;

(Stage Loader - Dosing Chain)

- Zincir hızı 0.93 m/s

- Motor gücü 2 x 90 Kw.

- Kapasite 850 t/h

Uzun Ayak Tahkimat Ekipmanları

Kompakt bir dizayna sahip kısa ve hafif, 2 bacaklı kalkan tahkimat ünitesi, ayak taşınmalarının sıklığı gözönünde tutularak seçilmiştir«



Sakil 7. 2 direkli kalkan tahkimat

Teknik Özellikleri;

- 2 direkli kalkan, rijid tavan plakası ve kısa göçük kalkanı,
- Kapalı yükseklik ı 800 mm, açık yükseklik ı 2200 mm.
- Triple (üçlü) teleskopik direk, 1200 KS yük/direk,
- İki parçalı taban,
- Have derinliği t 850 mm.
- Tahkimat direnci 400 H0I², 1.5 M. açıklıkta,
- 6 ton ağırlık,
- Sıkılama basıncının nominal basınca oranı % 80

Alt damarda, tavanı oluşturan arakesmenin zayıflığından dolayı, kesici'geçer geçmez tavanı desteklemek ihtiyacı vardır* Bunun için tahkimat ünitelerinde uzatma tavan plakası (Flipper) kullanılmakta ve ünitelerin ilerlemesinden önce bunlar kaldırılarak tavan tahkimatı sağlanmaktadır*

Ayak konveyörünün kaymasını önlemek için her 10 M.de bir bağlama istasyonları mevcuttur* 10-12 istasyon ile, 220 M. uzunluktaki ayak konveyörünün 35° eğimde alt taban yoluna doğru kayması Önlenebilir*

Elektrik Ekipmanları

Halihazırda işletmede metan gazı bulunmamasına rağmen, ilerde olabileceği düşünüülerek bütün elektrik ekipmanları alevsizdirmaz olarak seçilmiştir* Yine elektrik ekipmanlarında da standartlaşmaya gidilmiş ve bütün trafolar, devrekesiciler, sinyal ve gözlem sistemleri aynı, sadece 4 tip alevsizdirmaz motor (63, 90, 132 ve 160 KW) seçilmiş ve bütün bu ekipmanlar kablo ve aydınlatma teçhizatı da dahil olmak üzere bir İngiliz konsorsiyumu tarafından sağlanmıştır*

4*5*2* Ramble Ekipmanları

Saha önce bahsedildiği üzere bütün alt taban yolları, bir sonraki pano üst taban yolları olarak kullanılacaktır* Dolayısıyla her iki ayak arkasında taban yolu faydalı açıklığını korumak ve konverjansı azaltmak için 1-1*5 M* genişliğinde dolgu yapılması gereklidir* Dolgunun ikinci nedeni ise göçük içine hava kaçaklarını önlemek ve yangın riskini azaltmaktır*

Kum, elektro filtre külü, anbidrit ve kırılmış kalkerle testler yapılmış ve sonuçta iyi dolgu malzemesi olarak % 1>>20 çimento ile % 85-80 kalker karışımı uygun bulunmuştur* Kalker işletmeye yakın ve çok miktarda mevcuttur* Kırma eleme tesisi kurulmuş olup kalker 11 mm.nin altına kırılarak dolgu malzemesi olarak hazırlanmaktadır*

Yüzeyde kurulu merkezi istasyonda kırılmış kalker çimento ile karıştırılarak kuru halde pnömatik yolla ayak arkasına taşınmaktadır* Çelik borular iç çapları 115 ve 150 mm'dir.

Kuru. karışım "boru ucundan püskürtülürken su verilmekte ve dolgu yapılmaktadır. Dolgu malzemesi 24 saat'te 40 Kg/Cm² ve 7 gün'de yaklaşık 160 Kg/Cm basınç dayanımına sahiptir» (Şekil 8)•

4*5*3« Nakliye Ekipmanları

Kömür Nakliye

Kömür ayaktan sonra çıkışa kadar bant konveyörlerle taşınmaktadır. İki tip bant konveyör bulunmaktadır.

a) 1000 mm genişlikte taban yolu bant konveyörü

- Tahrik gücü j 2 i 63 KW
- Bant hızı t 2.33 M/s
- üst makara » 35°
- Alt makara i 10°
- Kapasite i 1000 t/h
- Bir kat FVC her iki tarafta 1*5 ram. kalınlıkta nı
- Bant mukavemeti i 800 Kg/Cm- genişlik.

D) Ana Lağımlarda 1200 mm. Bant Konveyörler

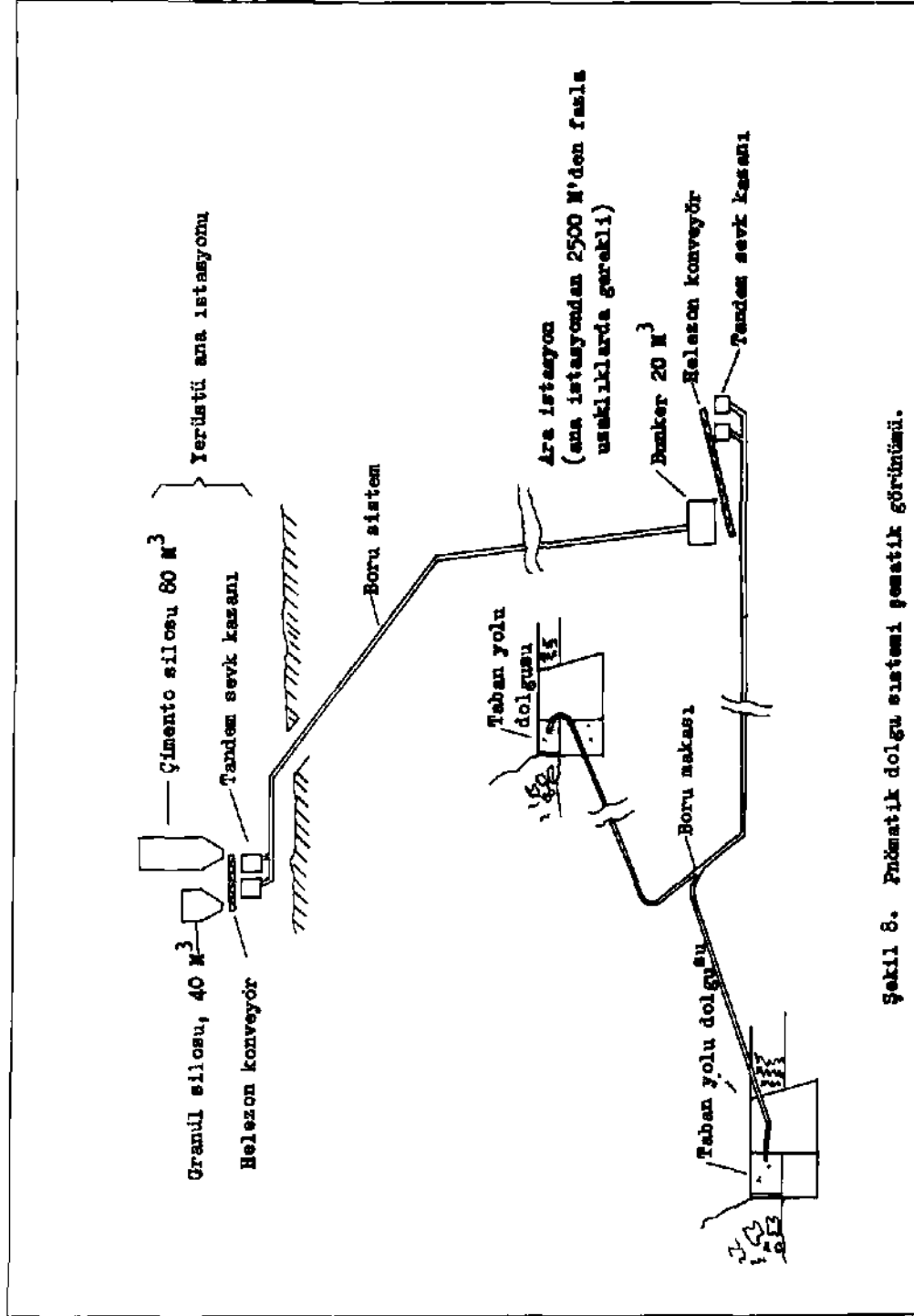
- Tahrik gücü 1 2 x 160 KW.(veya 3 x 160 KW)
- Bant hızı i 2.50 M/s
- Üst makara t 35°
- alt makara t 10°
- Kapasite i 1500 -t/h
- Çelik kora bant s ST 1000

Ana yol konveyörleri eğim aşağı 18° ye, eğim yukarı 20° ye kadar çalışabilecek şekilde dizayn edilmiştir» Kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığından dolayı büyük yeraltı bunker kullanımından kaçınılmıştır.

Malzeme Nakliyatı

+800 M. +250 K. kotları arasında ve genelde damar içi yollarla hazırlanan bir yeraltı maden işletmesinde etkili malzeme ve personel taşıma sistemi çok Önemlidir. İşletmede, genel olarak damar İçi yollarda monoray (Tekkarst tek ray kavramalı nakliye sistemi), ana yol ve ana desandrielerde coolie car (Yerkarsi yerden kavramalı nakliye sistemi) Bistemi döşenmiştir.

Butun ekipmanlar düşük maliyet ve yolların hafif eğimleri dolayısıyla çekme halatlıdır» Tekkars ve Yerkars tahrik sistemi aynıdır ve madenin herhangi bir noktasında konumlandırılacak dizayndadır* Bir seferde 12 tona kadar (İki kalkan tahkimat) veya 24 işçi taşıyacak yük kapasitesine sahiptirler»



Şekil 8. Pnömatik dolgu sistemi şematik görünümü.

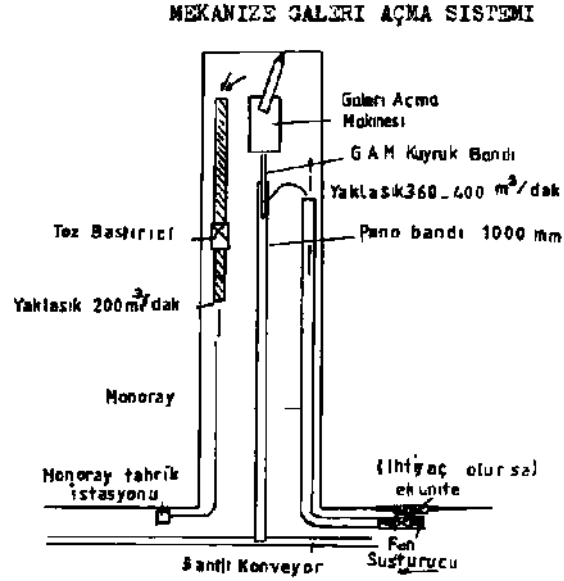
4»5»4» Hazırlık Ekipmanları

Galeri Açma Makinaları

Bütün galeriler ve taban yolları galeri açma makinalarıyla sözölmektedir. Konvansiyonel patlama ile lağım sürölmesi taşın çok sert olduğı formasyonların geçildiğı durumlarda uygulanmaktadır»

40 ve 25 ton ağırlığında Dosco ve 10 yıllık PK9R galeri açma makinaları olarak işletmede 3 *ip GAM çalışmaktadır«

Aşağıdaki şekilde galeri açma işlemi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 9. Mekanize galeri açma sisteminin şematik görünümü

- İTHAL EDİLEN KAKINA VE EKİPMANLAR İÇİN GEREKLİ MALİ KAYNAKLAR
Şimdiye kadar yatırımlar için 3 kredi kullanılmıştır«

1. 17*2 milyon Sterling İngiliz Hükümet kredisi (1984 kurları üzerinden 65.4 milyon Alman Markı)
2. Avrupa topluluğu tarafından verilen 22 milyon ECU (1984 kurları üzerinden 49*5 milyon DM.) hibe yardımıyla
- 3« B.Alman kredi kuruluşu Kreditanstalt für Wiederaufbau (KFW) tarafından sağlanan 38. milyon DM. kredi.

Birçok ekipman (Bant konveyörler. galeri açma makinaları, tekkars, yerkers sistemleri, tali havalandırma ekipmanları, toz tutucular, kontrol merkezi ve elektrik ekipmanları) hazırlık safhasında gerekli olduğundan İngiliz Hükümet kredisi ile sağlanmıştır.

A.T. yardımı, tek başına 70 milyon DM tutan ayak ekipmanlarının finansmanına büyük katkıda bulunmuştur. Ayak ekipmanları için gerekli diğer kısım, pnömomatik ramble ekipmanları ve diğerleri B.Alman KFW kredisiyle tamamlanmıştır«

6. SONUÇLAR

6«1. Üretim

Termik santral halihazırda tam kapasite çalışmadığı için günlük 7300 ton üretim hedefine işletmede ulaşılmamıştır* Fakat, ayak ekipmanlarının montajından sonra yapılan 14 günlük performans testi (18 saat çalışma zamanında 3 kazı vardiyası ve 6 saat bakım) sonuçları günlük hedef ile karşılaştırılabilir.

13 No*lu panoda henüz yeterince deneyime sahip olmayan personel ile yapılan performans testi sonucu uzun dönem hedeflerini aşmış ve çalışmalara cesaret vermiş

	uzun dönem üretim hedefi	performans testi sonucu
I Üst damar	j 1.490 t/gün	İ 2490 t/gün
Alt damar	: 1.680 t/gün	İ 2090 t/gün

Bugüne kadar termik Bantral ve teshin için günlük 5*000 ton kapasiteye çıkılma ancak termik santralin tam kapasiteye çıkamamış olması nedeniyle programlanan üretim hedefi olan 7300 ton/gün seviyesine ulaşılammıştır.

6.2. Ekonomik Sonuçlar

Beypazarı Tevsii Projesi yeraltında bir termik santralin beslenmesinin öngörülen düğü ilk projedir. Bu nedenle projenin kârlılığının araştırılması büyük önem taşımaktadır. Ancak, ne varki ülkemizin içinde bulunduğu enflasyonist koşullar böylesi bir çalışmayı oldukça güçleştirmektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda termik santralin devreye tam kapasite girmemiş olması nedeniyle ocak tam kapasiteye ulaşmamış bu nedenle de yüksek sabit giderlerden dolayı maliyetler oldukça yüksek olmuştur»

Proje tam kapasitesine yönelik yapılan maliyet analizi çalışmaları ve ekonomik analizler serbest piyasa koşullarında rekabet edebilecek maliyetlere ulaşılacağı göstermektedir.

Daha önceki bölümlerde de belirttiğimiz gibi ocak alt yapısı ve yerüstü sınai tesislerinin 300 milyon ton/yıl gibi bir üretim kapasitesi göz önüne alınarak tesis edilmiş olması bugün için sabit giderlerde bir artış getirmişse de kapasite artışına büyük bir esneklik getirmiştir« Sahanın toplam rezervlerinin oldukça zengin oluşu ve ekonomik unsurlar da göz önüne alındığında proje kapasitesinin artırılmasında büyük yararlar görülmektedir«

Yukarıda belirtilen görüşler yazarlara ait olup çalıştığı kuruluşları bağlamamaktadır*

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ

The Sixth Coal congress of TURKEY

DOLDUR-TAŞI-BOŞALT (DTB) ARAÇLARI VE MADENCİLİKTEKİ UYGULAMALAR

LOAD-HAUL-DUMP MACHINES (LHD) AND APPLICATION IN MINING

Şinasi ESKİKAYA*

Cengiz KUZU**

ÖZET

Madencilikte, yeraltında kazılan mineral ve kayaları yükleme, taşıma ve tumba etmek daima zahmetli ve masraflı bir olay olmuştur. 1975 yılında bütün dünya madenlerini kapsayan bir anket-araştırma, kömür dışı madenlerde, yeraltında yükleme ve taşıma işinde büyük ölçüde lastik tekerlekli araçların kullanıldığını ortaya koymuştur. Bu konuda Doldur-Taşı-Boşalt (DTB) araçlarının, özellikle büyük üretimli madenlerde ilk sıraları aldığı görülmektedir. Gerçekten de DTB araçları çeyrek asırdır kömür dışı maden ocaklarında yükleme ve taşıma işlerinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Artık son yıllarda, önceleri çalışmalarının çok zor veya hatta imkânsız olduğu denilen yerlerde de uygulama imkânı bulmuşlardır. Buna grızulu kömür ocakları da dahildir. DTB araçlarının kömür ocaklarında kullanılmaya başlamaları ile, bu araçların uygulama alanı çok büyük ölçüde genişlemiş olmaktadır.

ABSTRACT

Loading, carrying and dumping ore and rock in underground mines is one of the most arduous tasks to be undertaken by wheeled vehicles. A survey published in 1975 estimates that 75 % of all non-coal underground mines uses trackless loading and haulage methods. Load-Haul-Dump units (LHD) seem to be leading the field, especially in high-tonnage operations. In fact, LHD machines have for more than two decades carried out such work, especially in mines employing caving, stoping, open stoping, cut-and-fill or room and pillar methods. In recent years, on the other hand, LHDs have found new applications in types of mining where their use was at first difficult or even impossible. These include also coal and gassy mines. Possibility of LHD application in coal mines means an opening a huge commençai market for free steered vehicles such as load-haul-dump machines.

(*) Prof.Dr., t.T.Ü. Maden Fak., Maden Müh. Böl., İSTANBUL

(**) Maden Müh., I.T.Ü. Maden Fak., Maden Müh. Böl., İSTANBUL

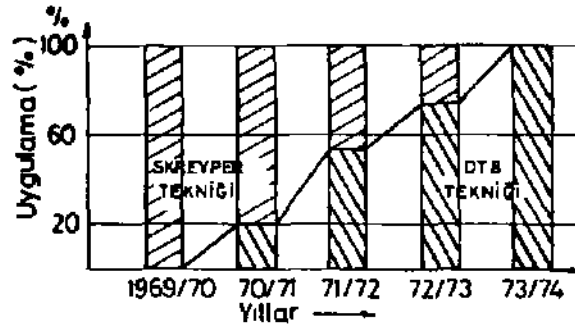
GİRİŞ

Batı ülkeleri yayınlarında LHD kısaltılmış ismiyle tanınan lâstik tekerlekli araçlar, yerüstünde çok geniş bir uygulama alanı bulunan tekerlekli yükleyicilerin yeraltı şartlarına uydurulmuş şekilleridir. Madencilik sektörüne girişleri 1950 yıllarına rastlarsa da, geniş bir şekilde kullanılmaya başlanması 1960 dan sonradır. 1975 de, kömür dışı yeraltı maden ocaklarında 6000 kadar olan makine sayısının bugün 10 000'in üzerine çıktığı tahmin edilmektedir.

LHD kısaltması "Doldur-Taşı-Boşalt" anlamına gelen "Load-Haul-Dump" kelimelerinin baş harfleri alınarak yapılmıştır. Aynı esinlemeyle bu makinelere, Türkçe kelimelerin baş harfleri kullanılarak DTB araçları denilecektir.

Yapılan araştırmalar, yılda 150 000 tondan fazla üretimi olan hemen bütün kömür dışı madenlerde DTB makineleri kullanıldığını göstermektedir. Kömür ocaklarına ise yeni yeni girmeye başlamışlardır.

Madencilikte çoğu defa en büyük masraf kalemi "yükleme ve nakliye" olaylarında yoğunlaştığı için, bu işi sağlayacak güçlü makinelerin yapılması hususundaki gayretler giderek bugünkü DTB makinelerini ortaya çıkarmıştır. Uygulama çok çabuk genişlemiş ve meselâ, bazı yerlerde 4-5 yıl içinde skreyper tekniğini tamamen devreden çıkarmıştır (Şekil-1).



Şekil-1.: DTB Tekniğindeki Bir Gelişme Örneği.

1. YAPISAL ÖZELLİKLER

Dünyada kullanılmakta olan en küçük DTB aracı "CT 500HE Microscoop" olup, 22 kw gücünde bir elektrik motoru ile çalışmakta ve 600 kg yuk taşıma kapasitesine sahip bulunmaktadır. Em 80 cm, yüksekliği 110 cm'dir. Diğer küçük makinelere örnek olarak, 2.4 ton taşıma kapasiteli ve 1.24 m genişlikteki Schopf L62, 2.4 ton taşıma kapasiteli ve 1.42 m genişlikteki MANN-GHH LF-2H ve Toro 150 modelleri zikredilebilir. Çizelge-1'de, dar yapılı DTB araçlarına ait bazı teknik özellikler görülmektedir.

Çizelge-1.: Dar Yapılı DTB Araçları.

Firma ve Model	Kepçe kapasitesi (m ³)	Motor Gücü CBG	Çalışma Ağırlığı (ton)	Standart kepçe genişliği (m)	Yükseklik (m)	Kopama kuvveti CkN	Dönme yarıçapı (m)	Hız km/h
EIMCO 911	0.78	38.5D	4.5	1.22	1.73	35	2.8	8
EQUIPMENT MINIER CT500HE	0.60	30E	3.0	0.80	1.10	31	2.5	9
CT1700	0.75	43D	4.7	1.27	1.71	37	3.9	
JARVIS CLARK								
JS-100	0.76	52D	6.1	1.22	1.93	46	3.9	9.6
JS-100E	0.76	40E	6.3	3.22	1.93	46	4.2	8.1
SCHOPF L62	0.8	67D	5.6	1.2	1.7	45	4.2	18
WAGNER EHST-1A	0.76	40E	5.8	1.22	1.83	38	3.25	9.7
HST-1A	0.76	52D	5.1	1.20	1.83	37.5	3.25	12.0

D = Dizel; E= Elektrik.

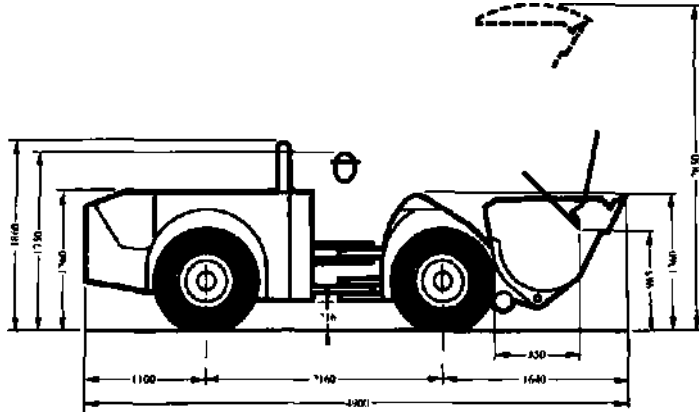
Hemen bütün DTB araçları dört teker tahriklidir. Genellikle tasarımlar, 200-300 metrelik mesafeler içinde çalışmak üzere yapılırlar. **Ancak** çalışma menzillerinin 1000 m'ye çıktığı durumlar da vardır. 1 ton taşıma kapasitesinden 15 tona kadar, çok değişik modelleri bulunmaktadır (Şekil-2 ve Çizelge-2). Özellikle çok küçük metal madenlerinin dar ve alçak galerilerinde kullanılmak üzere, bazı modellerde yükseklik ve genişlik alabildiğine küçülmüştür.

Çizelge- 2.i Standart DTB Araçları.

Firma ve Model	Kepçe Kapasitesi (m ³)	Motor Gücü (BG)	Boş Araç Ağırlığı (ton)	Standart Kepçe Genişliği (m)	Yükseklik (m)	Koparma Kuvveti (KN)	Dönme Yarıçapı (m)	Max. hız (km/h)	Mafsal derecesi (C°)
WAGNER									
ST1.3A	1,0	52	5.0	1.37	1.68	33	3.7	13.2	90
ST2 D	1.5	77	10.9	1.55	1.98	56.5	4.7	18.5	81
5T2 D(S)	1.53	100	11.2	1.55	1.98	60	4.7	18.3	81
ST3.5	2.7	136	14.5	1.83	1.73	75.5	5.4	20.1	85
ST3.5(S)	2.7	150	14.5	1.83	1.73	75.5	5.4	19.3	85
ST5 A	3.8	185	19.6	2.45	2.11	109	6.3	29.5	85
ST5 A(S)	3.8	146	20.1	2.45	2.11	138	6.3	21.9	85
ST5 B	3.8	185	20.8	2.14	2.14	113	6.1	29.3	80
ST5 B(S)	3.8	150	22.5	2.51	1.98	130	6.5	19.8	85
ST5 H	3.8	185	19.5	2.23	2.29	103.5	5.9	30.0	85
ST8 A	6.1	224	30.2	2.48	2.24	164	6.6	26.6	85
5T10 A	6.2	269	31.4	3.05	2.39	178	7.1	26.9	85
Sf13	9.9	375	45.0	3.05	2.54	258	7.6	23.0	85
ST13 (S)	9.9	355	45.7	3.05	2.54	258	7.6	24.8	85
MAN-GHH									
LF-2H	1.0	56	5.1	1.40	1.85	59	3.37	8.1	86
LF-4.1	2.0	88	11.5	1.68	1.66	112	4.70	19.3	84
LF-6	4.6	172	22.6	3.32	1.40	132	7.20	27.0	80
LF-7.2	4.0	182	21.1	2.60	1.70	160	6.93	29.0	80
LF-7.3	3.8	182	21.3	2.20	1.90	170	6.40	29.0	80
LF-9	6.5	237	29.4	3.38	1.82	158	7.50	30.0	80
LF-12	6.0	273	31.0	2.60	2.25	203	7.60	29.4	80
LF-15	10.0	365	48.0	3.10	2.40	200	8.50	34.4	80
EIMCO									
802 H	0.77	2x20	5.0	1.66	1.68	36	3.5	6.0	Rijit
911-31	1.17	52	5.5	1.52	1.73	36	2.8	8.0	90
912 B	1.72	77	10.0	1.52	2.13	54	4.19	9.6	90
912 D	1.72	85/10t	8.6	1.68	1.68	68	2.92	24.0	90
913 D	2.30	100	12.7	1.68	1.98	80	5.15	16.0	90
913-31	2.30	110	14.5	2.18	1.73	80	5.2	16.0	90
915 E	5.35	150	20.4	2.74	1.83	130	7.1	16.0	90
918	8.5	277	30.4	2.80	2.50	190	4.42	24.0	90
919	6.89	270	29.9	2.44	2.50	200	6.6	24.0	90
920 C	7.65	400	42.6	3.05	2.30	270	7.6	28.0	80
EQUIPMEN1 MINIER									
CT 2500	1.52	86	10.2	1.60	1.83	75	4.6	20.0	84
CT 3500	1.95	137	11.7	1.80	1.83	75	4.7	20.0	84
CT 6000	3.8	180	12.0	2.50	2.00	157	6.17	30.0	84
CT 8000	4.45	230	22.7	2.80	2.20	210	6.5	32.0	84
CT 1000G	6.00	230	28.6	2.80	2.20	198	6.6	34.0	84
CT 12000	7.1	280	32.7	2.80	2.44	262	7.0	26.5	84
CT 15000	5.7-10.7	280	45.6	3.12	2.50	390	7.8	28.0	84

(Çizelge-2'ran devamı)

Firma ve Model	Kepçe Kapasitesi (m ³)	Motor Gücü (BG)	Boş Araç Ağırlığı (ton)	Standart Kepçe Genişliği (Çm)	Yükseklik (Çm)	Koparma Kuvveti (CKN)	Dönme Yarıçapı (Çm)	Max. hız (km/h)	Mafsal derecesi (°)
5CHÖPF									
L-92	1.6	102	9.4	1.90	1.90	63	5.5	19	90
L-102	1.2.-2.0	90	11.4	1.76	1.80	65	5.2	24	90
L-112	1.6	100	12.4	1.80	1.70	63	5.2	25	90
L-122	2.0-2.6	136	12.4	2.0	1.75	71	5.4	32	90
L-110	3.1-4.6	182	18.1	2.50	1.92	111	7.4	18	70
L-111	3.1-4.6	182	19.5	2.50	2.50	111	7.4	18	70
L-182	3.5-5.6	230	24.0	2.83	1.92	137	7.4	18	80
JARVIS-CLARK									
JS-20D	1.53	78	10.4	1.55	2.21	61	5.0	J8.0-	16
JS-220	1.68	100	10.4	1.50	2.21	61	4.9	22.5	76
JS-350	2.66	138	15.9	1.90	2.10	85	5.4	19.3	85
JS-500	3.80	180	21.2	2.44	2.34	160	6.3	29.0	85
JS-800	6.10	226	28.8	2.49	2.77	176	7.4	30.0	70
SJS-80D	6.10	270	29.4	2.70	2.20	195	7.0	30.0	84
ARA-TORO									
200-D	1.5-2.4	86	11.5	2.00	2.20	64	5.2	21	B0
300-D	3.5-4.3	185	22.5	2.44	2.30	137	6.4	27	80
500-D	4.3-7.5	277	33.0	2.60	2.60	177	7.1	26	76



Şekil-2.: Tipik Bir DTB Aracına Ait Boyutlar (CT 1400).

10 yıl önce bütün dünyada 100'dan fazla metal madenini kapsayan bir anketten alınan sonuçlara göre, ortalama kepçe kapasitesi büyüdükçe üretim kapasitesi ve randımanın da buna paralel olarak arttığı tespit edilmiştir. Ankete gelen cevaplara göre çalışma mesafesi ile meyil arasında bir ilişki bulunamamış, ancak uygulamadaki DTB lerin yarıdan fazlasının % 10-20 arasındaki maksimum meyillerde çalıştıkları anlaşılmıştır.

İki tekerlekten tahrik olan araçların azami 1:9 meyilde çalışmalarına karşılık dört tekerden tahrik olan DTB araçları 1:6 meyilde ekonomik olarak çalışabilmektedirler. Anket sonuçlarına göre :

DTB Nakliye Mesafesi :

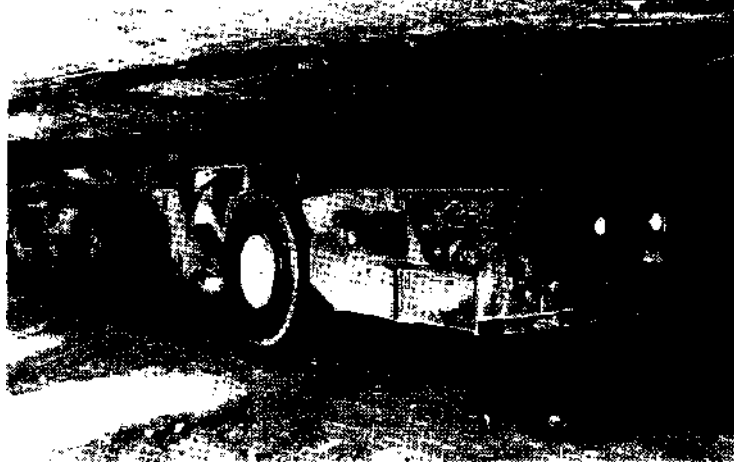
<u>Tipik</u>	<u>Azami</u>	<u>Optimum</u>
15-700 m	30-1500 m	20-500 m

DTB Çalışma Meyili :

Meyil (%) :	0-4	5-9	10-20	21-25	26-30
Ocak sayısı :	18	8	48	5	2

Görüldüğü gibi uygulamada çalışma mesafesi optimum 20-500 m arasında yer alırken, makinelerin hemen üçte ikisine yakını K 10-20 meyilde çalışmaktadır. Şekil-3'de, alçak bir yolda çalışmakta olan bir DTB aracı görülmektedir.

Hemen bütün DTB araçları ortadan mafsallı olup çok dar yarıçaplı kurbaları veya dönemeçleri dahi dönebilme yeteneklerine sahiptirler. Sürücünün yeri iki lastiğin arasında, ancak yarıdan biraz geride bulunur. Böylece hem kepçe yüklemesini görmekte, hem de nispeten emniyetli bir bölgede bulunmaktadır. Keza her iki yöndeki harekette yolu iyi görebilmesi için, sürücü oturuşu gidiş-geliş istikametine nazaran yan durumdadır (Şekil-4). Sürücünün oturduğu yerde rahat olması, makineyi kullanmak için kullanacağı pedal veya el kontrol aletlerine kolayca ulaşabilmesi, oturduğu zaman gövdesinin tamamen makine profili içinde kalması.-sürücü yerinde aranan özelliklerden bazılarıdır. Bazı hallerde sürücü yerinin üzerinde, taş düşme ve benzeri olaylardan sürücüyü korumak üzere bir üst kapak bulunur (Şekil-3). Eğer makinenin yükleme yapmak için girdiği yerde



Şekil-3.: Sürücü Yeri Üzerinde Koruyucu Kapak Bulunan Bir DTB Aracı.

tehlike riski büyükse, böyle durumlarda makineleri uzaktan kumanda ile de hareket ettirmek ve yükleme yaptırmak mümkündür. Azami sinyal mesafesi 100 m olarak tespit edilmekte, aracın görüş alanı içinde olmadığı durumlarda TV kamerası da kullanılabilir.

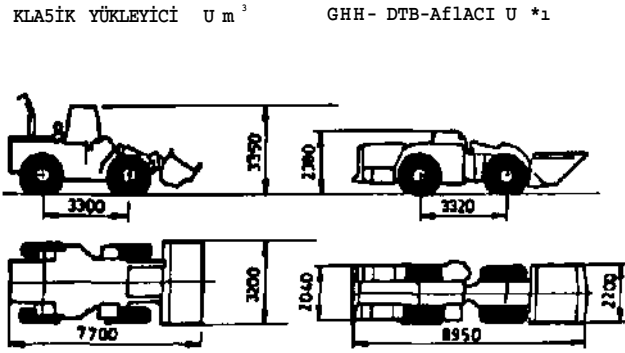
Sürücü yerleri bazı hallerde kapalı olmakta, hatta şartlar gerektiriyorsa klima düzeni dahi bulunmaktadır.



Şekil-4.: Geriye Doğru Hareket Etmekte Olan Bir DTB Aracı.

Yeraltı şartları, makinelerin iki boyutunda alabildiğince küçültme yapılması sonucunu doğurmuştur. Ancak uzunluk diğer iki boyut kadar kısıtlama altında değildir. Buna rağmen boyutlar ve makine ağırlığı ile kepçe kapasitesi arasında belli bir uyumun olması gerekir. Gereğinden büyük makine "zemin ve tahkimat problemi" doğurur.

Çizelge-1 ve Çizelge-2 de görülen makinelerin boyutlarına ait önemli olabilecek bilgiler verilmiş bulunmaktadır. Şekil-5'de ise, klasik bir yükleyici ile bir OTB aracının boyut bakımından mukayeseli görünüşü yer almıştır.



Şekil-5.: Klasik Yükleyici Makine ile Aynı Kapasitedeki Bir DTB Aracı

2. TAHRİK SİSTEMLERİ

DTB araçlarında elektrik motorlarının kullanılması giderek artmaktadır. Elektrikli tahrikin avantajları kısaca şöyle özetlenebilir :

- a) Egzos gazı ile ocak havası kirletilmediği için, havalandırma problemi dizelli araçlara nazaran daha az Önemlidir.
- b) Dizel motorla mukayese edildiğinde, elektrik motorlarının verimi daha büyüktür.
- c) Çoğu ülkede enerji sarfiyatı da elektrikli motorlarda daha düşüktür (İngilterede % 40 nispetinde). Bir fikir vermek üzere: Bir madende 132 kw lık motorla çalışan bir DTB aracının sarfettiği enerji saatte 78 kwh ola-

rak ölçülmüştür.

d) İşletme ve bakım masrafları da daha düşüktür. Dizel motorunun bakım masrafları normal hâlde % 15 civarındadır. Buna karşılık elektrikli DTB araçlarında elektrik kablo sunan gelen bir masraf vardır ki, o durumda 1.5 dolar tutmaktadır. İyi bir kablo 2000 saat kadar bir ömre sahiptir.

e) Elektrikli DTB araçlarında bakım masrafı da nispeten azdır.

f) Gürültü seviyesi daha düşüktür.

Elektrik motorlu DTB araçlarının dezavantajlarına gelince kısaca şöyle özetlenebilir :

a) Hareket yeteneği dizel motorlulara nazaran daha kısıtlıdır.

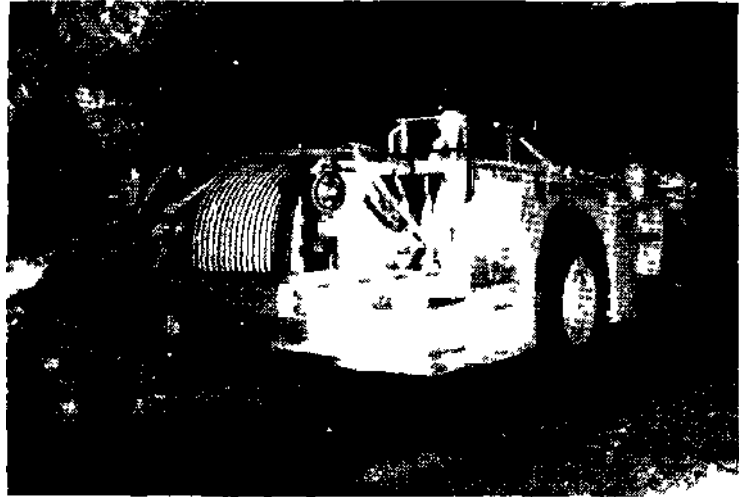
b) Hareket menzili, kablo dolayısıyla azami bir değerle sınırlıdır.

c) Kablo sarılması ve sürüklenme dolayısıyla, dizeller kadar hız yapamamaktadırlar.

d) Köşelerden geçerken kablunun aşınmaması ve kopmaması için özel dikkat gerekir.

e) Meyillerde dizellerin tırmanma yeteneği daha iyidir.

Şekil-6.'de elektrikli bir DTB aracı ve kablo tamburu görülmektedir.



Şekil-6 : Elektrik Motorlu Bir DTB Aracı.

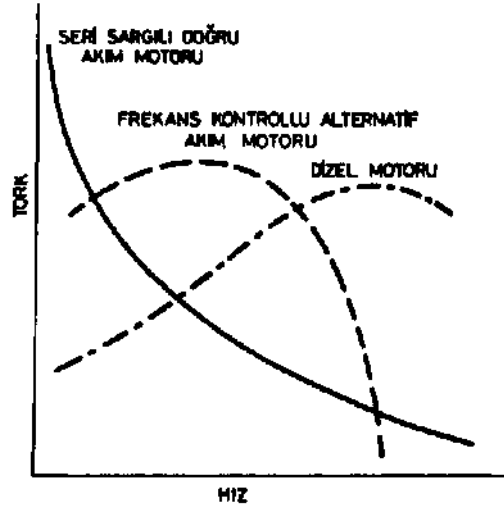
Elektrik motorlu DTB'lerin mayısı 3-4 yıl önce % 15 kadardı. Bunları Batı Almanya, İsveç, Güney Afrika'daki gibi çok sıkı emniyet kurulları dolay-

sıyla dizelli OTB'lenn kullanılmıdsının mümkün olıııııııı ocaklarda daha çok uygulama imkânı bulmaktadırlar.

Dizel tahriklerin çoğunluğu hava soğutmalıdır. Gene emniyet kurallarının gerektirdiği ocaklarda su soğutmalı motorlar kullanılır.

Komur ocaklarında kullanılan bütün motorlar antıgrızotör düzenine sahip olmak zorundadırlar.

Elektrik motorların da hız/tork karakteristikleri dizellerinkinden tamamen farklıdır. Alternatif akım motorları, düşük hızlarda dizel motorlardan daha yüksek tork verirler (Şekil-7). bu husus DTB araçları için önemlidir, zira yığın halindeki cevhere kepçenin girebilmesi için yüksek tork gereklidir. Diğer yandan en iyi kontrol sen sargılı doğru akım

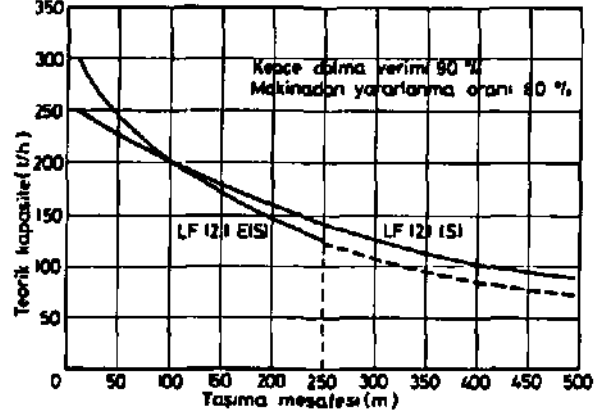


Şekil-7.: Elektrik ve Dizel Motorlarına Ait Hız-Tork Karakteristikleri.

motorları ile elde edilmektedir. Bu motorlar, Şekil-7'de de görüldüğü gibi düşük hızda yüksek torkdan yüksek hızda düşük torka çok yumuşak bir geçiş temin etmektedirler.

Şekil- 8'de, 8.5 m kepçe hacimli bir DTB aracının elektrikli ve dizelli modellerine ait kapasite eğrileri görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi 100 m'den daha kısa mesafede yükleme ve hızlanmadaki avantajından dolayı elektrikli DTB kapasitesi daha büyüktür. Taşıma mesafesi-

nın 100 m'yı geçmesi halinde, yüksek hızından dolayı dizelli DTB avantajlı duruma geçmektedir.



Şekil- 8.: 8.5 m Kepçe Kapasiteli Elektrikli ve Dizelli DTB Araçlarının, Mesafeye Bağlı Olarak Kapasite Eğrileri

3. DTB Araçları Lastikleri

DTB araçlarının en önemli masraf kalemlerinden biri de lastiklerle ilgilidir. Çizelge-3'den de anlaşılacağı gibi lastik boyutu büyüdükçe, yani diğer bir deyişle DTB yuk kapasitesi arttıkça, lastik ömrü de artmaktadır. Bunun muhtemel sebeplen: büyük makinelerin çalışacağı yolların yüzeyleri daha bakımlı tutulmakta, büyük kapasiteler için daha güçlü motorlar kullanılmakta ve bu da daha az aşırı yüklenmeye yol açmaktadır.

Çizelge-3.: DTB Araçlarında Kullanılan Lastiklerin Boyutları ve Ömürleri.

Lastik Boyutu	Ocak Sayısı	Lastik Omru (saat)	Ortalama Kepçe Kapasitesi (yd ³)
750 x 15	4	23Q-6280 K	1.5 yd 'e kadar
815 x 15	2	200-800	
900 x 10			
1200 x 24	21	100-7000 K	2-3
1300 x 25	2	500-800	
1400 x 25	2	1000-1200	
1600 x 25	8	400-1800 K	
1800 x 25	26	400-5000 K	4-5
2080 x 25	2	570-1200	
2650 x 25	5	376-1000 K	8-10
2950 x 29	3	500-1000 K	

K- Lastiğin "kaplama" suretiyle yenilenmesi

Lastik ömrü üzerinde "kötü yol yüzeyi, ıslak şartlar, lastik basıncının uygun olmaması ve galen yanlarında yeten kadar açıklık bulunmaması" gibi hususlar önemli rol oynar. Bazen 8 defaya kadar kaplama yapılmakta ve 7000 saate kadar varan ömür elde edilmektedir.

Zincir kullanmanın lastik ömrünü arttırdığı hususunda uygulamada yerleşmiş bir inanç yoktur.

Ocak planı, kayaç tipi ve diğer şartlara bağlı olarak değişecek olan lastik masrafının ton maliyete % 10-20 nispetinde intikal ettiği söylenebilir. Ancak böyle bir kıstas yanıltıcı olabilir. Lastik masrafını çalışma saati bazına göre düşünmek daha güvenilir bir ölçüdür. Çalışma saati başına 1- 4 \$ lastik masrafı genel anlamda oldukça isabetli bir yaklaşımdır. Herhalıkârda lastik masrafı DTB uygulamasında en önemli masraf kalemlerinden biridir.

4. YOL DURUMU

Gerek lastik ömrü gerekse meyil çıkma ve vasıta hızı üzerinde, yolun durumu birinci derecede rol oynamaktadır. Maden ocaklarında zeminler yumuşak kilden sert kumtaşına veya daha sert kayalıklara kadar çok çeşitli değişiklikler gösterebilirler. Uçaklardaki su zemini yumuşatabilir ve bozabilir ki bu da lâstik tekerlekli bir araç için büyük problem demektir. Çizelge-4 bir lastik tekerlekli aracın çeşitli zeminlerde hareket etmesi halinde lastik batma derinliğini ve spesifik dönme direncini göstermektedir.

Çizelge-4.: Çeşitli Zeminlerde Lastik Batma Derinliği ve Spesifik Dönme Direnci.

Zemin Cinsi ve Yol Durumu	Lastik Batma 'Derinliği (cm)	Döme direnci Kats.	
		Lastik	Zincir
Beton veya asfalt yol(kuru)		20	
5sert ve düz makadan yol(gevşek malezeme yok)	2	30	
Çımenli tabii zemin	5	40	20
Kullanılmış eski, toprak yol	5	45	30
Oldukça yumuşak veya çukurlu, toprak yol	10	70	40
Çukurlu kis veya kumlu zemin		120	60
Eski, yumuşak, toprak yol	20	160	70
Şistli, akıcı kumlu zemin	20	250	100
Derin çukurlu eski yol,yapışkan ıslak zemin	20	300	120
10 cm kalınlığında gevşek kar		50	30
Sert buz		25	20

Aracın üzerinde yürüdüğü zeminin iyileştirilmesi açısından uygulanabilecek değişik stabilizasyon teknikleri vardır. Aşağıda, İngiltere Milli Kömür Kurumunun bu tekniklerle ilgili yaptığı deney ve elde ettiği sonuçlara kısaca değinilecektir.

a) Mekanik Stabilizasyon

En pratik ve ucuz teknik budur. Eğer zemin yeteri kadar sağlam ise, onu 200 mm derinlikte kazıp sonra sıkıştırmak, amaca uygun bir yol elde etmek için yeterli olmaktadır. Eğer zemin çok sağlam değilse, ince ve kalın agrégat getirip yola yaymak ve sıkıştırmak suretiyle de gene aynı sonuç elde edilebilmektedir.

b) Çimento ile Stabilizasyon

Eğer zemin sertleştirmeyi gerektirecek kadar yumuşaksa, 200 mm kazıldıktan sonra çimento dökülür ve % 5-15 nispetinde olmak üzere zemin malzemesiyle karıştırılır. Sonra su ilave edilerek zemin düzlenir ve sıkıştırılır. Pratikte bu iş, Önce yüzeye çimentonun sepilerek yayılması sonra da mekanik olarak (meselâ bir taban kaldırıcı makine ile) 200 mm derinliğe kadar kazılması suretiyle yapılmaktadır.

c) Kireç Stabilizasyonu

Yukardaki metotta olduğu gibidir, ancak çimento yerine sönmemiş kireç kullanılmaktadır. Kireçleme sert ve granular malzemede daha az etkili olup killi zeminlerde iyi sonuç vermektedir.

d) Asfalt Stabilizasyonu

Sık kullanılmamakla birlikte, zemini 150 mm kadar kazdıktan sonra üzerine asfalt döküp sıkıştırmak yoluyla da sağlam zemin elde edilebilmektedir. Güney Fransa maden ocaklarında kireçtaşı zemin üzerine önceden hazırlanmış asfaltlı yol malzemesi dökülerek çok iyi bir yol yüzeyi elde edilmiştir. Metod, ancak zeminin kuru olması halinde iyi sonuç vermektedir.

e) Anhidrit Stabilizasyonu

6 mm'nin altına kırılmış anhidritler % 1 reaktif bir madde ve % 8 su ile karıştırılarak, önceden hazırlanmış yol yüzeyine 150 mm kalınlığında yayılmakta ve sıkıştırılmaktadır. Bu işlemden 24 saat sonra yol araç geçişine hazır durumdadır. Bu metod jips maden ocaklarında yol yüzeyi

hazırlığında büyük ölçüde kullanılmaktadır.

f) Beton Bloklar

Bunlar önceden hazırlanmış 2.5x2.5x0.15 m ebadında beton bloklardır. 2.0x1.25x0.115 m ebadında hazırlanmış olanları da vardır. İngiltere'de High Moor ocağında kullanılmış ve iyi sonuç alınmıştır. 1:6 meyilindeki yolda, beton blokların kaymaması için zemin önce 50 mm kadar kazılarak hazırlanmış ve iki şeritli yol halinde beton bloklar yola döşenmiştir.

g) Beton Stabilizasyonu

Trafiğin ağır olduğu ve yolun uzun yıllar kullanılacağı hallerde, en iyi metod yolu betonlamaktır. Beton yol kalınlığı trafik yüküne göre değişir. Sulu ocaklarda da en iyi sonuçlar beton yol ile alınmaktadır.

Tabii zeminin, yol olarak kullanılmak üzere hazırlama masrafı 1 olarak kabul edildiğinde, sert agrégat yayıp sıkıştırma ile elde edilecek yolun maliyeti 8.34, betonlama maliyeti 14.63 ve asfaltlama maliyeti ise 16.71 olmaktadır.

5. KÖMÜR OCAKLARINDA UYGULAMA

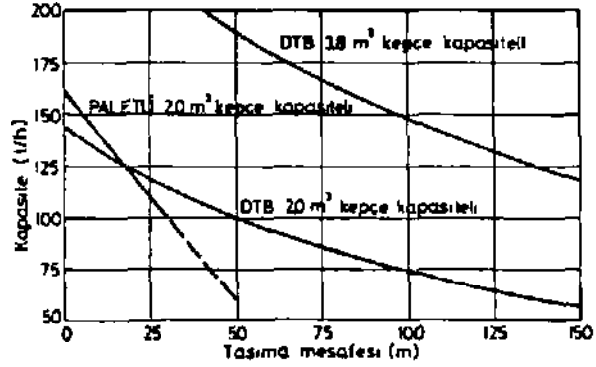
Metal madenleri için geliştirilmiş olan DTB araçları, ufak bazı değişikliklerle kömür madenciliğinde de kullanılmaktadır. Tekerlekli araçlardan, mineral taşımacılığı yanısıra, insan ve malzeme naklinde de istifade edilmektedir. Bugün tam mekanize bir ayağın donanımının değeri 8-10 milyon dolar civarındadır ve hızlı ilerlemeden dolayı, ayakların ömrü çoğu defa 1 yıldan az olmaktadır. Bunun anlamı, böylesine pahalı donanımı bir noktaya bağlanmış şekilde ölü olarak tutmamak için, mümkün olan en kısa sürede yeni ayağa taşınması gerektiğidir. Yaklaşık 3000 ton ağırlığındaki bu tür donanımı, özel yapılı tekerlekli araçlarla bir ayaktan diğerine 100 saat içinde taşımak mümkün olabilmektedir.

Damar kalınlığının 2 metreye yakın *olması* halinde ayakdonanımının yerleştirilmesinde fazla bir sorun yoktur. Aksi halde, ya ayak havesi tavan kesilerek yükseltilir (Şekil- 9) , veya have bir galeri gibi dairevi açılır (Şekil-10). Her iki halde de gerek yürüyen tahkimat üniteleri gerekse zın-

değiştirebilmektedir. Yanı araç, ya DTB aracı, ya fork-lift, ya ağır parça yüklerini taşıyacak platformlu bir vasıta veya daha değişik bir amaca hizmet edebilecek şekle gelebilmektedir. Bu makinelerin en kuçuğu MP60, 1 m genişliğinde olup 2 ton yuk taşıyabilecek kapasitedir. Bu çok amaçlı kullanma olanağının, bu tur araçların uygulama alanlarını çok daha genişleteceğinde şüphe yoktur.

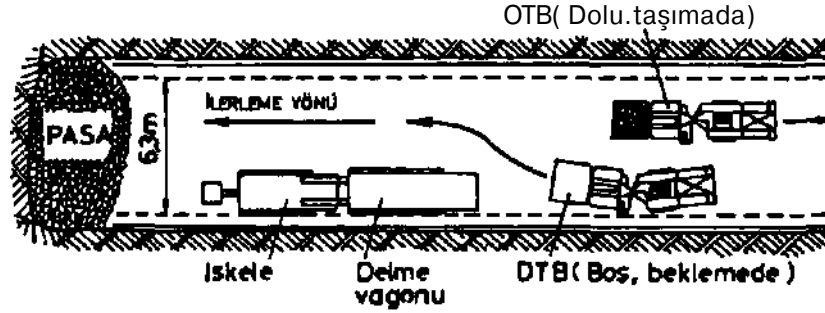
6. GALERİ SÜRME

Galen sürmede yükleyici olarak kullanılan paletli araçların hem hareket kabiliyetleri çok düşüktür hem de kepçe kapasiteleri 2.5 m dolaylarında sınırlanmıştır. Aynı kepçe kapasiteli bir DTB aracı ile mukayese edildiğinde (Şekil-11), daha büyük bir kaideye sahip oldukları için, özellikle yumuşak zeminlerde paletli yükleyici daha avantajlıdır. Normal zeminlerde kapasiteler hemen hemen eşittir. Taşıma mesafesinin 20 m'yı geçmesi halinde, DTB aracının ne ölçüde avantajlı olduğu Şekil-11'den anlaşılmaktadır.



Şekil-11.: Paletli Yükleyici ile DTB Araçlarının Taşıma Mesafesine Bağlı Olarak kapasite Mukayeseleri.

Galen sürmede 2 DTB aracının kullanılması halinde, büyük avantaj elde edilmektedir. Şekil-12'de şematik olarak görülen Batı Almanya'da 1250 m uzunluğundaki galen 41 m kesitinde olup, bir atımda 140 m pasa çıkmakta, bu pasa 480 dakikada yüklenip 150 m mesafedeki tumba yerine taşınmaktadır. Aylık ilerleme 42 m'dir ve DTB araçları günde 6 saat çalışmaktadır.



Şekil-12.: Bir Komur Ocağında Galeri Sürmede İki DTB Aracının Bir Arada Kullanılması.

7. SONUÇLAR

DTB Araçları madencilğe yeni girmekle beraber, kullanıldıkları yerlerde büyük bir ekonomi sağlamaktadırlar. Bir yandan makine yapıları yeraltı şartlarına uydurulurken, bir yandan da yeraltı yapıları ve hatta üretim sistemleri DTB araçlarının kullanılabilceği şekilde değiştirilmektedir. Elektrikli DTB sayısı giderek artmakta, keza komur madenciliğinde de her geçen gün daha büyük bir uygulama alanı bulmaktadırlar.

Bu açıdan bakıldığında Zongudak Havzasında da, DTB araçları için ekonomik uygulama koşullarının olup olmadığı incelemeye değer bir nitelik kazanmaktadır.

KAYNAKLAR

1. -.Trends in Trackless Mining, Mining Magazine, February 1975, pp.105-115.
2. GHH- Eimco, Schopf, Wagner ve diğer firmalara ait kataloglar.
3. NORTHARD, J.E., Trackless Transport, Colliery Guardian Annual Review August 1979, pp. 429-437.
4. MARX, K.W., Gleislosfahrzeuge im Steinkohlenbergbau, Glückauf 122 (1986) Nr. 18, pp. 1187-1194.
5. REUTHER, E.U., KELM, U., Stand der Technik im Matenaltransport unter Tage und Zukunftaussichten, Glückauf 123 (1987) Nr.16, pp.1009-1013.
6. PHANNENSTIEL, K., Gleislostechnik im Steinkohlenbergbau, Fortentwicklung der Bergtechnik, Statusreport, pp. 219-228.
7. -, LHD Technology, World Mining Equipment, January 1986, pp. 30-34.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal congress of TURKEY

**ZONGULDAK KÖMÜRLERİNİN KENDİLİĞİNE YANMAYA
YAKINLOGLARININ ARAŞTIRILMASI**

INVESTIGATION ON THE SPONTANEOUS COMBUSTION
SUSCEPTIBILITY OF THE ZONGULDAK COALS

Enver KARAÇAM *
Vedat DİDARİ **
Turay ATALAY***

Ö Z E T

Çeşitli laboratuvar teknikleri arasından seçilmiş olan "tutuşabilirlik testi", Zonguldak Havzasının 5 Müessesesinden alınan 22 kömür örneğinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının saptanmasında kullanılmıştır. Amasra kömürleri ile Üzülmüş Müessesesindeki iki damara ait kömürlerin, diğer damarlara nazaran, yanmaya daha yatkın oldukları görülmüştür. Bu çalışmada incelenen kömürler, genellikle, düşük veya orta derecede yanma riski taşımaktadır.

A B S T R A C T

"Crossing point temperature test" which is selected from various laboratory techniques is used to determine the spontaneous combustion susceptibility of 22 coal samples collected from the five districts of the Zonguldak Coalfield. Coals of the Amasra District and two seams in the Uzulmez District have been found relatively more susceptible to spontaneous combustion. In general, all the *coals* studied in this work present low or moderate heating risks.

(*): Maden Müh., TTK Çaydamar İşl., ZONGULDAK
(**): Yrd.Doç.Dr., HU Zonguldak Müh.Fakültesi, ZONGULDAK
(***): Doç. Dr., " "

1. GİRİŞ

Ocak yangınlarıyla savaşım konusunda genel olarak kabul edilmiş bir yaklaşım, damarların kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarına göre sınıflandırılması ve yüksek oranda yatkınlıkları saptanmış olan damarlarda yapılacak madencilik çalışmalarında özel önlemlerin uygulanmasıdır.

Bu tür sınıflandırma girişimlerinde yalnızca kömürlerin doğal özellikleri değil, çevresel koşullarda göz önünde bulundurulmaktadır. Böylece, kendiliğinden yanmada etkili olan iç ve dış faktörlerin değerlendirildiği çeşitli indeks sistemleri oluşturulmuştur (1-3). Bir damar içinde yapılacak olan çalışmalar öncesinde ya da sırasında veya daha sonraki taşıma, depolama vb. işlemlerde alınacak önlemler, o damarın indeks değerine göre belirlenmektedir.

Zonguldak havzasında halen uygulanmakta olan sınıflandırma tekniği Çizelge 1'de verilmiş olup bütünüyle geçmişteki deneyim birikimine dayanmaktadır (4). Bu bildiride, daha sağlıklı ve alınacak önlemler açısından daha çok yol gösterici olabilecek bir indeks tekniği geliştirmek üzere yürütülmekte olan çalışmaların bir bölümünü oluşturan laboratuvar araştırmalarının ilk bulguları sunulmaktadır.

2. KEHDİLİĞİMMİŞ YAMWYİ ETKİLEYİBİ FAKTÖRLER

Ocakta kömürün kendiliğinden yanması, düşük sıcaklıkta yer alan bir oksidasyon tepkimesi olarak başlamaktadır. Olayın gelişmesi, gerek kömürün doğasına ve gerekse çevresel koşullara bağlı sayısız etken tarafından denetlenmektedir (1,2,5-7). Bu etkenlerin en belirgin olanlarından aşağıda kısaca söz edilmiştir.

1. Kömür damarında yer alan pirit, olayı hızlandırıcı etki yapmaktadır.
2. Nem içeriğindeki değişmeler (kuruma-ıslanma) olayı belirgin olarak etkilemektedir.
3. Kömürün tane boyutunun küçülmesi ve buna bağlı olarak oksitlenmeye açık yüzey alanının büyümesi, kendiliğinden yanma riskini arttırmaktadır.

Çizelge 1. Zonguldak Havzasında Kendiliğinden Yanmaya Yatkın Damarların Sınıflandırılması

Müessese ve İşletme	Birinci Derecede Yatkın	İkinci Derecede Yatkın	Üçüncü Derecede Yatkın
Armutçuk			
Kandilli	Büyük	Üçköylü Büyük Küçük	diğer damarlar
Kireçlik Alacaağzı	Üçköylü		
Kozlu			
İncirharman	Acılık	H.petro	diğer damarlar
İhsaniye	Çay Acılık Çay	H.petro Sulu	II
Üzülmez			
Asma		Çay Acılık	II
Dilaver		Çay Acılık	I*
Çaydamar	Çay (eski)		
Karadon			
Kilimli	Acılık	Donuzcu Sulu	II
Karadon	Çay Acılık Çay Sulu	Sulu Büyük Domuzcu	II
Amasra	-	-	

4. Kömürleşme derecesi (rank) düşük olan kömürler daha kolay yanmaktadır.
5. Petrografik bileşenlerin etkisi henüz tamamen açıklığa kavuşmamıştır.
6. Kül içeriği, genellikle, kendiliğinden yanmaya yatkınlığı azaltıcı yönde etkili olmaktadır.
7. Yeraltı havasının sıcaklığı, olay üzerinde doğrudan etkilidir.
8. Faylar ve arızalanmaların varlığı, kaçak hava akımlarını kolaylaştırmak yoluyla olaya katkıda bulunmaktadır.
9. İşletme yöntemi ve arızalar gereği, alınmaksızın terkedilen damar kısımları ve topuklar, kendiliğinden yanmayı hazırlayıcı etkenlerdir.
10. Normal havalandırma koşullarında, kömürün oksidasyonu ile oluşan ısı ortamdan alınırken yetersiz hava miktarı, kendiliğinden yanmaya gerekli oksijeni sağlamakta fakat oluşan ısıyı uzaklaştıramamaktadır. Böylece olay, gelişebilmektedir.
11. Yüksek havalandırma basınçları ve havalandırma sistemindeki değişiklikler (akımın ters yöne çevrilmesi vb.) de kendiliğinden yanmada etkili olmaktadır.

Kömürün doğasına bağlı rank ve nem içeriği gibi etkenlerle çevresel koşulları oluşturan havanın sıcaklığı ve jeolojik özellikler gibi etkenler, diğerlerine göre, çok daha belirgin niteliktedir.

3. LABORA3WAR THWÎKLERÎ

Kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılmasında uygulanan standart bir laboratuvar tekniği bulunmamaktadır. Çeşitli uygulamalar beş grupta toplanabilir.

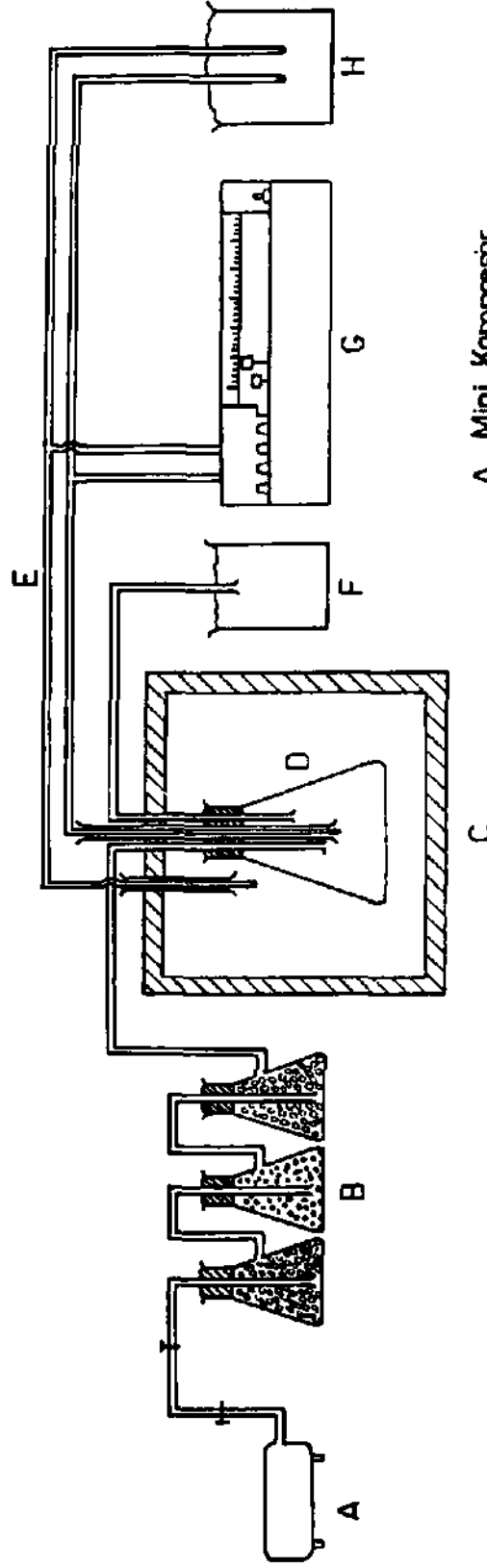
1. Tutuşabiliriik tekniği: Doğrusal olarak ısıtılan bir ortam içinde bulunan ve içinden belli bir hızda hava geçirilen kömür örneğinin, ortamın sıcaklığını aştığı nokta (crossing point) ve ısınma hızı saptanır (1,8).

2. Adyabatik Oksidasyon Tekniği: Kömür  rneği, dış ortamla ısı alış-verişi engellenmiş bir kap içine konularak içinden hava geçirilmekte ve zaman-sıcaklık ilişkileri saptanmaktadır (3,9).
3. Dinamik Oksidasyon Tekniği: Sabit sıcaklıkta tutulan ya da denetim altında ısıtılan kömür  rneği üzerinden hava geçirilerek gaz ürünleri incelenmektedir (6,10).
4. Statik izotermal Teknik: Yalıtılmış bir kab içindeki kömür  rneği, sabit sıcaklıkta bir ortam içinde tutulmakta ve uzunca bir süre (iki hafta gibi) sonra gaz ürünleri incelenmektedir (1,7).
5. Kimyasal Teknikler:  rnekle, oksitleyici maddelerle hazırlanmış çeşitli  zeltilelerle işleme sokulmaktadır (6,11).

Bu teknikler içinden, basitliği ve kolayca sağlanabilen malzeme gereksinimi nedenleriyle "tutuşabilirlik tekniği" seçilmiş ve Zonguldak kömürleri üzerindeki çalışmalar bu teknikle yürütülmüştür.

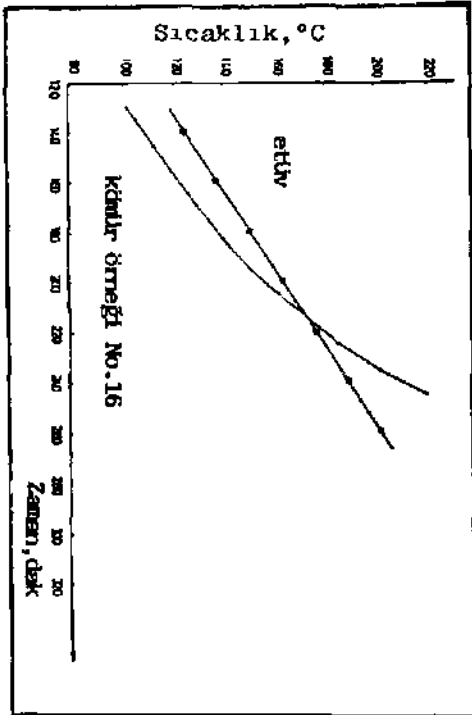
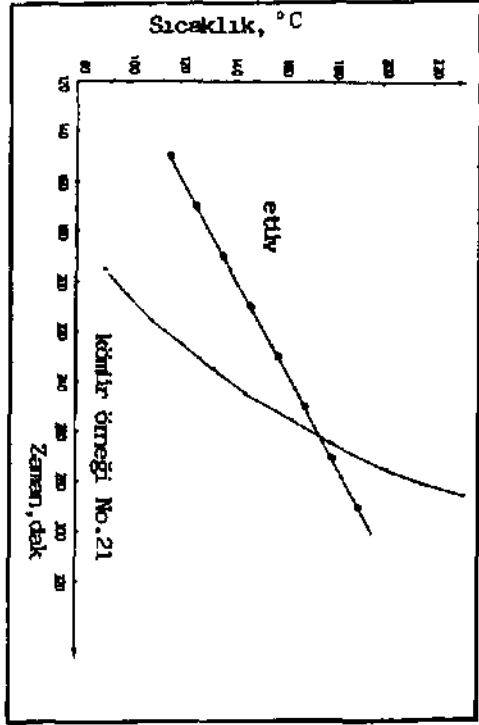
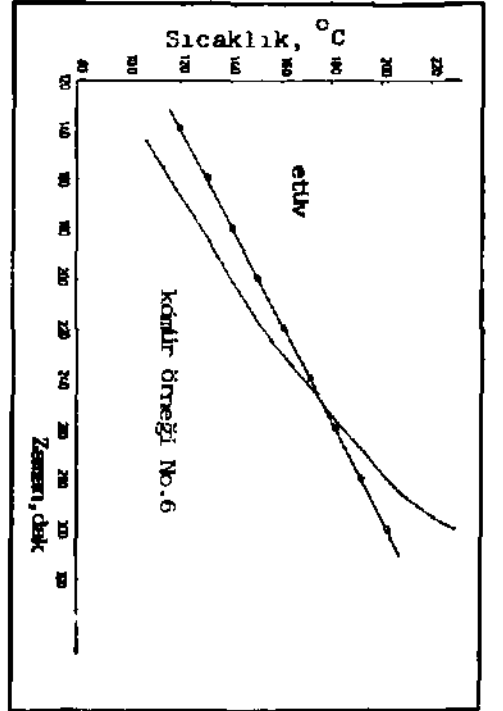
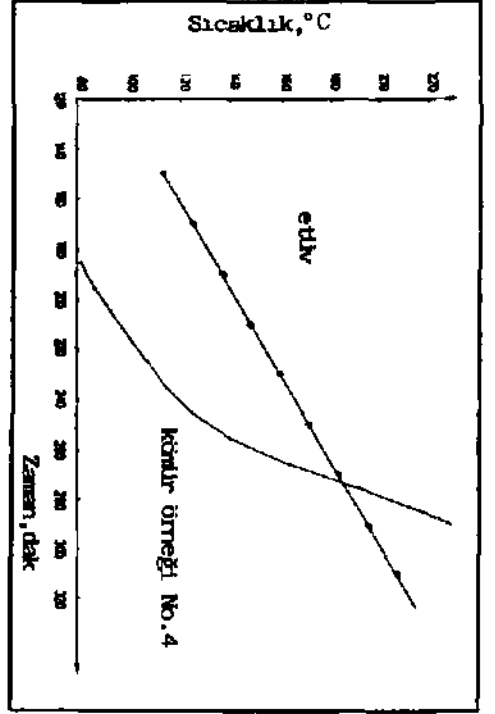
4. DQCYSEL ALE9MIAR

Kömür  rneklelerinin kendiliğinden yarmaya görece yatkınlıklarının araştırılması amacıyla oluşturulan laboratuvar düzeneği. Şekil 1'de görülmektedir. Damardan kazılarak alınan ve bir kısmı TTK Merkez I^boratuvarlarında yürütülen analiz çalışmalarına ayrılan kömür örneğinin kalan kısmı  ğ t lerek -200 mesh boyutundan 100 g kadar, bir ısıtma kabı içine alınmakta ve bu kab, hava giriş-çıkış boruları ile termoçiftin geçişine uygun bir tapa ile kapatılarak bir etüvün içine yerleştirilmektedir. Bir mini kompresörden sağlanan 25 crrr/dak hava, önce cam y n  ve kalsiyum klorür dolu tüplerden oluşan bir nem tutucu düzenekten geçirilmekte ve örnek üzerine gönderilmektedir. Etüv doğrusal olarak ısıtılırken, bir veri kaydedici düzenek, gerek etüvün ve gerekse örneğin sıcaklığını kaydetmektedir. Deneyler sırasında elde edilen tipik grafikler, Şekil 2'de verilmiştir.



- A_ Mini Kompresör
 B_ Nem Tutma Duzeneği
 C_ Etüv
 D_ Isıtma kabı
 E_ Termoçift
 F_ Su kabı
 G_ Kaydedici
 H_ Buz kabı

Şekil 1. Tutuşma Sıcaklığı Deneyleri için
Laboratuvar düzeniği



Şekil 2. Tutuşma Sıcaklığı Deneylerinden elde edilen tipik grafikler

4.1 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kömür örneğinin sıcaklığının etüvün sıcaklığını 1°C geçtiği nokta, tutuşma sıcaklığı (crossing point) olarak alınmış ve ayrıca 110°-220°C arasındaki ortalama ısınma hızı, örneğe ait eğri üzerinden hesaplanmıştır. Bu değerler, analiz sonuçlarıyla birlikte, Çizelge 2'de verilmektedir.

5. SONUÇLAR

22 kömür örneğinin tutuşma noktaları 170°-186°C arasında değişmektedir. Bu değerlere göre kömürlerin kendiliğinden yanma özellikleri zayıftır.

0.78-1.90°C/dak arasında değişen ortalama ısınma hızları, Feng ve ark.¹'nin yatkınlık indeksini (1) hesaplamak üzere kullanılmıştır. Bu indeks değerleri, 4.4-10.2 arasında değişmekte olup "orta derecede yatkınlığı" göstermektedir.

Nem içeriğinin indeks değerleri üzerindeki etkisi açık olup yüksek oranda nem içeren Amasra kömürlerinde daha yüksek değerler saptanmıştır. Diğer yüksek indeks değerleri, Üzülmüş Müessesesinin Çay ve Acılık damarlarıyla ilgilidir.

Bu, sınırlı sayıda örnek üzerinde yürütülen çalışma; genelde, en azından Amasra dışındaki 4 Müessese için, kendiliğinden yanma olaylarında kömürün doğal özelliklerinden çok çevresel özelliklerin rol oynadığını göstermektedir. Bu nedenle, halen uygulanmakta olan damar sınıflandırma sistemi yerine, çevresel etkenlerin daha ağırlıklı olarak temsil edileceği bir indeksleme tekniğine gerek bulunmaktadır.

Kömürün kendiliğinden yanmasında etkili olan çok sayıda parametrenin (özellikle; hava miktarı, nemlilik vb. koşulların etkisinin) araştırılması için daha da iyileştirilmiş deney düzenekleri ile çalışmaların sürdürülmesinde yarar olacağı görülmektedir.

Çizelge 2. Analiz ve Tutuşla Sıcaklığı DeneYlerinin Sonuçları

Örnek No.	Müessesese	Damar	Nera,%	KU1.SS	Uçucu Hadde, %	Sabit Kafcon.«	lutuana Sıc., °C	Isınma hızı- Yatkınılık indeksi, dak ⁻¹	
1	Armutçuk	BUyilk	2.00	5.53	36. S7	55.70	177	1.03	5.8
2	Amasra	Kalın	5.80	11.68	36.78	45.74	170	1.57	9.2
3	»	Taşlıb.	5.95	10.98	36.57	46.50	171	1.29	7.5
4	«	Tavan	5.25	14.16	37.14	43.45	186	1.90	10.2
5	»	Birinci	5.00	20.46	32.45	42.09	172	1.75	10.2
6	Kozlu	BUyilk	1.20	7.72	29.91	61.17	177	0.78	4.4
7	"	Çay III	2.00	5.39	30.54	62.07	174	1.06	6.1
8	»	çay V	1.25	8.75	29.64	60.36	173	0.91	5.3
9	»	Çay III	1.45	11.54	27.61	59.40	177	0.98	5.5
10	-	çay V	1.60	9.78	29.22	59.40	180	1.03	5.7
11	»	K.memla	1.35	9.54	28.92	60.19	180	0.96	5.3
12	«	Domuzcu	2.65	6.95	32.60	57.80	173	0.97	5.6
13	»	Karagöz	1.75	12.45	28.11	57.69	177	1.04	5.9
14	»	Kurul	1.40	7.52	29.78	61.30	179	1.24	6.9
15	»	Civelek	0.95	15.74	27.26	56.55	181	0.92	5.1
16	«	SUmtm	1.35	7.12	30.10	61.43	174	1.10	6.1
17	Karadon	Sulu	2.10	7.36	29.83	60.71	172	1.13	6.6
18	»	Nasufog,	1.50	6.26	27.28	64.96	177	1.06	6.0
19	Uzulmez	"	1.60	6.59	29.52	62.29	174	1.10	6.1
20	-	Sulu	1.15	10.98	31.50	56.37	171	1.10	6.4
21	-	Çay	6.20	8.35	30.52	54.93	176	1.69	9.6
22		Acılık	2.60	8.16	32.61	56.63	177	1.69	9.5

KAYNAKLAR

1. FENG, K.K., CHAKRAVORTY, R.N., COCHRANE, T.S., Spontaneous Combustion, a Coal Mining Hazard, CIM Bull., October 1973, pp. 75-84.
2. BANERJEE, S.C., A Theoretical Design to the Determination of Risk Index of Spontaneous Fires in Coal Mines, J. Min. Met. & Fuels, August 1982, pp. 399-406.
3. SINGH, R.N., DEMIRBILEK, S., TURNEY, M., Application of Spontaneous Risk Index to Mine Planning, Safe Storage and Shipment of Coal, J. Min. Met. & Fuels, July 1984, pp. 347-356.
4. —————, E.K.I., 'de Kendiliğinden Yanmaya Müsait Damarlarda Ocak Yangınlarına Karşı Alınacak Emniyet Tedbirleri, Zonguldak.
5. GÜNEY, M., Certain Factors Affecting the Oxidation and the Spontaneous Combustion of Coal, Mm.Soc.Mag.Univ.Nott. , 1968, pp. 71-90.
6. CHAMBERLAIN, E.A.C., HALL, D.A., The Liability of Coals to Spontaneous Combustion, Coll. Guard., February 1973, pp. 65-72.
7. KIM, A.G., Laboratory Studies on Spontaneous Heating of Coal, Bu. Mines IC 8756, 1977, 13 p.
8. NANDY, D.K., BANERJEE, D.D., CHAKRAVORTY, R.N., Application of Crossing Point Temperature for Determining the Spontaneous Heating Characteristics of Coal, J. Min. Met. & Fuels., February 1972, pp. 41-48.
9. GÜNEY, M., HODGES, D.J., Spontaneous Heating of Coal, Part 2, Coll. Guard., March 1969, pp. 173-177.
10. AYVAZÖĞLU, E., E.K.I. Kozlu Bölgesi Çay ve Acılık Kömürlerinin Oksidasyonunun Erken Tesbiti Yönünden incelenmesi, T. 1. Kömür Kong., Zonguldak 1978, pp. 539-563.
11. GÜNEY, M., HODGES, D.J., Spontaneous Heating of Coal, Part 1, Coll. Guard., February 1969, pp. 105-109.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal Congress of TURKEY

SOUUNABİLİR OCAK TOZLARININ KUVAR S İÇSÜKLERİ

QUARTZ CONTENT OF THE RESPIRABLE MINE DUSTS

Sefail YAPRAK *

Vedat DİDARİ **

Ahmet İ. TOZUN ***

Ö Z E T

TTK Gelik işletmesi ocaklarından alınan solunabilir toz örneklen, kızılötesi spektrofotometrik yöntemle analiz edilmiş ve kuvars içerikleri saptanmıştır. Gelik ocaklarında havada askıda bulunan tozlar içindeki kuvars miktar ve oranlarının kritik değerlen aşmadığı görülmüştür.

A B S T R A C T

The respirable dust samples collected from the workings of TTK Gelik Colliery were analysed with infrared spectrophotometric method and quartz contents were determined. It is found that the quantity and proportion of quartz in the airborne dusts in the Gelik Colliery rarely exceed the critical values.

*: Maden Müh., TTK Genel Müdürlüğü, ZONGULDAK

** : Y.Doç.Dr., HU Zonguldak Müh.Fak., Maden Müh.Bol., ZONGULDAK

***: Teknisyen, TTK Toz Laboratuvaran Şefi, ZONGULDAK

1. GİRİŞ

Kömür madenlerinde havada askıda bulunan tozların uzun süreler solunmasıyla ortaya çıkan akciğer-toz hastalıkları, genelde "pnömokonyoz" olarak anılmakta ve meslek hastalığı olarak değerlendirilmektedir. Henüz tedavi edilemeyen bu hastalıkla savaşımın yolu, iş yeri ortamını denetlemek ve zararlı tozları bastırmaktan ya da uzaklaştırmaktan geçmektedir. Bunun başarılamadığı ocaklarda, hastalık şüphelilerinin zararsız koşullardaki iş yerlerine çekilmeleri diğer etkili bir önlemdir.

Tozun insan sağlığına zararlılığını en iyi ortaya koyan parametre, "solunabilir" boyuttaki (0.5-5 mikron) tozların miktarıdır. Ancak, tek başına bu parametrenin kullanılması yeterli değildir. İkinci önemli parametre olarak tozun bileşenleri değerlendirilmektedir. Kömür işçileri Pnömokonyozu (Antrakosilikoz) soz konusu olduğunda etkili toz bileşeni olarak, kesin bulgular bulunmamakla beraber, kuvars kabul edilmekte ve rutin ölçme işlemlerinde yer almaktadır.

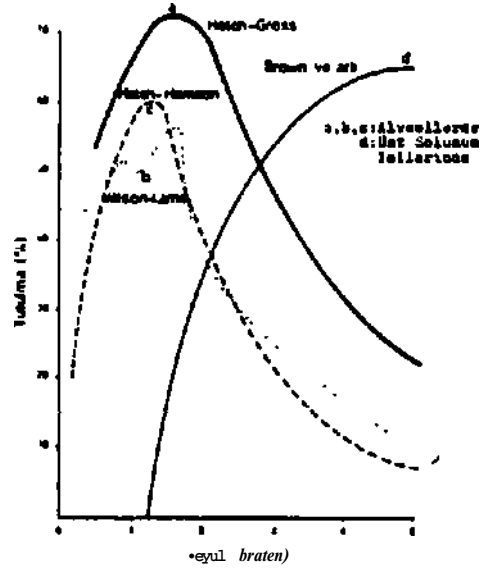
Türkiye'de iş yerlerinin denetlenmesinde yaygın ve etkin örgütlenmeyi ilk gerçekleştiren kurum TTK olmuştur. 1977 lerden bu yana uygulanan rutin toz denetim sisteminde kuvars analizleri henüz -bir kaç deneme dışında- yer almamakta ve sadece miktar olarak ölçülen toz yoğunlukları değerlendirilerek kaydedilmektedir.

Bu çalışmada, uygun ve güvenilir bir analiz tekniği olan kızılötesi spektrofotometrik yöntemin, rutin toz denetimi sistemi içinde sürekli kullanımına bir başlangıç oluşturmak amacıyla, TTK Gelik İşi etmesindeki ocaklarda solunabilir tozların kuvars miktar ve oranları incelenerek koşullar yorumlanmıştır.

2. GEKEL BİLGİLEH

Havada askıda bulunan tozların belli bir boyutu akciğerde hava keselerine (alveol) kadar ulaşabilme ve birikebilme özelliğine sahiptir (Şekil 1). Vücudun koruyucu mekanizması, bazı toz cinslerinin, yoğun miktarlarda ve uzun süreler solunması sonucunda yetersiz kalmakta ve

biriken tozlar akciğerde çeşitli biçimlerde bağ dokular (fibroz) oluşmasına neden olmaktadır. Böylece, akciğerin işlevi değişik biçimlerde etkilenmektedir (1).



Şekil 1. 5 mikrondan küçük taneciklerin alveollerde ve üst solunum yollarında tutulma oranları (2-4)

Kömür ocaklarında rastlanan tozlar; değişik oranlarda kömür, kaolen mika, kuvars gibi mineralleri içeren bir karışımdır. B.Alman ve İngiliz kömür madenciliğinde 1950'lerden bu yana yürütülmekte olan pnömokonyoz araştırmalarının bulguları, toz koşullarının değerlendirilmesinde önemli ölçüde yardımcı olmaktadır. Bu araştırmalara göre, sözü geçen ülkelerin ocaklarında rastlanmakta olan kuvars oranlarının (ortalama % 7) pnömokonyozlar üzerinde belirgin bir etkisi bulunmamaktadır (5-7). Kül içindeki bazı minerallerin etkisi olabileceği düşünülmektedir(5,8,9). Damarların kömürleşme derecesi (rank) etkisi olabilecek bir faktördür (5) • Araştırmaların yöneldiği diğer ilginç bir konu, çok çeşitli öğelerin bir bileşimi olan "bünyesel faktör" dür (5,10).

Yukarıda sözü edilen çerçeve içinde bugün,genel olarak, değerlendirilmekte olan toz bileşeni kuvarsdır.

35 yıllık çalışma yaşamı temel alınarak kabul edilen zararsız ve nonnal toz yoğunlukları- içinde % 5 den az kuvars olan tozlar için, sırasıyla 2 ve 4 mg/m³ kadardır" (11). Kuvarsın bu oranı aşma~ı durumunda; B. Almanya'da aynı koşullarda kabul edilen kuvars tozu miktarları 0.10 ve 0.15 mg/m³ dur ı!2\ ingiltere'de 0.45 mg/m³ kuvars tozu yoğunluğu K'ifık bir değe"- olarak alınmakla, ABD'de % 5 in üstünde artan her kuvars * ram için sınır değerler bir miktar düşürülmektedir (13,14).

Yapılan son araştırmalarla saf kuvars tozunun olay üzerinde etkisi açıklık kazanmış olmakla birlikte, karışık toz içindeki kuvarsın davranışı konusunda kesin bulgular elde edilememiştir (10,15).

3. TOZ ÖRNEKLEME VE ANALİZ TEKNİKLERİ

Toz örnekleme aygıtları,havada askıda bulunan tozların solunabilir boyutta olanlarını seçecek şekilde tasarlanmaktadır. Günümüzde kullanılan toz örnekleme aygıtlarının boyut seçme özellikleri Şekil 2'de gösterilmiştir.

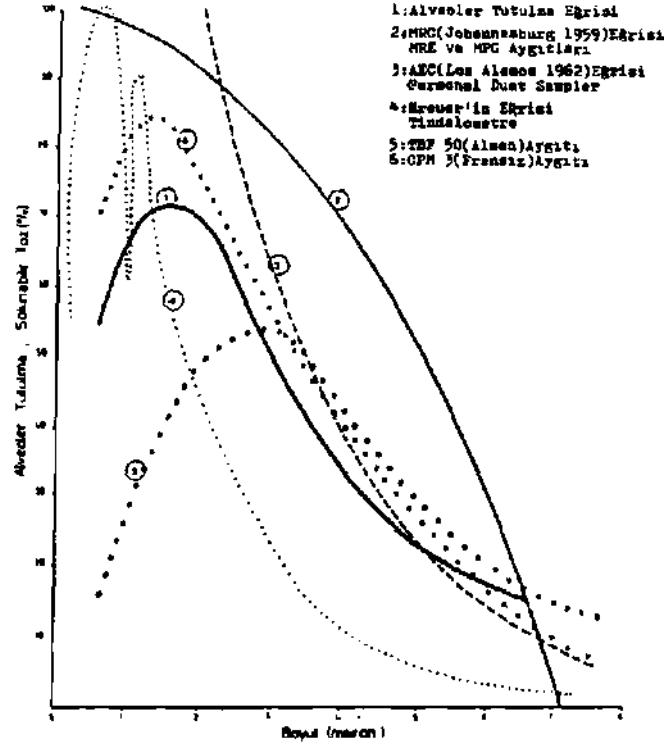
Bu çalışmada, örnek alma amacıyla, bir kanallı on ayırıcılı aygıt ve bir de siklon tıplı on ayırıcılı aygıt (Şekil 3 ve 4) kullanılmıştır.

Tozun kuvars içeriğini bulmak amacıyla kimyasal ve mineralojik teknikler uygulanabilmekteyse en güvenilir ve en yaygın uygulamalar fiziksel tekniklerdir (DTA, X Işınları, Kızılötesi Işınları vd.).

Bu çalışmada, toz analizleri, kızılötesi spektrofotometre (Şekil 5) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.1 Kızılötesi Spektrofotometrik Yöntem

Bu yöntem, araştırılan maddenin kızılötesi ışınlarını soğurma (absorpsiyon) özelliğine dayanmaktadır. Kuvars; 12,52, 12,82 ve 14,42 mikron dalga boylarında (A) karakteristik uçlar (pik) vermekte olup yatay ekseni dalga sayısı (1/A) ve düşey ekseni ışın geçirgenliğini (P) gösteren bir tayf (spektrum) alındığında, bu uçlardan hareket ederek, kuvars miktarı hesaplanabilmektedir (Şekil 5).



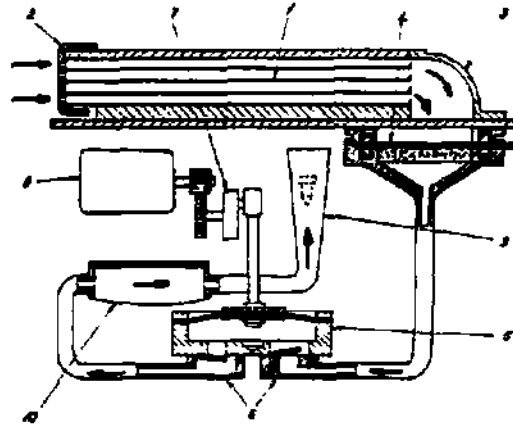
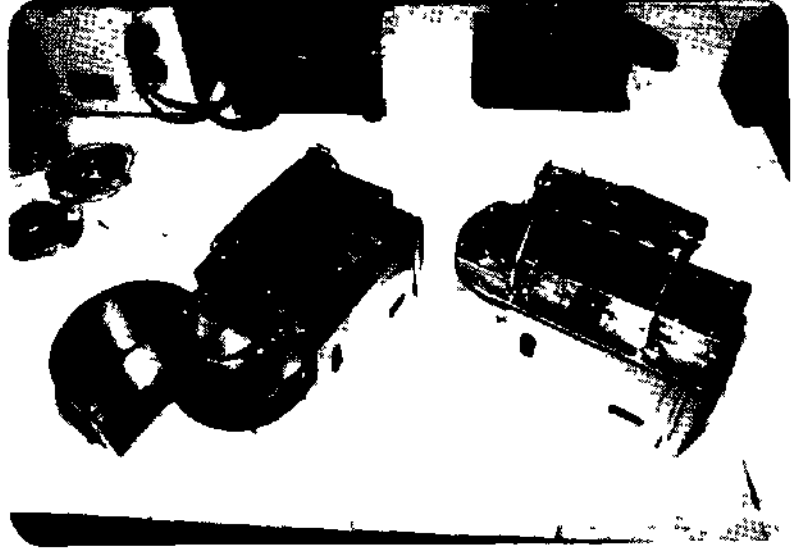
Şekil 2. En çok kullanılan gravimetrik aygıtların seçme eğrilerinin birbirleriyle ve alveoler tutulma eğrisi ile karşılaştırılmaları (8,16,17).

4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Kuvars içeriği saptanacak toz örnekleriyle çalışmaya geçmeden önce, kuvars içeriği bilinen örneklerle çalışılarak, uç dalga boyu için, karşılaştırma (referans) doğruları ve doğru denklemleri çıkarılmıştır.

MRE 113 A ve TBF 50 aygıtlarıyla alınan toz örnekleri, etüv-desikatör işlemlerinden geçirilerek toz miktarları tartımla bulunmakta ve daha sonra, toz örneği kuvars kroze içine alınarak yakılmakta, kalan kül tartılmaktadır. Külden 2 mg alınarak KBr ile preste 250 mg lık tablet olarak hazırlanmakta (Şekil 6) ve bu tablet spektrofotometreye sokulmaktadır.

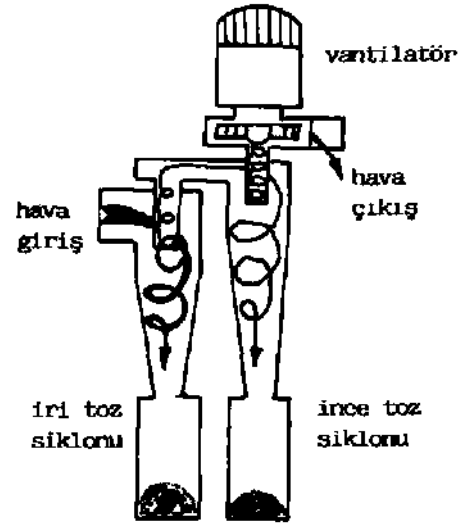
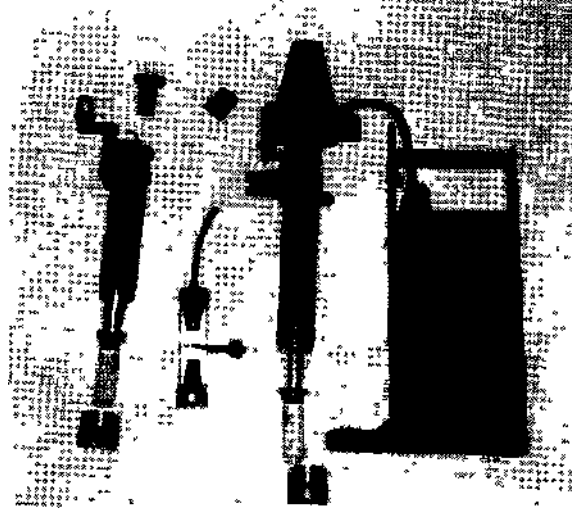
Sonuçta, Şekil 5'de Örnek olarak gösterilen spektrumlar elde edilmekte ve her bir pik için hesaplanan $\log P_0/P$ değeri (P_0 ve P , sırasıyla,



- 1: Boyut seçici düzenek
- 2: Sınırlandırıcı plaka
- 3: Geçiş başlığı
- 4: Süzgeç
- 5: Diyafram tipi pompa
- 6: Valflar

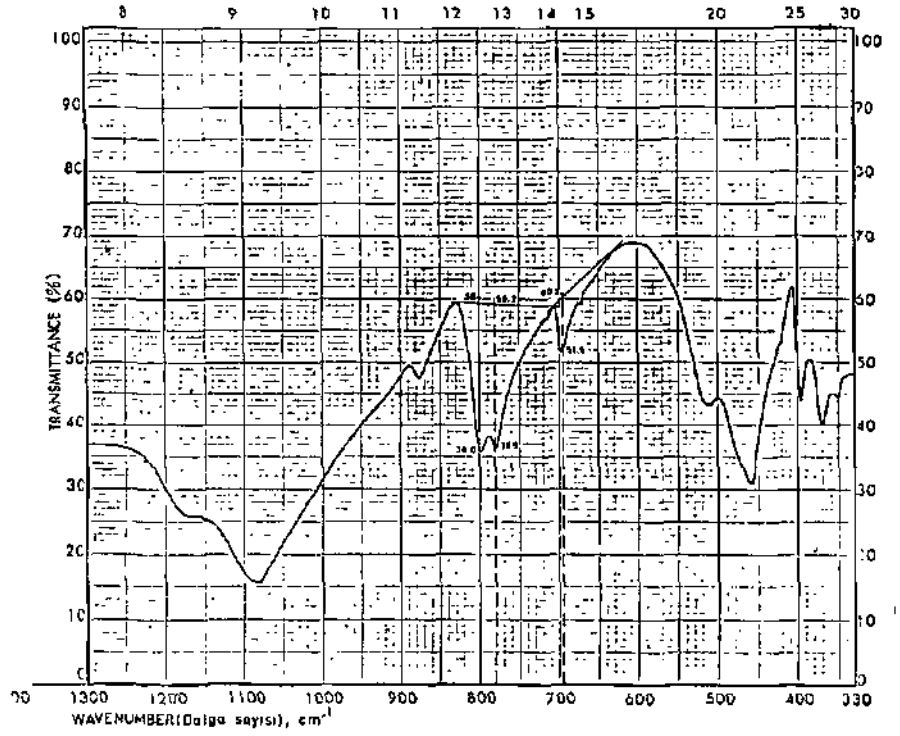
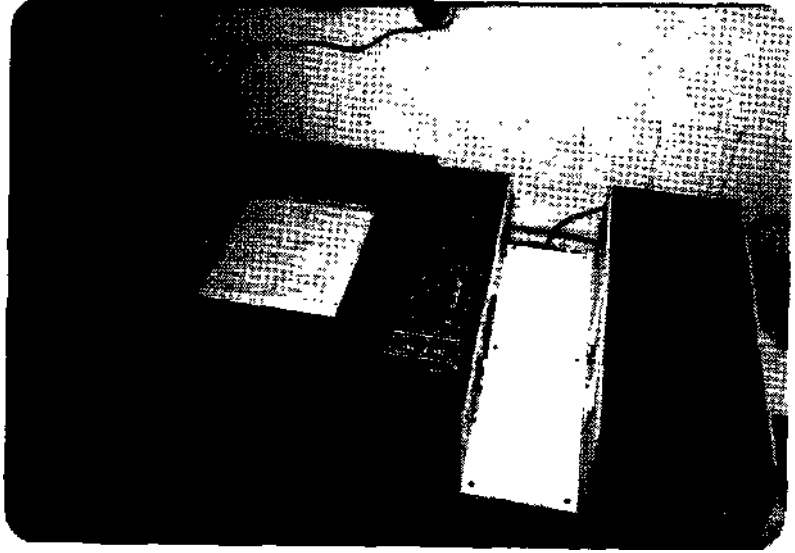
- 7: Ayarlanabilir mil
- 8: Elektrik motoru
- 9: Hava emiş hızını gösteren düzenek
- 10: Hava akımını düzgünleştiren düzenek

Şekil 3. MRE 113 A toz omekeleyicinin fotoğrafı (üstte) ve şematik diyagramı (altta)



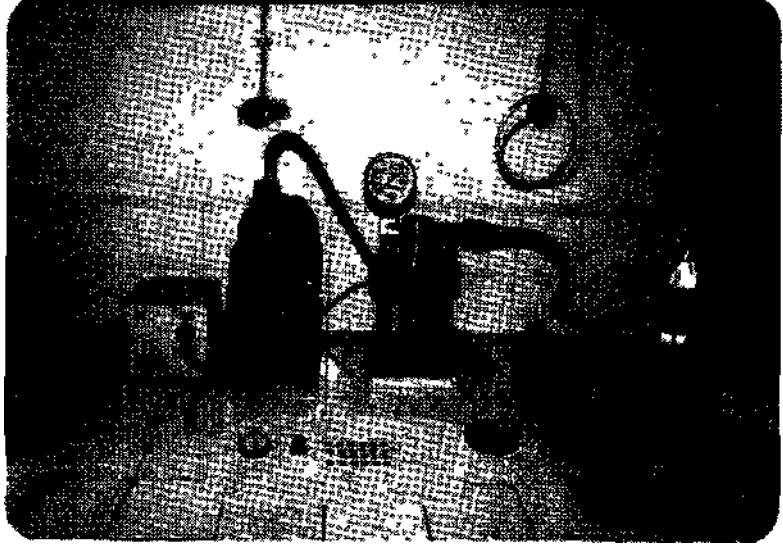
fr-Ar-

Şekil 4. TBF 50 toz omekley içinin parçaları (üstte) ve şematik diyagramı (altta)



Şekil 5. Shimadzu IR-430 spektrofotometre aygıtı (üstte) ve bir tablet-
den elde edilmiş olan spektrum (altta)

tablet üzerine gelen ve gıkan ışığın şiddetidir).karşılaştırma doğrusundan -ya da denkleminde- yararlanılarak, kuvars miktarının bulunmasında kullanılmaktadır.



Şekil 6. Tablet hazırlama düzeneği

5. TOZ ÖRNEKLERİNİN KUVARS MİKTAR VE ORANLARI

Çizelge 1 ve 2'de MRE 113 A ve TBF 50 aygıtlarıyla örneklenmiş olan tozların analizi sonucunda elde edilen değerler verilmektedir. Örneklemiş işlemleri, TTK Karadon Müessesesi Gelik işletmesi ocaklarında yürütülmüştür.

3

MRE aygıtıyla örneklenen tozlarda yoğunluk 0.8-19.9 mg/m³, kul miktarı 0.09-1.88 mg (% 5.25-98.25) ve kuvars miktarı 0.02-0.49 mg (% 0.99-19.60) arasında değişmektedir.

3

TBF aygıtıyla örneklenen tozlarda ise yoğunluk 0.39-23.85 mg/m³, kul miktarı 1.33-24.96 mg (% 6.20-26.69) ve kuvars miktarı 0.13-8.45 mg (% 1.23-10.04) arasında değişmektedir.

Analiz sonuçları, damarlara göre sınıflandırıldığında, Çizelge 3 elde edilmektedir. Burada, uç damar için, ortalama kuvars oranlarının birbirine çok yakın (% 5,6) olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. MRE 113 A Omekeleyici ile Alınan Tozların Analiz Sonuçları

Damar	Toz.Yoğ. mg/m ³	Toz Mik. mg	Kül		Kuvars	
			mg	%	mg	%
Sol Lui	2.40	2.64	0.60	22.73	0.15	5.63
Sağ Tv.Neomi	5.50	3.37	1.20	35.61	0.34	10.18
Tb.Neomi	4.00	2.53	0.64	25.30	0.16	6.42
Sağ Sulu	0.80	0.47	0.38	80.85	0.09	19.60
Lui Batı	4.30	2.64	0.44	16.67	0.09	3.41
Sag Lui	8.40	5.18	1.57	30.31	0.49	9.50
Tv.Neomi	3.30	2.07	0.50	24.15	0.10	4.89
Sulu	19.85	12.25	0.67	5.47	0.12	1.00
Tv.rfeomi	1.20	0.76	0.24	31.58	0.05	6.95
Saë Tv.Neomi	1.90	1.18	0.09	7.63	0.06	4.76
Tv.Neomi Doğu	4.00	2.44	0.40	16.39	0.07	2.72
Tv.Neomi	3.20	1.99	0.28	14.07	0.08	3.79
Sağ Sulu	3.90	2.41	0.46	19.09	0.02	0.99
Sağ Lui	1.80	1.09	0.11	10.09	0.03	2.61
Sağ Tv.Neomi	6.50	4.00	0.21	5.25	0.07	1.85
Sol Tb.Neomi	2.10	1.28	0.21	16.41	0.10	7.96
Tv.Neomi	1.60	0.96	0.15	15.62	0.03	2.77
Sağ Lui	8.30	5.06	1.88	37.15	0.21	4.15
Sağ Sulu	0.90	0.57	0.56	98.25	0.09	16.14

6. SONUÇLAR

Kızılötesi spektrofotometrik aygıtta solunabilir toz örneklerinin niceliksel (kantitatif) kuvars analizlerinin yapılabilmesi için uygun bir işlem biçim gerçekleştirilmiştir.

Kuvars miktarı bilinen örneklerle hazırlanan tabletler (saf kuvars ve KBr) spektrofotoflBtreden ^geçirilerek, karşılaştırmaları sağlayacak kaynak

Çizelge 2. TBF 50 Omekleyici ile Alınan Tozların Analiz Sonuçları

Damar	Toz Yoğ. mg/m ³	Toz Mik. mg	KUl		Kuars	
			mg	%	mg	%
Sol Sulu	3.24	22.68	3.12	13.76	0.83	3.66
"	5.25	43.29	3.94	9.10	1.11	2.57
Tb.Neomi	9.21	93.51	24.96	26.69	6.28	6.72
Sol Lui	10.49	81.32	16.20	19.92	5.80	7.13
Uli	15.19	125.31	23.23	18.54	8.45	6.74
Tb.Neomi	0.39	5.90	1.81	30.68	0.59	10.04
Sag Sulu	2.60	36.43	2.26	6.20	0.49	1.35
Neomi Topuk	2.22	36.67	8.33	22.72	2.91	7.93
Sağ Sulu	1.28	16.67	1.33	7.98	0.48	2.88
"	23.85	262.40	22.24	8.48	6.58	2.51
Neomi Topuk	0.86	10.35	1.34	12.95	0.13	1.23

Çizelge 3. Damarlara Göre Ortalama Kuvars Oranları

Damar	Örnekleme Sayısı		Kuars Miktarı (mg)		Kuars Oranı %
	MRE	TBF	MRE	TBF	
Lui	5	2	0.19	7.13	5.60
Neomi	10	4	0.11	2.48	5.59
Sulu	4	5	0.08	1.90	5.63

(referans) doğrular ve doğru denklemleri çıkarılmıştır.

MRE 113 A Omekleyici ile alınan 19 ve TBF-50 ile alınan 11 örnek, kuvars içerikleri saptanmak üzere incelenmiştir.

Bugün en geçerli ve güvenilir çalışmalar olarak kabul edilen B.Alman ve İngiliz Pnömkonyoz Araştırmalarının bulguları ile karşılaştırıldığında, ölçülen kuvars içeriklerinin gerek miktar ve gerekse oran olarak, kritik değerleri pek asmadığı görülmektedir.

Sonuç olarak, Gelik İşletmesinde; Lui, Neomi ve Sulu damarlarında çalışan iş yerlerinde, kül ve kuvars miktarları açısından "normal" olarak nitelenebilecek koşullar bulunduğu söylenebilir.

Bu çalışma sırasında, TTK' da uygulanan rutin toz ölçümü sistemine kuvars analizinin eklenmesi için gerekli bilgi ve deneyim birikimi sağlanmıştır. Bundan sonra tüm TTK ocaklarında sürdürülecek ölçümlerle elde edilecek çok sayıda analiz verileri, koşulların daha ayrıntılı ve güvenilir bir biçimde değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. STOCES, B., JUNG, H., Maden işletmelerinde Toz ve Silikozla Mücadele. Çev.SALTOĞLU.S., İTÜ Yayınları No.805, 1970, 560 p.
2. BROWN, J.H., COOK, K.M., NEY, F.C., HATCH, T., Influence of Particle Size upon the Retention of Particulate Matter in the Human Lung. Am. J.Public Health, April 1950.
3. —————, Dust Sampling in Mines. ILO Occ. Safety & Health Series No.9, Geneva 1967.
4. JACOBSON, M., LAMONICA, J.A., Personal Respirable Dust Sampler. In: Proc. Symp. Resp. Coal Mine Dust, Washington D.C., 1969, Bu.Mines IC 8484.
5. BREUER, H., Synthesis Report on Research in the 3rd Programme. Commission of the European Communities, Luxembourg, 1978, 210p.
6. JACOBSEN, M., Progression of CWP in Britain in Relation to Environmental Conditions Underground. In: Proc. Conf. Tech. Measures of Dust Prev. and Supp. in Mines. Commission of the European Communities, Luxembourg 1973, pp.77-92.
7. REISNER, M., Pneumoconiosis and Exposure to Dust in Coal Mines in the German Federal Republic. In: Proc. Conf. Tech. Measures of Dust Prev. and Supp. in Mines. Commission of the European Communities, Luxembourg 1973.
8. BOUFFANT, L., MARTIN, J.C., DANIEL,H., Harmfulness of Dust in Relation to its Quartz Content. In: Proc. Conf. Tech. Measures of Dust Prev. and Supp. in Mines. Commission of the European Communities, Luxembourg 1973.
9. ROBOCK, K., Research on the Specific Harmfulness of Respirable Dust. In: Proc. Conf. Tech. Measures of Dust Prev. and Supp. in Mines, Commission of the European Communities, Luxembourg, 1973.

10. HAMILTON, R.J., Synthesebericht über die von der Kommission der Europäerischen Gemeinschaften im Zeitraum 1977 bis 1982 geförderten Forschungsvorhaben. Commission of the European Communities, Luxembourg, 1985, 105 p.
11. DIDARİ, V., Toz Durumlarının Kitlesel (Gravimetrik) Toz Ölçme Yöntemiyle Belirlenmesi. Madencilik V. XXII N. 1, March 1983, pp.27-33.
12. ———, zur Verfügung des Obergamts für das Saarland und das Land Rheinland Pfalz vom 1. Dezember 1972-1 4703/11/72- zur Einföhrung gravimetrischer Staubmessungen im Steinkohlenbergbau.
13. ———, Control of Harmful Dust in Coal Mines. NCB Mining Dept., London 1974.
14. ———, *Sampling and* Evaluating Respirable Coal Mine Dust. Bu. Mines IC 8503, 1971.
15. REISNER, M.T.R., KOTITSCHKE, G., NIESERT, E., Pneumokoniose und Staubexposition- Epidemiologische Untersuchungen im Steinkohlenbergbau an der Ruhr über einen Zeitraum von 20 Jahren. In: Silikosebericht Nordrhein- Westfalen, Band 15, Verlag Glückauf, Essen, 1985, pp.445-484.
16. BREUER, H., ARMBRUSTER, L., NEULINGER, G., Weiterentwicklung und Erprobung des Feinstaub-Streulichtfotometers. In: Silikosebericht Nordrhein-Westfalen, Band 11, Verlag Glückauf, Essen, 1979.
17. Karaçelebi, A.S., Toz Raporu. TTK İnsangücü Eğt. No.38, Zonguldak, 1980.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The sixth coal Congress of TURKEY

**METAN DENETİMİ GEREKSİNİMLERİNİN
AMPİRİK TEKNİKLERLE BELİRLENMESİ**

DETERMINATION OF METHANE CONTROL
REQUIREMENTS BY USING EMPIRICAL
TECHNIQUES

Vedat DİDARİ*

Ö Z E T

Bu çalışmada; damarların gaz içerikleri ve gaz yayma karakteristikleri konularında yeterli veri bulunmadığında, hazırlanan bir panoda karşılaşılabilecek gaz sorunlarının önceden belirlenebilmesi amacıyla uygulanacak bir işlemler dizisi önerilmektedir. Uygun kabuller yapılarak ve çeşitli ampirik bağıntılardan yararlanılarak Kozlu Müessesesinde hazırlanmakta olan bir panonun havalandırma gereksinimleri hesaplanmış, damarların çalışma sırasının ve drenajın etkileri gösterilmiştir.

A B S T R A C T

In this paper, a procedure is proposed to determine the gas problems in a projected panel where limited and insufficient data are available on the gas contents and gas emission characteristics of the seams. By using various empirical equations and assumptions, the ventilation requirements for a developing panel in the Kozlu District of Turkish Hardcoal Enterprises have been estimated and the effects of extraction order of the seams and methane drainage have been presented.

(*) : Yrd. Eos. Dr., H.U. 2cr&L<3ek M-herrtLslik FäüLtesi, Maden Mh. Ba.,2DXHDûK

Çizelge 1. Panonun Özellikleri

pano boyu	100 m
ayak uzunluğu	180 m
damar eğimi	25°
kalınlıklar:	
Çay III. Kat	3 m
Çay V. Kat	2.5 m
have genişliği	1.1 m
çalışan ayak boyu	45 m/gun
arın ilerleme hızı	2 m/hafta
komur yoğunluğu	1.4 t/m ³

2. HAVALANDIRMA VE DRENAJ GEREKSİNİMİNİ VEREN TEMEL BAĞINTI

Bir panoya gönderilecek hava miktarının yeterli olup olmayacağıının veya drenaj gerekip gerekmeyeceğinin ve üretim artışı vb- yeni durumlarda ortaya çıkabilecek sorunların araştırılması için aşağıda verilen bağıntı kullanılabilir:

$$(1 - \eta) P q_t / 86400 Q \leq c / 100 \quad [1]$$

Burada,

q : tahmini özgül metan yayılımı, m³/ton (Bkz. EK II)

P : öngörülen urecım miktarı, ton/gun

Q : hava miktarı, m³/san

c : arzulanan metan oranı (yasal sınır değeri), %

V tahmini drenaj verimi = $\eta_{tv} + \eta_{tb}$ (Bkz. EK III)

η_{tv} ve η_{tb} : sırasıyla, tavandan ve tabandan yapılan drenajın verimidir.

[1] eşitsizliğim kullanmak suretiyle panonun üretim ve havalandırma koşullarının gözden geçirilmesi ve -gerekiyorsa yeniden tasarımı gidilmesi- olanaklı olmaktadır.

3. DAMAR GAZ İÇERİKLERİ VE OZGUL METAN YAYILIMLARI

[1] bağıntısında yer alan tahmini ozgul metan yayılımı $Cq J$, panoda çalışmalar sırasında üretilecek komurun tonu başına yayılması beklenen gaz miktarıdır (m^3). Bu değer in tam olarak hesaplanabilmesi için; panonun çalışma koşullarının, çalışacak damarlar ile tavan ve tabanda yer alan damarların ve tabakaların metan içeriklerinin ve çalışan damarın gaz yayılma bölgesinin bilinmesi gereklidir.

Damarların gaz içeriklerinin ölçmeler yapılarak saptanması en sağlıklı yol olmakla birlikte bu tür verilerin yokluğunda bazı ampirik bağıntılardan yararlanılabilmektedir (Bkz. EK I). Hesaplanan damar gaz içerikleri Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Damar ve Komşu Tabakaların Kalınlıkları ile Gaz içerikleri

Damar ve Tabakalar	Kalınlık m	Gaz içerikleri, m^3/ton	
		Langmuir Bağın t ısıyla	Kim Bağmtısıyla
Sulu	1.0	11.4	13.3
ara tabaka	26.0		
Özkan	0.9		
ara tabaka	17.0		
Acılık	4.3	8.9	13.4
ara tabaka	37.0		
Pırıç	1.0		
ara tabaka	16.0		
Piç	0.5		
ara tabaka	67.0		
ÇAY III. Kat	3.0	10.2	14.4
ara tabaka	1B.0		
ÇAY V. Kat	2.5	11.4	14.0
ara tabaka	20.0		
Hacıpetro	1.0		

Langmuir Bağmtısıyla elde edilen değerler, Çay ve Acılık damarlarıyla ilgili bir deneysel çalışmada (4) elde edilen sonuçlara daha yakın çıkmaktadır. Bu nedenle ozgul gaz yayılımlarının hesabında bu değerler kullanılmıştır.

-485/-560 Çay Panosunda başlıca iki çalışma seçeneği vardır. Ya **önce** III.Kat ve bittikten sonra V.Kat, ya da ikisi birlikte çalışacaktır. Bu durumlarda karşılaşılabilecek gaz sorunlarını irdeleyebilmek amacıyla çeşitli teknikler kullanılarak yapılan hesaplamaların (Bkz. EK II) sonuçları Çizelge 3'de topluca verilmektedir.

Çizelge 3. Özgül Metan Yayılımı Değerleri, m³/ton

Yöntem	Çay III.Kat Ayak				Çay V.Kat Ayak			
	^a tv	^a d	^a tb	^a t	^a tv	^a d	^a tb	^a t
Günther	8.9	5	15.0	28.9	13.7	1.9	2.8	18.4
Jeger	21.1	5	8.8	34.9	13.9	2.1	4.0	20.0
Flügge	3.3	10	4.6	17.9	1.2	3.2	2.0	6.4
Schulz	2.5	10	0.0	12.5	0.5	11.0	0.0	11.5
Lidin	18.7	10	7.4	36.1	8.5	4.6	2.5	15.6
Winter	7.5	10	5.8	23.3	5.3	5.5	2.3	13.1
Airey	10.0	10	11.7	31.7	6.7	3.0	3.0	12.7

Çay panolarında daha önce yapılan üretim çalışmalarından edinilen bilgiler ışığında, Winter'in tekniğinin en uygun sonuçları verdiği görülmektedir (5). Daha sonra, Günther ve Flügge'nin teknikleri düşünülmelidir. Burada, Winter tekniği ile elde edilen sonuçlara göre hesaplamalar sürdürülecektir.

4. PANONUN HAVALANDIRMA VE DRENAJ GEREKSİNİMLERİ

Donümlü-göçertmeli olarak üretimleri planlanan -485/-560 Çay III. ve V. Kat ayakların birbirinden bağımsız ya da birlikte çalışmaları söz konusudur. Birinci durumda, Çay III.Kat çalışacak ve üretimin bitiminde Çay V.Kat devreye girecektir. İkinci durumda, Çay III.Kat ayak 20-30 m ilerledikten sonra Çay V.Kat ayak üretime geçecek ve iki ayak birlikte çalışacaktır.

4.1 Ayakların Bağımsız Çalışması Durumu

Bu durumda, Çay III.Kat çalışırken beklenen özgül metan yayılımı 23 m³/ton dur. Bu ayakta üretimin tamamlanmasından sonra çalışacak olan Çay V.Kat "rahatlamış" olmakta ve gaz geliri 13 m³/ton olarak beklenmektedir.

Havadaki metan oranının % 1'e düşürüleceği varsayılarak, [1] bağıntısında, Çay III. ve V. Katlar ile ilgili bilgiler yerine konulduğunda, Çizelge 4 elde edilmektedir (Drenaj verimlerinin hesaplama biçimi, EK III'de verilmiştir).

Çizelge 4. Çay Panosunun Havalandırma Gereksinimi (Bağımsız Çalışma Durumunda)

Ayak	Üretim	Hava miktarı (Q), m ³ /dak			
		$\eta=0$	$\eta=\eta_{tv}=0.26$	$\eta=\eta_{tb}=0.10$	$\eta=\eta_{tv}+\eta_{tb}$
Çay III.	208	332	246	299	213
Çay V.	1/5	156	116	142	102

Görülebileceği üzere tavandan drenaj yapılması durumunda Çay III. Kat için 86 m³/dak ve V. Kat için 40 m³/dak hava kazanımı söz konusudur. Üretim artışı durumunda bu rakamlar da büyüyecektir. Ek olarak tabandan da drenaj yapılmasının, Çay III. Kat için önemli yararı olacağı görülmektedir (33 m³/dak kazanım).

4.2 Ayakların Birlikte Çalışması Durumu

Bu durumda iki seçenek söz konusudur. Ya aynı sayıda ekiple her iki ayakta da günde 22.5 m lık bir uzunluk çalışabilir ya da ekip sayısı artırılarak her iki ayakta da 45 m lık bir uzunlukta üretim yapılabilir. Genel durum, aynı sayıda ekiple çalışmak şeklinde olup buna uygun olarak yapılan hesaplamalar, Çizelge 5'de verilmektedir.

Çizelge 5. Çay Panosunun Havalandırma Gereksinimi (Birlikte Çalışma Durumunda)

Ayak	Üretim (P), ton	Hava miktarı (Q), m ³ /dak			
		$\eta=0$	$\eta=\eta_{tv}=0.26$	$\eta=\eta_{tb}=0.10$	$\eta=\eta_{tv}+\eta_{tb}$
Çay III.	104	166	123	150	107
Çay V.	87	79	58	71	50
Birlikte	191	245	181	221	157

4.3 Genel

Drenaj yapılmaksızın çalışılması durumunda, ayakların birlikçe üretime alınmasında yarar olduğu görülmektedir. Bu şekilde çalışma, aynı miktar üretimin daha az hava miktarı ile sağlanabilmesini olanaklı kılmaktadır,

EK II-Çizelge 7 ve 8'den görüleceği üzere, tavanda yer alan Acılık damarının daha önce çalışılması durumunda, Çay ayaklarda beklenen özgül metan yayılımı değerleri, 3.5 ve 2 m /ton kadar azalmaktadır.

Yukarıda sozu edilen çizelgelerin incelenmesiyle, metan denetiminde yararlı olabilecek, bir çok bilginin sağlanması olanaklıdır.

5, SONUÇ

Havalandırma ve metan drenajı çalışmalarının sağlıklı bir biçimde tasarımında damar ve tabakaların gaz içeriklerinin ölçülerek saptanması ve damarların *-havzaya özel- gaz* yayılma bölgeleri ve oranlarının belirlenmesi esastır. Ancak, bu tür bilgilerin bulunmadığı durumlarda yürütülecek çalışmalarda, bu bildiride ayrıntılarıyla tanıtılmış ve uygulanmış olan tekniklerden yararlanılması olanaklıdır.

Pratik koşullara en çok uyan sonuçları veren teknikler temel alınarak hazırlanacak bilgisayar programları ile, çeşitli seçeneklerin kısa sürede incelenmesi ve değerlendirilmesi sağlanabilir.

EK I

DAMAR GAZ İÇERİKLERİNİN HESAPLANMASI

İki değişik soğurma (adsorpsiyon) eşitliğinden hareket edilmiştir.

1. Langmuir Eşitliği (6):

$$q = \frac{q_{\infty} k p}{1 + k p} \quad [2]$$

Burada,

q: damarın gaz içeriği, m /ton (kuru-külsüz kömür)

p: damar gaz basıncı, MPa

k ve q_{∞} : Langmuir sabitleri, sırasıyla, m /MN ve m /ton

F.Almanya'da, pek çok ölçünün sonuçlarından yola çıkılarak, sabitlerin ranka bağlı olarak saptanmasına olanak sağlayabilecek grafikler çıkarılmıştır (1,6). Şekil 2'de basitleştirilerek verilmiş olan bu grafikler ile aşağıda verilen nem ve kül için düzeltme eşitlikleri kullanılarak, damar gaz içerikleri hesaplanabilir.

$$q_{nem} / q_{kuru} = 1 / (1 + 0.31 N) \quad [3]$$

Burada,

q_{nem} ve q_{kuru} : sırasıyla, nemli ve kuru kömürün gaz içerikleri, m³/ton

N: nem miktarı, %

$$q_{tem} / q_{kül} = 1 / (1 - 0.01 a) \quad [4]$$

Burada,

q_{tem} ve $q_{kül}$: sırasıyla, temiz ve küllü kömürün gaz içerikleri, m³/ton

a: kül miktarı, % (ölçülen külün 1.1 katı alınır)

2. Kim Eşitliği (7):

$$q = k_0 p^{n_0} - b T \quad [5]$$

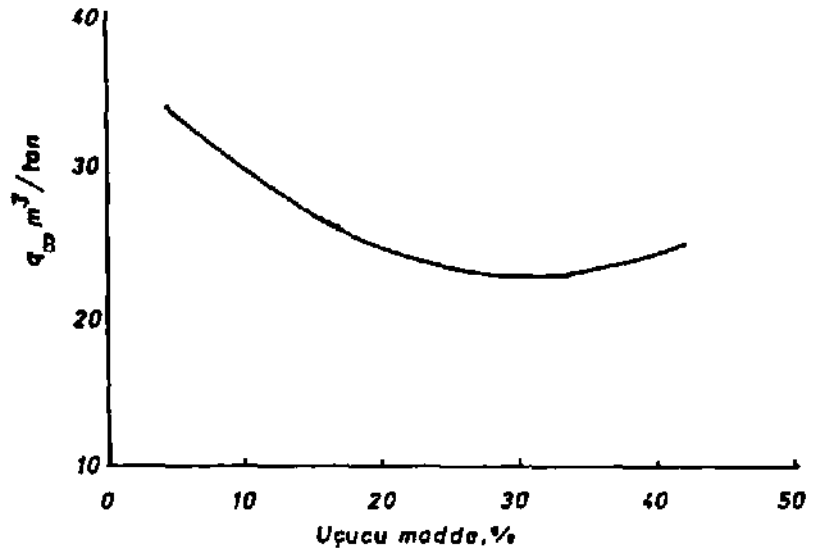
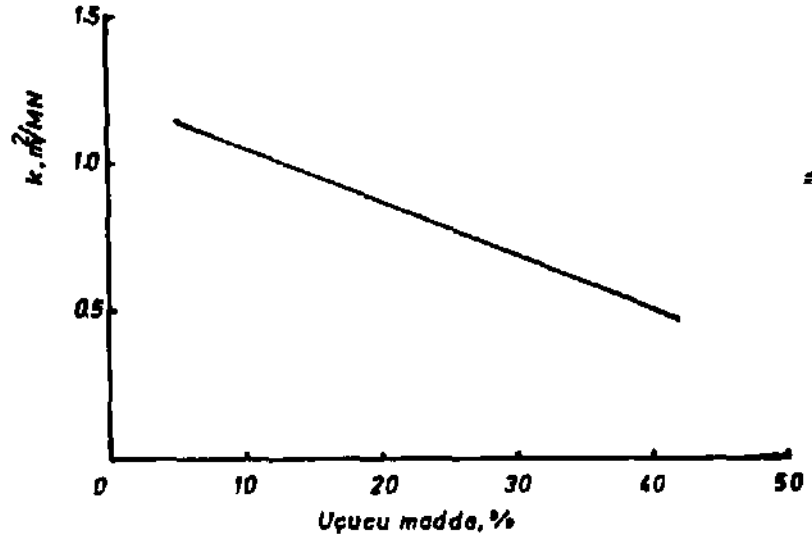
Burada,

q: damarın gaz içeriği, m³/ton (kuru-külsüz kömür)

p: damar gaz basıncı, at

T: sıcaklık, °C

k_0, n_0 ve b: sabitler



Şekil 2. Langmuir Sabitleri (6'dan)

ABD kömürleri üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, sabitlerin kömürün bileşimine bağlı olarak hesaplanabilmesine olanak sağlayacak eşitlikler çıkarılmıştır (7).

k_0 : 0.79 (sabit karbon % / uçucu madde %) - 5.62

n_0 : 0.39 - 0.013 k_0

b : 0.14 m³/ton/°C

Nem ve kul için düzeltmeleri de içeren genel eşitlik:

$$q = [(100 - nem - kul) / 100] (0.75) k_0 p^{n_0} - bT \quad [6]$$

Langmuir ve Kim eşitliklerini kullanarak gaz içeriklerinin hesaplanması için; damarların sağlıklı nem, kul, sabit karbon ve uçucu madde analizleri ile ocağın bulunduğu sahanın basınç ve sıcaklık değişkenlerinin (gradyan) saptanması gerekmektedir. TTK Merkez Laboratuvarlarında yapılan damar analizleri, Çizelge 6'da verilmiştir. Sıcaklık değişkeni içm Kozlu Müessesesinde yapılan bir çalışmadan (8) yararlanılmış olup basınç değişkeni için hidrostatik basınçtan hareket edilmiştir. Derinlik, panonun ortalama derinliği (520 m) olarak alınmıştır. Bu durumda;

sıcaklık değişkeni: 1.4 °C/100 m ve 520 m de: 7.28 °C

basınç " : 10 at/100 m ve : 52 at

Zonguldak için ortalama hava sıcaklığı : 13 °C

Böylece, soz konusu pano içm yerinde sıcaklık ve basınç değerleri, sırasıyla 20.3 °C ve 52 at (5270 kPa) olmaktadır.

[2] ve [6] eşitliklerine göre yapılan hesaplamalar, Çizelge 6'da topluca gösterilmektedir.

Çizelge 6. Damarların Gaz İçeriklerinin Hesaplanması

Damar	orjinal komürde		kuru-külsüz kom.		sabitler			Gaz İçeriği, m ³ /ton						
	%nem	%kül	%açucu	%sbt.C	%açucu	%sbt.C	k	q ₀	k ₀	n ₀	langmur'den	Kim'den		
											1*	2**		
Sulu	1.15	10.98	31.50	56.37	35.85	64.15	0.62	23	7.03	0.3	17.62	11.41	20.15	13.28
Acılık	2.60	8.16	32.61	56.63	36.54	63.46	0.62	23	7.00	0.3	17.62	8.88	20.05	13.41
Çay III.K.	2.00	5.39	30.54	62.07	32.98	67.02	0.60	22	7.22	0.3	17.50	10.15	20.77	14.41
Çay V.K.	1.25	8.75	29.64	60.36	32.93	67.07	0.60	22	7.23	0.3	17.50	11.41	20.80	14.04

1* kuru-külsüz komürün gaz içeriği

2** yerinde (orjinal) komürün gaz içeriği

EK II

TAHMİNÎ ÖZGÜL METAN YAYILIMININ HESAPLANMASI

Özgül metan yayılımı (q);

$$q_t = q_{tv} + q_d + q_{tb} \quad [7]$$

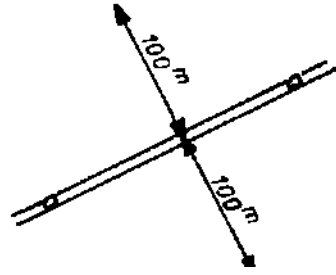
şeklinde açıklanmakta olup burada, q , q , q terimleri sırasıyla; tavandan, çalışan damardan ve tabandan gaz yayılımını (m^3/ton) tanımlamaktadır.

Bu değerlerin hesaplanmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (1-3). Hesaplamalar sırasında; çalışan damar için belli bir gaz yayılma bölgesi tanımlanmakta ve bu bölgeye giren damarların, çalışan damara uzaklığına bağlı olarak, içerdikleri gazın belli bir oranını ayağa verecekleri kabul edilmektedir. Şekil 3'de çeşitli yöntemlere göre -485/-560 Çay panosu için çıkarılan gaz yayılma bölgeleri ve Şekil 4 • de ise gaz yayılma oranlarının hesaplanmasında kullanılmak üzere çizilen grafikler verilmiştir (Gerekli değerler Çizelge 2'den alınmış ve pratiklik açısından çalışan damar kalınlıkları III. ve V. Kat ayaklar için aynı (3 m) düşünülmüştür).

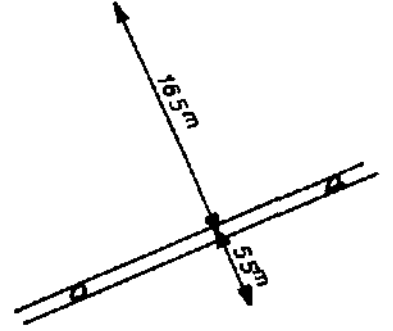
Çalışan damardan gaz yayılma oranları, Günther ve Jeger yöntemlerinde % 50, diğerlerinde % 100 dür (Airey yönteminde ayak ilerleme hızına bağlı olup Çay panosunda 2 m/hafta ilerleme için % 100 olarak hesaplanmıştır).

Çevre kayaçların gaz içeriği, sadece Günther ve Jeger yöntemlerinde dikkate alınmaktadır. Pratiklik açısından her iki yöntemde de Günther'in 100 m kayaç tabakasını 1 m kömür damarına eşdeğer tutan kabulü kullanılmıştır.

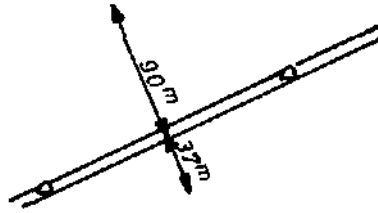
Çay III. Kat için hesaplar bakir saha üzerinden, Çay V. Kat için ise oynanmış ve bir miktar gazını kaybetmiş damar ve tabakalar için yapılmış olup sonuçlar, Çizelge 7 ve 8'de verilmektedir.



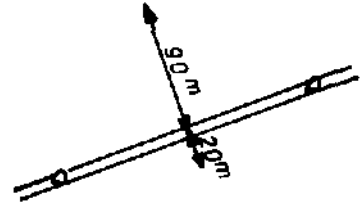
a) Günther



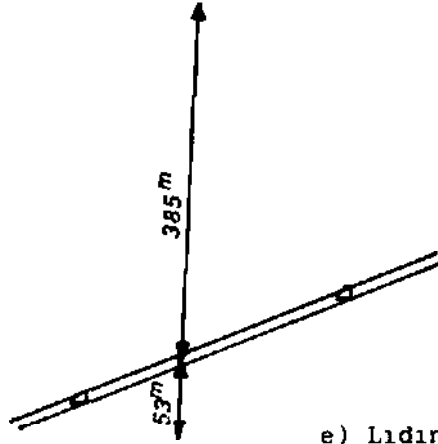
b) Jeger



c) Flügge



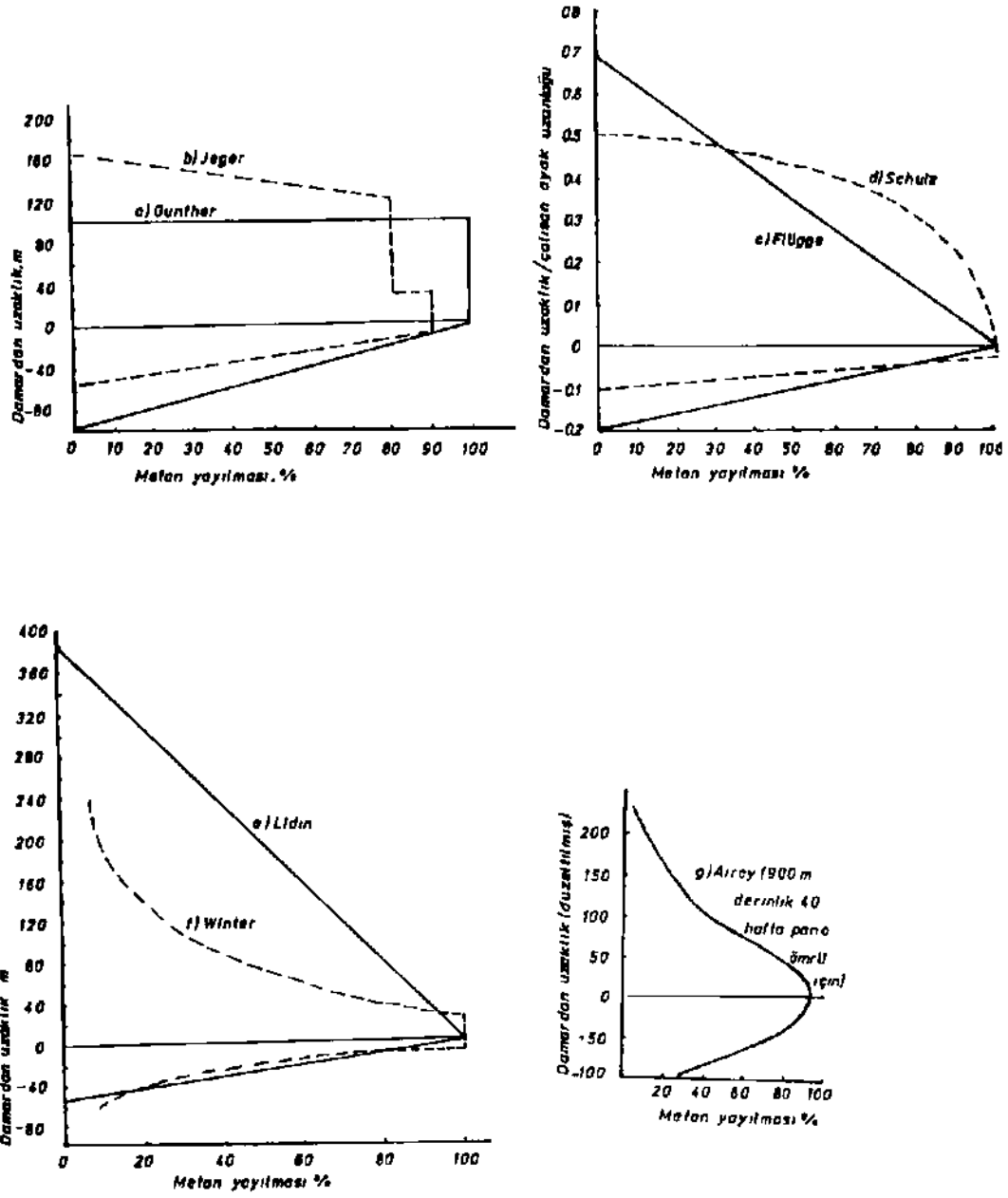
d) Schulz



e) Lıdın

f) Winter ve
g) Airey yöntemleri
için, bölge sınırları yoktur

Şekil 3. -485/-560 Çay III.Kat için gaz yayılma bölgelerinin sınırları



Şekil 4 Gaz yayılma oranları (l'den;

TAHMİNİ DRENAJ VERİMİNİN HESABI

Teorik drenaj verimi (η_{teo}):

$$\eta_{teo} = \frac{q_{tv} + q_{tb}}{q_t} \quad [8]$$

Burada,

q_t, q_{tv}, q_{tb} : sırasıyla, özgül metan yayılımı ile bunun tavan ve tabana ait kısımlarıdır.

Genel olarak, tavanın ilk 20 m sindeki kaynaklardan drenaj yapılamayacağı ve tabandaki tüm kaynaklardan drenajın olanaklı olduğu kabul edilmektedir (1). Buna göre,

$$q'_{tv} = q_{tv} - \text{ilk 20 m den gaz yayılımı} \quad [9]$$

tanımlanarak, q_{tv} yerine kullanılmalıdır.

Drenaj pratiğinde, [s] eşitliğinde verilen teorik verime ulaşmak, teknik ve donanım yönünden olanaksız olduğundan, gerçekçi bir yaklaşımla, tavadan gelen gazın % 80'inin ve tabandan gelenin % 40'inin drene edilebileceği kabul edilerek drenaj verimi :

$$\eta = \frac{0.8 q'_{tv} + 0.4 q_{tb}}{q_t} \quad [10]$$

olarak alınmalıdır. Veya,

$$\eta_{tv} = 0.8 q'_{tv} / q_t \quad [10a]$$

$$\eta_{tb} = 0.4 q_{tb} / q_t \quad [10b]$$

şeklinde alınarak;

$$\eta = \eta_{tv} + \eta_{tb} \quad [11]$$

yazılabilir.

KAYNAKLAR

1. BOXHO, J., STASSEN, P., MUCKE, G., NOACK, K., JEGER, C., LESCHER, L., BROWNING, E. J., DUNMORE, R., MONIS, I. H., Firedamp Drainage, Verlag Gluckauf GmbH, Essen, 1980, 420p.
2. DUNMORE, R., Prediction of Gas Emission from Longwall Faces. The Min. Eng., February, 1981, pp. 565-572.
3. NOACK, K., Der Einfluss von Streblänge, Abbaugeschwindigkeit, und Versatzart auf die Ausgasung, Gluckauf, Vol. 112, No. 20, October--1976, pp. 1156-1159.
4. YALÇIN, E., DURUCAN, Ş., Ampirik Metan Adsorpsiyon Eşitliklerinin Deneysel Sonuçlarla Karşılaştırılması. T. Mad. Bil. Tek. 10. Kong., 11-15 Mayıs, 1987, TMMOB Maden Muh. Odası, Ankara, 1987, pp. 163-178.
5. İŞBİTİREN, M., GÜL, İ., Kişisel Görüşmeler. TTK Kozlu Mies., Zonguldak, 1988.
6. MUCKE, G., PAUL, K., KOPPE, U., TSCHERSICH, G., Vergleich und Vereinfachung der Verfahren zur Gasinhaltbestimmung, Vorkommen und Freiwerden von Grubengas II, EEC Publication, Luxembourg, 1972, pp. 59-120.
7. KIM, A. G., Estimating Methane Content of Bituminous Coal Beds from Adsorption Data. Bu. Mines RI 8245, 1977, 30p.
8. ERDEM, U., Kozlu (Zonguldak) Bölge sinin Zaman-Sıcaklık-Derinlik İlişkilerinin incelenmesi. Yuk. Muh. Tezi, H. U. Fen Bilimleri Enst., 1985.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ The Sixth Coal congress of TURKEY

YERALTI KÖMÜR OCAKLARINDA YOKSEK SICAKLIK VE RUTUBET SORUNU
HIGH TEMPERATURE AND HUMUOITY PROBLEM IN UNDERGROUND COAL
MINING

Tevfik GÜYAGOLER*

ÖZET

Yeraltı madenciliğinde çalışma katı derinlere indikçe yüksek sıcaklık ve rutubet nedeniyle çalışma koşulları zorlaşmaktadır. Özellikle kömür madenlerinde sıcaklığın derinlikle artışı, kömür ve çevre kayaçlarının ısı geçirgenlik değerlerinin çok düşük olması nedeniyle, metal madenlerine kıyasla yüksek olmaktadır. Türkiye'de şu anda madenlerde herhangi bir sıcaklık sorunu olmamakla birlikte yakın gelecekte sorunun gündeme gelmesi kaçınılmazdır.

Yüksek sıcaklık ve fazla rutubet iş verimini azaltmakta ve hatta çalışmayı olanaksız hale getirmektedir. Bu nedenle gerek derin ocaklar için üretim planlaması, gerekse de mevcut ocağın derinleştirilmesi düşünüldüğünde, diğer sorunlarla birlikte yüksek sıcaklık ve rutubet sorunu da gözönünde tutulmalıdır.

ABSTRACT

As the mining operations go deeper and deeper, working conditions become *more severe* because of the high temperature and moisture. Especially in coal mines, the rate of temperature rise with depth is quite high due to the low thermal conductivity of coal measure rocks. Fortunately, there is no such a problem in Turkey today. But this problem in mining operations will be unavoidable in near future.

It is obvious that high temperature and moisture decrease the working efficiency. It is also possible that this environmental problem may cause to stopping of the workings. Therefore either in planning a production schedule for a new deep mine or deepening the operating mine, high temperature and moisture should be considered together with the other environmental problems.

(x) Doç.Dr. Maden Yük. Müh., O.D.T.Ü.Maden Müh.Bol. .ANKARA

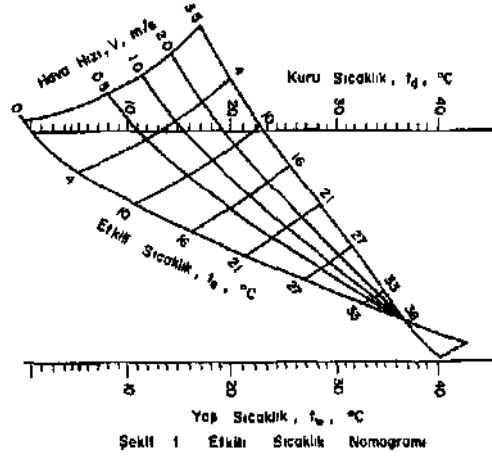
1. GIRIŞ

Günümüzde derin yeraltı madenciliğinin yaygınlaşması, çalışma yerlerinde yüksek sıcaklık sorununu gündeme getirmiştir. Sorun, özellikle kömür madenlerinde daha fazla önem kazanmaktadır. Kömür madenciliğinde, metal madenciliğine kıyasla, daha az derinliklerde yüksek sıcaklıklara maruz kalma olasılığı daha fazladır. Örneğin Almanya'da Ruhr havzasında bazı kömür ocaklarında 1000 metrede görülen sıcaklık, Güney Afrika altın madenlerinde 3000 metrede görülmektedir (1). Özellikle derin madenlerde bir cevher yatağının ekonomik olarak işletilip, işletilemeyeceğinin belirlenmesinde sıcaklık ve rutubet gibi etkenler çok önem kazanmaktadır. Yüksek sıcaklık ve fazla rutubet iş verimini azaltmakta ve hatta bazı koşullarda çalışmayı olanaaksız hale getirmektedir. Konunun önemli nedeniyle çeşitli ülkeler kendi koşullarında sınır değerleri belirlemişler ve uygulamaya sokmuşlardır. Konuya ilişkin araştırmaların başlatılabilmesi için Öncelikle yer-ısı artış değeri yani sıcaklık-derinlik ilişkisinin çıkarılması ve tüm kayaçların ısasal özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca maden ocakları için ısı üreten kaynakların belirlenmesi, oluşan ısının ortamdan nasıl uzaklaştırıldığına hesaplanması, başka bir deyişle ocağın ısasal dengesinin saptanması, karşılaşılabilecek konuya ilişkin sorunların çözümlenmesine ışık tutacaktır.

2. ISI VE SICAKLIK

Isı çok bilinen bir enerji şeklidir!. Enerji bir şekilden diğer bir şekle dönüşebilir ancak yok edilemez. Ocaklarda Özellikle elektrik ve mekanik enerji ısı enerjisine dönüşerek önemli bir ısı kaynağını oluştururlar. Isı ile sıcaklık karıştırılmamalıdır. Isı bir enerji olmasına karşın sıcaklık bir durum belirler. Bir cismin ısısı çok az olduğu halde sıcaklığı fazla olabilir, örneğin 40°C de bir kova suyun ısı enerjisi, sıcaklığı 70°C olan bir fincan kahveninkinden daha fazladır. Isının (SI) sisteminde birimi enerji birimi olan JOule (J) dür. Birim zamanda kullanılan enerji yani güç, Joule/saniye olup Watt (W) olarak tanımlanır. Sıcaklık termometre ile ölçülür. Birimi Celcius °C veya Kalvın °K dir. Yeraltında sıcaklık ölçümleri yaş ve kuru sıcaklıklar olmak üzere iki şekilde özel termometreler ile yapılır (2).Ocak havasının yaş sıcaklığının ölçülme nedeni havanın nem içeriğinin belirlenebilmesi için gerekli olmasındandır. Sıcaklıkla birlikte ocağın nem içeriği çalışma ortamının uygun olup olmadığını göstermesi açısından önemlidir. Bu nedenle çalışma standartlarının belirlenmesinde çoğunlukla yaş sıcaklık veya yaş sıcaklığın da bulunduğu bir indeksten yararlanılmıştır örneğin Etkili sıcaklık olarak bilinen değer,havanın yaş ve kuru sıcaklığı ile hava hızından yararlanılarak bulunmaktadır (3,4),Tanım olarak etkili sıcaklık belirli yaş, kuru sıcaklıklar ve hava hızının oluşturduğu çevre koşullarının, durgun ve su buharı ile doymuş havada aynı çalışma koşullarını sağlayan eşdeğer sıcaklıktır.

Diğer bir deyişle yukarıda anlatılan koşulların her birinin de işçinin iklim açısından çalışma rahatlığı aynı olmaktadır. Şekil 1 etkili sıcaklığın bulunması için kullanılan grafiği göstermektedir. Değişik ülkelerde çalışma koşullarını belirleyen sınır *değerlerin* tanımlanmasında yaş sıcaklık ve etkili sıcaklıktan yararlanılmıştır.



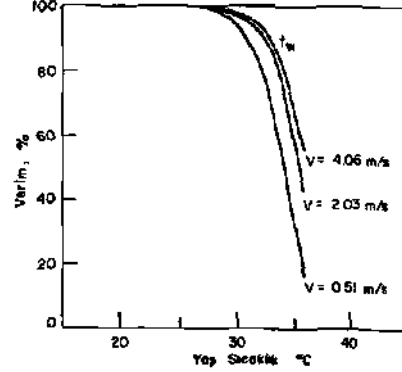
3. ISI İNDEKSLERİ VE STANDAROLAR

Yeraltı maden ocaklarında yüksek ısıda çalışmaya karşı yasalar, yasaklamalar 1960 yılında Belçika, Almanya, Hollanda, Yeni Zelanda ve Polonya tarafından onaylanmıştır. Her ülke kendi standartlarını kendi koşullarına *göre* saptamışlardır, örneğin Güney Afrika'da limit değer 28°C yaş sıcaklığıdır. Bazan kuru ve yaş sıcaklık farkını standart olarak kullanılabilmektedir. 2-3°C sıcaklık farkı arzulanan bir farktır. Ancak bu fark yaş ve kuru sıcaklık değeri ile birlikte anlam kazanmaktadır. Yeraltı ocaklarında havanın soğutma gücü nedeniyle havalandırma havasının hızı da standartların saptanmasında önem kazanmaktadır. Bazı hallerde hava hızı tekbaşına veya yaş sıcaklık ile birlikte "rahatlık" kavramının tanımlanmasında kullanılır. Havanın soğutma gücü ve çalışma koşulları açısından 1.0-2.5 m/s hava hızı uygun bir değerdir. Zira hava hızının artması (2.5-3.0 m/s) başta toz olmak üzere diğer bazı olumsuz etkilenmelere neden olmaktadır. Sovyetler Birliğinde limit çalışma sıcaklığı 26°C, İngiltere'de 28°C olarak belirlenmiştir, İngiltere'de eğer işçi 28°C den daha yüksek sıcaklıkta çalışmak zorunda kalırsa işçi ücret ödenmektedir. ^{gat 1} Almanya'da ise limit sıcaklık değerleri çalışma süresine bağlı olarak belirlenmiştir (Tablo 1) (3).

Tablo 1-F.Almanya Kömür Ocaklarında ısıya ilişkin ayarlamalar, Çalışma ve Dinlenme Süreleri (dakika)

Sıcaklık kuru veya etkili	Toplam Vardiye Süresi	Ayakta Çalışma Süresi	"Yasal Dinlenme Süresi	Ek Dinlenme Süresi	Ayakta En fazla Çalışma Süresi
28 °C(Kuru)	480	480	30	0	450
28°-29°C(etkili)	420	360	30	0	330
29°-30°C	420	300	30	10	260
30°-31°C	420	300	30	15	255
31-32°C	420	300	30	20	250
>32°C	Çalışma Yasaklanmıştır.				

Standard değerlerin belirlenmesinde etkili sıcaklığın veya yaş sıcaklığın kullanılması bunların iş verimine doğrudan etki etmeleri nedeniyledir. Şekil 2 yaş sıcaklık ile iş verimi ilişkisini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi 32 C de verim aniden %20 lere düşmektedir. (3,4,5).



SeWi. 2. YQ | Sıcaklığın (t.) Verime Etkisi (o)

3. YERALTI OCAKLARINDA ISI KAYNAKLARI

Yeraltı ocaklarında başlıca ısı kaynakları şöyle sıralanabilir.

- Adyabatik sıkışma (havanın kendi kendini sıkıştırması),
- Kayac» kömür veya cevher katmanları,
- Makine ve teçhizat,
- Oksitlenme, kömürün kendi kendine ısınması,
- insan metabolizması,
- Diğer kaynaklar (patlayıcı madde,kayaç hareketleri vb.)

3.1 .Adyâbatik Sıkışma

Kuyudan inmekte olan hava adyâbatik sıkışma spnucu ışı açığa çıkartmaktadır. Çevre ile havanın ısı alış verişi olmadığı varsayıldığında oluşan ısı ocak havasının sıcaklığını arttıracaktır. Havanın kuyu başındaki potansiyel enerjisinin kuyu dibinde ısı enerjisine dönüşmesi sonucu oluşan ısı miktarı aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$Q = \frac{m \cdot g \cdot h}{1000} (= \text{Potansiyel Enerji}) \dots\dots(1)$$

Burada; Q = Oluşan ısı miktarı {KJ}
m = Kütle, (Kg)
g = Yerçekimi ivmesi (m/s²)
h = Yükseklik, (m) dir.

Örneğin 1 kg hava kuyu içinde 100 m. aşağı doğru hareket ettiğinde oluşacak ısı miktarı, $1 \times 9.81 \times 100 / 1000$ yani 0.98 kJ olacaktır. Bu ısının neden olacağı sıcaklık artışı sıcaklık ve ısı arasındaki bağlantıdan kolayca bulunabilir.

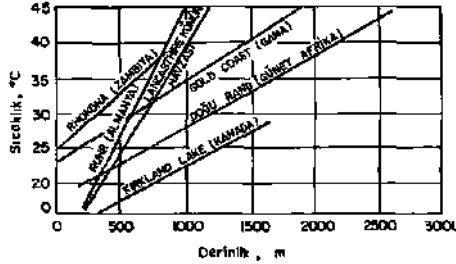
$$Q = C_{pa} T \quad \text{veya} \quad T = Q / C_{pa} \dots\dots(2)$$

Burada; T = Kuru sıcaklık (°C),
C_{pa} = Havanın özgül ısı kapasitesi (=1.005 kJ/Kg/°C) dir.

Sıcaklık artışı eşitlik (2) den 1°C/100 m olarak bulunur. Bu durumda 1000 m. derinliğindeki bir kuyuda hava sıcaklığında 10°C kadar bir artış söz konusu olmaktadır. Ancak pratikte gerek kuyu yüzeyi ile hava arasındaki ısı alış verişi, gerekse kuyu içindeki suyun buharlaşması nedenleriyle ısı artışı 10 C den az olmaktadır (5),

3.2. Kayaçlardan Gelen Isı

Özellikle çok derin ocaklarda önem kazanmaktadır. Bilindiği gibi yerkürenin merkezine doğru ortamın sıcaklığı artmaktadır. Yer-sıcaklık-artışı (Geothermal Gradient) olarak tanımlanan bu artış yeryüzünün değişik yerlerinde değişik karakteristikler göstermektedir. Isı iletkenliği az olan kayaçların bulunduğu yerlerde (Kömür serisi kayaçlar gibi) yer-sıcaklık-artışı fazla olmaktadır. Örneğin Lancashire kömür sahasında her 34 metrede 1°C lik bir artış olmasına karşın Witwatersrand altın madeninde 1°C lik artış 110 m aralıklarla gerçekleşmektedir. Şekil 3 değişik kömür ve metal madenlerinin sıcaklık-derinlik ilişkilerini göstermektedir (4).



Şekil 3 Sıcaklık Derinlik ilişkisi (4)

Kayaçlardan ocak havasına karışan ısının miktarını belirleyen başlıca etkenler; hava ve kayacın sıcaklık farkı, hava hızı, miktarı ve nem içeriği, temas alanı, kayacın tabaka yapısı olarak sıralanabilir. Birim zaman, kütle ve alan için havaya transfer olan ısı miktarı 3 numaralı eşitlikten bulunabilmektedir (5).

$$Q = b (T_s - T_a) \dots \dots \dots (3)$$

Burada;

b= ısı transfer katsayısı,
T_s= Kayacın yüzey sıcaklığı, °C
T_a» Havanın ortalama sıcaklığı, C dir.

Ancak, bu yoldan ocak havasına karsın ısı miktarınının saptanması oldukça zordur. Isı transfer katsayısı (b), sürtünme katsayısı, havanın özgül ısısı, havanın yoğunluğu ve hava hızına bağlı olarak bulunabilmektedir.

3.3. Makinaların Oluşturduğu Isı

Bu ısı kaynağı özellikle mekanizasyonun fazla uygulandığı ocaklarda önem kazanmaktadır. Yeraltında çalışan makinelere harcanan enerji doğrudan veya dolaylı olarak (sürtünme sonucu) ısıya dönüşmektedir.

Ayakta kesme, delme ve yükleme için makineler tarafından kullanılan enerjinin hemen hemen tamamı ısıya dönüşmektedir. Enerjinin bir kısmı makinenin içinde (miktarı makinenin verimi ile ters orantılı olarak), bir kısmında yapılmakta olan işlem sırasında sürtünme sonucu ısıya dönüşmektedir. Kafes, skip ve tulumalarda ise harcanan enerjinin büyük bir kısmı (%60-70) taşınan madde tarafından potansiyel enerjiye, geri kalan kısmı ise vinç ve tulumba içinde veya sürtünme sonucu ısıya dönüşmektedir (3,8). Nakliyenin yatay olarak yapıldığı durumlarda bu işi yapmakta olan makinelere harcanan enerjinin tamamı ısıya dönüşmektedir. Dizel lokomotifler, bataryalı veya elektrikli lokomotiflerden daha az verimli oldukları için, güçlerinin aynı olması durumunda daha fazla ısı açığa çıkarmaktadırlar. Dizel makinelerin ürettiği ısı miktarı kullandığı mazotun ısı içeriğine eşdeğerdir (7). Pervaneler tarafından harcanan enerjinin hemen hemen tamamı ısıya dönüşmektedir.

Basınçlı hava ile çalışan makineler yeraltı ocaklarında herhangi bir ısı artışına neden olmamaktadırlar. Sürtünme sonucu ısı oluşmasına karşın, sıkıştırılmış havanın genleşmesi işleminin soğutucu etkisi, oluşan ısıyı etkisiz hale getirmektedir.

3.4. Oksitlenme, Kömürün Kendi Kendine Isınması

Özellikle kendi kendine yanmaya elverişli kömür ocaklarında en önemli ısı kaynağı olma niteliğindedir. Bazan toplam ısının %80 kadarınınbu kaynaktan oluştuğu görülmüştür. Ancak bu yolla oluşan ısı miktarını saptamak oldukça zordur. Oksitlenme derecesi, başka bir değişle oluşan ısı miktarı, havanın oksijen azalma oranının iyi bir göstergesi olmasına karşın çok hassas oksijen ölçümü gerektirmesi nedeniyle fazla pratik

olmamaktadır. Ayrıca, birim oksijen azalmasına karşı gelen ısı oluşum miktarının saptanması kolay olmamaktadır. Kömür madenlerinde önemli olan bu kaynak, sülfürlü cevher üretenler hariç, metal madenlerinde fazla ısı oluşturmaması nedeniyle önemini yitirmektedir.

Kömür ocaklarında görülen metan yayılımının ise gazın sıkışma oranına bağlı olarak ortamı soğutma özelliği vardır. Bu konuda yapılan araştırmalar metan emisyonunda 850-1000 kJ/m³ değerinde ısının absorbe edildiği belirlenmiştir (1). Bu nedenle oksitlenme sonucu açığa çıkan ısınırı bir kısmı kömür ocaklarında metan emisyonu nedeniyle etkisiz hale gelmektedir.

3.5. İnsan Metabolizmasının Oluşturduğu Isı

Alınan besinlerin yakılması sonucu ısı oluşturan insan metabolizması, devamlı bir ısı kaynağı olarak düşünülmektedir. Bazı hallerde metabolizmanın ısı üretimini 1 kW a kadar çıkarmaktadır. Tablo 2. kişinin hareketliliğine bağlı olarak oluşan ısı miktarlarını göstermektedir.

Tablo 2. Çalışma Türü-Oluşan ısı ilişkisi (4)

<u>Çalışma Türü</u>	<u>Metabolik ısı (W)</u>
İstirahatte	90-113
hafif iş	200
Normal iş	275
Yorucu iş	475

Tablodan da görüleceği gibi çok işçinin çalıştığı büyük ocaklarda metabolizmanın oluşturduğu ısı miktarı ihmal edilemeyecek boyutlara ulaşabilmektedir.

3.6. Diğer Kaynaklar

Aydınlanma amacı ile kullanılan elektrik veya başlık lambaları, patlayıcı maddelerin kullanılması, kaya kut elerinin hareketleri ısı üreten diğer kaynaklar olarak sıralanabilir. Ancak bu kaynakların oluşturdukları ısı miktarı diğerlerine kıyasla fazla olmamaktadır.

4. İSİNİN ORTAMDAN UZAKLAŞTIRILMASI

Yeraltı çalışma yerlerinde oluşan ısı iki yolla ocak dışına götürülmektedir. Bunlar havalandırma havası ve dışarı atılan drenaj suyudur. Bunlara ilaveten ocakta hava soğutma sisteminin var olduğu hallerde bir miktar ısıda bu sistem tarafından ortadan giderilmektedir. Havalandırma havasının dışarı taşıdığı ısı miktarı havanın giriş ve dönüş sıcaklıkları ile havanın iklimik özelliklerinden yararlanılarak bulunmaktadır. Havanın iklimik özelliklerinin bulunmasında atmosferik basınç ile havanın yaş ve kuru sıcaklıklarının bilinmesi yeterli olmaktadır (9).

Bir galeriye veya ocağa gönderilen havanın kütlesi ile giriş ve dönüş havasının entalpî (H) değerleri bilindiğinde havalandırma havasının ortamdaki götürdüğü ısı miktarını hesaplamak mümkün olmaktadır.

Ortamdan yok olan ısı = Çıkış havasının ısı içeriği - Giriş havasının ısı içeriği

$$\Delta Q = V_2 \times w_2 \times h_2 - V_1 \times w_1 \times h_1 \dots \dots \dots (4)$$

Burada; ΔQ = Ortamdan süpürülen ısı (kw).
 V = Hava akım miktarı (m^3/S),
 w = Havanın yoğunluğu (kg/m^3),
 h = entalphy (Kj/kg) chr.

Su yolu ile ısının ortamdaki uzaklaştırılması ise drenaj suyu ile veya soğutma tesisinde kullanılmakta olan su yardımı ile olmaktadır.

5. ISI DENGESİ

Çalışılmakta olan her ocağın bir ısı dengesi mevcuttur. Başka bir deyişle değişik kaynaklardan oluşan toplam ısı miktarı, ortamdaki havalandırma havası, su veya herhangi bir soğutucu sistem tarafından uzaklaştırılan ısı miktarı birbirine eşittir. Kuzey Amerika'da bir madende yapılan bu tür bir çalışmada aşağıdaki sonuç alınmıştır (3).

<u>Isı Kaynakları</u>	<u>Yüzde</u>
1. Kayaçlar	48
2. Makine, ekipman vb.	20
3. Havanın kendi kendini sıkıştırması	11
4. Su tarafından oluşturulan miktar	19
5. Patlatma, insan metabolizması ve diğer	2
Isının ortamdaki uzaklaşması	100
1. Havalandırma havası yolu ile	70
2. Sıkıştırılmış hava tarafından	5
3. Soğutma sistemleri (air-conditioning)	25
	100

görüldüğü gibi denge durumunda mevcut ısı havalandırma havasının sıcaklığını belirli bir düzeye kadar yükseltecektir. Eğer denge durumunda elde edilen bu sıcaklık çalışma koşullarını zorlayabilecek nitelikte ise ocak havasının soğutma tesisleri kullanılarak soğutulması veya ısı üretiminin azaltılması veyahutta gönderilen hava miktarının arttırılması gerekecektir.

6. SONUÇ

Yakın gelecekte özellikle Zonguldak havzasında çalışmaların daha derinlere inmesi durumunda gerek hazırlık gerekse üretim faaliyetleri yüksek sıcaklık ve rutubet nedeniyle biraz daha zorlaşacaktır. Zira havalandırma havası, oluşan ısı miktarının artması sonucu, çalışma yerlerini yeterince soğutamayacak ve bu nedenle hava soğutma sistemleri kurma zorunluluğu ortaya çıkacaktır.

Bu nedenle Havzada yer-ısı-artış miktarının başka bir deyişle derinlik-sıcaklık ilişkisinin saptanması, kömür ve çevre kayaların ısasal özelliklerinin belirlenmesi, ocaklarda ısasal dengenin analizleri ve geleceğe yönelik havalandırma hesaplamalarının şimdiden planlı bir şekilde yapılması sıcaklık sorunu ile mücadelede başlangıç olacaktır.

KAYNAKLAR:

1. WHITTAKER, D., Heat Emission in Longwall Coal. Mining Second International Mine Ventilation Congress, SME of AIME, New York 1980 pp 534-548.
2. QUILLIAM and et all, Routine Mine Ventilation Measurements, Chamber of Mines of South Africa, Johannesburg 1972, pp. 81-86.
3. HARTMAN, H.L., Mine Ventilation and Air Conditioning, Second Edition A Wiley-Interscience Publication, New-York, 1982, 770 p.
4. BURROWS, H., HEMP, R., LANCASTER, F.H. and QUILLIAM, J.H., The Ventilation of South African Gold Mines, The Mine Ventilation Society of South Africa, Cape Town, 1974 574 p.
5. GÜYAGÜLER, T. Mine Ventilation and Air Conditioning, Course Notes University of Zambia, 1986,
6. HALL, L.J., Mine Ventilation Engineering, Society of Mining Engineering Publication New York, 1981, pp.109-152.
7. HEMP, R and DEGLON P., A Heat Balance in a Section of a Mine, Second International Mine Ventilation Congress, SME of AIME New York 1980 pp.523-533.
8. WILLISON, K.M., Ventilation and Refrigeration Requirements, Master Thesis, Sept. 1982,UNZA.
9. BARENBRUG, A.W.T., Psychrometry and Psychrometric Charts, Third edition, Chamber of Mines of South Africa, Printed by Cape and Transvaal Printers Ltd, Cape Town.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The sixth coal congress of TURKEY

ZONGULDAK'TA ÜRETİLMEKTE OLAN TEMİZ KÖMÜR İÇİN
OPTİMAL KÜL ORANININ SAPTANMASI

THE DETERMINATION OF OPTIMUM ASH CONTENT IN CLEAN COAL
PRODUCED IN ZONGULDAK

Meulüt KEMAL*

Orhan SEMERKANT**

Udat ARSLAN***

ÖZET

Su çalışmada halen Zonguldak'ta üretilmekte olan koklaşabilir taşkömürlerinin optimal bir şekilde değerlendirilebilirlikleri, kömür yıkama ve yüksek fırın şartları da gözönüne alınarak araştırılmış ve sıvı demir üretiminde kullanılacak en uygun külün tesbitine çalışılmıştır.

ABSTRACT

In this study, optimum beneficiation of caking coals currently produced in Zonguldak has been investigated by taking into account coal washing and blast furnace conditions.

An attempt has been made to determine the optimum ash content in coke which affects the hot metal production in steel industry.

(*) Doç.Dr., D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. Maden Müh. Böl., Bornova-İZMİR

(**) Dr., D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. Maden Müh. Böl., Bornova-İZMİR

(***) Maden Müh., D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. Maden Müh. Böl., Bornova

1. GİRİŞ

Kömür yıkenabilme özelliklerinin tesbiti amacıyla yapılan yüzdürme-batırma testleri, kurulması *planlanan bir* kömür yıkama tesisinin tasarımı için gerekli çalışmaların ilk aşamasını oluşturmaktadır. Bu testler kömürün farklı yoğunluk fraksiyonlarındaki dağılımı hakkında bilgi vermesi yanında, sözkonusu kömürün yıkama işlemine tabi tutulması sonucunda elde edilebilecek ürünlerin miktarları ve kül oranları hakkında kaba bir bilgi vermektedir. Ancak bu bilgiler tamamen teorik olmakta ve uygulamada elde edilebilecek sonuçlarla büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Özellikle tesis *planlama aşamasında, kurulacak* tesiste elde edilmesi düşünülen ürünlerin miktarları ve kül oranlarını yüzdürme-batırma testleri sonuçlarına göre gerçeğe uygun bir biçimde tahmin etmek mümkün olmamaktadır. Halbuki tesiste kullanılması planlanan yıkama cihazlarının ayırma performanslarının bilinmesi halinde, yıkanması düşünülen kömürden elde edilecek ürünlerin ağırlık ve kül oranlarını önceden gerçeğe yakın değerlerde tahmin etmek mümkün olabilmektedir (1).

Kömür yıkama sonuçlarının hesap yoluyla bulunması yöntemi, kurulması planlanan bir yıkama tesisinden elde edilecek yıkama sonuçlarının, gerçeğe yakın bir biçimde verebilmesi yanında; kurulu bulunan bir yıkama tesisinde yıkama cihazlarına ait ayırma sınır yoğunluklarının değiştirilmesi durumunda elde edilecek ürünlerin miktar ve kül oranlarını tahmin edebilme imkanını sağlamaktadır. Ancak burada ayırma sınır yoğunluğu değişiminin alet performansını etkilemediğini kabul ederek, belirli bir hatanın önceden kabullenildiğini belirtmek gerekir. Bilindiği gibi, demir-çelik endüstrisinin önemli girdilerinden birisi olan kok, koklaşır taşkömüründen üretilmektedir. Ülkemizde koklaşır taşkömürü sadece Zonguldak havzasında çıkarılmaktadır ve mevcut üretim miktarı, demir-çelik endüstrisinin gereksinimini karşılayamamaktadır. Diğer taraftan, kömür (tüvenan) ocaktan çıkarıldıktan sonra yıkanmaya tabi tutulmakta ve kül oranı düşürülmektedir. Ancak bu işlem esnasında bir kısım kömür, atılmakta veya başka alanlarda kullanılır ürün haline gelmekte, yani metalürji sanayi dışına çıkmaktadır. Bunun yanında, yüksek fırında özgül kok sarfiyatı, kullanılan kokun kül oranı ile değişmekte ve her % 1 kül artışı için özgül kok sarfiyatında % 2 nin üzerinde bir artış olmaktadır (2). Kanu bu şekilde basite indirgenerek ele alındığında, her kömür yatağı için yıkanmış kömürde optimal bir kül oranının olacağı ortaya

çıkılmaktadır. Optimal kül oranında yıkanan kömürde ise, en fazla sıvı demir üretimi sbz konusu olacaktır. Yükselen kok kül oranı ile yüksek fırın kapasitesi (verimi) düştüğü gibi üretilen birim sıvı demir maliyetinin de arttığı ve metalurjistler için asıl gayenin kok kül oranını düşürerek masrafları azaltmak olduğu bilinmekle beraber, yerli kömürle en fazla sıvı demir üretimini sağlayan kömür kül oranını görmek açısından, bu çalışmanın yararlı olacağı düşünülmüştür.

Bu çalışmada, önce merkez lavvarında halen çalışmakta olan kömür yıkama cihazlarının performans değerlerinden yararlanarak, farklı kül oranlarında temiz kömür elde edilmesi durumu incelenmiştir. Daha sonra elde edilen söz konusu temiz kömürlerin koklaştırılarak yüksek fırında kullanılmaları halinde, birim ton tüvenan kömür başına üretilebilecek, sıvı demir miktarları tesbit edilmiş ve Zonguldak kömürünün optimal yıkama derecesi irdelenmeye çalışılmıştır.

2. KÖMÜR YIKAMA SONUÇLARININ HESAP YOLUYLA BULUNMASI

Kömür yıkama cihazlarının ayırma hassasiyetleri,

- Cihazın karakteri ve çalışma şartları,
- Ayırma ortamı,
- Cihaza beslenen kömürün tBne iriliği, tane dağılımı ve tane şekli,
- Besleme miktarı,

gibi parametrelere bağlı olarak değişmektedir (1, 3).

Ancak cihaza beslenen kömürün yoğunluk fraksiyonları dağılımı, aynı cihazda ve aynı çalışma şartlarında, cihazın ayırma hassasiyetini etkilememektedir. Bu özellikten istifade edilerek, ayırma hassasiyeti değerleri bilinen bir yıkama ünitesinde yıkanması planlanan yeni bir kömürden elde edilebilecek ürünlerin ağırlıkça verimlerini ve kül oranlarını hesaplamak mümkün olmaktadır (1). Bu tür hesaplama için, Öncelikle yıkama ünitesine ait ayırma faktörü (performans) değerlerinin bilinmesi ve ayrıca yıkanması planlanan kömürün yoğunluk dağılımının tesbit edilmesi gerekmektedir. Aşağıda Zonguldak kömürü ile yapılan örnek bir hesaplama verilmektedir.

Çizelge 1. Ayırma faktörü değerlen yardımıyla, yeni bir kömür için, konsantre verim ve kül oranının hesaplanması

BESLENEN K UMUR				/ogunluk Farkı A - d 50	YIKANMIŞ HOMUR			
Yoğunluk (g/cm)	Ağırlık (90	Kül	Bes.Malı Külü (%) IB.C ZB		Dağılım Faktörü	Bes.Mal. gare Ağ. (%) B.F	Kül Faktörü CG	Yık.Köm. Kulu (%) 7, H Z G
A	B	0	D	E	F	G	H	I
1.45 Y	31.D4	7.59		-0.09	76.0	23.59	1.79	
1.45 - 1.60	3.35	27.48		+0.08	31.0	1.04	D.29	
1.6D - 1.75	2.32	40.51		+0.23	8.1	0.19	0.08	
1.75 - 1.90	2.26	50.43		+0.38	0.0	0.00	0.00	
1.90 B	61.03	90.72		+0.60	0.0	0.00	0.00	
	100.OD		60.72			24.82	2.16	8.70

Çizelgeden de görüldüğü gibi yıkanması planlanan kömür, yüzdürme-batırma testlerine tabi tutularak, yoğunluk dağılımı ve her yoğunluk fraksiyonundaki malzemenin miktar ve kül oranları tesbit edilmiştir. Bu değerler Çizelgenin B ve 0 sütunlarında yer almaktadır. D sütununda ise kümülatif yüzen malda kül oranı, başka bir deyişle yıkanması planlanan kömürün kül oranı verilmiştir. İlgili Çizelgenin E sütununda fraksiyon ortalama yoğunluklarının, bu örnekte 1.45 gr/cm olarak alman cihaza ait ayırma sınır yoğunluğu ile farkları hesaplanmıştır. F sütunundB ise söz konusu cihaza ait ve E sütunundaki yoğunluk farkıBınB tekabül eden ayırma faktörleri verilmiştir. Bu değerler yıkama ünitesine ait tromp eğrisinden elde edilmiştir. G sütunu yıkanması planlanan kömüre ait her bir yoğunluk fraksiyonundaki malzemenin, söz konusu cihazla yıkanması halinde, elde edilecek temiz kömüre geçebilecek miktarlarını ifade etmektedir. Bu sütundaki değerlerin toplamı, elde edilebilecek temiz kömür miktarını göstermektedir. H sütunundaki değerler, temiz kömürün her bir yoğunluk fraksiyonundaki kül içeriklerini vermektedir. Bu sütundaki değerlerin toplamı temiz kömürün kül içeriğini vermektedir. Bu durumda temiz kömürün ortalama kül Dram, toplam kül içeriğinin, toplam temiz kömür miktarına bölünmesiyle elde edilir (Bak I sütunu).

3. ZONGULDAK MERKEZ LAVVARINDAKİ CİHAZLARLA FARKLI AYIRMA SINIR YOĞUNLUKLARINDA ELDE EDİLEBİLECEK TEMİZ KÖMÜR AĞIRLIK VE KÜL ORANLARININ HESAPLANMASI

Zonguldak merkez lavvarında halen kullanılmakta olan yıkama cihazlarına ait performans değerleri kullanılarak, her bir cihaz için farklı ayırma sınır yoğunluklarında elde edilebilecek temiz kömürlerin ağırlık ve kül oranlarının hesaplanması için mevcut akım şeması basite indirgenmiş ve aşağıdaki kabuller yapılmıştır (it).

- Tesis, 1QÜ0 t/gün kapasitelidir.
- Yıkama işlemi, halen Zonguldak lavvarında kurulu Baum Jigi, Ağır Ortam Siklonu, Acca Jigi ve Flotasyon ünitelerinde yapılacaktır.
- Yıkama ünitelerine ait performans değerleri, mevcut yıkama sonuçları ve literatürden yararlanılarak hesaplanmıştır.
- Söz konusu cihazlarda yıkanacak elan tüvenan kömür tane iriliği, kül oranları ve cihazların yıkama kapasiteleri aşağıdaki şekilde kabul edilmiştir.

	Tüvenan Kömür Tane İriliği (mm)	Külü %	Yıkama Kapasitesi t/h
Baum Jigi	100 - 6	61.1B	^0
Ağır Ortam Siklonu	1B - 0.5	5D.30	15B
Acca Jigi	6 - 0.5	45.65	197
Flotasyon Ünitesi	0.5 - 0.Ü	46.36	2D5

Ayrıca tesiste halen çalışmakta olan cihazların performans değerleri hesaplanmış, tromp dağılım eğrileri çizilerek ayırma sınır yoğunlukları tesbit edilmiştir. Yıkama ünitelerinin yoğunluk fraksiyonlarına göre ayırma faktörleri ile ayırma sınır yoğunlukları Çizelge 2 de verilmektedir (Çizelgede verilen cihazların dışında flotasyon ünitesi için temiz kömür külü % 11 ve ağırlıkça kömür yıkama verimi % 3B.46 Dierak alınmıştır).

İlgili çizelge öncelendiğinde, BBUTTI Jigi performansının çok düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun, akım şemasını basitleştirmek için, Baum jiginden çıkan ara ürünün ikinci bir yıkama işlemine tabi tutulma-

sının gözardı edilmesi yanında, Baum Jigi performansının bizzat düşük olmasından da ileri geldiğini söylemek mümkündür.

Çizelge 2. Zonguldak merkez lavvarındaki cihazlara ait performans değerleri

Yoğunluk gr/cm	Saum Jigi		Ağır Or.Siklonu		Acca Jigi	
	Yoğ.Fas. gr/cm	Ay.Fak. %	Yoğ.Fac. gr/cm	Ay.Fak. %	Yağ.Fas gr/cm	Ay.Fak. %
- 1.+5 Y	-0.365	sk.en	-0.195	99.70	-0.205	96.20
1.+5 - 1.6D	-0.195	36.52	-0.025	72.50	-0.033	62.6+
1.60 - 1.75	-0.0^5	61.31	+0.125	if.OD	+0.115	23.99
1.75 - 1.90	+0.105	22.62	+0.275	a.OO	+Q.265	7.32
1.90 0	+0.33	1.13	+0.5	0.00	+0.+9	0.80
d ₅ g (g/cm)		1.72		1.55		1.56
Temiz kömür külü (9)		11.55		9.83		9.87

Hesaplamalarda, tesiste çalışmakta dan yıkama cihazlarının hangi ayırma sınır yoğunlukları kombinasyonlarında çalışmaları gerektiğini saptamak amacıyla,flotasyon Ünitesinin çalışma şartları sabit alınmıştır. Hesaplamalar yapılırken, tüm cihazlara, kömürün tüv/enan olarak beslendiği varsayılmış ve Çizelge 3 de verilen Zonguldak kömürü yoğunluk analizlerinden yararlanılmıştır.

Çizelge 3. Yıkama aygıtlarına girecek tüvenan kömürlerin yoğunluk analizleri

Yoğunluk gr/cm	100 - 6 mm		1B-D 5 mm		6-0 5 mm	
	% Ağ	% Kül	% Ağ	% Kül	% Ağ	% Kül
- 1.^5 Y	17.66	B.66	37.96	7.99	+2.62	7.51
1.+5 - 1.60	2.76	2<*.96	5.31	25.65	5.61	25.t*5
1.6D - 1.75	1.+9	37.06	3.0t.	39.19	3.25	39.3+
1.75 - 1.90	1.DD	50.2+	2.16	50. D1	2.30	5Ü. 0+
1.90 B	77. D9	8+.71	51.53	85.61	+6.02	83.7+
Toplam	100.Ü0	63.56	100.00	50.78	100.00	+5.65

Çizelge 3 de verilen yoğunluk analizleri yardımıyla Ağır Ortam Siklonu, Baum Oığı ve Acco Jlgi için 1.03 gr/cm³ den, 1.90 gr/cm e kadar Ü.D5 gr/cm³ aralıklarla, farklı ayırma sınır yoğunluklarında yıkama yapılması durumunda, elde edilebilecek temiz kömür miktarları ve yüzde kül oranları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplamaların sonuçları Çizelge 4 de verilmektedir. İlgili çizelge incelendiğinde, ayırma sınır yoğunluğunun artışına bağlı olarak temiz kömür miktarları ve % kül oranlarının arttığı görülmektedir. Ancak bu artışlar her cihaza giren tüvenan kömürlerin yoğunluk fraksiyonu dağılımlarına ve cihazın performans karakterine bağlı olarak, farklılıklar göstermektedir. Belirli bir kül oranına sahip temiz kömür elde edilmek istendiğinde, cihazların hangi ayırma sınır yoğunlukları kombinasyonunda çalıştırılması gerektiğini, tesbit etmek gerekmektedir.

Bu amaçla, bilgisayar yardımıyla, her cihazın farklı ayırma sınır yoğunlukları kombinasyonlarında elde edilebilecek temiz kömür kül oranları ve ağırlıkça yıkama verimleri hesaplanmıştır. Örneğin % 11 küllü temiz kömür üretilmek istendiğinde uygulanması istenen ayırma sınır yoğunluklarının değişik kombinasyonlarında elde edilebilecek ağırlıkça yıkama verimleri hesaplanarak, sonuçları Çizelge 5 de verilmiştir.

Çizelge 4. Yıkama cihazlarının belirli ayırma sınır yoğunluklarında temiz kömür verimi ve kül oranı değerleri

Ayırma Sınır Yoğunluğu (Cgr/cm ³)	T e m i z K ö m ü r					
	Baum Jigi		Ağ. Or. Siklonu		Acco Jigi	
	% Ağ	% hül	% Ağ	% Hül	% Ağ	% hül
1.4G	11.93	9.14	27.87	8.07	29.17	8.33
1.45	13.89	9.72	34.36	8.27	35.35	8.85
1.50	15.86	10.15	38.35	8.87	40.39	9.04
1.55	16.37	10.75	41.60	9.57	44.21	9.50
1.60	18.31	11.31	42.73	10.06	47.21	10.72
1.65	19.91	14.46	44.06	10.80	49.78	11.87
1.70	20.85	15.15	45.47	11.50	51.66	12.95
1.75	21.90	16.44	45.99	11.92	53.65	14.63
1.80	24.53	21.97	46.90	12.58	56.05	17.18
1.85	27.80	29.17	48.12	13.92	58.48	19.53
1.90	43.19	35.19	49.11	14.97	60.80	22.20

Çizelge 5. % 11 küllü temiz kömür üretiminde farklı kombinasyonlarda elde edilebilecek ağırlıkça yıkama verimleri

<u>Yıkama Ünitesi Ayırma Sınır Yoğunluğu</u>			Temiz Kömür	
<u>Ağır Ort.Siklonu</u>	<u>Baum Jığı</u>	<u>Acco Jığı</u>	<u>% Ağ</u>	<u>% Kül</u>
1.40	1.65	1.40	26.795	11.OB
1.45	1.65	1.4G	27.820	11.Ü1
1.50	1.65	1.4G	28.450	11.Ü7
1.85	1.4G	1.55	29.446	10.98
1.45	1.65	1.5G	30.030	10.99
;L7D	1.45	1.65	3D.967	11.14

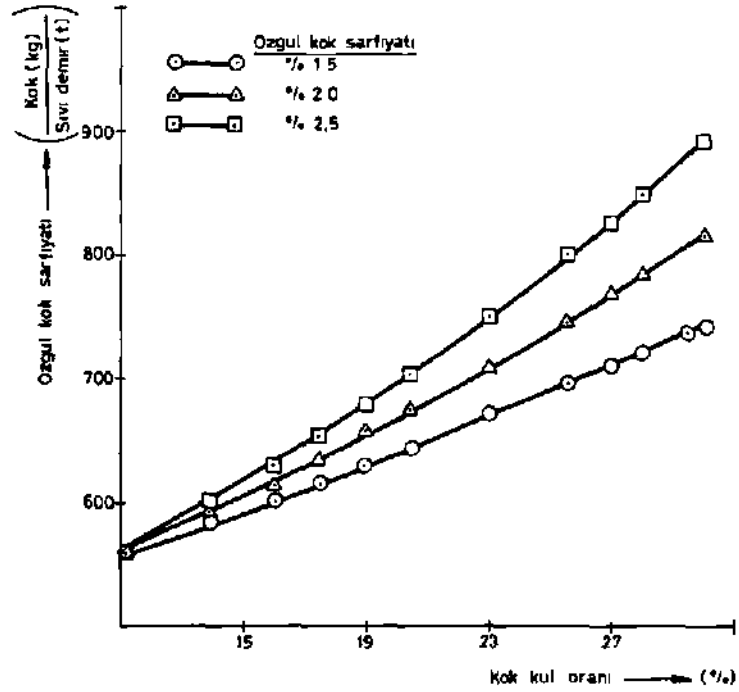
Çizelge 5 de sonuçları verilen hesaplamalar yapılırken, her kombinasyon için, flotasyon ünitesinden % 11 küllü temiz kömürün % 38.46 ağırlıkça yıkama verimiyle elde edildiği kabul edilmiş ve söz konusu kül ve verim değerleri sabit alınmıştır. İlgili çizelgeden de görüleceği gibi mevcut yıkama ünitelerinin farklı ayırma sınır yoğunlukları kombinasyonunda elde edilecek temiz kömür ağırlıkça yıkama verimi yaklaşık % 27 ile % 31 arasında değişmektedir. Bu durumda yıkama ünitelerinin sadece ayırma sınır yoğunluklarında yapılacak değişimlerle % 11 küllü temiz kömür için yıkama veriminde % 4 lük bir artış sağlanabileceği ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak yıkama ünitelerine ait ayırma sınır yoğunluklarının optimal bir biçimde seçiminin tesis yıkama verimini büyük ölçüde etkilediğini söylemek mümkündür.

it. HESAP YOLUYLA BULUNAN YIKAMA SONUÇLARINDAN SIVI DEMİR ÜRETİMİ İÇİN OPTIMAL KOK KÜLÜ ORANININ TESBİTİ

Yüksek fırında sıvı demir üretimi için kullanılan kokun mümkün olduğu kadar düşük kül oranına sahip olması arzu edilir. Kok kül oranı arttıkça yüksek fırında üretilen sıvı demir miktarı düşmekte dolayısıyla özgül kok sarfiyatı (kg kok/ton sıvı metal) artmaktadır. Literatürde, kok külündeki her % 1 artışa karşılık, özgül kok sarfiyatında % 1.5-3.G arasında bir artış meydana geldiği belirtilmektedir. Kok sarfiyatının artması aynı zamanda yüksek fırın verimini düşürerek işletme maliyetini de arttırmaktadır (2, 5).

İskenderun Demir-Çelik İşletmelerinde % 8.26 kül içeren kömürden koklaştırma sonucunda elde edilen % 11.19 küllü kokun kullanılmasıyla 1 ton sıvı demir için 560 kg kok sarf edilmektedir (6). İskenderun Demir-Çelik için verilen bu değerlerden yola çıkarak, Zonguldak kömüründen elde edilen kok külünün % 1 artışına karşılık, Özgül kok sarfiyatındaki % 1.5, % 2 ve % 2.5 oranındaki artışlara bağlı olarak, bir ton sıvı demir için tüketilecek kok miktarındaki değişimler hesaplanmıştır. Sonuçlar Şekil 1 de grafiksel olarak verilmektedir.



Şekil 1. Kok kül oranındaki % 1 artışa karşılık Özgül kok sarfiyatında % 1.5, % 2 ve % 2.5 oranındaki artışlar durumunda, kok külüyle, Özgül kok sarfiyatı arasındaki ilişki

Şekilde, kok kül oranındaki % 1 lik artışa karşılık özgül kok sarfiyatındaki % 1.5 luk artışı gösteren eğri incelendiğinde, % 11.19 kok kül oranında 560 kg olan özgül kok sarfiyatının % 25 kok kül oranında 732 kg'a

Çizelge fa. Zonguldak lawanndaki mevcut yıkama ünitelerinin farklı ayırma sınır yoğunlukları kombinasyonlarında elde edilebilecek temiz kömür ve bu kömürden üretilecek koka ait randıman, kül ve ağırlıkça verim değerleri

Ayırma Sınır Yoğunluğu (g/cm)			Temiz Kömür			Kok	
Ağ.Ort. Siklonu	Baum Jigi	Accc Jigi	% Ağ	% kül	% R	% mı	% Ağırlı
1.45	1.40	1.40	24.3	9.3	74.0	12.6	18.0
1.45	1.45	1.50	27.3	9.6	74.1	12.9	20.3
1.55	1.50	1.60	30.7	10.4	74.3	14.0	22.B
1.65	1.55	1.65	31.B	11.1	74.4	14.9	23.7
1.55	1.60	1.75	33.0	11.9	74.6	16.0	24.7
1.65	1.75	1.65	34.2	12.7	74.8	17.0	25.7
1.BD	1.70	1.75	35.0	13.5	75.0	1B.D	26.3
1.80	1.70	1.80	35.5	14.3	75.1	19.0	26.7
1.90	1.80	1.60	35.7	15.1	75.3	2D.D	26.9
1.B5	1.80	1.75	36.B	15.8	75.5	2D.9	27.B
1.55	1.BG	1.B5	36.7	16.6	75.7	21.9	27.B
1.65	1.85	1.70	37.2	17.4	75.8	23.0	28.3
1.85	1.80	1.90	38.2	18.1	76. D	23.9	29.1
1.B5	1.85	1.80	3B.7	19.0	76.2	25.0	29.6
1.9G	1.85	1.85	39.3	19.9	76.4	26.0	30,1
1.90	1.85	1.9D	39.B	20.7	76.6	27.D	30.5
1.50	1.90	1.60	42.2	21.5	76.8	28.0	32.4
1.B0	1.90	1.75	44.B	22.3	76.9	29.0	34.5
1.55	1.90	1.B5	44.9	23.1	77.1	30.0	34.7
1.70	1.90	1.9D	46.0	27.9	77.3	30.9	35.6

Çizelgeden de görüldüğü gibi temiz kömür külündeki artış kok külünün artmasına neden almakta, ayrıca temiz kömür yıkama veriminin artışına bağlı olarak elde edilecek kok miktarı da artmaktadır.

Halbuki yüksek küllü kok sıvı demir üretimindeki özgül kok sarfiyatını arttırmaktadır. Bu durumda kok külüne bağlı olarak özgül kok sarfiyatının değişimini inceleme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Daha Önce belirtildiği üzere, kok külündeki her % 1 artış, özgül kok sarfiyatında % 1.5-3.0 arasında değişen artışlar meydana getirmektedir.

Teknolojik nedenlerle kak üretiminde kullanılan kömürün kül oranının, kömür kaybı nedeniyle, belirli bir oranın altına düşürülemediği tüm ülkelerde ekonomik bir kak kül oranının oluşturulmasına neden olmuştur. Örneğin sanayileşmiş ülkelerde bu oran % 10 un altında iken, Hindistan gibi iyi kaklaşabilen kömür rezervi az olan ülkelerde % 23-25 e kadar yükselmektedir (2).

Her ülkenin kendi kömür rezervleri, kömür kaliteleri ve yüksek fırın işletme şartlarına göre ekonomik bir kak kül oranı tesbit edilmesi zorunlu hale gelmektedir.

U.1. Kok Külü Artışının Özgül Kok Sarfiyatına Etkisi

Çalışmanın bu aşamasında Zonguldak kömürü için, hesaplama yoluyla bulunan yıkama sonuçlarından yararlanarak, kok külü değişiminin sıvı demir üretiminde meydana getireceği değişimler, literatürde verilen bazı değerler yardımıyla tesbit edilmeye çalışılmıştır.

Hesaplamalar esnasında Zonguldak kömürü için aşağıdaki hususlar dikkate alınmıştır.

- Uçucu madde oranı : % *yi.hB*
- Özgül kok sarfiyatı (% 11.19 kok külü için) : 5SD kg kak/ton sıvı demir (6).
- Temiz kömürden elde edilecek kok miktarının tesbitinde literatürde verilen aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (2).

$$KDK \text{ miktarı } (\%) = 0.69 (FC + A) + 25.4$$

FC : Sabit karbon

A : Temiz kömür külü

Yukarıdaki veriler yardımıyla yıkama ünitelerinin farklı ayırma sınırlarındaki yoğunlukları kombinasyonlarında (belirli bir külde en yüksek yıkama verimini sağlayan kombinasyonlarda) tesiste üretilecek temiz kömür kül oranı ve ağırlıkça yıkama verimleri, ayrıca söz konusu temiz kömürden elde edilebilecek kok kül oranları ve miktarları hesaplanmıştır. Sonuçlar karşılaştırmalı olarak Çizelge 6 da verilmektedir.

yükseldiği görülmektedir. Yine % 29 değerindeki kok kül oranında, Özgül kok sarfiyatının % 2 ve % 2.5 luk artışlarında 1 tun sıvı demir için gerekli kak miktarı sırasıyla BDO kg ve 670 kg a kadar yükselmektedir.

K.Z. Sıvı Demir Üretimi Açısından Zonguldak Kömürü Optimal Kül Oranı

Çalışmanın buraya kadar olan kısmında, Zonguldak kömürünün değişik kül oranlarında yıkanmasıyla elde edilecek temiz kömür verimi, dolayısıyla temiz kömür miktarı ve temiz kömürün koklaştırılmasıyla elde edilecek kokum miktar ve kül oranları saptanmıştır. Ayrıca, kok kül oranı artışıyla, yüksek fırında özgül kok sarfiyatında meydana gelecek artış, üç ayrı artış oranına göre hesaplanmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde ise, en fazla sıvı demir üretimini mümkün kılan Zonguldak kömürü kül oranı ve buna paralel olarak, yüksek fırın kapasitesinde meydana gelecek düşme saptanmıştır. Burada yapılan hesaplamalarda şu kabuller yapılmıştır:

- İskenderun Demir-Çelik İşletmelerindeki özgül kak tüketimi baz alınmıştır. Burada % 11.19 kül içeren koktan bir ton sıvı demir üretimi için 56D kg kullanılmaktadır

- Kok külündeki % 1 artışa karşılık özgül kok sarfiyatı % 2.5 oranında artmaktadır

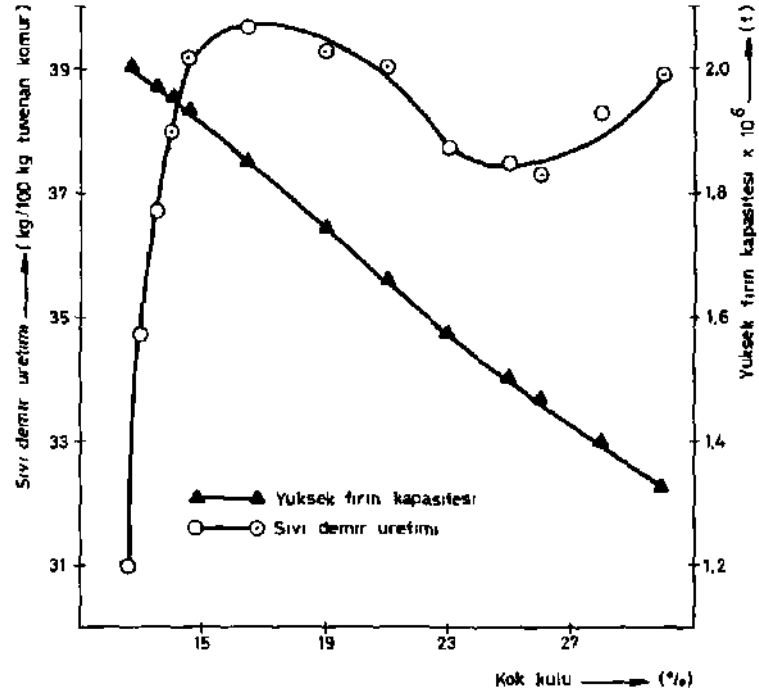
- Yüksek fırın kapasitesi kok külünün % 1 artışına karşılık % 2.k azalmaktadır

- İskenderun Demir-Çeliğin yüksek fırın kapasitesi, % 11.19 küllü kok kullanıldığında, 2 100 000 t/yıl olmaktadır.

Yapılan hesaplamaların sonuçları Şekil 2 de grafiksel olarak verilmektedir.

Şekil incelendiğinde, kok külünün yaklaşık % 12 den % 16 ya artmasıyla, 1D0 kg Zonguldak tüvenan kömüründen elde edilecek kokla üretilebilecek sıvı demir miktarı 31 kg dan yaklaşık 39.5 kg a yükselmektedir. Kak kül oranı % 16 nın üzerine çıktığında ise, birim tüvenan Zonguldak kömürü ile üretilebilecek sıvı demir miktarı, önce azalmakta ve % 30 kül oranında tekrar 39 kg a çıkmaktadır. Burada esas olan, mümkün olduğunca düşük küllü kömür kullanmak ve aynı zamanda birim tüvenan kömür başına fazla miktarda sıvı demir üretmektir. Sonuç bu açıdan değerlendirildiğinde, Zonguldak kömürünün, % 11.95 kül oranına yıkanması gerek-

tigi ortaya çıkmaktadır. Ancak bir hususu burada vurgulamakta fayda vardır. Bu çalışmada, Zonguldak kömürünün yıkandığı ünitelerin ve özellikle Baum Jigının performans değerleri oldukça düşük alınmıştır.



Şekil 2. hDk külü ile sıvı demir üretimi ve yüksek fırın kapasitesi arasındaki ilişki

Ayrıca, Baum Jigı, ara ürününün tekrar yıkanmadığı varsayılmıştır. Yıkama ünitelerinin performansları yükseldiğinde ve ara üründen elde edilen temiz kömür de hesaba dahil edildiğinde yıkama verimi artacak ve Zonguldak kömürü optimal kül oranı daha da düşecektir.

Diğer taraftan yükselen kDk kül oranına paralel olarak, yüksek fırın kapasitesinde devamlı düşme meydana gelmektedir (Bak Şekil 2). Örneğin iskenderun Demir-Çelik fabrikaları için yukarıda yapılan kabuller dahilinde hesap yapıldığında, aşağıdaki değerler elde edilmektedir.

Tüvenan Kömür (t/yıl)	Temiz hamur (t/yıl)	Kül (% Kül)	Kük (t/yıl)	(% Kül)	Sıvı Demir Üretimi (t/yıl)	VÜk.Fırın Kapasitesi (t/yıl)
4 773 71D	1 579 143	11.95	1 170 998	16.DG	1 869 037	1 869 037
4 773 71D	1 160 489	9.36	859 690	12.63	1 481 713	2 027 956

Bu değerlere göre. iskenderun Demir-Çelik fabrikalarında 1 869 037 ton sıvı demir üretimi için 4 773 710 ton tüvenan kömürün yıkanması ile elde edilecek % 11.95 küllü, 1 579 143 ton yıkanmış Zonguldak kömürüne gereksinim vardır. Yine aynı miktar tüvenan kömürden elde edilecek olan % 9.36 küllü yıkanmış Zonguldak kömürüyle ise, bu tesislerdeki sıvı demir üretimi 1 481 713 ton olacaktır. Böylece, sıvı demir üretimi 387 324 ton azalacak, ancak kullanılan külün azalmasına bağlı olarak, yüksek fırın kullanım kapasitesi 2 027 956 ton a yükselecektir.

Bu durumda aşağıdaki alternatiflerden birinin, ekonomik analizler yapılarak, tercih edilmesi gerekmektedir.

- Yüksek fırın kullanım kapasitesinin 15B 919 ton kadar azalmasına karşın, öz kaynakların daha fazla kullanımı söz konusu olacak; ancak meydana gelen kapasite düşüşü nedeniyle pik demir ithali gerekecektir.

- Düşük küllü (% 9.36) kömür kullanıldığı takdirde, sıvı demir üretiminde meydana gelecek 387 324 ton luk açığı kapatmak için 327 249 ton, ayrıca yüksek fırın kullanım kapasitesinde doğacak 158 919 ton luk kapasite artışını karşılamak için 134 27D ton olmak üzere toplam 456 519 ton % 9.36 küllü kömür ithali gerekecektir.

5. SONUÇLAR

Zonguldak kömürü değişik kül oranlarına yıkandığında elde edilecek temiz kömür verimini ve yüksek fırında birim tüvenan kömür için en fazla sıvı demir üretimini mümkün kılacak temiz kömür kül oranını, yani Zonguldak kömürü optimal kül oranını saptamak amacıyla yapılan bu çalışma sonunda şu hususlar ortaya çıkmıştır:

- Zonguldak kömürü, düşük kül oranına yıkandığında, yıkama verimi çok düşüktür. Temiz kömür kül oranı arttıkça beklendiği gibi verim artmaktadır. Kül oranının % 9.3 den % 12.7'ye yükselmesi halinde temiz kö-

mür yıkama verimi % 2H.3 den % 3[^].2'ye ulaşarak, yaklaşık % 1G luk bir artış sağlanmaktadır. Ancak verim artış hızı, 12.7 kül değerinden itibaren yavaşlamakta ve % 1D luk bir verim artışı için yaklaşık % 1D luk bir kül artışı gerekmektedir. Bu durumda % 12.7 lik kül değeri, temiz kömürde verim artış hızının maksimumuna ulaştığı değer olmaktadır.

- Belirli kabuller çerçevesinde yapılan hesaplar sonunda, birim tüvenan kömür başına en fazla sıvı demir elde edilebilmesi için, Zonguldak kömürünün % 11.95 kül oranına yıkanması gerektiği saptanmıştır. Ancak, yıkama ünitelerinin performansları iyileştirildiğinde ve Baum Jığı ara ürününün yıkanma sonuçları da hesaba katıldığında, bu kül oranı biraz daha düşecektir.

- Yine bu çalışmada yapılan kabuller çerçevesinde, iskenderun Demir-Çelik fabrikalarında % 11.95 ve % 9.36 kül oranlarına yıkanmış Zonguldak kömürü kullanıldığında, düşük kül oranında, yıkama verimindeki azalma nedeniyle; aynı tüvenan kömür miktarı ile % 11.95 küllü temiz kömüre göre 387 **3ZU** ton daha az sıvı demir üretilebilecektir. Ancak bu durumda yüksek fırın kapasitesinde 158 919 ton/yıl sıvı demir üretim kapasitesi artışı olacağı saptanmaktadır. Düşük küllü kömürle elde edilen sıvı demir miktarını, % 11.95 küllü kömürle elde edilenin seviyesine çıkarabilmek için ise, 327 **Zk3** ton % 9.36 küllü ilave kömür temin edilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Bazı basitleştirici kabuller çerçevesinde yapılan bu çalışma göstermektedir ki, Zonguldak kömürünün yıkanacağı optimal bir kül oranı vardır. Çeşitli faktörlere bağlı olan bu optimal kül oranı, kömür ve demir-çelik işletmelerinde yapılacak daha ayrıntılı bir çalışma ile kesin olarak ortaya çıkabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Coal Preparation, 4th Edition, The American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc. , Neu York, 1979.
2. PERCH, Michael., Solid Product of Pyralysis, Chemistry nf Coal Utili- zation, John Wiley and Sons, New York, 1981, Chapter 15.
3. KEMAL, Mevlüt., Kömür Teknolojisi, D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak., Maden Muh. Böl., Izmir, 19B7.
- t*. Zonguldak Lavvarı Yüzdürme Analizleri, EKİ Merkez Laboratuvarları, Kömür Yüzdürme Lab. Raporları, 1985.
5. DÜRTER, İhsan., Zonguldak Taşkömürünün Muhtelif Küllerde Hazırlanma- sı, TKİ Ftüd-Proje Dairesi, 1975.
- G. ERGİN, Özden., İskenüerin Demir-Çelik Tesisleri Tanıtım Semineri, D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. Maden Müh. Böl., izmir, 1987.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal Congress of TURKEY

ZONGULDAK KÖMÜRLERİNDEN SUPER TEMİZ KÖMÜR ÜRETİLMİŞLİĞİ

PRODUCTION OF SUPER CLEAN COAL FROM ZONGULDAK BASIN

Gulhan OZBAYOĞLU*
Mürüvvat MAMUREKLİ^{xx}

ÖZET

Zonguldak Merkez Lavvarı -50+18 mm jıg konsantresi kullanılmak suretiyle Zonguldak Havzası kömürlerinden super temiz kömür üretim olanakları incelenmiştir. Basamaklı olarak öğütülen kömürün +28 mes fraksiyonunu 2 defa ve -28 mes fraksiyonunu ise bir defa 1.30 yoğunlukta yıkamak suretiyle bir on temizleme işlemi yapılmış ve % 12,11 kül içeren jıg konsantresinden % 3,74 külü bir kömür üretilmiştir. Bu kömür daha sonra yaş olarak 400 mesin altına öğütülmüş ve flotasyonla temizlenmiştir. Gazyağı+Amil Alkol reaktif kombinasyonu ile kömürün kül içeriği % 2,16'ya kadar düşürülebilmektedir.

ABSTRACT

The possibility of super clean coal production from Zonguldak Basin by using -50+18mm jig concentrate was investigated. Ground coal produced by staged grinding was screened at 28 mesh and +28 mesh fraction was treated twice and -28 mesh fraction was treated once by sink-float test at 1.30 sp. gravities. Sink-float tests showed that it was possible to clean the jig concentrate from 12.11 % ash down to 3.74 % ash. Float product after wet grinding down to 400 mesh was treated by flotation. By using kerosene + Amyl Alcohol combination the ash content of coal was reduced down to 2,16 %.

(x) Doç.Dr. Maden Muh. Bolumu, ODTÜ

(xx) Araş.Gör. Maden Muh. Bolumu, ODTÜ

1. GİRİŞ

1.1. Amaç

Son yıllarda, dünyada komur hazırlama konusundaki araştırma programları, enerji planlamalarına ve yeni komur kullanım teknolojilerine bağlı olarak değişmiştir, özellikle 1974 enerji krizinden sonra araştırmalar toz ve şlamların temizlenmesi ve petrol ve doğal gazın yerini alabilecek yüksek kaliteli katı yakıt üretimi üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Hava ve çevre kirliliğini önleyici kanunların katı standartları karşısında enerji gereksiniminin karşılanması için etkili komur yıkama ve yakma teknolojisinin uygulanması zorunlu hale gelmiştir. Özellikle toz komur yıkama yöntemlerinden flotasyon yönteminin geliştirilmesiyle etkili bir kül ve kükürt atımının sağlanması ve super temiz komur üretimine geçilmesi konusu bugün de güncelliğini sürdürmektedir. Elde edilen super temiz komurun su/komur veya yağ/komur bulamacı şeklinde fuel oil vb. yerine güç üretiminde kullanılmasına çalışılmaktadır. Super temiz komur üretimi ayrıca özel amaca yönelik komur kullanan sanayilerin de gereksinimlerini karşılamaktadır.

Super temiz komur üretimi için komurun uygun olması, diğer bir deyişle komurun bünyesel kül ve kükürt içeriğinin yüksek olmaması şarttır.

Bu araştırmadan amaç, fiziksel yöntemlerin (ağır-ortam ayırımı ve flotasyon) uygulanmasıyla Zonguldak kömürlerinden hangi saflıkta temiz komur üretiminin mümkün olduğunun ortaya konulmasıdır.

1.2. Terazı Komur Üretimi Konusunda Yapılmış Çalışmalardan Bazıları

U.S. Bureau of Mines'da çok ince öğütme ve bunu takiben flotasyon yönteminin uygulanmasıyla kükürt atımı ve temiz

kömür eldesi çalışmaları 1977'lerde başlatılmıştır(1,2). Bu çalışmalarda Pennsylvania Upper Freeport kömürü -kullanılmış ve önce -28 meşe öğütülen numune % 5 katı yoğunluğunda MIBC ile yüzdürülerek kaba bir konsantre elde edilmiştir. Daha sonra kaba konsantrenin yaş olarak öğütülmesi ve iki aşamalı flotasyon uygulanmasıyla % 26 kül ve % 1,1 piritik kükürt içeren kömürden % 4,5 kül ve % 0,1 piritik kükürtlü kömür üretilmiştir.

Amax araştırma laboratuvarlarında güç üretimi için kömür-yakıtlı doğrudan ateşlemeli gaz türbünleri için süper-temiz kömür/su bulamacı yakıtı hazırlanmıştır. Temiz kömür, 44 mikronun altına öğütülen Eastern Kentucky yüksek uçuculu taş-kömüründen üretilmiştir. Standart fiziksel kömür yıkama tekniklerinin uygulandığı bu kömürden % 1,96 kül içeren bir kömür elde edilmiştir (3).

Çok ince kömür tozlarının temizlenmesinde öğütme tipinin etkisi incelenmiş ve yaş öğütmenin, kuru öğütmeye göre daha fazla kül atımını sağladığı bulunmuştur(1).

Suyla karıştırılmış 20 mikronun altına öğütülmüş ince kömür tozlarına, Otisca T-Yöneraine göre organik bir sıvı ilave edilerek kömür taneciklerinin seçimli olarak topaklaşması sağlanmış ve bir elekten elenmek suretiyle % 2'nin altında kül içeren temiz kömür üretilmiştir. Bu yöntemle kömürden piritik kükürtin hemen hemen hepsinin atılması mümkün olmuştur (4). Çalışmalar 2 ton/gün kapasiteli bir pilot te-siste yürütülmüştür.

Zonguldak-Çaydamarı kömüründen elle seçilmiş, 0,5-1 cm boyutundaki vitrain bantları üzerinde yapılmış kimya analizleri kömürün % 3,28 kül ve % 0,22 kükürt içeriğini göstermiştir (5). Bu da kömürün öğütülmesinden sonra gravite ve flotasyon yöntemlerinin uygulanmasıyla kül içeriğinin daha da düşürülebileceğini göstermektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Kömür Numunesinin Özellikleri

Bu çalışmada kullanılan kömür, Zonguldak Merkez Lavvında Üretilen -50+18 mm boyutundaki jig konsantresidir. Numunenin kimyasal ve petrografik analizleri Tablo 1 ve 2 'de verilmiştir,

Tablo -1 : Kömür Numunesinin Kimyasal Analizi

Analizler		İlınan	Havada Kuru Kömür	Kuru, külsüz Kömür
Kısa Analiz	Nem	0.74	—	—
	Kül	12.02	12.11	—
	Uçucu Madde	28.10	28.31	32.21
	Sabit karbon	59.14	59.38	67.79
Elementer Analiz	Kül	12.02	12.11	—
	Karbon	74.64	—	85.55
	Hidrojen	4.26	—	4.88
	Azot, oksijen,	8.16	—	9.35
	Kükürt	1 0.19	0.19	0.22

(z) N+0 farktan bulunmuştur.

Tablo- 2 : Kömür Numunesinin Petrografik Analizi

Grup Maseral	% (hacimsel)
Vitrinit	78.5
Ekzinit	7.0
tnertinit	12.0
Pirit	0.5
Mineral Madde	2.0

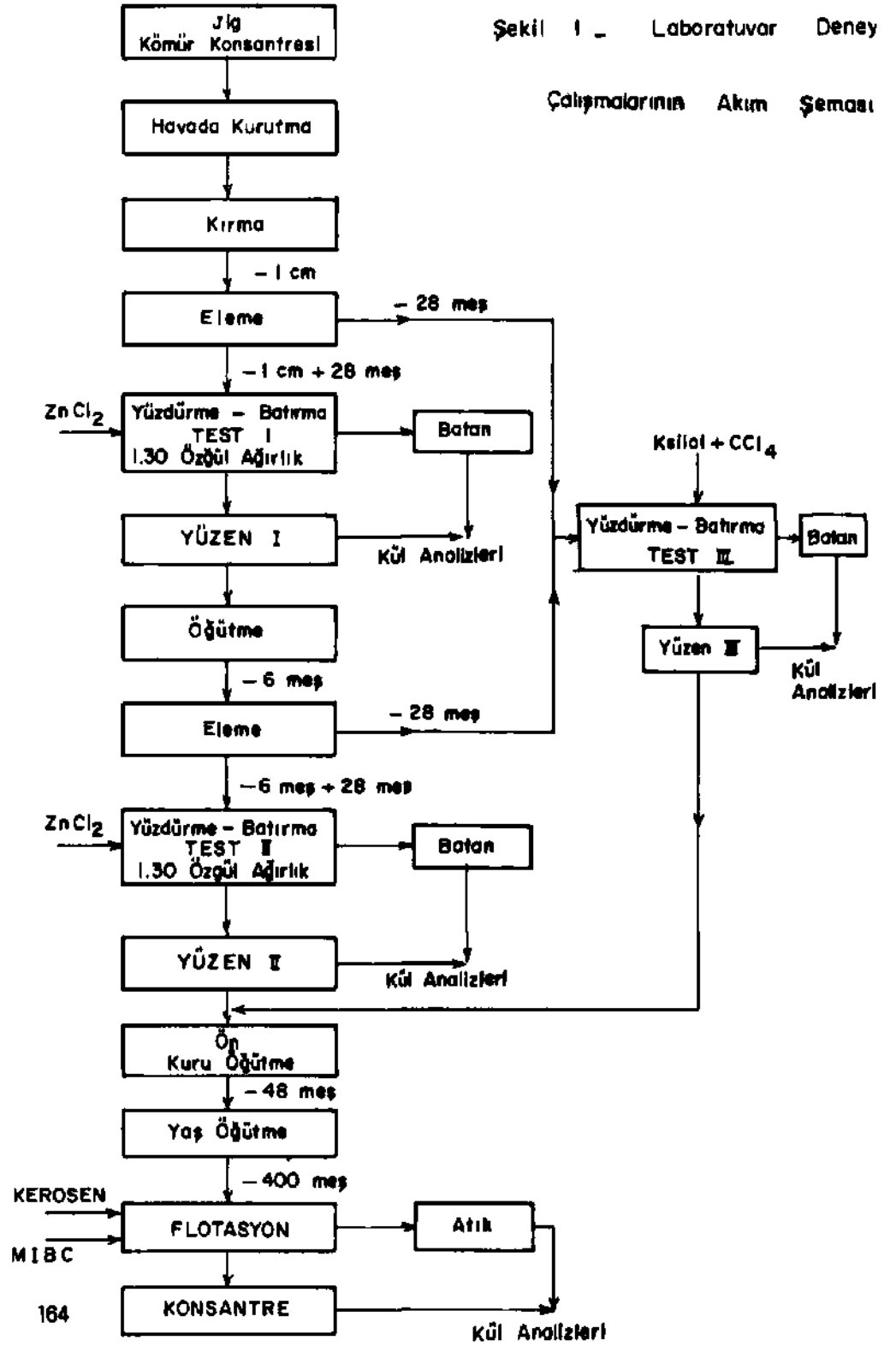
Minerolojik analize göre kömürdeki inorganik safsızlıkların % 60'ını kil mineralleri, % 15'ini pirit, % 18'ini kalsit ve % 7'sini kuvars oluşturmaktadır. İnorganik safsızlıkların tane boyutları 0.02 ile 0.6 om arasında değişmektedir.

2.2. Yöntem

Süper temiz kömür üretiminde uygulanan yöntemin akım şeması Çizelge- 1'de gösterilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi yöntem +28 meş ve -26 meş boyutundaki kömürün **1.30** yoğunluğundaki ortamda ayırımına ve elde edilen kömürün 400 meşin (37 mikronun) altına öğütülerek flotasyonla temizlenmesine dayanmaktadır. 1.30 yoğunluğundaki ağır ortam +28 **meş** fraksiyonu için $ZnCl_2$ ile, -28 **meş** fraksiyonu için ise CCI, ve Ksilol karışımı ile hazırlanmıştır. 400 meşin altına yapılan öğütme yaş olarak ve porselen bilyalı değirmende gerçekleştirilmiştir. Öğütülmüş numunenin Coulter Counter yardımıyla yapılan tane dağılımı analizine göre numunenin % 88'i 30 mikronun, % 78'i 20 mikronun, X 52'si 10 mikronun ve % 24'ü 5 mikronun altındadır.

Flotasyon deneylerinde, Denver Sob-A flotasyon makinasının 1 litrelik selulleri kullanılmıştır. **Ağırlıkça % 10 katı yoğunluğunda yapılan deneylerde şartlandırma ve flotasyon samanları 75 saniye olarak sabit tutulmuştur. Pülpün orijinal pH'sı 7.9'dur.**

Şekil 1 - Laboratuvar Deney Çalışmalarının Akım Şeması



3. BULGULAR VE TARTIŞMA (6)

3.1. Ağır Ortam Ayırımı

Ağır ortamda yapılan yüzdürme-batırma deney sonuçları Tablo-3'te verilmiştir.

Tablo- 3 : Ağır Ortam Ayırım Sonuçları

		Ürünler	% Ağırlık	% Kül
-1 cm +28 meş boyutlu kömürün 1.30 yoğunluğundaki yüzdürme-batırma deneyi sonucu.	îri boyutta 1. Temizleme	YÜZEN	46.45	5.05
		BATAN	48.78	16.22
1.Temizleme Yüzen Ürününün 6 meşin altına öğütülmesi sonucu çıkan -6 +28 meş fraksiyonunun 1,30 yoğunluğundaki yüzdürme-batırma deneyi sonucu	İnce boyutta 2. Temizleme	.YÜZEN	33.47	3.78
		BATAN	3.49	10.63
Bütün -28 meş fraksiyonlarının 1.30 yoğunlukta-ki yüzdürme-batırma deneyi sonuçları	İnce boyutta 1. Temizleme	YÜZEN	7.56	3.56
		BATAN	6.70	19.28
T O P L A M		YÜZEN	41.03	3.74
J İ G K O N S A N T R E S İ			100.00	12.11

Tablo-3'ten görüldüğü gibi % 12.11 kül içerikli jig konsantresinin farklı boyutlarda 2 defa 1.30 yoğunlukta temizlenmesi sonucu elde edilen toplam kömür ürününün kül içeriğini % 3.74'e indirmek mümkün olmuştur. -28 meşlik fraksiyonda

inorganik safsızlıkların daha fazla serbestleşmesi sonucu kül içeriği % 3,56'ya kadar düşürülebilmektedir. Daha ince boyutlarda yapılan yuzdürme-batırma deneyleri topaklaşma ve uzun süreyi gerektiren ayırım gibi problemler yarattığından bu boyuttaki temizleme işlemine flotasyonla devam edilmiştir.

3.2. Flotasyon Deneyleri Sonuçları

Ağır ortam ayırımı sonucu elde edilen kömür 400 meşin altına Öğütüldükten sonra çeşitli flotasyon parametrelerinin değiştirilmesiyle deneyler yapılmıştır. pH 4'ten 12 'ye kadar yapılan deneylerde üretilen kömür konsantrisinde en düşük külün pH 6-7 arasında olduğu görülmüştür. Buna karşın, pH 6'da kömür randımanı en üst düzeyde olmuştur.

Flotasyonda toplayıcılardan kreosot, fuel oil (No:6) ve gazyağı tek başlarına kullanılmış ve alınan sonuçlar Tablo-4 te gösterilmiştir. Deneylerde toplayıcılardan 1 damla pülpe ilave edilmiştir. Ptilpün pH'sı 6'ya ayarlanmıştır.

Tablo- 4 : Toplayıcılarla Yapılan Flotasyon Deney Sonuçları

Toplayıcı	Ürünler	% Ağırlık	% Kül	% Kül Dağılım
Kreosot	Konsantre	23.83	2.18	15.47
Fuel Oil	Konsantre	24.20	2.20	15.53
Gazvaftı	Konsantre	24.06	2.32	15.60

1 damla kreosot : 0.023 g.

1 damla fuel oil : 0.025 g.

1 damla gazyağı : 0.016 g.

Tablo-4' ten görüldüğü gibi kreosot ve fuel oil gibi hem toplayıcı, hem de köpürtücü Özelliği taşıyan reaktiflerin kullanılmasıyla kömürdeki kül oranını % 2.18'e düşürmek mümkün olmuştur. Kömürün ağırlık yüzdesi hepsinde benzer çıkmıştır.

Gazyağının köpürtücü özelliği olmadığından deneylere gazyağma köpürtücü ilâve etmek suretiyle devam edilmiştir. Deney sonuçları Tablo-5'te verilmiştir. MIBC'ün pülpteki konsantrasyonu 160 g/ton'dur.

Tablo - 5 : Köpürtücü Takviyeli Gazyağının Flotasyon Sonuçları

Gazyağı a/ton	Ürünler	% Ağırlık	% Kül	% Kül Dağılımı
85	Konsantre	42.02	2.33	27.02
110	Konsantre	44.49	2.35	30.76
170	Konsantre	69.45	2.40	49.26
256	Konsantre	71.87	2.49	54.46
310	Konsantre	58.02	2.58	45.22
340	Konsantre	51.82	2.72	40.04

Tablo 5'ten de izlendiği gibi gazyağına köpürtücü ilâvesi randımanı derhal % 24'ten % 40'a yükseltmiş, buna karşın kül içeriği sabit kalmıştır. Gazyağının konsantrasyonunun arttırılması kömür randımanını Z 71.87'ye kadar yükseltmiş, fakat kül oranının da X 2.49'a yükselmesine neden olmuştur.

Gazyağına MIBC'ün dışında amil alkol ve nonil alkol ilâveleri ile deneylere devam edilmiştir. Köpürtücü cinslerinin kömür kalitesine etkileri Tablo-6'da verilmiştir. Gazyağı konsantrasyonu 170 g/ton, köpürtücü miktarı ise 160 g/ton'dur.

Tablo- 6 : Değişik Köpürtücülerle Yapılan Flotasyon Sonuçları

Köpürtücü	Ürünler	% Ağırlık	% Kül	% Kül Dağılımı
Amil Alkol	Konsantre	41.25	2.16	27.00
Nonil Alkol	Konsantre	25.37	2.22	16.87
MIBC	Konsantre	69.45	2.40	49.26

Kömür flotasyonunda Gazyağı + Amil Alkol kombinasyonunun ilâvesiyle kül oranı % 2.16'ya düşürülebilmektedir. Bu netice % 2.18 kül veren yalnızca kreosotun kullanıldığı deney sonucuyla karşılaştırıldığında yukarıdaki hem kül oranı, hem de randıman yönünden daha başarı olduğu görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Ağı ortam ayırımı ve flotasyon yöntemlerini birarada uygulamak suretiyle Zonguldak kömürlerinin kül içeriği % 2.16 ya kadar düşürülebilmektedir. Flotasyonda uygulanan çeşitli parametrelerin ışığında, elde edilen kömürlerin kül içerikleri genellikle % 2.16-2.50 arasında değişmiştir. Aynı kömürlerin ağırlık oranları ise % 41.25- % 71.87 arasında oynamaktadır. Dikkat edilmesi gereken bir nokta bu randımanların yalnızca flotasyon devresindeki randımanlar olduğudur. Hesaplar jig konsantresini başlangıç almak üzere yapıldığında randımanlar % 16.93 - 29.49'a düşmektedir. Fakat önceden de belirtildiği gibi deneylerde asıl amaç kül içeriğini en alt düzeye düşürmek olduğundan, randımanı arttırıcı önlemlerin alınması yönünde herhangi bir çaba sarfedilmemiştir. Bu yüzden randımanların, yukarıda verilenlerin çok üstünde olacağı kesindir.

Yapılan deneyler, Zonguldak kömürlerinden % 2.50'den az kül içerikli kömürlerin elde edilebileceği gösterilmiştir. Çok özel amaçlar için kullanılabilecek bu kömürler, lavvarlarda üretilen iri boyutlardaki kaliteli kömürlerimizin daha farklı değerlendirilmesine ve çok yüksek fiyatla pazarlanmasına olanak sağlayacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. MILLER, K.J., Coal - Pyrite Flotation in Concentrated Pulp ; A Pilot Plant Study, *U.S.* Bureau of Mines, Report of Investigation, 8239, 1977.
2. MILLER, K.J., Deesulphurization of Various Mid western Coals by Flotation, U.S. Bureau of Mines, Report of Investigation 8262, 1978.
3. SMITH, F.J., ANAST, K.R., BHASIN, A.K., Properties Ultra-Clean-Water Slurry Fuels for Directory Fine Gas Turbines, The Amer. Soc. Mechanical Engineers, Rep. No : 84- JPGC-GT- 5, Oct. 1984.
4. SIMMONS, F.J., KELLER, D.V., Two Ton-Per-Day Production of Otisca T-Process Ultra-Clean Coal/Water Slurry, 10th. Intern. Coal Preparation Congress, Vol. 1, Sept. 1-5,1986, Edmonton-Canada, 1-9 p.
5. OZBAYOĞLU.G., Determination of the Flotati on characteristics of Several Turkish Bituminous Coal Seams in Zonguldak Coal Basin, Ph.D.Thesis, METU, Mining Eng. Department Ankara, Dec. 1977.
6. MAMUREKLI-M., An Investigation on the Production of Super Clean Coal from Zonguldak Basin, Master Thesis, METU, Mining Eng. Department, Ankara, Sept. 1987.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal congress of TURKEY

İNCE TANELİ KÖMÜRLERİ» SEÇİMLİ PİRİT FLOKÜLASYONU

SELECTIVE FLOCCULATION OF PYRITE FROM FINE COAL

Hüseyin KOCA*

Colin POOLE**

Sabiha KOCA***

ÖZET

Seçimli flokülasyon testleri ocaktan alınmış -0,045 mm boyutundaki kömür numuneleri üzerinde uygulanmıştır. Seçimli flokülasyonun uygulanabilirliği kullanılan flokülantın sistemdeki minerallerden birine seçimli olarak adsorplanabilmesine bağlıdır. Bu çalışmada Polietilen Glikol'un yapısına ksantatların eklenmesi ile laboratuvarda üretilen Polietilen Glikol Ksantat (PEGX) flokülant olarak kullanılmıştır. Molar ağırlıkları 2000 ile 20000 arasında değişen flokülantların pirit yüzeyine seçimli olarak adsorplandıkları görülmüş ve önemli oranlarda (%78.6) piritik sülfür indirimi elde edilmiştir.

ABSTRACT

Selective flocculation tests were conducted on a natural coal sample having a particle size of -0,045 mm. The applicability of selective flocculation depends upon the adsorption of flocculant on one mineral but not all in the system. In this work Xanthated Polyethylene Glycol (PEGX) which was produced in the laboratory by incorporating xanthate into the structure of Polyethylene Glycol was used as flocculant. Flocculants of varying molecular weights- between 2000 and 20000 were observed to adsorb selectively on pyrite, producing substantial amounts of pyritic sulphur reduction (up to 78.6 %).

(*) Maden YÜk.MÜh., Açık Ocak Vardiya MÜh., G.L.İ.Seyitüner Böl., rıfjEAHYA

(**) Dr., Öğr.Üyesi, Leeds Uni., Maden ve Mineral MÜh.BÖL., LEEDS İNGİLTERE

(***) Maden YÜk.MÜh., Araş.Gör., A.Ü.MÜh.Mim.Fak.Maden MÜh.Böl., ESKİŞEHİR

1. GENEL BİLGİLER

Sülfürün kömür ile birlikte yanması sırasında açığa çıkan sülfür dioksit gazı çevre sağlığı açısından zararlıdır. Bu yüzden kömürlerden sülfür yüzdelerinin düşürülmesi önemlidir. Bugün kullanılmakta olan yöntemler ile kömür içindeki sülfür miktarları ya yanmadan sonra çıkan gazlardan kükürt gazının uzaklaştırılması (Flue Gas Desulphurisation) ile ya da yanmadan önceki fiziksel ve kimyasal yöntemler ile düşürülebilmektedir (1). Kömürün sıvılaştırılması ya da gazlaştırılması ile suni yakıt elde edilmesi de henüz geniş araştırmalar gerektirdiğinden kükürt uzaklaştırılması için bugün kısa vadede bir çözüm olmaktan çıkmaktadır. Akışkan gazlardan kükürt uzaklaştırılması (FGD) bugün yaygın olarak termik santrallerde yüksek maliyet ve uygulama zorluklarına rağmen etkili olarak uygulanabilen tek yöntemdir (2).

Yanmadan Önce kükürdün fiziksel veya kimyasal yöntemler ile uzaklaştırılması ise kömürlerin ince boyutlara kadar öğütülmesini gerektirdiğinden proses kayıplarına neden olmaktadır. Kömürün yapısında bulunan organik sülfürün uzaklaştırılmasında etkili olabilecek kimyasal yöntemlerde halen pratik olarak uygulama safhasına geçirilebilmiş değillerdir (2). Dolayısı ile piritik sülfürün fiziksel yöntemler ile yanmadan önce uzaklaştırılması, gerekli görülürse yanmadan sonra da akışkan gazlardan kükürtdioksit gazının uzaklaştırılması en son yapılan çalışmalarda önerilmiştir (3). Uygulanabilecek fiziksel yöntemin seçimi ise pirit taneciklerinin kömürden serbestleşme boyutlarına bağlıdır. Bazan bu boyut mikronlarla ölçülebilen büyüklüklere kadar inebilmektedir. Bu gibi durumlarda uygulanabilen flotasyon yöntemi bile başarı ile uygulanamamakta, kayıpları çok miktarda arttırmaktadır (4,5). Son yıllarda özellikle demir ve fosfat cevherlerinin zenginleştirilmesi işlemlerinde geniş uygulama alanları bulan "Seçimli Flokülasyon", uygun koşullarda ince boyutlu kömürlerden piritik sülfürün uzaklaştırılmasında da kullanılabilceği düşünülmüş ve bu çalışmada ocaktan alınan -0.045 mm boyutlu yüksek oranda piritik sülfür içeren kömür numunesi üzerinde denenmiştir.

Seçimli flokülasyonun özellikleri literatürde geniş olarak verilmiştir (3,6). Flotasyon mekanizması ile yakın benzerlik gösteren seçimli flokülasyon da, üzerinde uzun yıllar geniş araştırmalar yapılmış olan flotasyon tecrübelerini de kullanarak kısa zamanda büyük aşamalar kaydedilmiştir. Bu araştırmalar sonucunda şu anda biri Amerika'da demir cevheri, diğeri Kanada'da fosfat cevheri kazanılmasında iki cevher hazırlama tesisinde seçimli flokülasyon ticari olarak başarı ile uygulanmaktadır (7). Sülfürlü minerallerin flotasyonudage geniş araştırmalara maruz kalmıştır. Bu araştırmaların ışığı altında piritin ksantat içeren bir flokulant ile çöktürülmesi ve kömürün süspansiyonda bırakılması ya da piritin yine ksantat içeren bir dağıtıcı (dispersant) ile dağıtılması ve kömürün bir flokulant ile çöktürülmesi teorik olarak mümkündür. Burada sözü edilen ikinci olasılık, yani bir ksantatlı dağıtıcı ile piritin süspansiyonda dağıtılması ve bir flokulant ile kömürün çöktürülmesi 1980'li yıllarda denenmiş ve sonuçları literatürde verilmiştir (8, 9). Buna göre ksantat içeren Poliacrilik Asitjpiritin süspansiyonda dağıtılması işleminde kullanılmış ve Polyacrylamid flokulant ile de kömür çöktürülmüştür. Bu çalışmanın sonucunda suni olarak 1:1 oranında karıştırılan pirit ve kömür tanecikleri arasında bir ayırma işlevi elde edilmişse de, son üründe piritik sülfürün sadece % 7 ve % 17 oranlarında azaitilabildiği görülmüştür. Bunun başlıca sebebi piritin yüksek olan yoğunluğundan dolayı hızla, graviteden dolayı çökmesindedir. Bu durumda yukarıda sözü edilen birinci olasılık, yani piritin çöktürülerek kömürün süspansiyonda dağıtılması işlemi pratikte daha fazla uygulanabilirlik kazanabilecektir. Bu çalışmada yüksek oranda piritik sülfür içeren bir kömür numunesinde ksantat içeren bir flokulant ile pirit tanecikleri çöktürülmüş, bir dağıtıcı yardımı ile de kömür tanecikleri süspansiyonda bırakılmışlardır. Daha Önce başka bir çalışmada, polietilen glikol polimer, flokulant olarak başarı ile kullanılmış ve zig-zag şeklinde yapıya sahip olan moleküler zinciri ile flokülasyonda köprü yöntemi (Bridging) olarak bilinen metod ile salkımları (flok) oluşturduğu gözlenmiştir (10). Burada bu polimerin yapısına laboratuvar

ksantatlar eklenerek pirit için özel bir afinitisi olan ksantatlı bir flokulant elde edilmiştir. Üç değişik molar ağırlıkta, 2000, 6000 ve 20000'ı flokulantlar deneylerde kullanılmıştır.

2. DENEYLER

2.1. Kullanılan Malzeme ve Numunelerin Hazırlanması

Kömür numunesi İngiltere Kömür İşletmeleri tarafından tüvenan kömür olarak sağlanmış ve yıkanan kömürler açık havada kurutularak bir çubuklu değirmende -0,6 mm ye Öğütülmüş, hava almayan plastik torbalarda depolanmıştır. Saf kömür taneciklerinin floküle edilebilme kabiliyetlerini âşçmek için 0.6 mm kömürden alınan bir kısım numune de; 1.3 yoğunluğundaki ağır sıvıda yüzdürülmüş, yüzen kısım kurutularak plastik torbalarda depolanmıştır. Bir ticari şirketten sağlanan saf pirit tanecikleri de -0,6 mm ye öğütülerek yine hava almayan torbalarda saklanmışlardır.

Yıkanmış ve- temizlenmiş kömür tanelerinin toplam ve piritik sülfür analizleri British Standartlarına uygun olarak yapılmış ve değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

Kömür ve saf pirit numuneleri deneylerden hemen Önce Teema değirmeninde % 5 + 0,045 mm ye Öğütülerek oksidasyona uğramaları engellenmiştir.

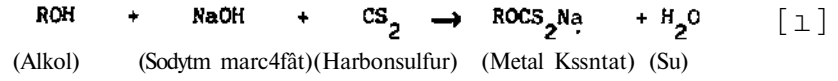
Çizelge 1. Kömür Numunelerinin Sülfür Analizleri

<u>Numune</u>	<u>Toplam Sülfür (%)</u>	<u>Piritik Sülfür (%)</u>
Yıkanmış Kömür	5.90	5.3fl
TuhluMü HNMü	JLJIX "	0.97

Kullanılan dağıtıcılar (dispersantlar) laboratuvarında kullanılan saf-
lıkta olup. Sodyum Polistren Sülfanat (Versa TL-500), Dispex A 40 ve
Dispex N 40 (Sodyum Poliacrilic) dir.

2.2. Polietilen Glikol Ksantat in (PEGX) Hazırlanması

Daha önce Attia ve Ferstenau tarafından slfrlu minerallerin dağı-
tılması için üretilen "Ksantatlı Poliacrilic Asit" retiminde kullanılan
yöntem burada da kullanılmıştır (B). Yöntem ksantatların elde edilmesin-
de kullanılan genel reaksiyonun kullanılan malzemelere uygun bir uygula-
masıdır. Bu ^enel reaksiyon aşağıda verilmiştir fil).



Reaksiyon dönen bir tekerleğin üzerine monte edilmiş şişelerin ie-
risinde, sıcaklığı sabit tutan bir su banyosunda meydana gelmiştir. Re-
aksiyonun önemli değişkenleri; polimer/karbon sülfür/su oranları reaksi-
yon zamanı, reaksiyon ısısı ve karışma hızı standartlaştırılmış ve **i-
zelge 2¹ de verilen şartlar uygulanmıştır.**

Çizelge 2. Reaksiyon şartları

Saf su	100 cm ³
Polietilen Glikol	1 fi
Sodyum Hidxtait Tabletleri	10.8 g
Karbon sülfür	24 cm ³
Reaksiyon ısısı	40°C
Reaksiyon zamanı	2,5 saat
Karışma hızı	40 devir/dak.

Reaksiyon sonucu elde edilen kırmızı renkli solüsyon Ksantatlı Polietilen Glikol (PEGX) olarak adlandırılmış ve güneş ışığından uzakta ve oda sıcaklığında bir hafta süre ile depolanmıştır. Daha uzun süreli bekletildiğinde CS bileşimin yapısından çözülerek PEGX'in bozulduğu gözlenmiştir.

Infrared spektra yöntemi ile, elde edilen PEGX'in yapısında ksantatların olduğu gösterilmiştir. Ksantat gruplarının 813 ile 1200 *cm* arasındaki bölgede adsorpsiyon bandları gösterdiği bilinmektedir (11,12). Her uç moleküler ağırlıktaki PEGX flokulantlarında da aynı bölgelerde karakteristik adsorpsiyon bandları bulunmuştur (3).

2.3. Seçimli Flokulasyon Deneyleri

İki ayrı tür deney yapıldı. Önce saf kömür ve saf pirit taneciklerini içeren pulplarda optimum ayırma şartlarını elde etmek için flokulasyon deneyleri yapıldı. Daha sonra da ilk denemelerden elde edilen şartlarda ocaktan alınıp hazırlanan numune üzerinde seçimli flokulasyon deneylerine geçildi.

Seçimli flokulasyon deneyleri 2 litrelik *ayırma hunilerinde* musluk suyu kullanılarak yapıldı. Önce istenilen miktarda dağıtıcı (dispersant) içeren 1 litre su ayırma hunisine kondu ve ayarlanabilir bir mekanik karıştırıcı ile karıştırıldı. Daha önceden tartılıp hazırlanmış kuru numuneler pulpe dökülerek karıştırıcı hızı 1200 devir/dak ayarlandı. Belirli bir kondusyon zamanından sonra pulpun pH'si 0.1 M Hidroklorik asit veya 0.1 M Sodyum hidroksit ile ayarlandı ve ardından PEG flokulant sisteme eklendi. Sistemin pH'si tekrar ölçüldü gerekli ise tekrar ayarlandı ve karıştırma hızı 350 devir/dak'ya düşürüldü. Bu şartlarda flokulasyonun salkımlaşmaların oluşmasından sonra karıştırma işlemi durdurularak flokların çöktürülmesi için 5 dakika çökelme süresi verildi, ayırma hunisinin dibine çöken floklar huninin alt kısmından musluk aracılığı ile alındı, geri kalan süspansiyondan da kömür tanecikleri fiiltrasyon

ile elde edildi. Her iki fraksiyon kurutulduktan sonra tartıldı, toplam ve piritik sulfur analizleri yapıldı.

Aynı yöntem saf kömür ve pirit taneciklerini içeren süspansiyonların flokülasyonunda da kullanıldı. Çöktürme işleminden sonra oluşan floklar kurutularak, çökelen malzeme yüzdesini bulmak için tartıldı.

2.4. Minerallerin YüzeY Potansiyellerinin (Zeta Potansiyelleri) Ölçülmesi

Flokülasyon ve flokulant adsorpsiyon mekanizmalarının çözülebilmelerini sağlamak amacı ile pirit ve kömür taneciklerinin zeta potansiyelleri ölçüldü ve sonuçlar Şekil 1 ve 2'de verildi.

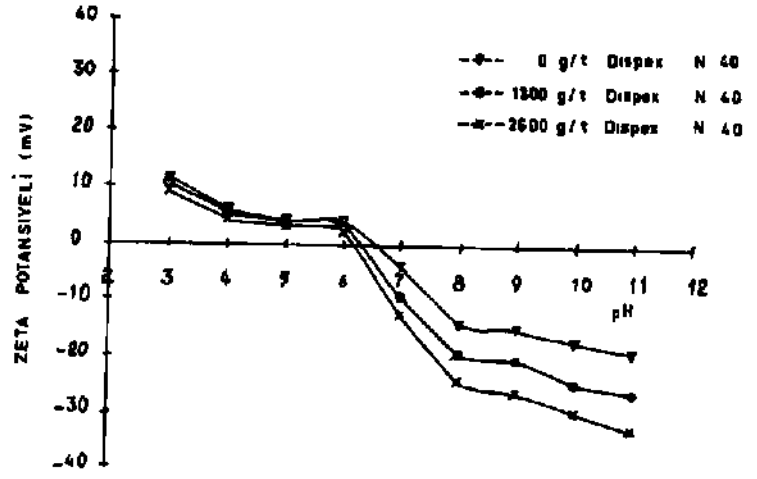
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Deneylerin tamamı ikişer kere tekrarlandı ve ortalama değerleri alındı. Sülfür analizleri de her deneyin fraksiyonları üzerinde ikişer kez yapılarak ortalama değeri alındı. Sonuçlar ise grafikler halinde verildi. Grafiklerde, sadece temiz kömürün içinde bulunduğu süspansiyon fraksiyonunda yapılan analiz sonuçları; toplam ve piritik sülfür ile aynı fraksiyondaki verim ve piritik sülfürdeki azalma yüzdeleri gösterilmiştir.

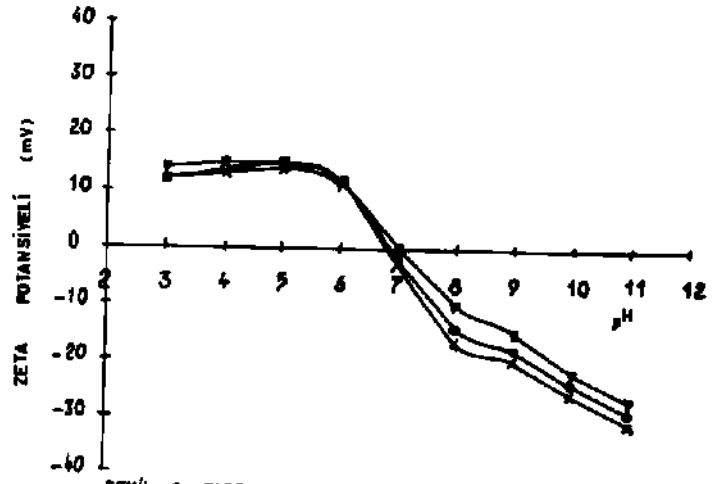
Optimum şartların belirlenmesinde etkili olan değişkenler teker teker denenerek piritin seçimli flokülasyonu için en uygun şartlar tesbit edildi.

3.1. Pirit ve Kömürün Flokule Edilebilme Özellikleri

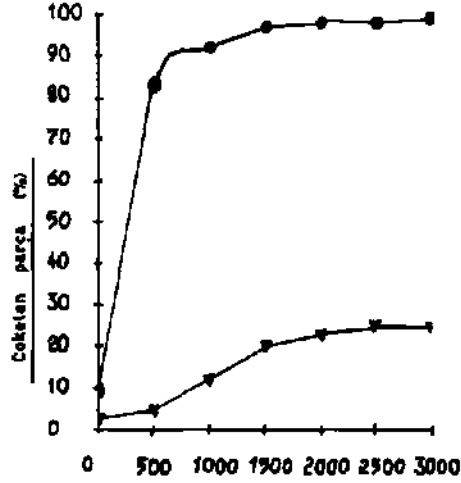
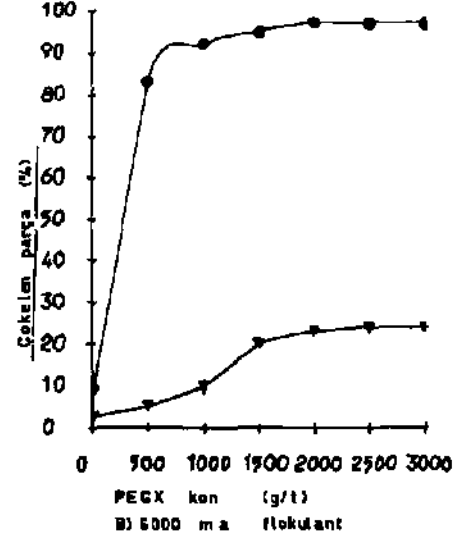
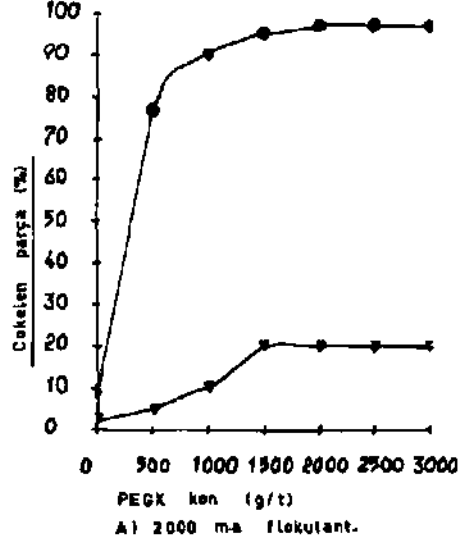
Pirit ve kömürün ayrılabilmesindeki optimum şartların belirlenmesi için önce pirit ve kömürlerin flokule edilebilme kabiliyetleri ayrı ayrı denendi. Buradan elde edilen sonuçlar Şekil 3'te gösterilmiştir. Her üç molar ağırlıktaki flokulant için yapılan deneylerde şu şartlar uygulanmıştır. Katı oranı % 2 W/v, ilk kondüsyon zamanı 10 dak. flokulant



ŞEKİL 1 Dispex N 40 ve pH in fonksiyonu olarak komurun zeta potansiyeli.



ŞEKİL 2 DISPEX N 40 ve pH in fonksiyonu olarak perlitin zeta potansiyeli.



●--- PIRIT
 ▼--- KOMUR

PECK kon tgJO
 C) 20000 m a flokulant

ŞEKİL 3 Pirit «a komur tanaciktinnin flokul« otabilma yattnaklan

kondusyon zamanı 5 dak. ve pH 8. Şeklide görüldüğü gibi laboratuvarında geliştirilen PEGX flokulant, piriti flokule etmekte, kömür ile flokulant arasında önemli bir adsorpsiyon olayı görülmektedir. Sistemi flokulant ilavesi yapılmadan kömürün % 2,5 *u, piritin de % 9'u graviteden dolayı çökelmektedir. Flokulant ilavesi ile pirit süspansiyonunun tam flokülasyonu sağlanırken bu oran kömürde % 20-25 arasında kalmaktadır.

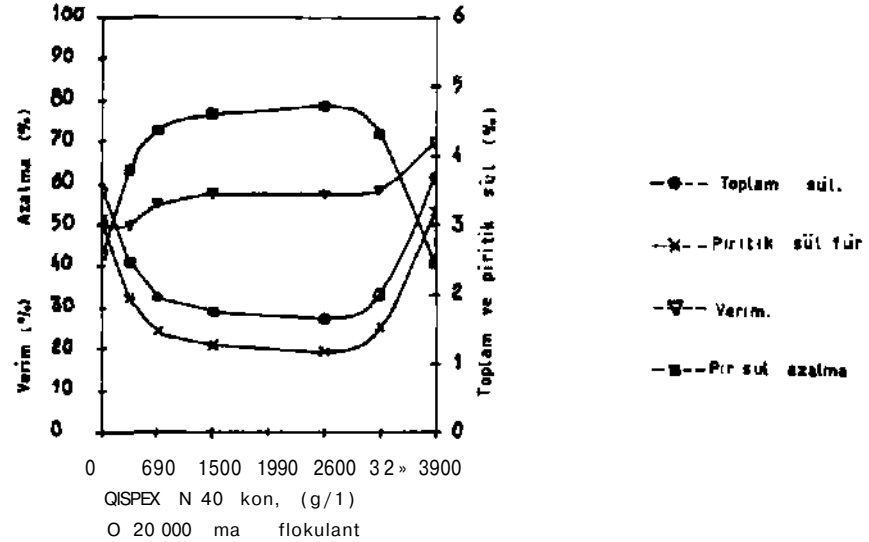
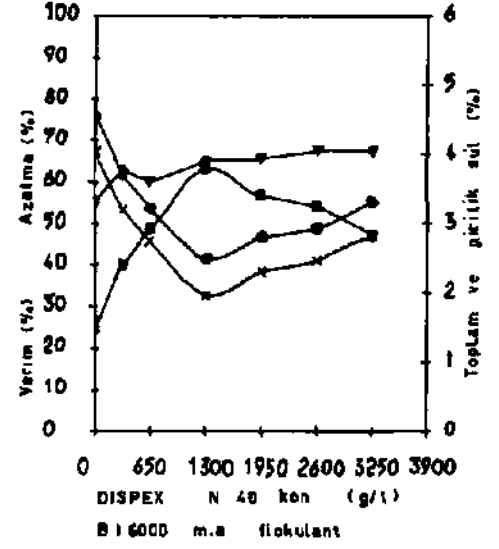
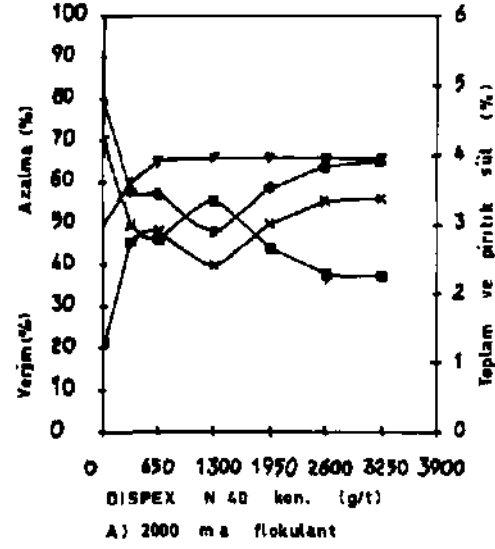
Yapılan zeta potansiyel ölçümlerinde de piritin zpc noktası pH 7, kömürün ise yaklaşık pH 6,5 olduğu ve her ikisinin'de asidik ortamda pozitif, bazik ortamda negatif yüklendikleri saptanmıştır (Şekil 1 - 2) .

Zet potansiyel ölçümleri ve yapılan flokülasyon deneylerinden çıkarılabileceği gibi aşağıda sıralanan nedenler ile piritin kömürden seçimli flokülasyonu mümkün görülmüştür.

- a- Flokulant yokluğunda kömür tanecikleri daha stabl bir süspansiyon oluşturmaktadır.
- b- Her iki mineralin de zpc noktaları birbirine yakın ve aynı ortamlarda benzer elektrik yükü ile yüklendiklerinden aralarında bir hetero-koagülasyon (birbirine yapışma) olasılığı'azalmaktadır (13).
- c- Pirit floklarının çökmesi yoğunluklarının fazlalığından dolayı daha çabuk olmaktadır.
- d- Kullanılan Polietilen glikol ksantat flokulant pirit ile floklar oluşturulurken, kömür ile herhangi bir adsorpsiyon göstermemektedir.

3.2. Kullanılan Dağıtıcının (dispersant) Tip ve Miktarının Tesbiti

Yukarıdaki deneyde bulunan optimum şartlarda ocaktan alınan doğal numune üzerinde yapılan ilk denemelerde bir ayırma işlemine rastlanmadı. Dispersant kullanılmadan ve 2500 g/ton flokulant konsantrasyonu ile yapılan deneylerde minerallerin hetero-koagülasyonu gözlemlendi. Literatürde hetero-koagülasyonun olmaması için sistemdeki parçacıkların benzer yükü taşımaları ve bu yüklerin mutlak değerlerinin de en az



ŞEKİL. 4 DISPEX H 40 Uonsantrasyonunun floku (afyon uzarina atkısı,

+/- 15 mV olması gerektiği belirtilmiştir (13,14). Halbuki burada sözü edilen şartlarda kömürün yükü - 13 mV, piritinki ise - 10 mV tur. Bu yüzden sistemde dispersantlar kullanılması zorunlu olarak düşünülmüştür. Bu araştırmada uç ayrı dispersant. Sodyum Polistren Sulfanat (Versa TL-500), Dispex A 40 ve Dispex N 40 (Sodyum Poliacrilic) kullanılmıştır. Bunların içerisinde Dispex N 40 'in en uygun olduğu görülmüş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4' te gösterilmiştir.

Deneyde katı oranı % 2, ilk kondüsyon zamanı 10 dak, ikinci kondüsyon zamanı 5 dak, pH 8 ve flokulant konsantrasyonu ise 2000 molar ağırlıktaki PEGX için 2000 g/ton, 6000 ve 20000 m.a. PEGX için de 2500 g/ton olarak alınmış, dispersant konsantrasyonu 0 ile 3900 g/ton arasında de"ğiştirilmiştir.

Şekilden görüldüğü gibi dispersantın kullanılmasından sonra piritik sülfür azalma yüzdesinde önemli artışlar görülmektedir. Flokulantın molar ağırlığı arttıkça piritik sülfürdeki azalma yüzdesi ve optimum dispersant konsantrasyonu artmaktadır.

Dispex N 40^Tın kullanılmasından sonra ayırma işleminin gelişme göstermesinin sebebi, dispersantın minerallerin yüzeyinde yapmış olduğu etkilerin incelenmesi ile anlaşılır. Dispex N 40 taki akrilik iyonu minerallerin yüzeylerine adsorb olarak onların yüzey yüklerini arttırdığı Şekil 1 ve 2'de görülmektedir. Bu artış ile hetero-koagülasyon olayında da önemli bir azalma olduğu görülmüştür. Kömürün yüzeyindeki yük artışı ise piritten çok daha fazladır ve bu da kömür taneciklerinin koagülasyon ve flokülasyon özelliklerini azaltmaktadır. Pirit yüzeyindeki yük artışı ise flokülasyonu engelleyebilecek büyüklükte değildir. Bundan başka flokulantın mineral yüzeyine adsorb olmasından sonra flokların oluşmasını sağlayan asıl kuvvet flokulantın köprü (bridging) oluşturma gücüdür (3). Koağulatta ise asıl güç parçacıklar arasındaki Wan-dor Waals kuvvetlendir ve yüzey yüklerinin belirli bir değeri aşmasından sonra kırılabilir. Flokülasyonda da, literatürde her mineral

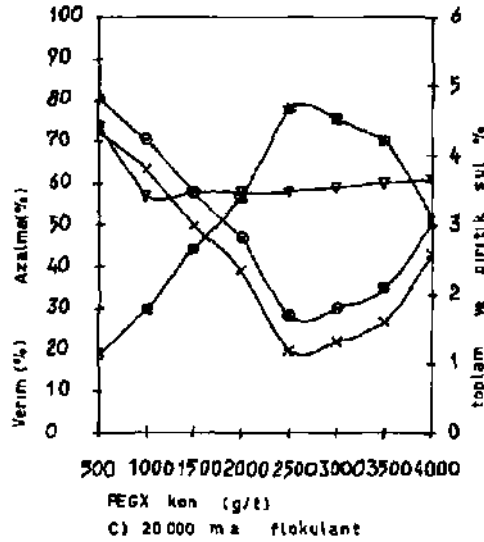
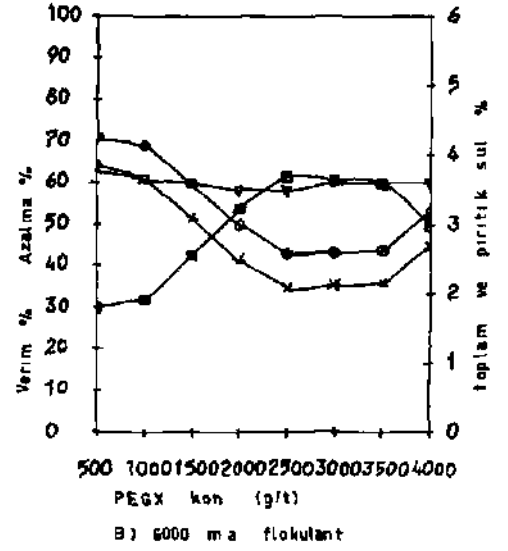
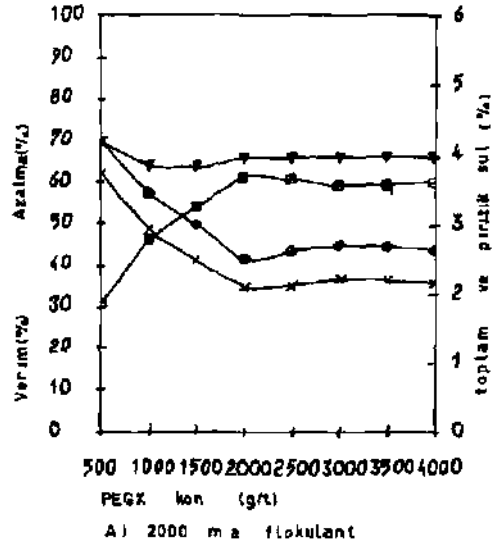
flokulant arasında bir kritik zeta potansiyel değerinden söz edilmektedir (5). Burada da böyle bir kritik zeta potansiyeli görülmektedir (Şekil 2 ve 4). Bunlar 2000 ve 6000 m.a. PEGX için -17 mV, 20000 m.a. PEGX için - 20 mV tur.

3.3. Flokulantın Molar Alırlığı ve Konsantrasyonu

Deney şartları yukarıda açıklananlar ile aynıdır ancak dispersant konsantrasyonu 2000 ve 6000 m.a. PEGX için 1300 g/ton, 20000 m.a. PEGX için 2600 g/ton alınıp flokulant miktarı 500 ile 4000 g/ton arasında değiştirilmiştir. Sonuçlar Şekil 5'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi piritik sülfür azalma yüzdesinde her uç molar ağırlıktaki flokulant için belirli bir noktaya kadar yükselme görülmüş daha sonra ise bu artış durarak ağır molar ağırlıktaki PEGX için düşüşler kaydedilmiştir. Verim ise 2000 m.a.'taki PEGX için sabit kalırken ağır PEGX'ler için ise hafifçe artmıştır. Bu artışın sebebi flokule olmayan pirit tanecikleridir. Pirit taneciklerinin farklı molar ağırlıktaki flokulantlara karşı olan farklı davranışlarının sebebi, yüzeyin tamamen polimer ile kaplanması (total coverage) ile açıklanabilir. Eğer parçalar tamamen polimer tarafından kaplanmış ise diğer bir polimer incirinin köprü oluşturabilmek için aynı minerale adsorpsiyonu mümkün olmamakta dolayısı ile tecrit olan tanecik süspansiyonda stabl halde kalmaktadır (15). Yüzeyin tamamen kaplanarak taneciklerin tekrar stabl hale gelmeleri, çalışılan flokulant konsantrasyonlarında 2000 m.a. PEGX için oluşmadı ancak 6000 ve 20000 m.a. PEGX'ler için olduğu açıkça görülmektedir (Şekil 5).

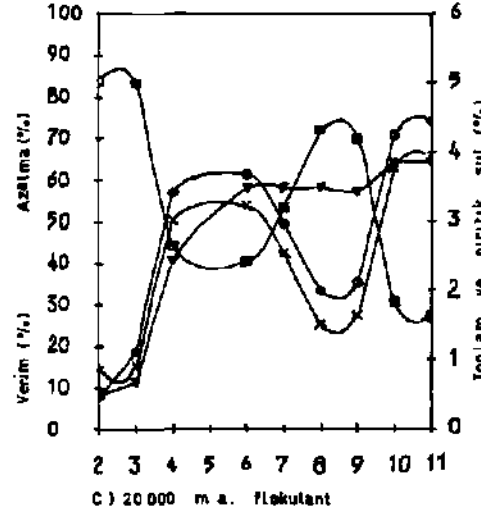
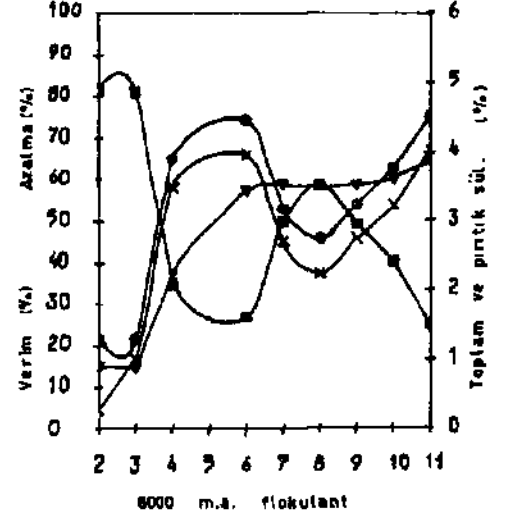
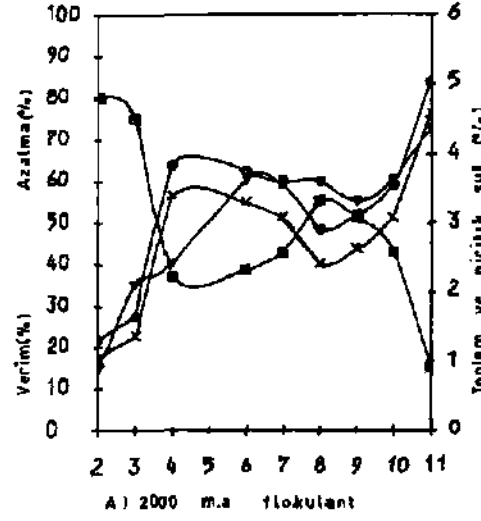
3.4. Pülp pH'ı

Yukarıda verilen şartlar sabit tutularak pülpün pH'ı 2 ile 11 arasında değiştirildi. Flokulant konsantrasyonu ise 2000 m.a. PEGX için 2000 g/ton, 6000 ve 20000 m.a. PEGX'ler için de 2500 g/ton olarak alındı. Sonuçlar Şekil 6'da verildi. Görüldüğü gibi düşük pH değerlerinde (2 ve 3) süspansiyondaki minerallerin tamamı flokule edildi. Buradaki



- Toplam sulfür
- x- Piritik sulfür
- ▽- Verim
- Piritik Sul Azalma

ŞEKİL 5 Flokulantın konsantrasyonu ve molar ağırlığının flokulasyona etkisi



- Toplam sülfür
- ×-- Piritik sülfür
- Verim.
- Pir. Sül. Azalma.

ŞEKİL - 6 pH in flokulasyona etkisi

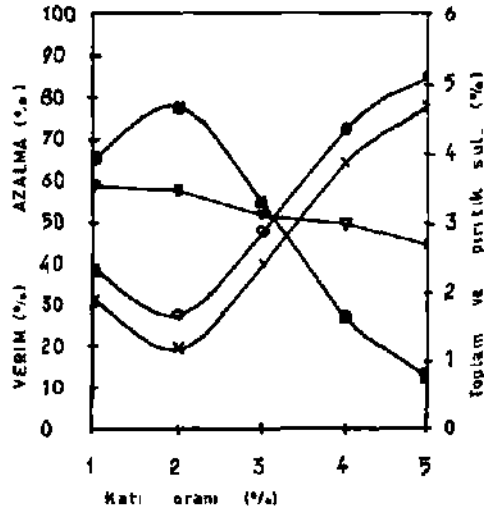
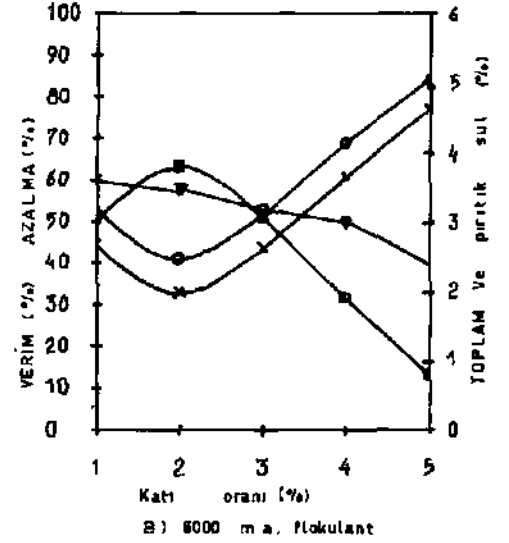
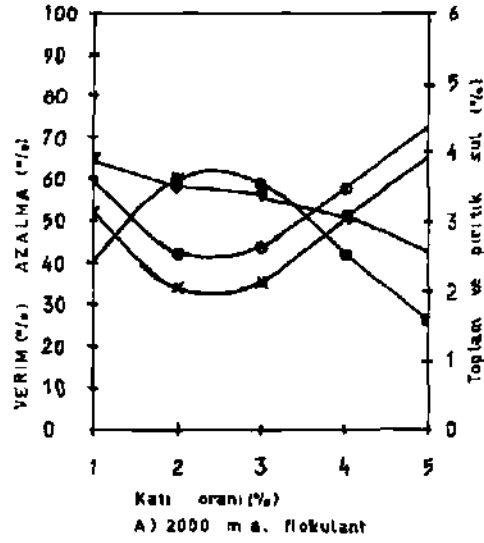
mekanizmanın, pozitif yüklü kömür ve pirit taneciklerinin negatif yüklü ksantatlı Polietilen Glikol ile iyonik bağ, olduğu ve bundan dolayı oluşan floklar ile çökelmenin elde edildiği açıktır. pH 4'ten sonra ise kömürün pozitif yükünün azalması ile kömür ve PEGX arasındaki iyonik bağın şiddeti giderek azalmış ve ayırma işlevi görülmeye başlanmıştır. pH 8'de ise en iyi ayırmanın olduğu nokta elde edilmiştir. Burada pirit ile PEGX arasındaki adsorpsiyon mekanizması normal bir sülfürlü mineral-ksantat ilişkisidir. pH'ın daha da artması ile süspansiyondaki flokulasyon olayı iyici azaldığı görülmektedir. Yukarıdaki açıklamadan görüleceği gibi sistemde en az iki ayrı adsorpsiyon mekanizmasının olduğu açıktır. İlki yukarıda kısaca sözedilen iyonik bağ adsorpsiyonu, ikincisi ise pirit-ksantat adsorpsiyonudur. Literatürde ksantatların piritler ile olan adsorpsiyonları kısaca şöyle açıklanmıştır: Pirit yüzeyinde var olan oksijen ile iki ksantat iyonu okside olarak diksantatların oluşmasıdır (16,17). Yine aynı araştırmacılar pH 9'un üzerinde bu sistemlerde diksantatların oluşamayacağını kanıtlamışlardır. Bu da sistemin yüksek pH değerlerindeki floküle olamama kabiliyetlerini açıklamaktadır.

3.5. Katı Oranı

Pülpün katı oranı % 1 ile % 5 W/V arasında değiştirildi ve sonuçlar Şekil 7'de gösterildi. Her üç PEGX flokulant için % 2 W/V'luk katı oranı optimum olarak bulundu.

Seçimli flokulasyonun temel özellikleri açıklanırken; çalışılan bir sistem için katı oranının bir alt ve üst limitinin olduğu literatürde verilmiştir. Bu limitin üzerine çıkıldığında floküle edilmek istenmeyen minerallerin de çökelen mineraller ile aşağıya taşındığı, limitin altında kalındığında ise buna zıt olarak kayıplara sebep olduğu ya da daha fazla flokulant konsantrasyonuna gerek duyduğu deneysel olarak çoğu defalar kanıtlanmıştır (3,6).

Burada elde edilen sonuçlar da bu kuralı onaylar niteliktedir. Şekilde görüldüğü gibi düşük katı oranlarında verim yüzdesi yüksek, piritik



- -- Toplam sulfur
- × -- Piritik sulfur
- ▼ -- Verim.
- -- Pir Sul Azalma.

C) 20000 m.a. flokulant.

ŞEKİL 7 Katı oranının flokulasyona etkisi

sülfür azalma yüzdesi düşüktür buda süspansiyonda bir* miktar piritin bırakıldığını göstermektedir. Buna karşın yüksek katı oranlarında da flokule edilen malzeme miktarı artarken, piritik sülfür yüzdesi düşmektedir. Flokule olan malzemenin artmasının sebebinin polimerin zincir şeklinde oluşturduğu salkımların arasına sıkışıp kalan ve kaçamayan kömür tane-ciklerinin oluşturduğu açıktır. Bu olaya seçimli flokulasyonda "Entrapment" denir. Piritik sülfür azalma yüzdesinin düşmesinin sebebi de ortamda bulunan çok sayıda malzemedan dolayı oluşan tesadüfi flokulasyon yani "Random Flocculation" dır.

Buradaki şekilde polimerin molar ağırlığının flokülasyona olan etkileride açıkça görülmektedir. Kömür fraksiyonunda elde edilen malzeme verimi molar ağırlık arttıkça düşmektedir. Yani polimerin moleküler zinciri uzadıkça floküle etme kabiliyeti arttığı gibi daha fazla entrapment olayından dolayı daha fazla istenmeyen malzemeyi de aşağıya çekmektedir.

3.6. Kondüsyon Zamanları

Süspansiyon içindeki minerallerin etkili bir biçimde dağıtılabilmeleri için yeteri kadar uzun bur süre yüksek şiddetle karıştırılmaları gerekmektedir. Bu süre içinde süspansiyona eklenen dispersant ile mineral yüzeyleri arasında bir takım reaksiyonların oluştuğu da bilinmektedir. Bu sürenin iyi belirlenmesi gerektiği çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (18). İlk kondüsyon zamanı 2 ile 16 dakika arasında değiştirilmiş ve ilk 6 dakikadan sonra elde edilen sonuçların sabit kaldığı tesbit edilmiştir.

Sisteme flokulantm eklenmesinden sonra da karıştırma şiddeti düşürülerek, flokların oluşabileceği kadar uzun bir süre ikinci bir kondüsyon zamanı verilmiştir. Bu sürede 1 ve 7 dakika arasında değiştirilmiştir. Burada da ilk 3 dakikadan sonra elde edilen sonuçlarda önemli bir değişiklik görülmemiştir. Kısa kondüsyon zamanlarında flokulantm süspansiyonda eşit şekilde dağılması sağlanamadığından yeteri büyüklükte floklar oluşamadığı için elde edilen piritik sülfür azalma yüzdesi çok düşük seviyede kalmıştır.

A. FLOKULASYON MEKANİZMASI

Diksantat moleküllerinin pirit yüzeyinde oluşması ile yukarıda açıklanan flokulantın adsorpsiyonu mekanizması flokulasyon mekanizmasının da temelini oluşturmaktadır. Uzun moleküler zincirlerden oluşan Polietilen Glikol Ksantat polimerin zincirlerine çok sayıda pirit taneciği adsorplanarak floklar oluşturmakta bu da flokulasyonda "Bridging" yani "Köprü" mekanizması olarak bilinmektedir. Birden fazla moleküler zincirler aracılığı ile çok sayıda pirit taneciğinden oluşan salkım şeklindeki köprüler "flokları" oluşturmakta ve bu salkımlarda gravitenin etkisi ile hızla çökerek flokulasyon mekanizmasını tamamlamaktadır.

5. SONUÇ

Yukarıda açıklanan veriler ışığında piritin seçimli flokülasyonu ile kömür içerisindeki sülfür yüzdesinin önemli oranda düşürüldüğü açıkça görülmektedir. Yapısına ksantatların eklenmesi ile elde edilen PEGX flokulant uygun koşullarda kömürden sülfür azaltılması için iyi bir flokulant özelliği göstermektedir. % 78.6 lık bir piritik sülfür azalma oranı küçümsenmeyecek bir büyüklüktür. Ancak sistemin en büyük handikapı verimin düşük yüzdelerde seyretmesidir (% 57.6). Çok ince boyutlarda uygulanan ve çoğu zaman gözden tamamen artık olarak çıkarılmış malzemeler üzerinde uygulama olanağı bulabilen bu yöntem; daha çok yeni ve kömür numuneleri üzerinde de bir kaç yıldır uygulanabilir olması, ileride daha da geniş araştırmalar ile ülkemizin de sorunu olan temiz yakıt elde edilmesinde ve kayıpların azalmasında bir katkısının olabileceği bir hakikattir.

TEŞEKKÜR

Bu projenin gerçekleşmesinde büyük katkıları olan Leeds Üniversitesi Maden ve Mineral müh.Böl.Bask.Prof.P.A.YOUNG'a, İngiliz Kömür İşl.Bretby Kömür Hazırlama Tesisi, Teknolojik Gelişmeler Şube Müdürü Dr.J.ABBOT'a ve projeye finansal destek sağlayan TKİ Kurumu Genel Müdürlüğü'ne teşekkür edilir.

KAYNAKLAR:

1. RAWSON, N.A., 1986, Desulphurisation of Coal by Microwave Energy, Ph.D.Thesis, The University of Leeds, England.
2. MORRISON, G.F., 1982, Control of Sulphur Oxides from Coal Combustion, IEA Coal Research, No: 1 CT 15 / TR 21 London.
3. KOCA, H., 1987, The Separation of Pyrite from Fine Coal by Selective Flocculation, M.Phil Thesis, The University of Leeds, England.
4. BURDON, R.G., BOOTH, R.W., 1976 Factors Influencing the Selection of* Process for Beneficiation of Fine Coal, VII Int. Coal Prep. Congress. Australia.
5. FRIEND, J.P. and KITCHENER, J. A., 1973, Some Physico-Chemical Aspects of the Separation of Finely-Divided Minerals by Selective Flocculation, Chemical Engineering Science, Vol.28, pp 1071-1080.
6. YARAR, B., and KITCHENER, J.A., 1970, Selective Flocculation of Minerals,, 1. Basic Principles, 2. Experimental Investigations of Quartz, Calcite and Galena, Trans. Inst. Min. Metall., Vol.179, pp C23-C33.
7. LOWE, N.R.S., and LITTLEFAIR, M.J., 1986, On the Selective Flocculation of Coal, Using Polystyrene Latex, Journal of Inter. Min. Process V-17.
8. ATTIA, Y.A., and FUERSTENAU, D.W., 1982, Feasibility of Cleaning High Sulphur Coal Fines by Selective Flocculation, Int. Min. Process Cong., Toronto, Canada.
9. ATTIA, Y.A., Separation of Ultrafine Pyrite from Coal by Selective Dispersion and Flocculation, Preprints of Papers - American Chem. Soc. Division Fuel Chem, Vol. 30, pp 19-23.
10. EISENLAUER, I, KILLMANN, E., and KORN, M., 1980, Stability of Colloidal Silica (Aerosil) Hydrolysis, Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 74, pp 120-135.
11. RAO, S.R., 1971, Xanthates and Related Compounds, Marcel Dekker Inc., New York.
12. COLTHUP, N.B., LAWRENCE, H.D. and WIRERLY, S.E., 1975, Introduction to Infrared and Raman Spectroscopy, Academic Press Inc., London.
13. SOMASUNDARAN, P., 1980, Principles of Flocculation, dispersion and Selective Flocculation, in Fine Particles Processing, ed. Somasundaran P., Vol. 2, Chapter 48, AIME, pp 947-976.
14. YARAR, B., 1979, Selective Flocculation as a Mineral Beneficiation Process, The Second World Filtration Congress, pp 317-331.
15. LAMER, V.K., and HEALY, T.W., 1965, Flocculation of Mineral Dispersions by Polymers, Proc. VII, Int. Min. Process Congress, NY, Gordon and Breach, pp 359-367.
16. FUERSTENAU, M.C, KUHN, M.C, and ELGILLANI, D.A., 1968, The Role of Dixanthogen in Xanthate Flotation of Pyrite, Trans. AIME, Vol.241, pp 148-156
17. MAJIMA, H., and TAKEDA, M., 1968, Electrochemical Studies of the Xanthate-Dixanthogen System on Pyrite, Trans. AIME, Vol.241, pp 431-436.
18. BAGSTER, D.F. and McILVENNY, J.D., 1985, Studies in the Selective Flocculation of Hematite from Gangue Using High Molecular Weight. Polymers : Part 2: Physical Factors, Int. Journal of Min. Process, Vol.14, pp 21-32.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ

The Sixth Coal Congress of TURKEY

LİNYİTLERDE PİRİTİK KÜKÜRDÜN İKİ
AŞAMALI FLOTASYONLA TEMİZLENMESİ

PYRITIC SULFUR REDUCTION IN LIGNITES
BY TWO STAGE FLOTATION

Halim DEMİREL^v /

ÖZET

Dengesiz petrol fiyatları, düşük kaliteli kömürleri alternatif enerji kaynağı haline getirmiştir. Bununla birlikte yüksek kükürlü kömürlerin çevre kirlenmesine yol açmadan kullanılması için kükürttan temizlenmesi gerekmektedir. Çayırhan linyit ocaklarından saklanan numunelerde piritin bulunuşu ve piritin serbestleşme imkanları incelenmiştir. Yapılan ön deneyler piritik kükürtün iki aşamalı flotasyon nrosesivle azaltılabileceğinin mümkün olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada ikinci aşama revers flotasyonun olumlu sonuç verdimi gözlenmiştir. Piritik kükürt içeriği*! tavan kömür damarı için % 3,81 den % 1,03 e ve taban kömür damarı için ise % 3,21 den % 0,96 ya düşürülmüştür. Kömür kazanım verimi % 60,5 olmuştur,

ABSTRACT

The unstable oil prices made low rank coals an alternative energy source. However high sulfur coals need to be desulfurized before they can be used without causing an air pollution. The pyrite occurrence and pyrite liberation possibilities were examined on lignite samples obtained from Çayırhan lignite mine. Preliminary tests indicated the possibility of reducing the pyritic sulfur by two stage flotation process. In this study second stage reverse flotation appears to give promising results. The pyritic sulfur content was reduced from 3.81 % to 1.30 % for upper coal seam and from 3.21 % to 0.96 % for lower coal seam with 60.5 % coal recovery.

(*)

Doç.Dr. Hacettepe Üniversitesi Maden Müh. Böl.

191

1. GİRİŞ

Son yıllarda düşük kalorili kömürlerin değerlendirilmesine önem verilmiştir. Ancak birçok ülke yüksek kükürlü kömürlerin kullanımı için çok sıkı çevre koruma kurallarına sahiptir.

Pirit ile kömür arasındaki yoğunluk farklılığı nedeniyle iri taneli kömürlerin piritten gravite metoduyla ayrılması mümkün görülmektedir. Bununla birlikte ince tane boylarında piritin kömürden gravite metoduyla ayrılması sorunlar yaratmaktadır. Halen flotasyon en başarılı fiziksel ayırma prosesi olarak görülmektedir(1). Önceki çalışmalarda(2) gösterildiği gibi kömür-pirit sisteminin yüzdürülebilirliği cevher-pirit sisteminden daha karmaşıktır. Linyitler bitümlü kömürlerin aksine çok kuvvetli hidrofilik karaktere ve yüksek derecede iç neme sahiptir(3). Aynı zamanda linyit-pirit sisteminin doğal yüzdürülebilirliğinin düşük olması nedeniyle reaktif sarfiyatı bitümlü kömür flotasyonundan daha fazladır. Kömürlerin çoğu esas olarak üç formda kükürt içerirler, ismen sülfat kükürdü, piritik kükürt ve organik kükürt. Organik kükürt kömür matrisinin entegral bir parçası olduğundan fiziksel temizleme prosesiyle ayırmak mümkün değildir. Piritik kükürt pirit minerali halinde ve normal olarak ayrı ayrı mikroskopik tanecikler olarak bulunmaktadır. Sülfat kükürdünün miktarı genelde yok varsayılabilir. İnce öğütme ve flotasyon prosesi genelde birçok kömürün pirit miktarını azaltma imkanı vermektedir. K.J.Miller(A) yakın geçmişte yayınlanan çalışmasında, kömürün ince öğütülmesinin pirit serbestleşmesini artırdığını belirtmiştir. Miller önce kömürü -0,6mm tane büyüklüğüne öğütüp flotasyon uygulamış, sonra elde edilen yüzen kısmı yaş öpüterek çok-aşamalı flotasyon prosesi uygulayarak piritik kükürt miktarını azaltmıştır. Yaş öğütmede 30 dakika süre sonunda serbestleşmiş pirit taneleri -0,6 mm tane büyüklüğünde % 23 den -0,037 mm tane büyüklüğündeki kömürde % 62 den daha büyük bir delere artmıştır. Miller aynı zamanda yaş öğütmenin kuru öğütmeye göre daha iyi pirit serbestleşmesi verisini göstermiştir. Miller ve Deurbrouck(5) yaş öğütmenin sonuçlarıyla ilgili faydalı bir derleme yayınlamışlardır.

İki aşamalı ters flotasyonun, iki aşamalı doğrudan kömür flotasyonuna göre piritin kömürden ayrılması için daha başarılı sonuç verdiği ispatlanmıştır. Bu prosede birinci aşamada klasik flotasyon prosesi kullanılarak kaba yüzen kömür elde edilmekte ve bu kısım ya doğrudan ya da tekrar öğütülerek uygun pulp yosunlusuna ayarlanıp ikinci aşamada flotasyon beslemesi olarak kullanılmıştır. İkinci aşamada uygun bir bastırıcı ile kömür bastırılıp, pirit toplayıcı reaktif kullanılarak yüzdürülmektedir. PH değerleri Hcl kullanılarak yaklaşık 7'ye ayarlanmaktadır(6,7,8).

Aplan(9), kömür içindeki piritin en iyi şekilde, çok az köpürtücü, düşük hava hızı, düşük karıştırma hızı ve selülde kısa kalma süresiyle ayrılabileceğini önermiştir. Bu prosesi "kap-kaç" tekniği olarak adlandırmıştır.

Carlton(10), pirit tane büyüklüğü daralması ile piritik kükürtün azaltılması arasındaki ilişki üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma pirit tanelerinin mikroskopta incelenmesiyle, piritik kükürtün azaltılmasının daha iyi tahmin edilebileceğini göstermiştir.

Hucko(11) Non-iyonik poliakrilamidin inorganik da'ıtıcı (sodyum heksametafosfat) ile birlikte kömüre yönelik secim¹ flokkulasvon gösterdiğini izlemiştir. Attia(2) Kentucky No.9 kntnür damarından sa"lanan numunelerin seçimli flokkulasvon sırasında çok ince pirit tanelerini damıtmak ve ayırmak için poliuerik da'ıtıcı ve ksanCat kullanmıştır.

Demirel ve Erten(14) yürüttükleri bir çalışmada ince tane bovituna Öğütülen kömürlerde piritin iki aşamalı ters flotasyonla ayrılabilce"ini göstermişlerdir. Ayrıca pülp yo"unlu"u azaldıkça flotasyon veriminin arttırıda izlenmiştir.

Bu tebliğin konusu olan çalışmada kullanılan numuneler favırhan linyit ocaklarının tavan ve taban damarlarından alınmış olup ön deneyler Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında ve ayrıntılı analizler ise A.B.D., University of Missouri-Rolla, Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır.

2. DENEYSEL YÖNTEM

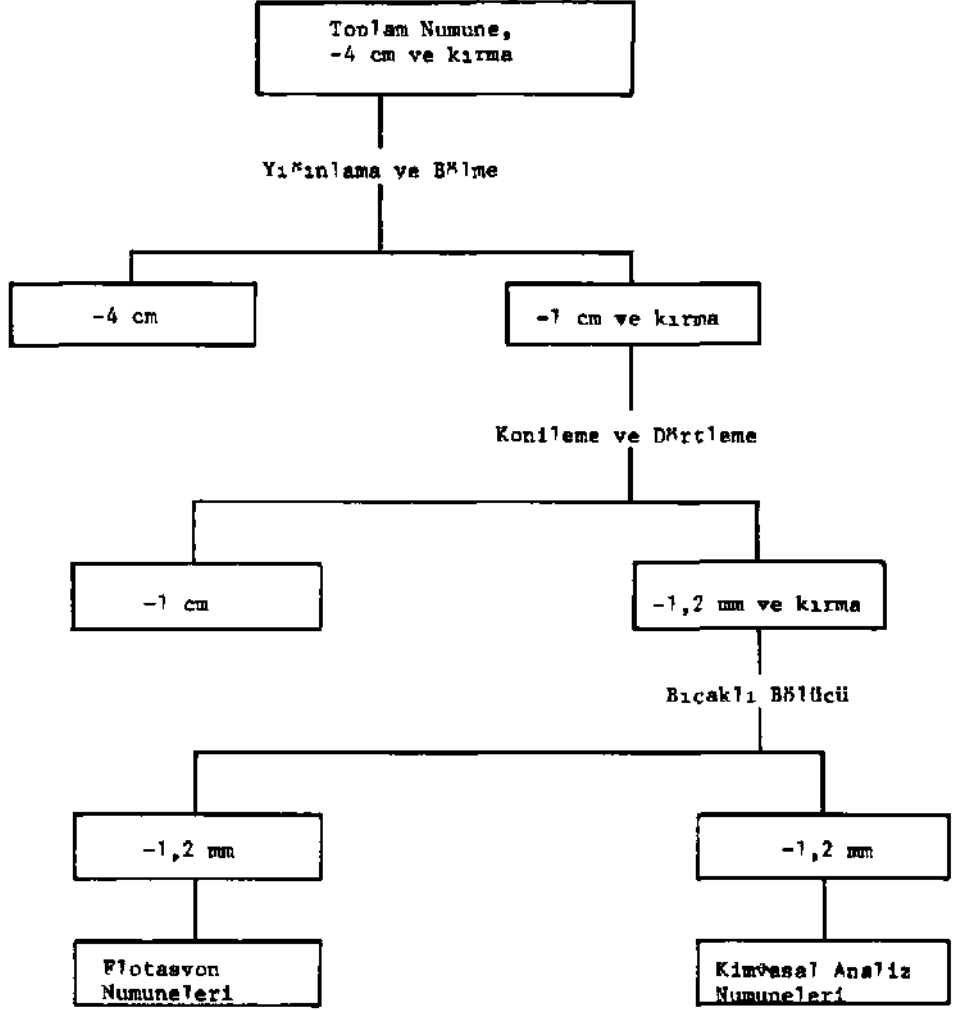
2.1. Numune Hazırlama

Çayırgan linyit ocaklarının Tavan ve Taban damarlarından alınan kanal numuneleri hava geçirmez kaplarla laboratuvara taşınmış ve standard laboratuvar yöntemleri uygulanarak deney numuneleri hazırlanmıştır. Numune hazırlama yöntemi şematik olarak Sekil 1 de gösterilmiştir. Laboratuvara gelen numune önce -4 cm'ye kırılıp karıştırılmış, vı"ınlanmış ve ikiye bölünmüştür. Yarılardan biri çeneli kırıcı kullanılarak -1 cm tane büyüklüsüne kırılmış ve dörtleme işlemi uygulanarak elde edilen karşılıklı çeyrek kısımlar karıştırılmıştır. Cekiçli kırıcı kullanılarak bu kısımlar -1,2 mm tane büyüklü"üne kırıldıktan sonra bıçaklı bölücü ile azaltma işlemi uygulanmıştır. Bu numunelerden biri flotasyon deney numunelerinin hazırlanmasında, diğeri ise mikroskop ve kimyasal analiz numunelerinin hazırlanmasında kullanılmıştır. Deney numuneleri -1,2 mm lik linyitin ayrı ayrı "-0,5 mm" ve "-0,075 mm" tane büyüklüsüne kuru olarak ö"ütülmesiyle hazırlanmıştır. Ancak -0,5 mm tane büyüklüsüne öğütülen numunelerin -0,075 mm lik fraksiyonu elenerek ayrılmıştır. Böylece ilk deneyler içm "-0,5 mm+ 0,075 mm" tane büyüklümü fraksiyonunda numuneler hazırlanmıştır.

Ham kömür ve işlenmiş kısımların rutubet,kül ve uçucu madde miktarı tayinleri ASTM Standard metodlarına göre yapılmıştır. Ham kömür, temiz kömür ve artıklardaki piritik kükürt ASTM standardı D 2492'ye göre ve toplam kükürt miktarı ise LECO titrasvon metoduna göre tayin edilmiştir, favırhan tavan ve taban linyit damarlarının kimyasal bileşimi Çizelge-¹ de özetlenmiştir. Çizelge-2 de ise -0,5 mm lik deney numunelerinin tipik tane büyüklümü analizi verilmiştir.

2.2. Piritin Bulunuşu ve Serbestleşmesi

Piritin dağılımını tavin etmek için, ham linyit ve flotasyon işleminin her aşamasından alman temsili numuneler polyester kul anılarak silindirik briketler halinde hazırlanmıştır. Standard yöntemler kullanılarak briketler her iki uçtan da kesilerek Al₂O₃ pastası ile parlatılmış ve linyit ile pirit arasında gölgelenme görülmüştür. Daha parlak yüzev elde etmek için elmas pastası kullanılarak briket yüzevlerinin son şekli verilmiştir. Her numuneden iki briket hazırlanmış ve kesilip parlatıldıktan sonra dört yüzey incelenmiştir. Ham linyitte piritin bulunuşu ve darılımı oldukça değışkindir. Pirit taneleri esas olarak üç ana biçimde darılım göstermektedir:



Şekil 1. Numune Hazırlama Yöntemi

Çizelge 1- Çayırhan Linyitlerinin Kimyasal Analizi

Proksimat Analiz	Numune	
	Tavan Damar	Taban Damar
Yüzde		
Rutubet	13.55	11.00
Uçucu Madde (kuru)	26.50	26.10
Kül (kuru)	38.60	34.10
Karbon (kuru)	34.90	39.80
Piritik Kükürt (kuru)	3.81	3.21
Sülfat Kükürtü (kuru)	0.10	0.09
Organik Kükürt (kuru)	1.07	0.80
Toplam Kükürt (kuru)	4.98	4.10

Çizelge 2- -0,5 mm'ye Ögütülmüş Çayırhan Linyitinin Tane Büyüklümü Analizi

Tane Büyüklümü	Ağırlıkça %	Ağırlıkça Kümülatif %
-0,50+0,35	10.2	10.2
-0,35+0,25	23.4	33.6
-0,25+0,15	19.6	53.2
-0,15+0,105	12.9	66.1
-0,105+0,075	22.6	88.7
-0,075	11.3	100.0

1. Çapı 1-10 mikron arasında derişen fromboidal pirit;
2. Fromboidal kümeciklerden oluşmuş masif pirit; ve
3. Çatlaklara yerleşmiş çapları 1-5 mikron arasında derişen ince birey pirit tanecikleri.

Piritin tüm bulunuş formları çoğunlukla derişik formda hüminit ile ilgili olup iç içe oluşmuştur. Bazı hüminit tanelerinde, pirit boşlukları doldurmaktadır. Piritin ÜDtinit ve inertinit ile ilgisi nadiren görülmüştür. Fromboidal ve masif piritin tipik darılımı Şekil-2 ve Şekil-3 de gösterilmiştir. Her numunede en az 1000 tane sayılarak elde edilen pirit tane büyüklükleri Çizelge-3 de özetlenmiştir. Tablo aynı zamanda derişik numunelerde piritin ortalama çapının 2,1 mikrondan 46,3 mikrona kadar deriştiğini ve en büyük tane çadının ise 100 mikrondan küçük olduğunu göstermektedir.

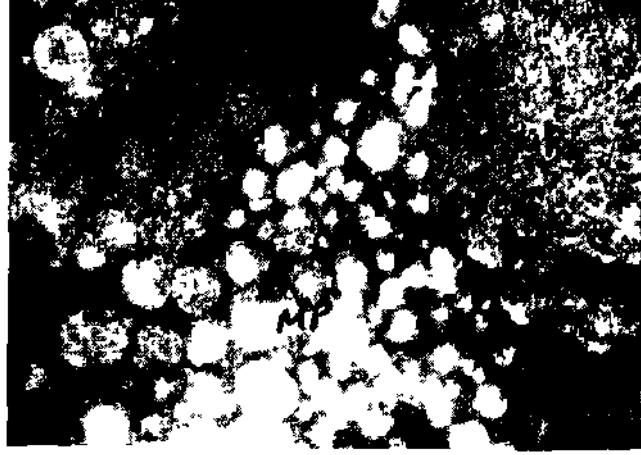
Adams(13) çalışmasında pirit yüzdesinin tahminindeki hatajtane büyüklümü dağılımının standard sapmasıyla orantılı olduğunu göstermiştir. Piritin serbestleşme derecesinin tayini nokta-sayım yöntemiyle yapılmıştır. Petrografik tekniklerp3) kullanılarak her numunede en az 300 oirit tane-si sayılmıştır. Piritin serbestleşmesi, kolaylık için aşağıdaki gibi üç grupta değerlendirilmiştir:

1. Tamamen serbestleşmiş pirit
2. % 50 den fazla serbestleşmiş pirit
3. % 50 den az serbestleşmiş pirit. Pirit tanenin % 50 sinden fazlasını oluşturan organik maddeler içinde kapanım halinde.

"-0,5 mm + 0,075 mm" fraksiyona ve "-0,075 mm ye öğütülmüş numunelerin mikroskopta incelenmesi, tane büyüklüsünün pirit serbestleşmesinde önemli bir etken olduğunu göstermiştir. Deneyler, iri pirit tanelerinin ince pirit tanelerinden daha kolay serbestleştiğini göstermiştir. Numunenin 0.053 mm den daha ince tane büyüklüsüne öÜtülmesi ek bir serbestleşme oluşturmamıştır. "-0,5 mm + 0,075 mm" ve "-0,075 mm" tane büyüklüsüne öğütülmüş numunelerdeki pirit serbestleşme dereceleri Çizelge-4 de özetlenmiştir.

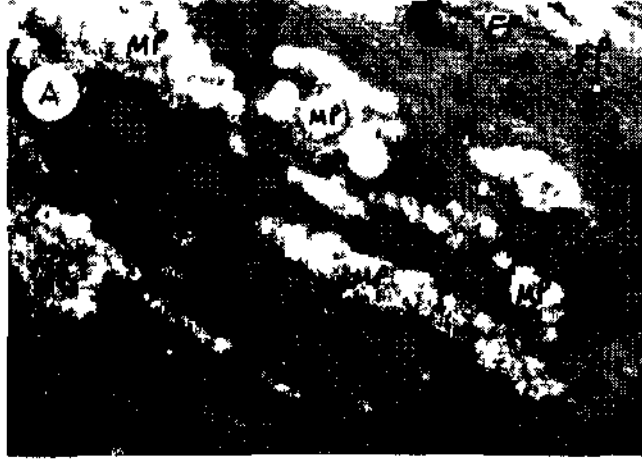
2.3. Flotasyon Deneyleri

Flotasyon deneyleri, Denver Sub-A laboratuvar tipi flotasyon aletinde 3 litrelik se"üllerde yürütülmüştür. Tüm flotasyon deneylerinde ilk pülp yo'unlu'u % 5 (3 litre suda 150g linyit) olarak alınmıştır. Cayırhan linyit ocaklarından saklanan tavan ve taban damar numunelerinden hazırlanan "-0,5 mm + 0,75 mm" ve "-0,075 mm" tane büyüklümü fraksiyonlarındaki deney numuneleriyle bir seri flotasyon deneyi uygulanmıştır. Flotasyon deney numunelerinin hazırlanması daha önceki bölümde açıklanmıştır. Yapılan bu seri deneylerden amaç en fazla piritik kükürt azaltılması için gerekli en iyimser proses değişkenlerinin tayin edilmesidir. Bu deneylerde tahmin edici kükürt azaltması gerçekleşmemiştir. Birinci fraksiyonda (-0,5 mm + 0,075 mm) yeterli pirit serbestleşmesi olmaması nedeniyle yüzen kömürde yüksek pirit gözlenmiştir. -0,075 mm tane büyüklümü fraksiyonunda ise şlam çok fazla reaktif sarfiyatına neden olmakta ve yüzen kömür içinde fazla miktarda hapsolmuş ince pirit tanecikleri gözlenmiştir.



50 μ m

Şekil 2. A: Hihnit(H) maseral grubu içinde fromboidal pirit kümeciklerinden oluşmuş masif pirit(MP)
B: Hüminit(H) maseral grubu içinde "Fromboidal Pirit"(FP) ve fromboidal pirit kümelerinden oluşan "masif pirit"(MP) .



50 μ m

Şekil 3. A Hunnit(H) maseral grubu içinde fromboidal(FP) ve masif pirit(MP)
B- Hu-mintCH Lütinit(L) ve Tnertinit(t) masevaT grubu içinde fromboidalHFP ve masif pirit(MP).

Çizelge 3- Hara Linyitte Pirit Tane Büyüklümü

No	Numune	Tane Büyüklümü, <i>jtm</i>		
		Drtalama	Standard Sapma	Aralık
1	Tavan Damar	2.1	1.72	0-12
2	Tavan Damar	6.3	3.42	0-23
3	Tavan Damar	46.3	12.38	0-83
	Tavan Damar	12.6	6.42	0-46
5	Taban Damar	4.2	2.18	0-18
6	Taban Damar	9.7	4.14	0-37
7	Taban Damar	7.3	6.82	0-28
8	Taban Damar	3.1	1.19	0-10

Çizelge 4— "-0,5 mm + 0,075 mm" ve "-0,075 mm" Tane Büyüklü'üne Öğütülmüş Numunelerde Piritin Serbestleşirle Derecesi

No	Numune	Serbestleşme Derecesi %		
		Tamamen Serbestleşmiş	% 50 den Fazla Serbestleşmiş	% 50 den Az Serbestleşmiş
1	-0,5 + 0,075 mm	41	22	37
2	-0,5 + 0,075 mm	38	26	36
3	-0,5 + 0,075 mm	39	27	34
4	-0,075 mm	76	21	3
5	-0,075 mm	78	18	4
6	-0,075 mm	74	21	5

Yukarıda belirtilen zorluklar nedeniyle alternatif metod olarak -0,5 mm ye öğütülmüş numunelere iki aşamalı flotasyon uygulanmıştır. İki aşamalı flotasyon işleminde, önce normal flotasyonu -0,5 mm ye öğütülmüş numuneye uygulayarak iri taneli piritlerin serbestleşmesi ve ayrılması sağlanmıştır. Her deney için -0,5 mm ye öğütülmüş numunedan alınan 150 gramlık kısım flotasyon selülünde 10 dakika süreyle şartlandırılmıştır. Şartlandırma işleminden sonra, pülp'ün pH değeri ölçülüp zayıf asidik ve nötr değer arasında bir değere ayarlanmıştır. Daha sonra köpürtücü (MIBC) ve toplayıcı (kerosen) reaktif eklenmiştir. Karıştırmaya 1 dakika devam edip 0.01 m /dak hızda hava verilmiş ve köpük 1 dakika süreyle toplanmıştır. Birinci aşama flotasyon parametrelerinin optimum değerleri bu deneylerle tayin edilmiş olup Çizelge-5 de verilmiştir.

Çizelge 5- -0,5 mm'ye Öğütülmüş numune için optimum flotasyon parametreleri!

Parametre	Değerler
Köpürtücü, MIBC	140 g/ton
Toplayıcı, kerosen	320 g/ton
Karıştırma hızı	900 Devir/dak
PH	6,5-7,0
Hava hızı	0,01 m /dak

İkinci aşamada, birinci aşama flotasyondan elde edilen yüzen konsantre kullanılmıştır. Birinci aşamadan elde edilen yüzen konsantre, kilitli ve kısmen kilitli pirit tanelerini daha fazla serbestleştirmek için -0,075 mm ye yaş olarak öğütülmüştür. Zira önceki araştırmacılar(5) yaş öğütmenin daha iyi pirit serbestleştirmesini sağladığını göstermişlerdir, ikinci aşamada doğrudan kömür flotasyonu ve ters flotasyonun (pirit flotasyonu) her ikisi de denenmiş ve pirit flotasyonu daha iyi kömür verimi ve piritik kükürt azaltma sağlamıştır. Bu nedenle pirit flotasyonu ikinci aşama flotasyon için standard deney olarak seçilmiştir, ikinci aşama beslemesi olarak hazırlanan malzeme taze su ile uygun pülp yosunlusuna ayarlanmıştır. Kömürü bastırmak için Aero Depressant 633, köpürtücü olarak 50 g/ton MIBC ve pirit toplayıcısı olarak potasyum amil ksantat eklenmiştir. Aero Depressant 633'ün optimum miktarı 250 g/ton, karıştırma hızı 900 devir/dak. ve hava miktarı 0,01 m /dak olarak saklanmıştır. Potasyum amil ksantat miktarı demişken olarak alınmıştır. Reaktiflerin eklenmesinden sonra 1 dakika şartlandırılıp hava verilerek 3 dakika süreyle pirit yüklü köpük alınmıştır.

2.4. Deney Sonuçları ve Yorumlanması

Derişik potasyum amil ksantat reaktifleriyle tavan ve taban kömür damarlarından saklanan numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları Çizelge-6 ve Çizelge-7 de verilmiştir. Çizelge-6 da görüldüğü gibi tavan damarı için potasyum amil ksantat miktarı 200 g/ton dan 300 g/ton'a artırıldığında kömür verimi, kül ve piritik kükürt azaltma artmaktadır. Potasyum amil ksantat miktarı 300 g/ton olarak kullanıldığında elde edilen nihai temiz kömürün piritik kükürdü % 1,03, külü % 15,31 ve verimi Z60,52 olarak bulunmuştur. Temiz kömür, beslemedeki külün % 24,01'ini, piritik kükürdün % 16,36'sini ve toplara kükürdün % 29,40'ını içermektedir. Birinci aşama flotasyondan elde edilen temiz kömür en az % 2,33 piritik kükürt içermekte ve bu da beslemedeki piritik kükürdün % 44,22'sine tekabül etmektedir.

Çizelge 6- Çayırhan Tavan Kömür Damarından Alınan Numunelerin İkinci Aşamada Değişik Miktarlarda Potasyum Amil Ksantat ile Ters Flotasyon. Sonuçları

No	ürün	Afır %	Analiz, %			Darılım, %		
			Kül	Piritik Kükürt	Toplam Kükürt	Kül	Piritik Kükürt	Toplam Kükürt
35	C.C.C2)	55.82	19.14	1.16	2.69	27.68	17.00	30.20
	R.C2)	17.04	56.16	8.95	9.36	24.79	40.05	32.03
	C.C.(1)	72.86	27.80	2.98	4.25	52.47	57.05	62.23
	R.CD	27.14	67.60	6.03	6.93	47.53	42.95	37.77
	BESLEME	100.00	38.60	3.81	4.98	100.00	100.00	100.00
38	C.C.C2)	59.83	15.79	1.09	2.60	24.48	17.12	31.23
	R.C2)	13.59	75.27	8.55	10.32	26.50	30.49	28.16
	c.c.CD	73.A2	26.80	2.47	4.03	50.98	47.61	59.39
	R.CD	26.58	71.19	7.51	7.61	49.02	52.39	40.61
	BESLEME	100.00	38.60	3.81	4.98	100.00	100.00	100.00
41	C.C.C2)	60.52	15.31	1.03	2.42	24.01	16.36	29.40
	R.C2)	11.64	83.27	9.12	11.92	25.11	27.86	27.28
	c.c.CD	72.16	26.27	2.33	3.91	49.12	44.22	56.68
	R.CD	27.84	70.54	7.63	7.75	50.88	55.78	43.32
	BESLEME	100.00	38.6	3.81	4.-98	100.00	100.00	100.00

ft 35 200 g/ton Potasyum amil ksantat

38 250 g/ton Potasyum amil ksantat

41 300 g/ton Potasyum amil ksantat

Kısaltma: C.C.(2): Nihai temiz kömür

R.C2): Nihai artık

C.C.(1). ' Birinci aşama köpük kons,

R.C1): Birinci aşama artık

tik numune tane büyüklümü: -0,5 mm

Birinci aşamadan elde edilen köpük konsantresi -0,075 mm ve öğütüldü ve pirit flotasyonu için kullanıldı

Çizelge 7- Çayırhan Taban Kömür Damarından Alınan Numunelerin İkinci Aşamada Derişik Miktarlarda Potasyum Amil Ks-antat ile Ters Flotasvon Sonuçları

No	Ürün	Ağır %	Analiz, %			Dağılım, %		
			Kül	Piritik Kükürt	Toplam Kükürt	Kül	Piritik Kükürt	Toplam Kükürt
47	C.C.C2)	58.18	16.81	1.15	2.47	28.68	20.86	35.02
	R.C2)	11.96	62.13	8.68	9.34	21.79	32.35	27.25
	C.C.(1)	70.14	24.54	2.44	3.64	50.47	53.21	62.27
	R.O)	29.86	56.56	5.03	5.18	49.53	46.79	37.73
	BESLEME	100.00	34.10	3.21	4.10	100.00	100.00	100.00
50	C.C.(2)	60.12	15.23	0.98	2.14	26.85	18.35	31.43
	R.C2)	11.11	74.22	10.07	10.59	24.18	34.87	28.71
	C.C.(1)	71.23	24.43	2.40	3.46	51.03	53.22	60.13
	R.CD	28.77	58.04	5.22	5.68	48.97	46.78	39.86
	BESLEME	100.00	34.10	3.21	4.10	100.00	100.00	100.00
53	C.C.(2)	60.49	14.45	0.96	2.07	25.63	18.09	30.58
	R.C2)	11.36	75.79	9.82	10.61	25.25	34.87	29.41
	C.C.(1)	71.85	24.15	2.36	3.42	50.88	52.85	59.99
	R.(D)	28.15	59.50	5.38	5.83	49.12	47.15	40.01
	BESLEME	100.00	34.10	3.21	4.10	100.00	100.00	100.00

f 47 : 200 g/ton Potasyum amil ksantat
50 : 250 g/ton Potasyum amil ksantat
53 : 300 g/ton Potasyum amil ksantat

Kısaltma: C.C.(2): Nihai teiniz kömür
R.(2) : Nihai artık

C.C.(1): Birinci aşama köpük kons.

R.(1) : Birinci aşama artık

tik numune tane büyüklüsü: -0,5 mm

Birinci aşamadan elde edilen köpük konsantresi -0,075 mm ye öğütüldü ve pirit flotasyonu için kullanıldı

Çizelge-7 taban damar numunesi için daha derişik kül ve piritik kükürt darılımı göstermektedir. Taban kömür damarının tavan kömür damarından daha az kül ve kükürt içermesine rağmen pirit daha ince tanecikler halinde dağılmıştır. Bu nedenle birinci aşama flotasyondan elde edilen yüzen kömür, ham kömür içindeki piritik kükürdün % 52,88'ini içermektedir. Bu de*er tavan kömür damarı numunelerinin birinci aşama flotasyondan elde edilen temiz kömürdeki piritik kükürt miktarından daha fazladır. Nihai temiz kömür X 0,96 piritik kükürt ve % 14,45 kül içermekte ve kömür verimi de % 60,49 olarak bulunmuştur. Beslemedeki piritik kükürtün sadece % 18,09'u nihai temiz kömüre geçmiştir.

SONUÇ

Çayırhan linyit ocaklarının tavan ve taban kömür damarlarından alınan numuneler üzerinde yapılan mikroskopik analizler»Piritin kömür içinde esas olarak franboidal ve franboidal kümeciklerden oluşmuş masif formda ve ender olarak da çatlaklar arasında birev pirit tanecikler halinde bulunduğunu göstermiştir. Pirit tanecikleri *çok* ince Büyüklükte dağılmıştır. -0,5 + 0,075 mm ve -0,075 mm tane büyüklüsüne öğütölmüş linyit fraksiyonlarına uygulanan standart flotasyon işleminde serbestleşmemiş pirit tanecikleri ve ince pirit taneciklerinin yüzen kısım içine hapsolması nedeniyle başarılı sonuç alınamamıştır. Daha sonra -0,5 mm tane büyüklüsüne *öğütölmüş* numuneler üzerinde iki aşamalı flotasyon deneyleri yürütölmüştür. İki aşamalı flotasyon işleminin uygulanmasında, önce İri pirit tanelerinden arınmış bir temiz kömür (yüzen kısım) elde edilmiştir. Daha sonra, iki aşamadan elde edilen yüzen kömür, -0.075 mm ve yaş olarak öğütölerek kilitli kalan piritlerin serbestleşmesi artırılmıştır. Bu ürün ikinci aşama doğrudan flotasyon veya ters flotasyon (uirit flotasyonu) için besleme malzemesi olarak kullanılmıştır. Doğrudan kömür flotasyonunun uygulanması başarılı sonuç vermemiştir. Bununla birlikte ters flotasyon uygulandığında Potasyum Amil Ksantat ve Aero Depressant 633 ile Başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ters flotasyondan elde edilen ürünlerin mikroskopta incelenmesi, temiz kömürün sadece serbestleşmiş pirit tanelerini içerdiğini ve artıkların ise çoğunlukla serbestleşmiş pirit içerdiğini göstermiştir. Analiz ve sonuçlar iyi derecede pirit/kömür seçiminin mümkün olduğunu göstermiştir.

KAYNAKLAR:

1. MİLLER, F.G., PODGURSKY, J.M., and ATKMAN, R.P., Study of the Mechanism of Coal Flotation and its Role in a System for Processing Fine Coal, Trans AIME, Vol.238, 1967, pp 276-281.
2. LASKOWSKI, J., BUSTIN, M., MOON, K.S., and SIROIS, L.L., Desulfurizing Flotation of Eastern Canadian High-Sulfur Coals. In Y.A.Attia (Ed.), Processing and Utilization of High Sulfur Coals, Elsevier, Netherlands, 1985, pp 247-266.
3. BROWN, D.J., Coal Flotation. In D.W., Fuerstenau (Ed.), Froth Flotation, 50 Anniversay volume, AIME, New York, 1962, pp 518-538.
4. MILLER, K.J., Fine Grinding and Flotation to Desulfurize Coal. In Y.A., Attia (Ed.), Processing and Utilization of High Sulfur Coals, Elsevier, Netherlands, 1985, pp 239-246.

5. MILLER, K.J. and DEURBROUCK, A.W., Froth Flotation to Desulfurize Coal. In Y.A., Liu (Ed.), Physical Cleaning of Coal: Present and Developing Methods, Marcel Defcker, 1982, pp 255-293.
6. MILLER, K.J., Flotation of Pyrite from Coal: Pilot Plant Study, Report of Investigation 7822, U.S. Bureau of Mines, 1973, 15 p.
7. HUANG, H.H.» ÇALARA, J.V., BAUER, B.L., and MILLER, J.D., Recent Developments in Separation Science Vol.4, CRC Press, Florida, 1978, pp 115-133.
8. SINHA, A.K., Desulfurization of High Sulfur Thermal Coal by Froth Flotation, AIME Annual Meeting, New York, Preprint No: 85-70, February 24-28, 1985, 6 p.
9. APLAN, F.F., Use of the Flotation Process for Desulfurization of Coal. In Coal Desulfurization, Chemical and Physical Methods, A.C.S. Symposium Series Vol.64, Washington, D.C., 1977.
10. CARLTON, R.W., Image Analysis of Pyrite Grain-Size Distribution and Pyritic Sulfur Reduction. In Y.A. Attia (Ed.), Processing and Utilization of High Sulfur Coals, Elsevier, Netherlands, 1985, pp 3-7.
11. HUCKO, R.E., Beneficiation of Coal by Selective Flocculation, a Laboratory Study, Report of Investigation 8234, U.S. Bureau of Mines, 1977, 16 p.
12. ATTIA, Y.A., Cleaning and Desulfurization of Coal Suspension by Selective Flocculation, In i.A. Attia (Ed.), Processing and Utilization of High Sulfur Coals, Elsevier, Netherlands, 1985, pp 267-285.
13. ADAMS, J., Sieve Size Statistics From Grain Measurements, Journal of Geology, Vol.85, 1977, pp 209-227.
14. DEMIREL, H., ERTEN, M.H., Desulfurization of Low-Rank Turkish Coals by Flotation, Proceedings of Fourteenth Biennial Lignite Symposium on the Technology and Utilization of Low-Rank Coals, Dallas, May 1987, Section 1 A pp 1-16.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
me sixth coal Congress of TURKEY

BAZI LİNYİTLERİN YAPISAL ÖZELLİKLER VE KÜKÜRT BAKIMINDAN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE STRUCTURAL PROPERTIES AND SULPHUR CONTENTS OF SOME
LIGNITES

Suna ATAK x
Ali GÜNEY xx

Ö Z E T

Değişik özelliklerde ve yüksek kükürt içerikli bazı Türk Linyitleri-
nin yapısal özellikleri ve kükürt içerikleri incelenerek, önemli maseral
grupları ile organik ve inorganik yapıdaki kükürt dağılımları ortaya
konulmuştur. Yapılan yüzdürme-batırma deneyleri ile de değişik yoğunluklar-
da kül ve kükürt arasındaki ilişki incelenmiştir.

ABSTRACT

Certain selected Turkish Lignitic coals with high sulphur content
were investigated to determine their chemical compositions, maceral
groups and types of sulphur. Sink-float experiments were conducted to
examine the relationship between sulphur and ash content depending on
the medium densities.

(x) Doç.Dr., İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul
(x*) Mad.Y.Muh., İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul

1. GİRİŞ

Toplam rezervi 7-6 milyar ton'a varan ülkemiz Linyit kömürleri genellikle yüksek oranlarda kül ve kükürt içermektedir. (1)

Kömürlerin oluşumuna ve yapısına bağlı olarak organik ve inorganik fazda bulunan kükürtün oranı değişmektedir. Bilinen cevher hazırlama yöntemleri ile, inorganik kükürtün, serbestleşme koşullarına bağlı olarak uzaklaştırılması mümkündür. Fakat organik kükürt ve çok ince dağılımlı piritik kükürt bu yöntemlerle uzaklaştırılamamaktadır (2).

Bu çalışmada Çanakkale-Çan, Ankara-Çayırhan ve Gediz kömürlerinin kimyasal özellikleri ve kükürt içerikleri incelenerek, kükürtün organik ve inorganik fazdaki dağılımları ortaya konulmuştur.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

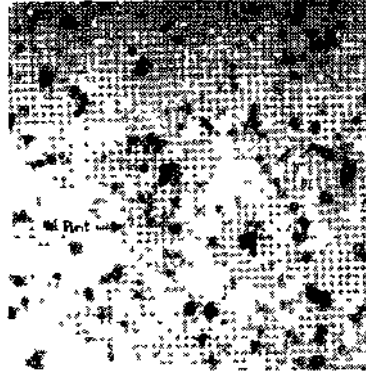
B.L.İ. Çan İşletmesi, Çoban Madencilik Gediz İşletmesi, O.A.L. Çayırhan İşletmesi olmak üzere üç ayrı bölgeden alınan numunelerle önce standart kömür analizleri yapılmış, bunu takiben mineralojik analizlerle kömürlerde bulunan önemli maseral grupları vepirit oluşumları tesbit edilmiştir. Uç bölgeye ait kömürlerde yapılan standart kömür analizleri sonuçları Çizelge 1'de görülmektedir.

Çizelge-1: Gediz, Çan ve Çayırhan Kömürlerinin standart analizleri

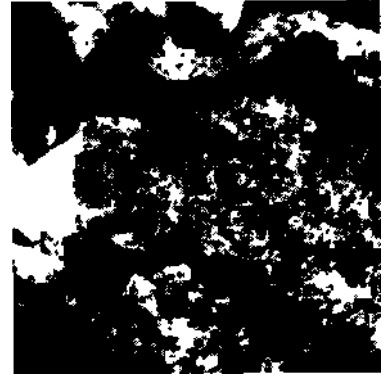
<u>Analizler</u>	<u>Gediz</u>	<u>Çan</u>	<u>Çayırhan</u>
Nem (%)	4.9	21.40	19.50
Kül (%)	35.42	18.02	28.89
Sabit karbon (%)	38.73	38.02	29.93
Uçucu madde (%)	25.85	43.96	41.18

Kdl. Değer (kcal/kg-kuru baz)	5640	2868	2690
Toplam kükürt (%)	8.08	6.14	4.89
Organik kükürt (%)	4.16	3.13	2.07
Pritik kükürt (%)	3.61	2.60	2.63
Sülfat kükürt (%)	0.31	0,41	0.19

Her üç numuneden hazırlanan incekesit ve parlatma numuneleri ile yapılan mineralojik ve petrografik incelemeler sonucunda, Çan kömürlerinde, Eksinit ve İnertinit maseral grupları eşit dağılımlı olduğu, az miktarda da vitrinit bulunduğu gözlenmiştir. İnorganik materyal olarak, bol miktarda pirit, kalsit ve jips gözlenirken, piritlerin kümeler ve bağımsız kristaller halinde ve 5-40 um boyutları arasında bulunduğu görülmüştür (Şekil 1).



- a -

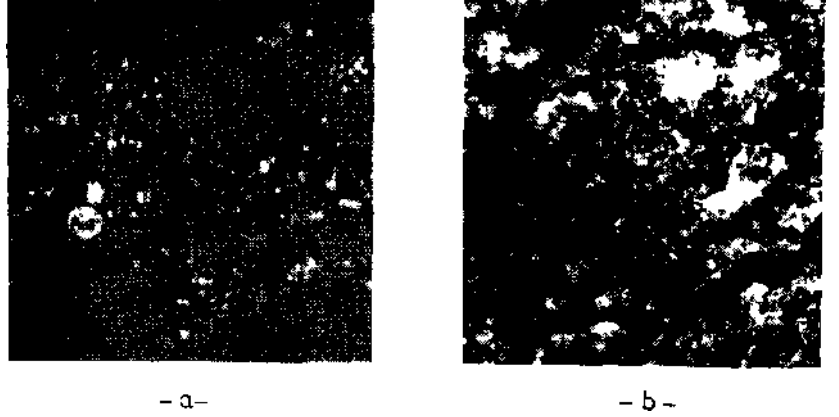


- b -

Şekil 1: Çan kömürü a) Parlatma numunesinde piritlerin görünüşü,
b) İnce kesit numunesi X 400

Gediz kömürleri ile yapılan mineralojik incelemeler sonucunda, vitrinit zemin üzerinde, inertinit ve az miktarda eksinit gözlenmiştir. İnorganik yapının önemli bir bölümünü oluşturan piritler ise 5-10 um'lık taneler veya tanecikler halinde görülebildiği gibi kümecikler halinde

bütün kömür matriksine dağılmış durumda bulunduğu gözlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: Gediz kömürü a) Parlatma

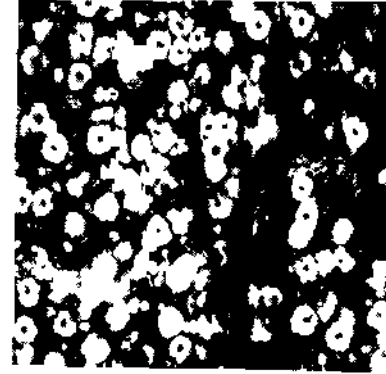
b) İnce kesit numunesinde pirit ve maseral-
lerin görünüşü, X 400

Çayırhan kömüründe ise, hakim maseral grubunun inertinit olduğu, 20-100 um arasında değişen boyutlarda kümelet halinde bulunan iri pirit topluluklarının yanı sıra 2-3 ym'luk dissémine jel piritlerin de bulunduğu gözlenmiştir. Piritte eşlik eden diğer mineraller ise, Jips, kalsit ve kuarsttan ibarettir (Şekil 3).

Her üç bölge kömürlerinden alınan numuneler, tamamı 6 mm ve 2 mm altına kırılarak boyut gruplarındaki kül ve kükürt içerikleri incelenmiştir. Sonuçlar Çizelge 2 ve Çizelge 3'de verilmektedir.



- a -



- b -

Şekil 3: Çayırhan kömürü a) Parlatma

b) İnce kesit numunesinde pirit ve mase-
tal gruplarının görünüşü.X 400

Çizelge 2: Gediz, Çayırhan ve Çan kömürlerinin 6 mm altı boyutuna
göre kül ve kükürt dağılımları

Boyut Aralığı (mm)	GEDİZ			ÇAYIRHAN			ÇAN		
	M %	Kül %	S %	M /	Kül %	S %	M X	Kül %	S X
+ 4.76	6.5	34.25	8.07	5.0	32.51	4.84	12.8	20.30	6.14
-4.76 +2.83	36.4	33.62	8.11	27.4	31.25	4.56	40.2	18.12	6.23
-2.83 +1.19	19.7	32.87	8.09	27.6	27.51	4.82	27.3	17.58	5.95
-1.19 +0.60	14.5	36.73	7.84	16.4	27.34	4.73	11.5	18.79	5.89
-0.60 +0.15	14.4	38.42	8.12	16.1	27.64	4.98	5.8	19.66	6.12
-0.15	8.5	42.65	8.45	7.5	36.28	5.14	2.4	22.24	6.09
Toplam	100.0	35.42	8.10	100.0	29.43	4.78	100.0	18.51	6.08

Çizelge 3: Gediz, Çayırhan ve Çan kömürleri 2 mm altı boyuta göre kül ve kükürt dağılımları

Boyut Aralığı (mm)	GEDİZ			ÇAYIRHAN			ÇAN		
	M %	Kül %	S %	M %	Kül %	S %	M %	Kül %	S %
+1.68	9.34	37.61	8.57	10.61	27.36	5.33	13.56	18.71	6.12
-1.68 +1.41	0.33	37.41	9.12	0.48	28.33	5.03	0.27	17.32	5.82
-1.41 +1.19	2.04	36.54	8.35	2.89	28.52	5.41	2.57	18.36	6.05
-1.19 +0.84	3.90	33.72	8.26	5.78	26.66	4.65	4.75	16.65	5.90
-0.84 +0.60	11.88	34.19	7.85	15.67	25.24	4.85	13.29	16.82	5.64
-0.60 +0.21	44.99	32.76	8.16	43.18	25.45	4.90	43.56	16.53	6.04
-0.21 +0.15	6.46	35.54	8.19	5.78	29.87	5.02	5.69	19.08	5.92
-0.15 +0,074	13.76	48.25	8.09	8.67	37.06	4.80	10.86	20.52	6.03
-0.07 +0.038	3.74	46.28	8.35	5.30	53.03	4.02	3.68	20.83	6.17
-0.038	3.56	54.53	8.48	1.64	54.65	5.01	1.77	23.81	6.89
Toplam	100.00	35.73	8.18	100.00	29.01	4.89	100.00	17.96	6.00

Tamamı 6 mm altına kırılmış, her üç bölge kömür numunelerinin, -6 +2.83 mm, -2.83+1.19 mm, -1.19 +0.15 mm boyut gruplarında 1.45, 1.60, 1.75 ve 1.90 gr/cmⁱ yoğunluklarda hazırlanmış, bromoform - Karbontetra klorür karışımı ile yüzdürme-batırma deneyleri yapılarak, her bir yoğunluk aralığındaki kül ve kükürt içerikleri incelenmiştir. Boyut grupları arasında kül ve kükürt içeriği bakımından belirgin bir değişim gözlenmediğinden, fraksiyonlar birleştirilerek -6 +0.15 mm boyut aralığındaki sonuçlar verilmiştir.

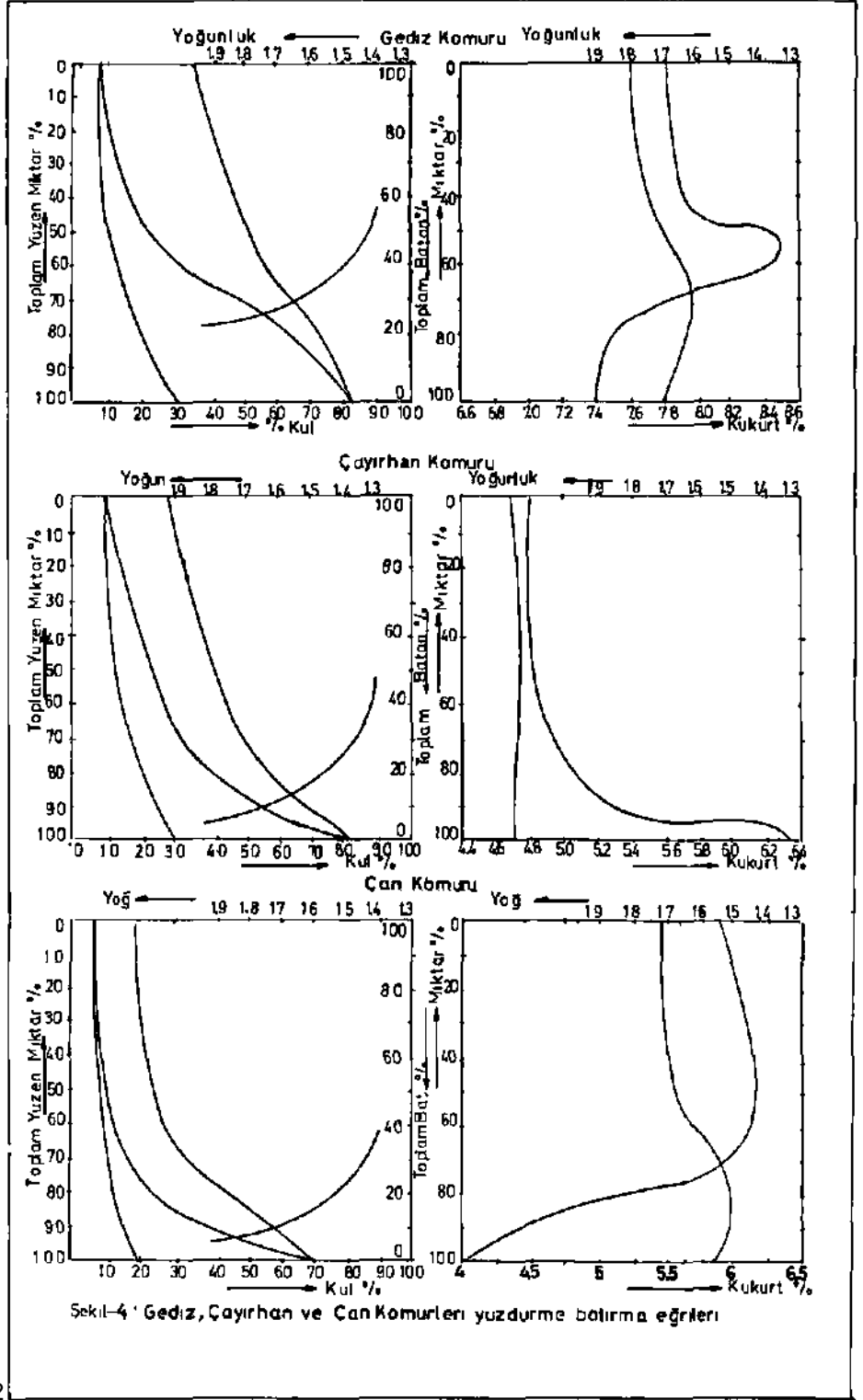
Gediz, Çayırhan ve Çan kömürleri ile -6 +0.15 mm boyut aralığında yapılan yüzdürme-batırma deneyi sonuçları çizelge 4,5 ve 6'da, ve Şekil-4'de verilmektedir.

Çizelge 4: Gediz Kömürü -6+0.15 mm boyut aralığında yapılan yüz-
dürme-batırma deneyi sonuçları.

Yoğunluk Aralığı	Yoğ.ara.malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	M %	Kül %	S %	M %	Kül%	s %	M t	Kül %	S %
-1.45	41.99	9.57	7.81	41.99	9.57	7.81	100.00	32.27	7.83
1.45-1.60	12.78	20.92	8.36	54.77	12.22	7.94	58.01	48.70	7.85
1.60-1.75	14.51	35.31	8.23	69.28	17.05	8.00	45.23	56.54	8.50
1.75-1.90	7.21	53.32	7.49	76.49	21.78	7.94	30.72	66.57	7.46
1.90	23.51	70.64	7.45	100.00	32.27	7.83	23.51	70.64	7.45
Toplamı	100.00	32.27	7.83						

Çizelge 5 : Çayırhan kömürü -6+0.15 mm boyut aralığında yapılan yüz-
dürme-batırma deneyi sonuçları

Yoğunluk Aralığı	Yoğ.ara.malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	M %	Kül %	S %	M %	Kül %	s %	M %	Kül %	s %
-1.45	65.01	18.81	4.76	65.01	18.81	4.76	100.0	28.67	4.82
1.45-1.60	18.73	35.83	4.73	83.74	22.62	4.75	34.99	46.99	4.94
1.60-1.75	6.14	47.47	5.05	89.88	24.31	4.77	16.27	59.83	5.19
1.75-1.90	5.86	60.80	4.46	95.74	26.55	4.75	10.12	67.34	5.27
1.90	4.26	76.34	6.39	100.00	38.67	4.82	4.26	76.34	6.39
Toplam	100.00	28.60	4.82						



Çizelge 6: Çan kömürü -6+0.15 mm boyut aralığında yapılan yüzdürme-
batırma deneyi sonuçları

Yoğunluk Aralığı	Yoğ.ara,malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	M %	Kül %	S %	M %	Kül %	S %	M %	Kül %	S %
-1.35	58.27	10.09	5.59	58.27	10.09	5.59	100.0	18.83	5.84
1.35-1.40	15.24	14.66	6.82	73.52	11.04	5.85	41.73	31.04	6.18
1.40-1.45	4.03	17.98	7.13	77.55	11.40	5.91	26.48	40.48	5.82
1.45-1.60	8.34	22.91	6.90	85.89	12.52	6.00	22.45	44.52	5.58
1.60-1.90	5.94	42.40	5.34	91.83	14.45	5.96	14.11	54.29	4.81
1.90	8.17	68.12	4.42	100.00	18.83	5.84	8.17	68.12	4.12
Toplam	100.00	18.83	5.84						

3. DENEY SONUÇLARININ TARTIŞILMASI

Linyitler Taşkömüründen daha genç yaşta, siyah kahverengimsi, bazen amorf veya odunsu dokuda olan kömürlerdir. Değişik linyitler arasında ısıl değer, sabit karbon, uçucu madde ve rutubet bakımından, oluşum zamanı ve koşullarına bağlı olarak, büyük farklılıklar bulunmaktadır (1).

Türkiye'de Önemli bir katkı yakıt potansiyeli oluşturan linyitlerin genel özellikleri nem, kül ve kükürt oranlarının yüksek olmasıdır. Nem, kömürün oluşum sürecine bağlı olarak değişmekte, genç kömürlerde daha yüksek oranda bulunmaktadır. Gediz kömüründe % 4-5 oranında olan rutubet Soma ve Tunçbilek kömürlerinde % 15-20 dolayında olup, Elbistan kömürlerinde % 50'lere yükselmektedir. Kül oranı, değişik kömürlerde % 15-30 dolayında bulunmaktadır. Linyitlerde kül yapıcı inorganik malzeme genellikle taşkömürlerine oranla daha güç ayrılabilir yapıdadır. Türkiye linyitleri kükürt bakımından incelendiğinde % 0.5-1.5 oranında düşük kükürtlü (Soma,

Tunçbilek) kömürlerin yanısıra, % 6-8 S içeren (Gediz, Çan) kömürler de vardır.

Bu çalışmada yüksek oranda kükürt içeren değişik özellikte üç kömür seçilerek, bunların yapısal özellikleri ile kükürt kaynağı ve oluşumu incelenmiştir. Buna ilave olarak, boyut küçültme ve yüzdürme-batırma işlemleri ile bu kömürlerdeki kül ve kükürtün azaltılabilmekle olanakları araştırılmıştır. Çalışmalarda ilgili değerlendirmeler aşağıda verilmektedir.

Gediz kömürü parlak-siyah kolay kırılabilen yapıdadır. Gözle yapılan incelemelerde kül ve kükürt kaynağı olabilecek bir malzeme seçilememiştir. Çan ve Çayırhan kömürleri ise mat-siyah ve sert yapılıdır. Bunlar da makroskopik olarak homojen görünmektedir.

Seçilen kömürlerin kimyasal analiz sonuçları (Çizelge 1) incelendiğinde rutubet oranınının Çan ve Çayırhan kömürlerinde yaklaşık aynı olduğu, buna karşılık Gediz kömürünün % 5 gibi çok düşük oranda rutubet içerdiği görülmektedir, Gediz kömüründe % 35 olan kül oranı, Çayırhan kömüründe % 29, Çan kömüründe % 18'e düşmekte sabit karbon bakımından Gediz kömürü önde gelmektedir. Gediz kömürünün kalorifik değeri de (5640 kcal/kg) diğer iki kömürden çok daha yüksektir.

Kükürt yüzdeleri incelendiğinde (Çizelge 1) Gediz kömürü başta olmak üzere her üç kömürün de yüksek oranda kükürt içerdiği görülmektedir. Gediz ve Çan kömürlerinde organik kükürt oranı toplam kükürtün % 50'sinden fazla iken Çayırhan kömüründe organik kükürt % 42 oranında bulunmaktadır.

Kömürle ince kesit ve parlatmalar üzerinde yapılan mineralojik ve

petrografik incelemelerde, hem yaygın maseral grupları hem de pirit dağılımı ve boyutları incelenmiştir. Maseral grupları tesbitinde (3,4) ince kesitlerdeki renk ve diğer yapı farklılıklarından yararlanılmış, ayrıca kütinit, Tellinit, Mikrinit vs. gibi maseraller gözlenmiştir. Buna göre, Gediz kömüründe vitrinit zemin üzerinde inertinit ve az miktarda eksinit gözlenirken, Çan kömüründe vitrinit oranı azalmış, Çayırhan kömüründe ise hakim maseral grubu inertinit olarak gözlenmiştir. Pirit ise, her üç kömürde (Şekil 1,2,3) jel pirit halinde bulunmakta, Gediz ve Çan kömüründe homojen dağılım gözlenirken, Çayırhan kömüründe kümelenmelere rastlanmaktadır.

Kömürlere uygulanan boyut küçültme işlemleri ile 6 ve 2 mm. altına kırılan kömürlerde, çeşitli tane boyutlarında kükürt açısından önemli bir farklılaşma tesbit edilememiştir (Çizelge 2 ve 3). Bu durum, kükürt kaynağı olan organik bileşikler ve piritin kömürler içinde homojen dağılımda olduğunu göstermektedir. Kül yüzdeleri ince boyuta gidildikçe artmakta, artış oranı en az Çan kömüründe gözlenmektedir. Kömürlerle yapılan yüzdürme-batırma deneylerinde, 6-2,83, 2.83-1.19, 1.19-0.15 mm boyut grupları kullanılmış, farklı boyutlarda kül ve kükürt dağılımı bakımından benzer sonuçlar elde edildiğinden, bu üç fraksiyona ait değerler birleştirilmiştir. Gediz kömüründe (Şekil 4, Çizelge 4) yıkama sonrası kükürt oranı yoğunluklara göre yüzen ve batan kısımlarda hemen

*

hemen değişmemektedir sadece 1.45-1.75 gr/cm yoğunluklar arasında bir artış göstermektedir. Çayırhan kömüründe daha önce yapılan çalışmalarda olduğu gibi (5), yüzen kısım kükürt oranınının sabit kalmasına karşılık (Şekil 4-Çizelge 5), batan kısımlarda yoğunluğa bağlı olarak 14.8'den, % 6.4'e varan bir artış gözlenmektedir. Çan kömüründe ise kükürtün yüzen kısımda ihmal edilebilir oranda arttığı batan kısımda ise oldukça önem-

li oranda (% 5.8'den % 4.1'e) azaldığı (Şekil 4-Çizelge 6) de görülmektedir.

Bütün Türkiye linyitleri gibi, Gediz, Çayırhan ve Çan kömürleri *de* Neojen formasyonlarında bulunmaktadır. Bunların maseral grupları, kimyasal özellikleri ve ısıl değerlerindeki farklılıklar oluşum koşulları ve kömürleşen malzemenin farklılığından kaynaklanabilir. Kömürlerde kürtün önemli bir kısmı organik kürt halinde olup kömürleşme sırasında bitki bünyesinde bulunan kürtün çeşitli katı bileşikler halinde bulunması ile oluşmuştur (6). Yine önemli oranda bulunan piritik kürtün kömürlerde çok ince dağılım göstermesi, kömürleşme sırasında oluşan H_2S 'in suda çözülmüş demir tuzları ile bileşik yaparak kömür matriksi içinde çökmesi (6) teorisi ile bir ölçüde açıklanmaktadır.

Gediz kömüründe değişik yoğunluklarda kürt oranının derişmemesi, ince dağılıma işaret etmektedir. Çayırhan kömüründe, jel piritin oluşturduğu kümelerin yüksek özgül ağırlıkta olması nedeni ile, batan kısımlarda kürt oranında artış sağlanmaktadır. Çan kömüründe gözlenen yüksek yoğunluklarda batan malzeme, kürt oranının düşmesi ise, jel piritin oluşum sırasında kömür matriksi içinde çökeldiğini göstermektedir.

REFERANSLAR

- 1- BİRÖNJC, Türkiye Kömürlerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri,
Uluslararası Kömür Teknolojisi Semineri 1982 s: 23-48
- 2- ÖNAL.G,, Linyit Kömürlerinin Kükürtten Arındırılması. I. Kömür Kong-
resi Ocak 1976 s: 651-652,
- 3- DİTT.G.J., MILLWARD.G.R. Coal and Modern Coal Processing London.
1979 Academic Press. P.27
- A- RAI STRICK, A. MARSHALL, C E . The Nature and Origin of Coal and Coal Seams
English Universities Press Ltd. 1952 P 176-206
- 5- ÖZBAYOĞLU,G., Türkiye'nin Yüksek Kükürt İçerikli Linyitlerinin Kömür
Hazırlama Yöntemleriyle Kükürtünün Uzaklaştırılması. 1983
Doğa Bilim Dergisi,
- 6- LÖWRY,H., Chemistry of Coal Utilization Volum I-II. Supplementary
Volum. Newyork 1945 Cop. John Wiley,

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal Congress of TURKEY

**TUNÇBILEK KÖMÜRÜNDEN METALURJİK KOK ÜRETİMİ ve KÖMÜR KÜLÜNÜN KOK
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**THE PRODUCTION OF THE METALLURGICAL COKE FROM TUNÇBILEK LIGNITES
AND THE EFFECT OF ASH CONTENT ON THE PROPERTIES OF COKE**

Mehmet SAĞLAMI*
Jale **YANIK** **
Musa KARADUMAN***

ÖZET

Bu çalışmada sülfat atık çözeltisi yardımı ile Tunçbilek linyitlerinden parça kok üretilebilme imkanları araştırılmıştır. Sülfat atık çözeltisi, kalsiyum tuzu (Ca-LS) veya amonyum tuzu (NH.-LS) halinde kullanılmıştır. Kömürdeki kül içeriğinin elde edilen kokların özelliklerine etkisi incelenmiştir. Sülfat atık çözeltisinin NH.-LS halinde kullanılmasının; kokların sağlamlığını ve gözenekliliğini artırdığı, reaktiviteyi ise düşürdüğü tesbit edilmiştir. Kömürdeki kül oranının artmasıyla da kokların basınç dayanımı ve reaktivitenin düştüğü, gözenekliliğin ise arttığı gözlenmiştir. Ayrıca Tunçbilek kömürüne %30 oranında Zonguldak kömürünün karıştırılması, kok özelliklerine olumlu yönde etki yapmıştır.

ABSTRACT

In this study, the form-coke producing possibilities from Tunçbilek lignite with the sulfite-liquor were investigated. Sulfite liquor was used as calcium lignin sulphonate (Ca-LS) or ammonium lignin sulphonate (NH.-LS). The effect of ash content in coal on the properties of coke obtained was investigated. When NH.-LS was used, it was observed that the coke strength and porosity were increased, but the coke reactivity was decreased. It was observed that the coke strength and reactivity were decreased, but the coke porosity were increased with the increasing of ash content. Otherwise, the addition of 30 % of Zonguldak coal into Tunçbilek lignite, it was positive effect on the properties of coke.

- (x) Doç.Dr.E.Ü.Mühendislik Fakültesi, Kimya Müh.Böl.Bornova-İZMİR
(xx) Dr.Araş.Gör. E.Ü.Fen.Fakültesi, Kimya Böl. Bornova-İZMİR
(xxx) Yuk.Kimyager, E.Ü. Fen Fakültesi, Kimya Böl. Bornova-İZMİR

1. GİRİŞ

Başta demir-çelik olmak üzere metalürji endüstrisinin tüm kesimlerinde ihtiyaç duyulan en önemli hammadlerden biri de metalurjik kok'dur. Bu endüstri kollarında kullanılacak kokta; gözeneklilik, sağlamlık, belirli büyüklükte parça halinde olmak gibi bazı fiziksel özellikler ile kükürt ve kül içerikleri ile reaktivite gibi bazı kimyasal özellikler aranmaktadır, özellikle istenen fiziksel özelliklere sahip koklar, koklaşabilirliği iyi olan taşkömürlerinden üretilebilmektedir.

Metalurjik kok, yüzyılı aşkın süreden beri koklaşır taşkömürlerinin klasik kok fırınlarında havasız bir ortamda 900 C'nin üstündeki sıcaklıklara ısıtılarak damıtılmasıyla elde edilmektedir.

Endüstrideki gelişmeye paralel olarak kok kömürüne olan ihtiyaç ve bunun doğal sonucu olarak da koklaşabilir nitelikteki taşkömürlerine olan talep her geçen gün artarak günümüzde büyük boyutlara ulaşmıştır. Diğer taraftan Dünya'da koklaşır taşkömürü rezervi, iyi koklaşmayan taşkömürü rezervlerine göre azdır. Örneğin Dünya çıkarılabilir taşkömürü rezervinin ancak %20'si koklaşabilir niteliktedir (1). Bu nedenle koklaşır taşkömürü temini güçleşmekte, fiyatı da koklaşmaz kömür fiyatlarının birkaç katına kadar çıkabilmektedir.

Birçok ülke, bir yandan koklaşma özelliği iyi olmayan taşkömürlerini metalurjik kok üretiminde değerlendirmeye yönelik prosesleri geliştirerek devreye sokarken, diğer yandan da koklaşma özelliği bulunmayan iyi kaliteli linyit kömürlerinin bu alanda değerlendirilebilmesi için gerekli çalışmaları yıllar önce başlatmışlar ve endüstriyel çapta uygulamaya koymuşlardır.

Yapılan bu çalışmalar temelde üç gruba ayrılabilir. Bunlardan birinci gruptakiler, klasik kok fırınlarında yapılan yenilikler ve düzenlemelerle koklaşma özelliği iyi olan taşkömürleri ile iyi olmayan veya koklaşma özelliği bulunmayan kömürlerin harmanlanarak koklaştırılmasını kapsamaktadır. İkinci ve üçüncü gruptakiler ise formkok üretim prosesleridir. Bu proseslerde doğrudan linyit kömürü veya linyitden elde edilen kok tozları, koklaşabilir taşkömürleri ile zift, katran ve ağır yağlar gibi bazı bağlayıcılarla karıştırılıp biriktendikten sonra koklaştırılmaktadır (2-6). Bu şekilde linyit kömüründen kok üretiminde %80'e kadar çıkan oranlarda yararlanmak mümkün olabilmektedir. Hatta son yıllarda yapılan laboratuvar ve pilot düzeydeki çalışmalara göre direkt linyit kömürlerinden; asidik, nötr ve bazik karakterdeki bazı kimyasal maddeler ile modifiye edilip koklaştırılması sonucu parça kok üretilebilmektedir (5). Ayrıca sülfid atık çözeltisi katı maddesi de bu amaçla kullanılabilir (5).

Ülkemizde ise, koklaşır taşkömürü ihtiyacımızın tamamı kendi öz kaynaklarımızdan karşılanamamaktadır. Zonguldak havzasında yapılan satılabilir taşkömürü üretimi 1985 yılı için 3.61 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Bu üretimin artırılabilmesi, havzanın jeolojik yapısı nedeniyle büyük yatırımlar gerektirdiğinden mümkün

olamamaktadır. Nitekim son 30 yılın üretim ortalaması 4.25 milyon ton/yıl iken son üçyılıda bu değer %15 altında üretim gerçekleştirilebilmiştir. Buna karşın taşkömürü tüketimimiz bu dönem içerisinde 3.66 milyon tondan 1985 yılında yaklaşık %70'lik bir artışla 6.18 milyon tona ulaşmıştır, üretimdeki bu açık ithal yolu ile karşılanmaktadır. Bu açığın, 2000 yılına kadar daha da artarak 20 milyon tonun üzerine çıkacağı tahmin edilmektedir. (!).

1.38 milyar ton gibi oldukça düşük taşkömürü rezervine sahip olan ülkemizde de, dışa bağımlılıktan olabildiğince kurtulabilmek için iyi kalitedeki linyitlerimizden bu alanda yararlanılması gerekmektedir. Şu ana kadar ülkemiz ekonomisine yapacağı katkı yönünden büyük önem taşıyan bu konuya gereken önemin verildiğini ve yeterli çalışmanın yapıldığını söylemek güçtür. Yapılan çalışmaların bir grubunda Zonguldak havzasından çıkarılan ve koklaşma özellikleri farklı olan kömürlerin harmanlanarak değerlendirilmesi ele alınmıştır (7-8). Bir grup çalışmada ise Tunçbilek ve Soma linyitleri gibi iyi kaliteli sayılabilecek linyitlerimizin Zonguldak taşkömürü ile ya doğrudan karıştırıldıktan sonra ya da katran ve zift gibi maddelerle karıştırılarak, biriktikten sonra koklaştırılması incelenmiş ve Zonguldak kömürüne ancak en fazla X10-30 arasında değişen miktarlarda linyitin karıştırılabileceği ortaya konmuştur (9-107).

Linyit körrürlerinden doğrudan metalurjik kok üretilebileceğini yaptığımız laboratuvar düzeyindeki araştırmalarla ortaya koymuş bulunmaktayız (6,11). Bu tebliğimizde de Tunçbilek linyit kömürlerinden sülfat atık çözeltisini kalsiyum (Ca-LS) veya amonyum (H.-LS) tuzu şeklinde kullanarak elde edilen kokların; sağlamlık, gözeneklilik ve reaktivitelerine kömürdeki kül içeriğinin etkisi ele alınmıştır.

2. MATERYAL ve YÖKTEM

2.1. Materyal

Denemelerde kullanılan Tunçbilek kömürü, Tunçbilek linyit işletmesinden temin edilmiştir. Kuru bazda %26.1 kül içeren bu kömür, yoğunlukları 1.3, 1.42 ve 1.6 g/cm³ olan ZnCl₂ çözeltisinde yüzdürülmüştür. Elde edilen konsantrelerin, kuru bazda sırasıyla İ9.0, XII.9 ve %17.4 kül içerdiği tesbit edilmiştir. Farklı kül içerikleri bulunan bu dört kömür denemelerde kullanılmıştır. Bazı denemelerde kullanılan Zonguldak kömürü ise, Zonguldak lavvar tesislerinden temin edilmiş olup kuru bazda %12.9 kül içermektedir.

Koklaştırma yardımcı maddesi olarak kullanılan sülfat atık çözeltisi de kalsiyum tuzu (Ca-LS) halinde SEKA-tZMİT kağıt fabrikasından, amonyum tuzu halinde (NH₄-LS) de KİMKATSAN A.Ş.'nin İZMİT'deki tesislerinden temin edilmiştir. Kağıt fabrikasında ele geçen ve %10-12 katı madde içeren atık çözeltide başta lignin sulfonik asitlerin kalsiyum tuzu olmak üzere hegzasonlar, pentasonlar ve diğer şekerler ile formik asit, asetik asit, metanol ve furfural gibi maddeler bulunmaktadır. Denemelerde her iki bağlayıcı da %50 katı madde içeren çözelti şekline kullanılmıştır.

Çizelge 1. Sulfit atık çözeltilisi katı maddelerinin bazı özellikleri

Özellikler	Ca-LS	NH ₄ -LS
Kül, %	9.23	1.33
Toplam S, %	4.65	4.72
Yanabilen S, %	3.77	3.36
Koklaştırma bakiyesi, %	35.00	33.00
Kokta Kül, %	27.75	3.88
Kokta Toplam S, %	4.13	2.40
Kokta Yanabilen S, %	2.6	0.87
Kokun Alt Isı Değeri (kcal/kg)	3415	4179

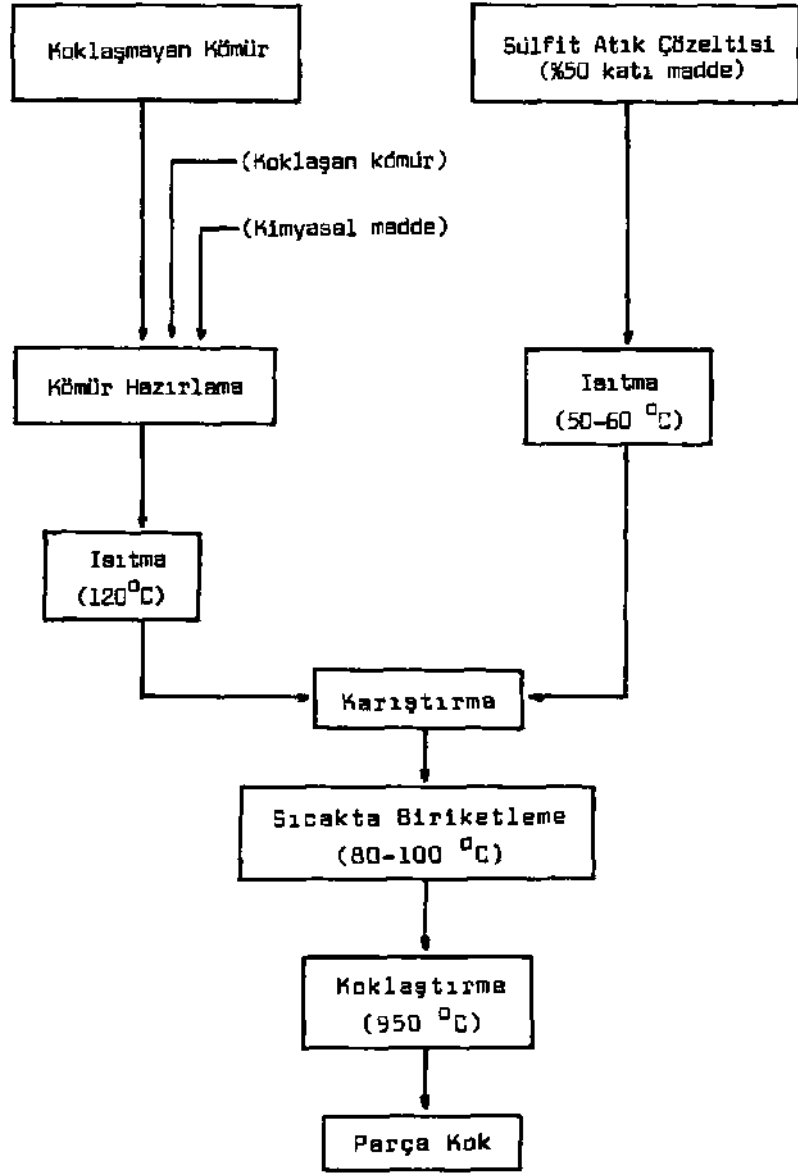
2.2. Yöntem

Laboratuvar düzeyinde parça kok üretimi için Şekil I 'de verilen ve koşulları yapılan denemeler sonunda saptanan proseden yararlanılmıştır. Proses iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda uygun birikitleme koşullarında belirli tane iriliğindeki kömür ile bağlayıcı karıştırılarak biriketlenmekte, ikinci kısımda ise hazırlanan biriketler belirli bir ısıtma rejimi içerisinde 950 C sıcaklıkta koklaştırılmaktadır.

Birikitleme denemeleri II ton basınç uygulayabilen Carver marka laboratuvar tipi bir hidrolik preste yapılmıştır. Birikitleme kalıpları paslanmaz çelikten yapılmış olup iç çapı 30 mm, dış çapı 50 mm ve boyu 80 mm'dir. Kalıplar birikitleme sıcaklığına kadar bir etüv içerisinde ısıtılmıştır. 20 g biriket olacak şekilde tartılan kömür örnekleri de 100-120 °C sıcaklığa kadar ısıtılmıştır. Gerekli miktardaki bağlayıcı da 50-60 C sıcaklığa ısıtıldıktan sonra ısıtılmış kömürle iyice karıştırılmıştır. Daha sonra sıcak karışım 80°C'de istenen birikitleme basıncında biriketlenmiştir.

Hazırlanan biriketler, iç boyutları 20x10x15 cm olan 1 cm et kalınlığı bulunan pik demirden dökülmüş üstten kapaklı bir retort içerisinde koklaştırılmıştır. Retort, üzerinde tadilat yapılmış olan bir kül fırını içerisine yerleştirildikten sonra kademeli olarak 950 C sıcaklığa ısıtılmıştır. Koklaşmada oluşan gazlar, bir boru yardımı ile yıkama şişesinden geçirildikten sonra bacaya verilmiştir. Koklaştırma süresi 950 C de 6 saat olarak seçilmiştir. Retort herbiri 20 g ağırlığında olan 20 biriket alabilecek kapasitedir. Deney sonunda retort'tan alınan linyit koku örnekleri, koyu gri renkte ortalama olarak 24 mm çapında ve 19 mm yüksekliğinde muntazam silindirik parçalar halindedir.

Üretilen kokun istenen niteliklere sahip olup olmadığının tesbitinde çeşitli test yöntemleri uygulanmaktadır. Kimyasal analizler dışında yapılan testlerin başında sağlamlık, gözeneklilik ve reaktivite ölçümü gelmektedir. Sağlamlık ölçümü; kırılma sağlamlığı



Şekil 1. Linyitten parça kok üretimi akım şeması

testi, düşme (Drop Shatter) ve tambur testi uygulanarak tesbit edilmiştir. Elde edilen koklar düzgün yüzeyli silindirik parçalar halinde olduğundan öncelikle basınç dayanım testine tabi tutulmuştur. Bunlara ayrıca Düşme testi de uygulanmıştır.

Basınç dayanımları, VEB Thüringer Industrierwerk typ 20 m-5/91 marka ve 1000-2500-5000 kg'lık üç sıkalalık mekanik kırıcıda 5 mm/dakika hızla ölçülmüştür. Sonuç kg/cm olarak hesaplanmış ve MPa'ya çevrilmiştir.

Düşme Testi ise, kokların ISO-R 616'ya göre 1.83 m yükseklikten 13 mm kalınlığındaki saç plaka üzerine 4 kez düşürülmesiyle yapılmış ve +15 mm'lik kısımların yüzdesi hesaplanmıştır. Bu sınır değer, elde edilen kokların boyutları dikkate alınarak seçilmiştir.

Tambur Testi ise, kokların aşınma sağlamlığını saptamak amacıyla çapı 500 mm ve yüksekliği 200 mm olan silindirik bir tamburda yapılmıştır. Tambur 25 devir/dakika hızda 4 dakika süre ile döndürüldükten sonra ufalanan kokun 10 mm'nin altına geçen kısımları, % aşınma sağlamlığı olarak hesaplanmıştır.

Kok örneklerinin gözeneklilikleri ise;

$$\% \text{ Gözeneklilik} = \left(1 - \frac{\text{Görünür Yoğunluk}}{\text{Gerçek Yoğunluk}}\right) \times 100$$

eşitliğine göre tesbit edilmiştir.

Kokların reaktiviteleri ise, kok kütlelerinin 1000°C de CO₂ akımında gösterdiği kütle kaybının tesbiti ilkesine göre saptanmıştır. Bu amaçla kok örnekleri (40-50 g), 380 mm uzunluğundaki 35 mm iç çapı bulunan kuvars tüp içerisine yerleştirilerek azot atmosferinde 1000 Cye ısıtılmıştır. Bu sıcaklığa ulaşıldığında tüp içerisinden 2 saat süreyle dakikada 5 lt hızla CO₂ gazı geçirilmiştir. Bu süre sonunda ısıtma ve CO₂ geçirme işlemine son verilmiş ve örnekler azot atmosferinde soğumaya terk edilmiştir. Bu işlem sonundaki koklarda meydana gelen ağırlık kaybına göre reaktivite % olarak hesaplanmıştır.

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada doğrudan Tunçbilek linyitinden metalürji endüstrisinde kullanılabilecek özellikte kok elde edilmesinde, kömür külünün kok özelliklerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca Tunçbilek kömürüne %30 veya 3S50 oranında Zonguldak katıldığında kok özelliklerindeki değişim saptanmıştır.

Biriketlemede en uygun kömür tane iriliğinin -0.5 mm, nem oranının 5614-16 ve biriketlerne sıcaklığının 80 C olması gerektiği yapılan ön denemelerle belirlenmiştir. Bu koşullarda %17.4 kul içeren Tunçbilek kömürleri ile değişen bağlayıcı miktarları ve biriketleme basınçlarında denemeler yapılmış ve %12 bağlayıcı miktarında ve 40 MPa biriketleme basıncında çalışmanın uygun olduğu tesbit edilmiştir.

Farklı kül içerikleri bulunan 4 Tunçbilek kömürü örneği, yukarıda belirtilen koşullarda Ca-LS ve NH⁻LS ile biriktelenip koklaştırılmıştır. Elde edilen kokların basınç dayanımı, gözeneklilik, düşme sağlamlığı ve reaktivite değerleri Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Tunçbilek kömüründen %12 NH⁻LS kullanarak elde edilen kokların bazı özelliklerinin kömürdeki kül içeriği ile değişimi

Tunçbilek kömüründeki kül miktarı, %	Basınç Dayanımı MPa	Düşme Sağlamlığı %	Gözeneklilik %	Reaktivite %
9.0	22.0	99	39	33.6
11.9	21.4	99	41	32.0
17.4	19.6	99	42	26.0
26.1	16.3	98	43	23.1

Çizelge 3. Tunçbilek kömüründen 1612 Ca-LS kullanarak elde edilen kokların bazı özelliklerinin kömürdeki kül içeriği ile değişimi

Tunçbilek kömüründeki kül miktarı, %	Basınç Dayanımı MPa	Düşme Sağlamlığı %	Gözeneklilik %	Reaktivite %
9.0	18.8	98	38	38.4
11.9	17.5	98	40	35.0
17.4	16.8	97	41	30.0
26.1	15.1	97	42	24.5

Her iki bağlayıcıda da elde edilen kokların basınç dayanımları kömürdeki kül miktarının artması ile azalmaktadır. Bu durum, külü oluşturan bazı inorganik maddelerin, koklaşma sırasında kısmen veya tamamen değişikliğe uğraması sırasında hem kömür taneleri arasında kuvvetli bağ oluşumunu engelleyebilmesinden hem de oluşmuş olan bağları zayıflatabilmesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin külde bulunan CaO, MgO, Fe₃O₄, SiO₂ ve Al₂O₃ gibi maddelerin koklaştırma sırasında kömürün büzülmesini önleyerek zayıf bir yapı oluşumuna neden olduğu bilinmektedir.

Elde edilen kokların gözeneklilikleri ise kömürdeki kül miktarındaki artış ile artma göstermiştir. Burada kül kok sağlamlığına olumsuz etki yaparken, gözeneklilik üzerine olumlu etki yapmıştır. Bu

durum, kömürün inorganik bileşenleri arasında bulunabilecek karbonatlı maddelerin, koklaşma sıcaklığında oksit ve karbondioksit oluştu- racak şekilde bozunmasından ileri gelmektedir.

Kokların reaktiviteleri, her iki bağlayıcıda da artan kül miktarı ile azalma göstermiştir.

Bağlayıcının NH_4 -LS halinde kullanılması kok özellikleri üzerine daha olumlu etki yapmıştır. Elde edilen bu sonuçlara göre kömür külünün %12 civarında tutulmasıyla metalurjik kokta aranan sağlamlık ve gözeneklilikte kok elde etmek mümkün olmuştur. Elde edilen kokların reaktiviteleri ise Zonguldak kokunun reaktivitelerinden daha yüksek düzeydedir. Bunu biraz düşürmek amacıyla Tunçbilek kömürüne %50 veya £30 oranında Zonguldak kömürü karıştırıldıktan sonra Şekil 1'de verilen akım şemasına göre %12 oranında Ca-LS ve NH_4 -LS kullanılarak biriketler hazırlanıp koklaştırılmıştır. Farklı kül içeriklerine sahip 4 Tunçbilek kömürü ile elde edilen kokların özellikleri Çizelge 4 ve 5'de verilmiştir.

Çizelge 4. %50 Tunçbilek+%50 Zonguldak karışımından %12 NH_4 -LS veya Ca-LS kullanarak elde edilen kokların bazı özelliklerinin Tunçbilek kömüründeki kül içeriği ile değişimi

Tunçbilek kömüründeki kül miktarı, %	Basınç Dayanımı MPa		Düşme Sağlamlığı %		Gözeneklilik %		Reaktivite %	
	NH_4 -LS	Ca-LS	NH_4 -LS	Ca-LS	NH_4 -LS	Ca-LS	NH_4 -LS	Ca-LS
	9.0	23.9	22.4	99	99	40	37	19.8
11.9	24.9	31.0	99	99	41	40	19.6	18.9
17.4	27.8	28.6	99	99	43	42	19.6	19.5
26.1	28.7	33.8	99	99	46	44	19.2	19.4

Tunçbilek kömürüne %30 oranında Zonguldak kömürü katılması, bir- yandan hem basınç dayanımını nemde gözenekli 1 iği artırırken diğer yandan da reaktiviteyi önemli ölçüde azaltmıştır. Benzer koşullarda Zonguldak kömürü kokunun reaktivitesi £16.0, %12 Ca-LS kullanıldığında elde edilen kokun reaktivitesi de £18.1 olarak ölçülmüştür. Bu durumda Tunçbilek kömüründen elde edilen kokun reaktivitesi, Zonguldak kömüründen sadece %30 oranında ilave edilmesiyle istenen dü- zeye düşürülebilmektedir. Diğer taraftan Zonguldak kömürü katılmasıyla kok özelliklerine Tunçbilek kömürü külünün etkisi azalmıştır.

Bu sonuçlara göre sülfat atık çözeltisi katı maddesini (Ca-LS veya NH_4 -LS halinde) kullanarak Tunçbilek kömüründen doğrudan metalür- ji endüstrisinde kullanılabilir sağlamlık ve gözeneklilikte parça kokun elde edilebileceği mümkün görünmektedir. %30 oranında Zongul- dak kömürü kullanılmasıyla da kok reaktivitesi istenen düzeye getiri-lebilmektedir.

Çizelge 5. *7B Tunçbilek+ %3Q Zonguldak karışımında %12 NH₄-LS veya CaLS kullanarak elde edilen kokların bazı özelliklerinin Tunçbilek kömüründeki kül içeriği ile değişimi

Tunçbilek kömüründeki kül miktarı, %	Basınç Dayanımı MPa		Düşme Sağlamlığı %		Gözeneklilik %		Reaktivite %	
	NH ₄ -LS	Cü-LS	NH ₄ -LS	Ca-LS	NH ₄ -LS	Ca-LS	NH ₄ -LS	Ca-LS
9.0	34.2	33.8	99	99	38	37	24.2	23
11.9	33.1	32.6	99	99	41	41	23.5	22.5
17.4	38.7	36.3	99	99	45	42	23.0	22.0
26.1	32.5	31.5	99	99	48	43	23.0	22.5

KAYNAKLAR

1. ŞİRİN, G., Enerji istatistikleri, Türkiye 4. Enerji Kongresi,
2. KURTZ] R., Aspekte zur Hochtemperatur-Formkokserzeugung aus Braun-
" kohle! Braunkohle, 4, 1970, p. 113.
3. KRUG, H., NAUNDORF, W., Herstellung von hochwertigen Verkokunas-
briketts aus Kohle der Nassaufschlussmanlung und aus vorgranulier-
tem Trockenbraunkohlenstaup. Freiburger Forshungshefte, A 629,
4. RAMMLER! Ê. ALBERTS H.J.V., Technologie und chemie der Braunkohle
Verwertung, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig,
5. KRUG*. H., NAUNDORF- W., Braunkohlen-Brikettierung 1-2, VEB Deuts-
cher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1984.
6. SAĞLAM, M., YANIK. J., Linyit Kömürlerinden Metalurjik Kok üretimi,
Türkiye 4. Enerji Kongresi, özel Oturum Tebliğleri, İZMİR, 1986.
7. PAPILA* M , ORHUN, F., Zonguldak ve Amasra Kömürleri karışımlarm-
da koklaşma karakterlerinin tayini hakkında rapor, MTA Enstitüsü
1974
8. BERK F Türkiye Linyit ve Taşkömürlerinden metalurjik Amaçla
* Kama KoV üretimi, Doktora Tezi, İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi
1984
9. KEMAL. M., Tunçbilek kömürünün metalurjik kok üretiminde kullanıl-
ma olanakları. Doçentlik tezi, E.ü. Makina Fakültesi, Eylül 1980.
10. ÖZDEN, ü., Koklaşma özelliği göstermeyen bazı Turk kömürlerinin
metalurjik kok üretiminde kullanılması, I. Uluslararası Cevher
Hazırlama Sempozyumu, Cilt. 2, İZMİR, 1986. p.818.
11. YANIK, J. Batı Anadolu Linyitlerinin Koklaşılma özelliklerinin
İncelenmesi, Doktora Tezi, E.U.Fen Bilimleri Enstitüsü, İZMİR, 1987.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal Congress of TURKEY

GEDİZ KÖMÜRLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ
THE CONCENTRATION OF GEDİZ COALS

Güven ÖNAL *

Neşet ACARKAN **

ÖZET

Gediz (Kütahya) bölgesinde bulunan 4m.kalınlığındaki üst ve 2m. kalınlığındaki alt kömür damarlarından alınan temsili numuneler ile bu numunelerin uygun oranlarda karıştırılması ile hazırlanan harman numunesi üzerinde deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Numunelerin boyut dağılımı ve yıkabilirlik özellikleri belirlenmiş; bunun yanısıra numuneler üzerinde standart kömür analizleri, ağır ortam, jig, sarsıntılı masa ve flotasyon deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, tuvenan kömürden %12 civarında kül içeren temiz kömürün elde edilebileceği anlaşılmıştır.

ABSTRACT

The concentration of the 4m. thick upper and 2m. thick lower coal seams of Gediz(Kütahya) coal Field have been studied on the representative samples taken from these seams and on the blended sample obtained by the mixing of these samples at suitable proportions. Particle size distributions, washability and mineralogical characteristics of the samples were determined besides, standart coal analyses, heavy media separation, jigging, shaking table and flotation experiments were carried on the samples. It is understood from the interpretation of the experimental results that Gediz coal could be concentrated and clean coal could be obtained with 12% ash content.

(*) Prof.Dr., İ.T.U. Maden Fak.,Maden Müh., Böl., Leşvikiye-İSTANBUL

(**)Y.Doç.Dr., İ.T.Ü.Maden Fak.,Maden Müh., Böl., Teşvikiye-İSTANBUL

1. GİRİŞ

Gediz bölgesi ülkemizin önemli havzalarından birini oluşturmaktadır. Yüksek ısıl değere sahip Gediz bölgesi kömürlerinin en önemli sorununu kökürdün yeksekliği'dir. Bu kömürlerden gaz , kok ya da semi-kok üretmek suretiyle daha büyük eKOnomik yararlar sağlanacağı kuşkusuzdur. Ancak bu teknolojilerin uygulanmasından önce kömür kalitesinin arttırılması da kaçınılmaz bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

Gediz bölgesinde üretim yapmak olan , Çoban Maden işletmeleri Sanayii ve Ticaret A.Ş.'ye ait ocaklardan temin edilen tuvenan kömür numuneleri üzerinde yapılan bu çalışmada kömürlerin kül ve kökürt içeriklerini düşürmek suretiyle kok ve semi-kok üretimine uygun nitelikte kömür elde etme olanakları araştırılmıştır.

Gediz bölgesindeki kömür, 4 m.lik bir üst (yüksek) damar ile 2 m.lik bir alt (alçak)damardan oluşmaktadır. Bu bölgede üretim yapmakta olan Çoban Maden işletmeleri Sanayii ve Ticaret A.Ş.'ye ait Atılal ve Karaelmas ocaklarından, üst ve alt damarları temsil eden oluk numuneleri alınmış, bu numunelerin özellikleri ayrı ayrı incelenmiştir. Daha sonra iki damara ait numuneler uygun oranlarda karıştırılarak hazırlanan harman numune üzerinde deneysel çalışmalar yürütülmüştür.

Numunelerin mineralojik - petrografik ve kimyasal özellikleri ile yıkama karakteristikleri belirlendikten sonra, harman numunesine, ağır ortam , jığ sarsıntılı masa ile zenginleştirme ve flotasyon yöntemleri uygulanarak kömürün kül ve kökürt içeriğinin azaltılması olanakları araştırılmıştır .

2. NUMUNELERİN MİNERALojİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Üst ve Alt Damara ait numuneler üzerinde mineralojik -petrografik incelemeler ve standart kömür analizleri yapılmıştır.

2.1.Numunelerin Mineralojik -Petrografik özellikleri

Üst ve Alt Damara ait numunelerden seçilen karakteristik parçaların makroskopik ve mikroskopik incelenmesi sonucunda aşağıdaki özellikler belirlenmiştir.

Kömürün rengi kahverengimsi siyahtan parlak siyaha kadar değişmektedir. Sert ve kırılmalı bir yapıda olan kömür yer yer iyi dilinimlere sahiptir. Kömür serizit , kuvars, kalsit, feldspat, jips ve opak mineral olarak da melnikovit, pirit ile manyetit minerallerini içermektedir.

Kükürdün kaynaklarından birini oluşturan melnikovit (jel pirit) 5-10 mikron gibi çok ince taneler halinde kömürün içinde bol miktarda gözlenmektedir. Pirit ise melnikovite göre daha iri kristaller halinde gözlenmekte ve kömürün içinde tek tek kristaller halinde bulunduğu gibi kristal toplulukları halinde de izlenmektedir.

Üst damara ait ince taneli kumtaşı ve kireçtaşı, içinde bol miktarda serizit ve kuvars içermektedir. Kömüre yakın kısımlarda ve artan miktarlarda organik malzemenin kumtaşı içine girdiği gözlenmiştir.

2.2. Numunelerin Standart Kömür Analizleri

Üst ve Alt Damar ile Harman numunelerinin analizleri yapılmış ve sonuçları kuru esasa göre ÇİZELGE 1'de; tuvenan numunelerin boyut ve boyuta göre kül dağılım sonuçları ise ÇİZELGE 2'de verilmiştir.

ÇİZELGE 1. Numunelerin Standart Kömür Analizi Sonuçları

Numuneler	Rutubet	Kül	Uçucu Madde	Sabit C	Kükürt	Üst Kalorifik Değer (Kcal/kg)
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
Alt Damar	6.50	20.25	38.21	41.54	8.08	6365
Üst Damar	2.65	31.04	36.23	32.73	8.45	5640
Harman	3.95	27.63	36.93	35.44	8.22	5855

ÇİZELGE 2. Tuvenan Numunelerin Boyut ve Boyuta Gore Kul Dağılım Sonuçları

ELEK AÇIKLIĞI (mm)	ALT DAMAR		UST DAMAR		HARMAN	
	Miktar (İ)	Kul	Miktar (%)	Kul	Miktar	Kul
+ 50	16.4	19.85	21.8	34.35	20.0	30.38
-50 + 19	29.6	20.33	27.8	26.54	28.4	25.42
-19 + 9	19.6	18.70	19.4	26.19	19.5	23.27
- 9 + 6	8.3	18.15	7.2	27.71	7.5	24.30
- 6 + 3.36	5.7	18.15	5.4	27,76	5.5	24.43
-3.36+ 1.0	11.5	20.71	10,1	32.72	10.6	28.32
-1.0 + 0.5	3.4	23.51	3.2	37.68	3.3	32.40
-0.5	5.5	29.84	5.1	46.70	5.2	41.14
Toplam	100.0	20.30	100.0	30.40	100.0	27.21

3. KÖMÜRLERİN YIKANABİLME ÖZELLİKLERİ

Tuvenan Kömürlerle yapılan yüzdürme - batırma deneylen suncunda, 6mm.nın üstündeki boyut aralıklarında, istenilen temiz komur kul*sınırında(%12-13) bmbırırına yakın ozgul ağırlıklı malzemenin bir hayli fazla olduğu belirlenmiş ; oysa -6+0.5 mm. boyut aralığında ise, ayırma sınırında bulunan bırıbırırına yakın ozgul ağırlıklı malzeme miktarı azaldığından daha sağlıklı bir ayırmanın mümkün olabileceği anlaşılmıştır.(1)

Bu verilerin aşığında Alt Damar, üst Damar ve Harman tuvenan numuneleri kademeli bir şekilde 6 mm.'nın altına kırılmış ve -6+0.5 mm. boyut aralığında yuzdurme-batırma deneyleri yapılmıştır. Boyutları 6 mm.'mn altına indirilmiş numunelerin boyut dağılım sonuçları ÇİZELGE 3'de, yuzdurme-batırma deneylerinin sonuçları ŞEKİL 1,2, 3'de verilmiştir.

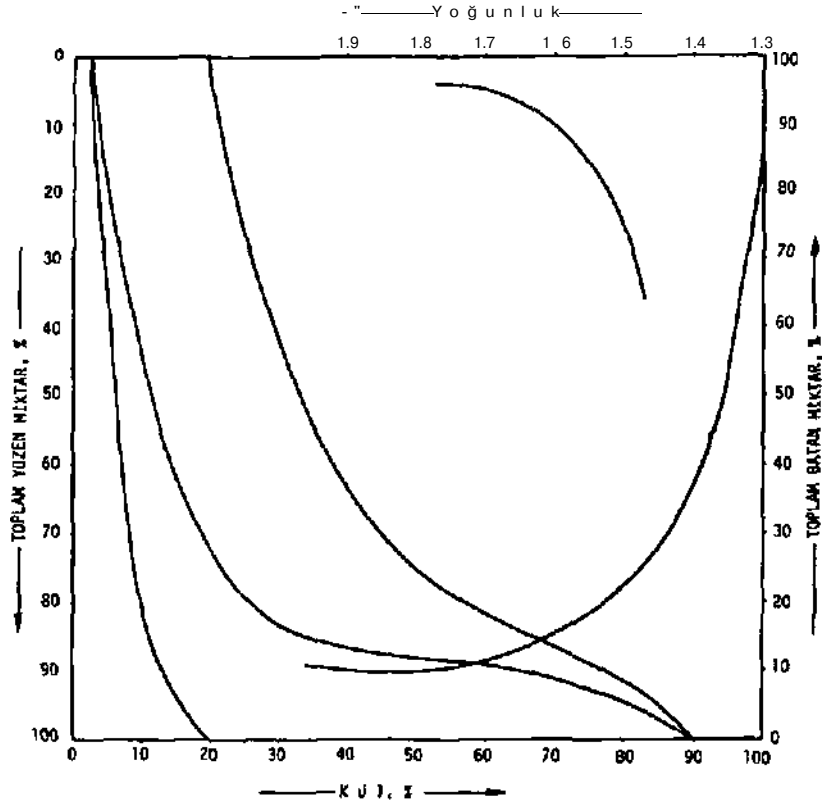
Yapılan bu deneyler sonucunda, 5612-13 lave kulu sınırında ayırmanın mümkün olabileceği, ayrıca Alt Damardan İ12 kullu lavenın %85 civarında bir yıkama verımıyle, ust Damardan %12,6 kullu lavenın %64,6 ve Harman numuneden de %12,4 kullu lavenın %67,2 yıkama verımıyle elde edilebileceği anlaşılmıştır.

Harman numune üzerinde yapılan yüzöürme-batırma deneylerinden elde edilen ürünlerin toplam kükürt içerikleri saptanarak, organik ve inorganik kısımlarda kükürt dağılımı da saptanmıştır.

ÇİZELGE 4'de verilen sonuçlardan da görülebileceği gibi, kömür ve şışt ürünlerindeki kükürt içeriğinin önemli bir değişim göstermediği ve kükürdün zenginleştirme yöntemleriyle kömürden uzaklaştırılamayacağı anlaşılmıştır. Bu durum önemli ölçüde melnikowitdenCjel pirit) kaynaklanmaktadır.

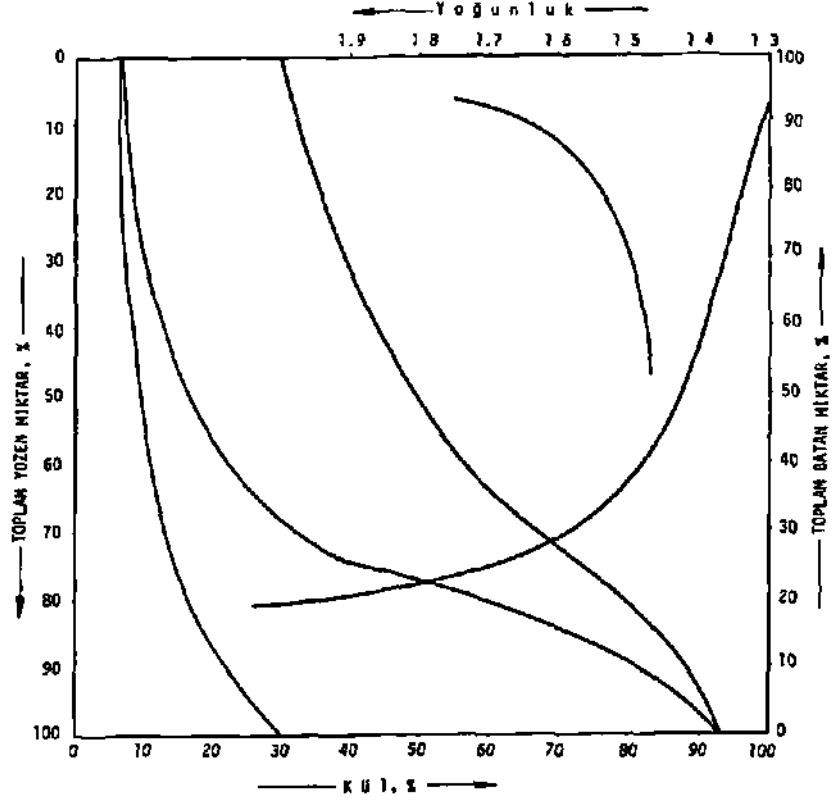
ÇİZELGE 3. Boyutu 6mm. Altına İndirilen Numunelerin Boyut Dağılım Sonuçları.

Elek Açıklığı (mm)	Alt Damar	Üst Damar	Harman
-6+2.83	25.5	31.0	34.7
-2.83+2.0	15.6	13.4	19.5
-2.0 +1.0	23.7	21.4	21.0
"1.0+0.5	15.6	13.6	11.2
-0.5	19.6	20.6	13.6
Toplam	100.0	100.0	100.0



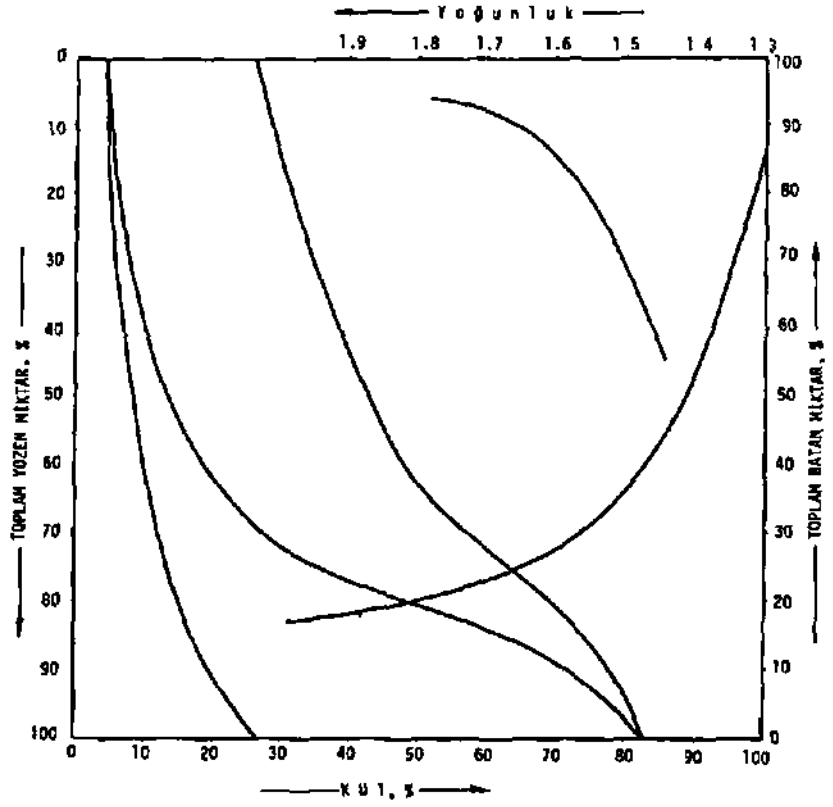
YOĞUNLUK ARALIĞI gr/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yuzen			Toplam Batan		
	Miktar % -M-	Kul % -K-	MxK	Miktar % ΣM	ΣMxK	Kul % ΣK	Miktar % ΣM	ΣMxK	Kul % ΣK
- 1.3	12.5	3.92	49.0	12.5	49.0	3.92	100.00	2039.5	20.40
1.3 - 1.4	54.4	10.21	554.8	66.9	603.8	9.02	87.5	1991.0	22.75
1.4- 1.5	12.3	20.70	254.6	79.2	858.4	10.83	33.1	1436.2	43.38
1.5- 1.6	6.2	23.61	177.3	85.4	1035.7	12.12	20.8	1181.6	56.80
1.6- 1.7	2.1	37.51	78.7	87.5	1114.4	12.73	14.6	1004.3	68.78
1.7- 1.8	1.2	46.16	55.9	83.7	1170.3	13.19	12.5	925.1	74.00
1.8 - 1.9	0.8	49.02	39.2	89.5	1209.5	13.51	11.3	859.2	76.50
1.9	10.5	79.05	830.0	100.0	2039.5	20.40	10.5	830.0	79.05
TOPLAM	100.0	20.40	2039.5						

SEKİL 1. Boyutu 6mm. Altında Olan Alt Damar Numunesine ait -6+0.5mm. Boyut Aralığına Uygulanan Yuzdurme-Batırma Deneyinin Sonuçları



YOĞUNLUK ARALIĞI gr/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yuzen			Toplam Batan		
	Miktar % -M-	Ku? % -K-	KuK	Miktar % ΣM	ΣMxK	Ku? % ΣMxK ΣM	Miktar % ΣM	ΣMxK	Ku? % ΣMxK ΣM
- 1.3	6.5	7.70	50.0	6.5	50.0	7.70	100.0	3021.3	30.21
1.3 - 1.4	39.9	10.1	404.5	46.4	454.5	9.79	93.5	2971.3	31.77
1.4 - 1.5	18.2	19.92	362.5	64.6	817.0	12.64	53.6	2566.8	47.88
1.5 - 1.6	7.0	29.85	208.9	71.6	1025.9	14.32	36.4	2204.3	62.26
1.6 - 1.7	3.8	37.23	141.4	75.4	1116.3	15.48	28.4	1995.4	70.26
1.7 - 1.8	2.2	45.18	99.3	77.6	1266.6	16.32	24.6	1854.0	75.36
1.8 - 1.9	1.9	50.63	96.1	79.5	1362.7	17.14	22.4	1754.7	78.33
1.9	20.5	80.91	1658.6	100.0	3021.3	30.21	20.5	1658.6	80.91
T O P L A M	100.0	30.21	3021.3						

ŞEKİL 2. Boyutu 6mm.'run Altında Olan Üst Damar Numunesine ait -6+0.5 mm. Boyut Aralığına Uygulanan Yuzdurme-Batırma Deneyinin Sonuçları.



YÖĞUNLÜK ARALIĞI gr/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar % -M-	Kül % -K-	HxK	Miktar % EM	EMxK	Kül % EMxK EM	Miktar % EM	EMxK	Kül % EMxK EM
- 1.3	15.3	6.21	98.1	15.8	98.1	6.21	100.0	2713.6	27.14
1.3-1.4	34.0	12.07	410.3	49.3	508.4	10.20	84.2	514.9	31.05
1.4- 1.5	17.4	18.69	325.2	67.2	833.6	12.40	50.2	2207.6	43.91
1.5- 1.6	6.7	30.15	202.0	73.9	1035.6	14.01	32.8	1879.4	57.29
1.6- 1.7	3.3	36.87	121.6	77.2	1157.2	14.98	26.1	1677.4	64.26
1.7 - 1.8	3.0	47.94	143.8	83.2	1331.0	16.22	22.5	1555.8	63.23
1.8- 1.9	1.9	53.02	100.7	82.1	1401.7	17.07	19.8	1412.0	71.31
1.9	17.9	73.26	1311.3	100.0	2713.6	27.14	17.9	1311.3	73.25
TOPLAM	100.0	27. H	2713.6						

EKİL 3. Boyutu emm.'nin Altında Olan Harman Numunesine ait -6+0.5 mm. Boyut Aralığına Uygulanan Yuzdurme-Batırma Deneyinin Sonuçları.

ÇİZELGE 4. -6+0.5 mm. Boyut Aralığındaki Harman Numunesine ait Yüzdürme-Batırma Ürünlerinin Toplam Kükürt İçerikleri

Yoğunluk Aralığı (gr/cm ³)	Kükürt
-1.3	7.02
+1.3-1.4	8.27
+1.4-1.5	8.55
+1.5-1.6	9.24
+1.6-1.7	9.65
+1.7-1.8	9.07
+1.8-1.9	8,84
+1.9	8.20

4. ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ

Kömürün kül içeriğini düşürebilmek amacıyla Harman numune ile -6+5.0 mm. boyut aralığında ağır ortam, -6+2mm. boyut aralığında jig, -2.+0.5 mm boyut aralığında sarsıntılı masa ve 0.5 mm.'nin altında flotasyon deneyleri yapılmıştır.

4,1, Ağır Ortam+Flotasyon Deneyleri

Boyutu 6mm.'nin altında olan Harman numune -6+0.5 mm. ve -0.5 mm. boyut aralıklarına ayrıldıktan sonra(ÇİZELGE 5K-6+0.5 mm. boyut aralığına 1.5 gr/cm özgül ağırlığındaki ağır sıvı ile yüzdürme-batırma uygulanmış ve yüzen olarak temiz kömür alınmıştır. Batan ise 1.9 gr/cm³ özgül ağırlıklı sıvıda işleme sokulmuş ve yüzen olarak araürün , batan olarak da artık alınmıştır.

ÇİZELGE 5. Ağır Ortam+Flotasyon Denelerine Beslenecek Boyut Aralıklarının Kül içerikleri.

Boyut Aralığı (mm)	Miktar	Kül
-6+0.5	86.0	27.19
-0.5	14.0	31.58
Toplam	100.0	27.81

Ağır ortam deneyinin sonuçları ÇİZELGE 6'da verilmiştir.

ÇİZELGE 6. Ağır Ortam Deneyinin Sonuçları.

Ürünler (%)	Miktar (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (*)
Temiz Kömür	65.3	11.63	79.28
Araürün	17.6	35.79	15.52
Artık	17.1	77.87	5.20
-6+0.5mm	100.0	27.19	100.00

Flotasyon Denevleri

Boyutu 0.5 mm. altında olan kömür numuneleriyle çok sayıda flotasyon deneyleri yapılmış ve en uygun koşullar araştırılmıştır.

Aşağıda belirtilen en uygun koşullarda toplayıcı olarak %2 gazyağı+ %8 iso octanol karışımı kullanılmış ve alınan konsantre iki defa temizlenmiştir. Deney sonuçları ise ÇİZELGE 7.'de verilmiştir.

Flotasyon Koşulları

Pülpte Katı oranı	%20
pH	6.5
Toplayıcı	1000 gr/t
Kıvam Süresi	10 dakika
Flotasyon Süresi	10 "

ÇİZELGE 7. Flotasyon Deneyinin Sonuçları

Ürünler	Miktar (%)	Kül (%)	Yanabilir Vb, im (%)
Temiz Kömür	57.8	11.97	74.14
Araürün	24.5	42.76	20.43
Artık	17.7	78.94	5.43
-0.5mm	100.0	31.37	100.00

Boyutu 6 mm altına indirilen Harman numuneye ağır ortam+flotasyon uygulanması suretiyle, toplam olarak girenin %64,3 oranında İ11.63 küllü lavayı %78,65 yanabilir verimle kazanmak mümkün olabilmektedir. Ağır ortam flotasyon deneylerinin hesaba birleştirilmiş şekli ÇİZELGE 8'de görülmüştür. Temiz kömür standart kömür analizi sonuçları ÇİZELGE 9'da verilmiştir.

ÇİZELGE 8. Ağır Ortam +Flotasyon Deneylerinin Toplu Sonuçları

ürünler	Miktar (%)	Kül (*)	Yanabilir Verim (%)
Temiz Kömür	64.3	11.63	78.65
Araürün	18.5	37.07	16.12
Artık	17.2	78.03	5.23
Harman (-6mm)	100.00	27.75	100.00

ÇİZELGE 9.Ağır Ortam+Flotasyon Deneylerinden Elde Edilen Toplu Temiz Kömürün Standart Kömür Analizi Sonuçları. (Kuru esasa göre)

Kül(İ)	11.67
Uçucu madde(%)	39.71
Sabit Karbon(%)	48.62
Kükürt(%)	7.99
Üst Kalorifik Değer(Kcal/kg)	7090

4.2. Jig + Sarsıntılı Masa+Flotasyon Deneyleri

Boyutu ömm.'nin altına indirilen Haman numune, -6+2 mm -2+0.5 mm boyut aralıklarına ayrıldıktan sonra sırasıyla jig, sarsıntılı masa, flotasyon deneylerine tabi tutulmuştur. Yukarıda belirtilen boyut aralıklarına ait kül içerikleri **ÇİZELGE 10.**'da verilmiştir.

ÇİZELGE 10. Jig+Sarsıntılı Masa+Flotasyon Deneylerine Beslenecek Boyut Aralıklarının Kül içerikleri

Boyut Aralığı (mm)	Miktar (S)	Kül
-6+2	54.2	28.05
-2+0.5	32.2	25.30
-0.5	13.6	31.58
Toplam	100.0	27.65

Jıg Deneyleri

Harz tıplı pistonlu Denver laboratuvar jıgında yapılan deneyler, ıkı kademedede gerçekleştirilmiştir. I. kademedede once yatak oluşturulmuş, bunu izleyerek dzenli besleme yapmak suretiyle taşan kısım olarak toplu temiz komur, jıg tankında kalan kısım olarak da araurun ve artık alınmıştır. II. kademedede ise toplu temiz komur jıge beslenerek temiz komur ile araurun ürünleri elde edilmiştir. ıkı kademedede yapılan jıg deneylerinin toplu sonuçları ÇİZELGE 11'de verilmiştir.

ÇİZELGE 11. Jıg Deneylerinin Sonuçları

rnler	Mıkta-	Kl	Yanabilir Verim
Temiz Komur	65.2	13.20	78.66
Araurun	17.7	32.56	16.59
Artık	17.1	80.00	4.75
-6+2mm	100.0	28.08	100.00

Sarsıntılı Masa Deneyi

Laboratuvar tıplı Wilfley sarsıntılı masasında yapılan deneyde -2+0.5mm. boyut aralığında komur kullanılmış ve deney sonuçları ÇİZELGE 12'de verilmiştir.

ÇİZELGE 12.Sarsıntılı Masa Deneyinin Sonuçları

rnler	Miktar	Kül	Yanabilir Verim
Temiz Komur	64.9	11.46	76.74
Araurun	23.6	38.78	19.30
Artık	11.5	74.18	3.96
-2+0.5 mm.	100.0	25.12	100.00

Jig, sarsıntılı masa ve daha önce yapılan flotasyon deneylerinin sonuçları, deneylere giren kömüre göre değerlendirildiğinde hesaben bulunan toplu sonuçlar ÇİZELGE 13'de verilmiştir.

ÇİZELGE 13. Jig+Sarsıntılı Masa+Flotasyon Deneylerinin Toplu Sonuçları

Ürünler	Miktar	Kül	Yanabilir Verim
Temiz Kömür	64.1	12.48	77.45
Araürün	20.5	36.51	17.97
Artık	15.4	78.44	4.58
Harman	100.0	27.56	100,00

ÇİZELGE 13'den de görüleceği gibi, girenin 5664,1 oranında %12.48 kül içeren lavyı X77.45 yanabilir verimle elde etmek mümkündür. Bu prosese ait toplu lavenin kuru esasa göre standart kömür analizi sonuçları ÇİZELGE 14'de verilmiştir.

ÇİZELGE 14. Jig+Sarsıntılı Masa+Flotasyon Deneylerinden Elde Edilen Toplu Temiz Kömürün Standart Kömür Analizi Sonuçları

Kül (%)	12.48
Uçucu Madde(%)	40.66
Sabit Kabrbon(%)	46.86
Kükürtte}	7.88
Üst Kalorifik Değer(Kcal/kg)	69 66

Boyutu 6 mm altında olan Harman numunesine iki farklı seçenek uygulanmış ve sonuç olarak, jig+sarsıntılı masa+flotasyon yöntemiyle %12,48 küllü temiz kömürden elde edilirken, ağır ortam+flotasyon yöntemiyle XI1,63 Küllü temiz kömür elde edilmiştir. Ağır ortam yöntemiyle daha hassas bir ayırma yapılat" idfından diğer seçenene göre %1'e yakın daha az küllü temiz kömür elde edilmiştir.

5.SONUÇLAR

1. Deneysel çalışmaların yürütüldüğü Alt Damar numunesinin %20,25 kül, 8.08 S içerdiği ve, kalorifik değerinin 63 65 Kcal/kg olduğu üst Damar numunesinin %31,04 kül, %8.45 S içerdiği ve kalorifik değerinin 56 40 Kcal/kg olduğu; Harman numunesinin %27,63 kül, 8.22 ve kalorifik değerinin 58 55 Kcal/kg olduğu saptanmıştır.
2. Yapılan mineralojik incelemeler sonucu, kömür numunelerinin serizit, kuvars, kalsit. Ups, feldspat, melnikovit, pirit, manyetit, limonit ve kil minerallerini içerdiği belirlenmiştir.
3. Kömürdeki kükürdün melnikovit, pirit, jips ve organik kükürtden kaynaklandığı ve en büyük kükürt kaynağının melnikovit olduğu belirlenmiştir.
4. AltDamar ve üst Damara ait yıkanabilme özellikleri, ekonomik bir zenginleştirmenin 6mm.'nin altında ve %11.5-13.5 kül sınırlarında yapılabileceğini göstermiştir.
5. Boyutu 6 mm.'nin altında numunelere ait yıkama eğrileri, Alt Damar numunesinden %12 küllü lavenin %85 civarında bir verimle, Üst Damar numunesinden %12,6 küllü lavenin %64,6 verimle ve Harman numunesinden de %12.4 küllü lavenin %67,2 verimle elde edilebileceğini göstermiştir.
6. Harman numesine {-6mm } ait yüzdürme-batırma ürünlerindeki kükürt içeriklerinin hemen hemen aynı mertebelerde olduğu ve kükürdün organik ve inorganik fazlar içinde eşit miktarlarda dağıldığı belirlenmiştir.
7. Yapılan araştırmalar sonucunda, Gediz bölgesi kömürlerindeki kükürdün fiziksel zenginleştirme yöntemiyle düşürülemeyeceği anlaşılmıştır.
8. Ağır ortam + flotasyon ile yapılacak zenginleştirmeden %11.67 küllü lavenin 64.3 yıkama verimi ve %78.65 yanabilir verimle elde edileceği anlaşılmıştır.

9. Jig+sarsıntılı masa+flotasyon ile yapılacak zenginleştirme sonucu, 5Ü12.48 kullu lave, 5Ê64.1 yıkama verimi ve 3S77.45 yanabilir verimle elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- 1 Gediz Kömürünün zenginleştirilme Deneyleri, I.T.Ü. Maden Fakültesi, Maden Muh. Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı, Nisan 1983 (Yayınlanmış rapor)

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ

The sixth coal congress of TURKEY

HAVA KİRLİLİSİNİ AZALTMAK AMACIYLA İSİNMA DA KULLANILAN LİNYİTLERİN YIKANABİLİRLİBİ

ÜJASHABILITY OF LIGNITES TO BE U5ED FDR DOMESTIC HEATING PURPOSES AND REDUCE AIR POLLUTION

Melih AKALIN (*)
Zafer ÖZ (**)

ÖZET

Türkiye'de havza madenciliği yapılabilen büyük rezervli linyit sahalarımızdan ısınma ve sanayi için kaliteli yakıt üretimi amacıyla linyitlerimize briketleme yıkama, kurutma gibi kömür zenginleştirme işlemlerinin uygulanması gerekmektedir. Bu çalışmada 12 büyük linyit sahamızda linyitlerimizin yıkanabilirlikleri incelenerek sonuçları verilmiştir. Linyit yıkanabilirliğinde farklı özelliklere uygun değişik proses belirlenmesi gerektiğinden teknolojik yıkama yöntemlerin de bir incelemesi sunulmuştur.

Bu çalışmanın san bölümünde ise özellikle hava kirliliği alan illerimizin katı yakıt ihtiyacının ve sanayinin kaliteli katı yakıt talebini karşılayabilmek üzere Sama-Eynez linyitinin yıkanarak kullanımının önemi ve bir lavvar tesisinin gerekliliği, üzerinde durulmuştur. Bu sunuşla ilgili her Kurum ve araştırmacının linyit yıkanabilirliği konusunda bundan sonraki yapacağı çalışmalarında bir esas teşkil edilmesine yardımcı olunmak istenmiştir.

ABSTRACT

In Lignite deposits of Turkey where it's possible to employ mining techniques it is necessary to perform coal upgrading processes such as briquetting, washing and drying to produce higher quality fuels for household and industrial consumption. 5-

In the present study washability characteristics of 12 major lignite deposits were examined.

A short survey nf technological uashing processes is also given since lignites with different characteristics require different washing processes.

In the end of this study the impatance of washed Soma-Eynez lignite to be consumed in provinces with air-pollutionand in industry is stressed and the necessity for a coal washery plant in the region is mentioned, with the aim of assisting all interested researchers and organisations wishing to work on lignite washability.

(*) Kımyük.Müh.TKİ Gen.Md. Kömür Teknolojisi Şub. Müdürü ANKARA

(**) Kim.Müh. TKİ Gen. Md.Kömür Teknolojisi Şub.Müd. ANKARA

GİRİŞ

Türkiye'de üretilen linyitler termik santral, ısınma ve sanayi sektöründe kullanılmaktadır. 1973 yılı krizinden sonra özellikle enerji sektöründe elektrik üretimi için linyitler büyük önem kazanmış ancak ısınma ve sanayi sektörü ihtiyacına uygun kalitede linyit temininde zorluklar çekilmiştir. Bu sebeple hem pahalı alternatif yakıtların kullanımı hem de çevre kirliliği sorunu artan tüketime paralel olarak gelişmiştir. İlk önceleri yeterli üretim hedeflerini sağlamak üzere başlatılan çalışmalar giderek kalitenin artırılması konularında ağırlık kazanmıştır. (1)

Linyitlerimizde her birinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine uygun gerekli zenginleştirme işlemlerinin tespiti ise yeterli AR-GE çalışmalarının laboratuvar, alott hatta endüstriyel boyutta yapılması, daha sonra en verimli ve ekonomik prosesin amaca uygun olarak seçilmesi ile mümkündür. Bu çerçevede linyitlerimizin yıkanabilirliği konusu bu çalışmada açıklanmaktadır.

Netice olarak temiz katı yakıtların üretiminin artırılmasında ülkemizdeki çevre sorunları yönünden de ele alınması, diğer bir ifadeyle kullanıma uygun yakıt geliştirilmesi ile kaynakların optimum kullanılması hedefi de düşünülmelidir. Bu çalışmada ısınmada ve sanayide hava kirliliğini azaltmada en verimli bir yakıt geliştirilmesi hususunda büyük linyit havzalarımızda linyitlerin yıkanabilirliği ve özellikle Soma-Eynez linyitinin yıkanmasının bir değerlendirilmesi yapılmıştır.

1. LİNYİTLERİMİZİN YIKANABİLİRLİĞİNİN SAHA BAZINDA İNCELENMESİ

Genel olarak Türkiye'de bulunan linyitler de orjinal halde nem, kül, kükürt safsızlık miktarı çok olduğundan doğrudan ısınmada ve sanayide kullanılması halinde büyük sorunlarla karşılaşmaktadır. Ayrıca üretilen kömürlerimizde bu sebeple verimli kullanılmamaktadır. Bu çalışmada belli rezerv büyüklüğüne sahip ve yüksek üretim miktarları gerçekleştirilen linyit sahalarımız esas olmak üzere linyitlerimizin yıkanabilirlik özelliklerinin laboratuvar ve pilot çaplı etüdümlerle belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda öncelikle 12 büyük linyit sahasından alınan kömürlerin yıkanabilirlik eğrileri elde edilmiştir. Çalışmada yer alan sahalar sırasıyla aşağıda verilmiştir.

1. Bingöl-Karlıova Linyit sahası
2. Beypazarı-A Sektörü Linyit sahası
3. Konya-Beyşehir Linyit sahası
4. Bolu-Göynük Linyit sahası
5. Çanakkale-Çan I Linyit sahası
6. Çanakkale-Çan III Linyit sahası
7. Sivas-hangal Linyit sahası
8. Muğla-Sekköy Linyit sahası
9. Muğla-Bağyaka Linyit sahası
10. IG.Tunçbilek Açık Ocak Linyit sahası
11. Tunçbilek Kapalı Ocak Linyit Sahası
12. Soma-Eynez Linyit sahası

2. LİNYİTLERİMİZİN YIKANABİLİRLİĞİNİN TEKNİK İNCELENMESİ

Bu çalışmada kömürlerin yıkanabilirliğini incelemek üzere yaygın olarak kullanılan + 0,10 yoğunluk dağılım eğrisi dikkate alınmıştır. Deneysel çalışmalarla elde edilen yıkanabilirlik eğrisinde her bir linyit sahası için bu eğri çizilmiştir.

ÇİZELGE 1: TÜRKİYE LİNYİTLERİNİN SAHA BAZINDA YIKAMA EĞRİLERİNE GÖRE VARILAN LİNYİT MÜHÜR Vİ KANABİLİRLİK ŞARTLARININ İNCELEMESİ (2.1.-12)

SAHA ADI	5u (%)	Kul C<)	KİMYASAL ÖZELLİKLERİ						Top. S.	YIKP,NMA ÖZELLİĞİ				
			Uç. Md. <%)	S. Kar. (%)	AJD Cfal/VÇ	0ID ftal/kq	Van. S.	Kul S.		Av-Yağ. qr/cm3	Rand. <%)	Atık (50	Kulu	
1 Bingöl-harlıova														
-Orjinal Öz.	45	25	*P	1J	1550	1-300	0,1	0,3	0,4					
-Yıkama/a giren	13	40	?	20	28DD	305D	0,1	0,4	0,5					
-Yıkama? çıkan	1ü	37	20	22	3570	3650					1,45	09	53	
2 Beypazarı-A Sek.														
-Orjinal Dz.	21	33	24	22	2700	2900	3,D	1,5						
-Yıkama/s QIIHI	10	37	31.	19	2620	2830	2,4	2,6	5,0					
-Yıkamaş çıkan	10	35	1.2	23	3310	3560					1,64	90	77	
3 Konya-Bevşehir														
-Orjinal az.	41	39	13	7	920	1120	0,5	0,5	1,0					
-Yıkama/a giren	9	51		15	1450	1590	D,a	0,6	1,6					
-Yıkamaş çıkan	9	22	tı3	26	3690	3940					1,43	10	52	
4 Bolu-Goynuk														
-Orjinal Öz.	25	27	2b	22	2760	3080	0,9	0,9	1,2					
-Yıkama araya giren	1D	32	31	27	3420	3650	1,1	1,0	2,1					
-Yıkamaş çıkan	1D	24	41	35	4370	4630					1,62	77	66	
5 Çanakkale-Çan I														
Orjinal 02	25	12	36	35	371.0	4340	3,7	4,0	7,7					
-Yıkama/a giren	10	6	36	46	6410	6690	1,6	1,1	2,9					
-Yıkamaş çıkan	1C	7	36	1.7	647D	6780					1,4B	Q4	4	4
6 Çanakkale Çan II														
-Orjinal öz.	33	16	27	2 it	3130	3770	3,1	2,3	5,4					
-Yıkama/a giren	6	40	26	26	3060	3270	2,6	2,0	4,2					
-Yıkamaş çıkan	8	15	4u	37	50D0	52B0					1,32	16	44	
7. Sivas-Kanqal														
Orjinal öz.	53	18	1B	11	1560	172D	1 fl	0 a	2,6					
-Yıkama/a giren	12	23	1.2	23	4130	4400		1,4						
-Yıkamaş çıkan	12	23	1.2	23	4130	4400					1,42	16	37	
fl. Muqla-sekkoy														
-Orjinal öz.	35	23	32	10	23D0	26D0	2,1	1,6	3,9					
-Yıkama/a giren	9	32	44	15	2930	3170	3 D	2,k	5,4					
-Yıkamaş çıkan	9	25	5D	16	367Q	412D					1,56	65	53	
9. Muqla-Bagyaka														
-Orjinal DZ.	33	25	2B	11.	2220	254D	1,3	1,0	2,3					
-Yıkama/a giren	10	33	37	20	3160	3390	1,7		3,1					
-Yıkamaş çıkan	10	20	46	24	4390	4670					1,50	65	65	
ID.TunçbllPk A.Ocak														
-Orjinal öz.	16	33	27	19	2640	2860	0,6	1,3	1,9					
-Yıkama/a giren	16	30	27	19	2640	2860	0,6	1,3	1,9					
-Yıkamaş çıkan	17	19	32	32	4460	4770	0,7	1,3	2,6		1,45	47	66	
II.Tunçblllek K.Ocak														
-Orjinal DZ.	11	4a	26	15	2160	235D	0,5	1,5	2,0					
-Yıkama/a giren	11	46	26	15	2160	2350	0,5	1,5	2,0					
-Yıkamaş çıkan	9	19	31	42	4300	46D0	0,7	1,4	2,1		1,50	34	70	
12.Soma-Evne;														
-Orjinal öz.	13	25	30	32	3650	4100	0,7	0,4	1,1					
-Yıkama/a giren	13	25	30	32	3650	4100	0,7	0,4	1,1					
-Yıkamaş çıkan	13	10	3	4n	520"	550D			0,a		1,70	79	74	

+ G,10 yoğunluk dağılım eğrisi, herhangi bir yoğunluğun G,10 birim alt ve 0,10 birim üstündeki yoğunlukları arasında bulunan toplam kömürün ağırlık yüzdesini verir. Kömürün yıkanabileceği en düşük yoğunluk bu eğriyle belirlenir. Buna göre + D,1G yoğunlukta bulunan madde miktarıyla kömürlerin yıkanmasındaki zorluk derecesi saptanır. Ayırma yoğunluğuna yakın madde miktarı arttıkça kömürün temizlenmesi zorlaşır. Bu kritere göre + 0,10 yoğunluk dağılım eğrisinde %1D madde miktarına karşı gelen yoğunluk bir tesisin çalışabileceği en düşük yoğunluk değerini göstermektedir. Çizelge 2 de ayırma yoğunluğuna yakın madde oranına göre ayırma güçlük dereceleri verilmektedir. (3)

Çizelge 2: + 0,10 YOĞUNLUK SINIRLARI İÇİNDEKİ YÜZDE AĞIRLIK MİKTARLARINA GÖRE AYIRIM KRİTER TABLOSU

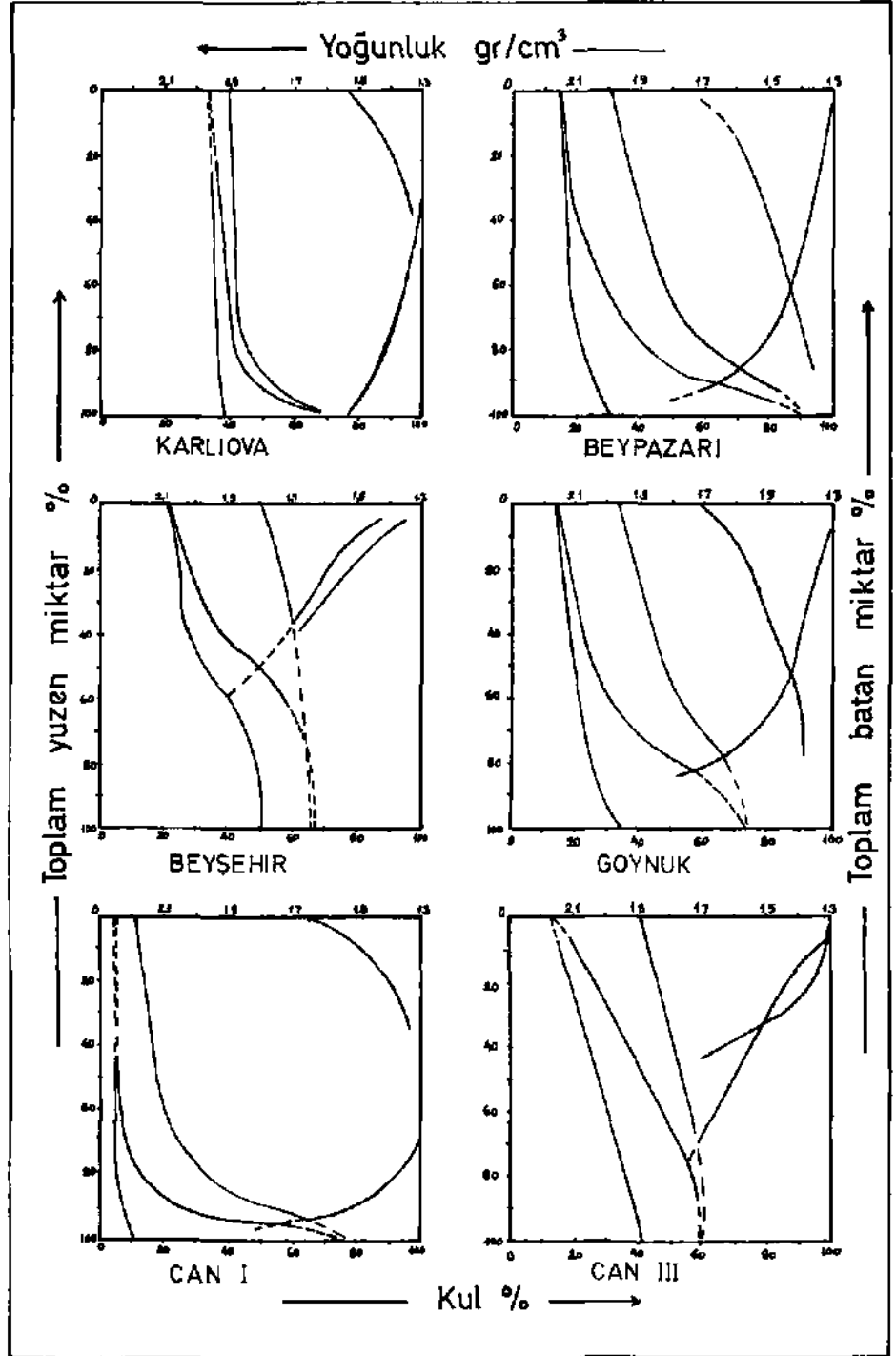
+ 0,10 Yoğunluk Dağılım Değerleri (%)	Ayırım Olasılığı
0-7	Kalay
7-1G	Orta
10-15	Zor
15-20	Çok zor
20-25	Son derece zor
25	Mümkün değil

3. YIKANABİLİRLİK BULGULARI

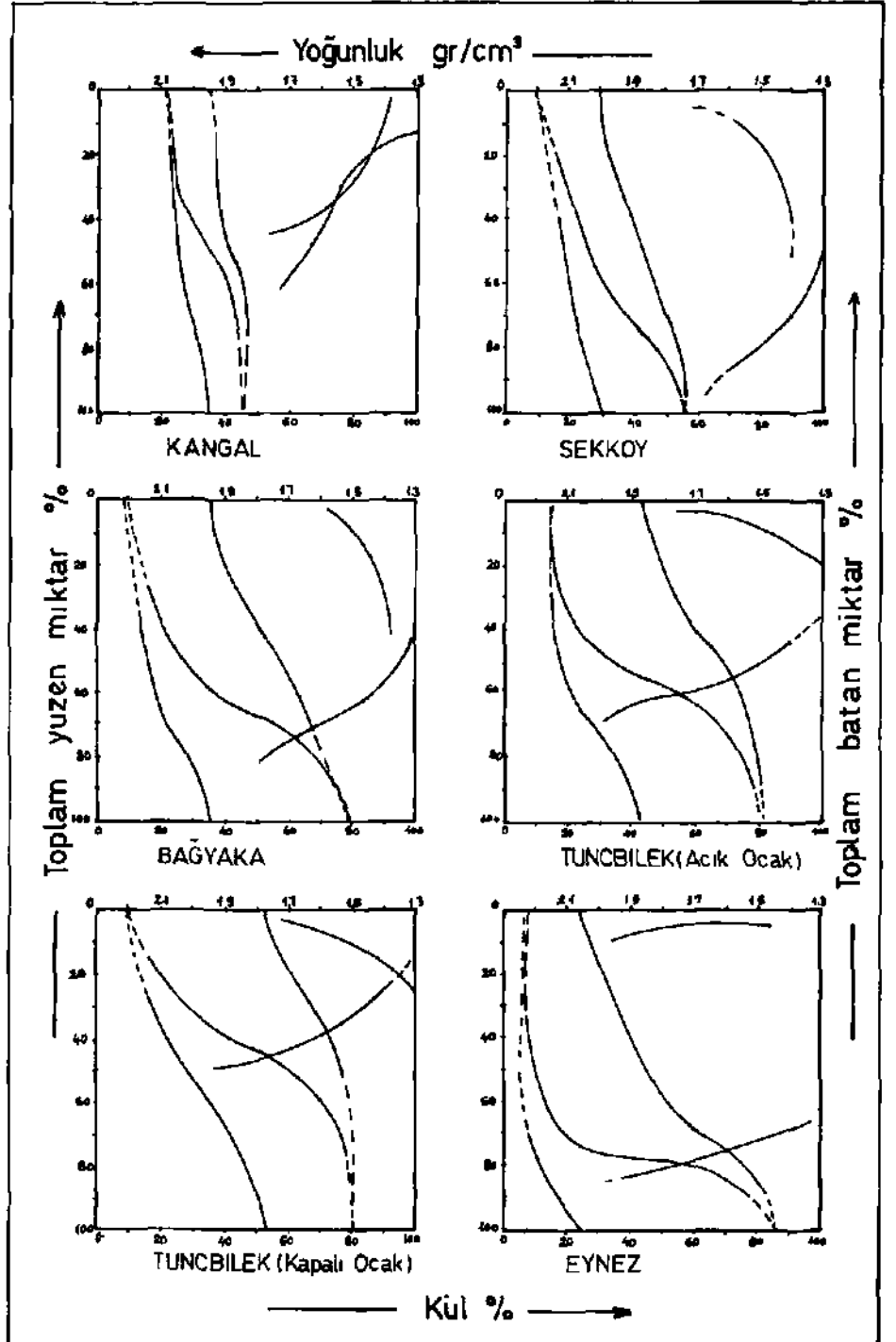
Belirtilen linyit sahalarına ait yıkama eğrileri çizilerek Şekil 1 ve Şekil 2 de verilmiştir. Yıkama eğrilerinin çıkarıldığı yüzde-batma deney sonuçları tebliğde ayrıca yer verilmemiştir (2). Bu tebliğde esas olarak bu verilere göre değerlendirme yapılmasına ve bir netice çıkarılmasına çalışılmıştır.

Çalışılan linyit sahalarının yıkama eğrilerine göre optimum yıkanabilirlik şartlarının bir incelemesi de Çizelge 1 de verilmiştir. Bu çizelgede + 0,10 yoğunluk dağılım eğrisine göre minimum çalışılacak yoğunluk değeri olan %1D madde dağılım miktarına karşılık gelen yoğunluklardaki yıkama durumu dikkate alınmıştır. Ancak bu yoğunlukların üstünde olan alternatif yıkama durumları da yoğunluk eğrisine göre seçilebilir. Çizelgede belirtilen optimum şartlar aynı zamanda ayırma olasılığına esasa değerler olduğundan kritik değerleri göstermektedir. Bu optimum şartlarda yıkama özelliği verilirken yıkamaya giren tuvenan ve çıkan temiz kömür numunelerdeki kimyasal özellikler de açıklanmaktadır. Ancak yıkamaya giren ve çıkan numunelerdeki nem yüzdesi havada kuru değere indirgenmiştir. Bunun nedeni, sadece kül yüzdesindeki değişimi göstermek içindir. Yıkamış kömürdeki su ve kül değerleri haricindeki diğer analiz değerleri bir kıyaslama yapma amacıyla hesapla bulunmuştur. Ayrıca çalışılan numune ile karşılaştırma yapmak üzere orjinal bazda saha ortalama değerleri de bulunmaktadır.

Şekil-1 Yıkama Eğrileri



Şekil-2 Yıkama Eğrileri



+ 0,10 Yoğunluk dağılım kriterine göre yıkanabilirlik çalışması yapılan 12 linyit sahasının zor yıkanabilirlikten kolaya doğru bir incelemesinde çizelge 3 de düzenlenmiştir.

Çizelge 3: + 0,10 YÜZLÜK DAĞILIM KRİTERİNE GÖRE LİNYİT SAHALARININ YIKANABİLİRLİK DURUMU

SAHA ADI	+ 0,10 YÜZLÜK DAĞILIM DEĞERİ	AYIRMA OLASILIK
1 Bingöl-Karlıova	22,16	Mümkün değil
2 Beypazarı-A Sektörü	17,82	Çok zor
3 Konya-Beyşehir	18,82	Çok zor
k Bolu-Göynük	11,73	Zor
5 Çanakkale-Çan-I	7,86	Orta
6 Çanakkale-Çan-III	25,09	Mümkün değil
7 Sivas-Kangal	7,71	Orta
8 Muğla-Sekkü	6,53	Orta
9 Muğla-Bağyaka	6,53	Orta
10. Tunçbilek-Açık ocak	5,70	Kolay
11. Tunçbilek-Kapalı ocak	6,60	Kolay
12. Soma Eyz	5,50	Kolay

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Saha bazında linyitlerimizi, yıkanabilirlik eğrileri ve + 0,10 yoğunluk dağılım kriteri sınıflandırmasına göre değerlendirdiğimizde aşağıdaki sonuçlar ifade edilebilmektedir.

- 4.1. Bingöl Karlıova linyitinde külün bünye külü halinde olup, çnk ince dağılması nedeni ile yıkamayla kül miktarının düşürülemediği mevcut yöntemlerle yıkamanın mümkün olmadığı görülmektedir.
- 4.2. Konya-Beyşehir linyitinde külün bünye külü niteliğinde olması ile %10 randımanla temiz kömür eldesi ve atığın külünün çok yüksek olmaması nedeni ile yıkanabilirlik özelliğinin çok zor olduğu bulunmuştur. Beyşehir linyiti pratik olarak yıkanamamaktadır.
- 4.3, Beypazarı A sektörü ve Bolu-Göynük linyitlerinde sırasıyla %90 ve %77 randımanla yıkanması durumunda orjinal kömür külünün çok fazla düşürülemediği görülmektedir-Esasen her iki kömür de zor yıkanabilen kömür niteliğindedir. Beypazarı linyitinin yüksek kükürt içirmesi. Göynük linyitinin iki farklı ürün elde edilecek miktarda rezerve sahip almaması nedeni ile kömür ve mikst amaçlı bir yıkamada yapılamamaktadır.
- k k. Farklı özelliğe sahip iki sahasıyla Çanakkale-Çan I ve III linyitlerinden Çan I linyiti orjinal halde yüksek ısıl değerli ve kükürtlü olması nedeni ile hava kirliliği olmayan yerlerde doğrudan kullanılmaktadır. Çan I linyiti %80 randımanla kül miktarı çok az düşürüldüğünden yıkama elverişli olmamaktadır. Kül ve kükürt kömür irine dağılmış durumdadır. Çan III linyitinde kül yıkamayla düşürülmekle beraber yıkama randımanının %16 olması ile ekonomik bir ürün eldesi yapılamamaktadır. Ayrıca yıkanabilirlik durumunda zar yıkanan linyit sınıfındadır.
- k 5, Sivas-Kangal linyiti orta derecede yıkanabilen bir kömürdür. %15 randımanla %23 küllü kaliteli bir ürün elde edilebilmektedir-Yıkama randımanının düşük olması nedeni ile ekonomik olabilmesi halinde %37 kuru kül içeren atığın termik santralde ve yıkanmış ince temiz kömüründe ya katkısız briketlenerek ısınmaya veya doğrudan sanayiyeverilmesi mümkün görülmektedir. Kömür külü

büyük oranda bünye külü clup, yıkama çalışmaları ince kömür üzerinde yapılmış ve serbestleşme yaratılmıştır. Netice olarak, Kangal linyiti ile ileri araştırma yapılması gerekmektedir. Zira katkısız briketlemede, bu kömürle olumlu netice vermektedir.

Muğla Bölgesi SEKKÖY VE BAĞYAKA linyitleri Drta derecede yıkanabilen kömürlerdir. Bölgede mevcut termik santrallerden SEKKÖY linyitine dayalı 2x210 Mw güçlü termik santrale 17ÜG Kcal/Kg ısı değerli olarak yılda 3.8SD.DÜD ton, BAĞYAKA linyitine dayalı 1x210 Mw güçlü termik santrale 20Q0 Kcal/Kg. ısı değerli olarak yılda 1.75Ü.GDG ton kömür tüketimi olmaktadır. Mevcut termik santrallerin ihtiyacını karşılayarak ve rezerv miktarında dikkate alınarak özellikle SEKKÖY linyitinin iki ürün amaçlı bir lavvar tesisi planlanmaktadır. amacılı ileri etüdler yapılmalıdır. Alternatif olarak üretilecek kömürün, parça ürününe dayalı bir lavvar tesisi planlanması, toz kömüründe doğrudan termik santrale verilmesi pratik bir uygulama olarak kabul edilebilir. Yapılan çalışmada ortalama %1D rutubet ve %20 kül ile 4DG0 Kcal/Kg ısı değerli yıkanmış kömürü SEKKÖY'de %Ö5, BAĞYAKA da %65 randımanla elde edilmesi mümkün görülmüştür. Ancak atığın külleri sırasıyla %53 ve %65 olup, çuk yüksek olmamaktadır. Bölgede dikkat edilecek diğer husus linyitlerdeki yüksek kükürt miktarının etkisidir.

k.7. Tunçbilek bölgesi linyiti kolay yıkanabilen bir karaktere sahiptir. Mevcut lavvar tesisinin eski olması ve üretilen tüm kömürü işleyemeyecek kapasitede olması nedeniyle kapasitenin artırılması ve iyileştirme çalışmaları devam etmektedir. Alternatif olarak, Tunçbilek Linyitinin iki ürün amaçlı bir lavvarda yıkanması daha optimum çözüm görünmektedir. Çünkü bölgede 2x150 Mw gücünde 21ÜG Kcal/Kg. ısı değerli yılda 1 950.DQ0 ton kömür tüketen termik santral mevcuttur. Ayrıca üretimin büyük aranda kapalı ocağa ait almasında kömürün temizlenmesini şart tutmaktadır. Üretim sırasında karışan yan kayaçlar fazla olmaktadır. Burada da alternatif olarak sadece parça kömür yıkayan bir lavvar planlaması düşünülebilir. Yıkama randımanının Açık Dcakta %U7, Kapalı Dcakta %3k olması nedeniyle düşük olup, atığın termik santralde değerlendirilmesi ve sadece parça kömür yıkamasına geçilmesi faydalı görünmektedir.

4.8. Soma-Eynez linyiti Ülkemizde en kolay yıkanabilen kükürt oranı düşük ve yüksek rezervi olan kömürümüzdür. Ancak yeraltı üretimi gerektiğinden yan kayaç karışımında yüksek almaktadır. Bölgede eski ve küçük kapasiteli bir lavvar tesisi olmakla beraber Eynez linyitine dayalı değildir. Ülkemiz kaliteli linyit ihtiyacı özellikle Hava Kirliliği olan illerimizde alternatif yakıt ihtiyacı, Eynez linyitinin üretim artışı ve yıkanarak yüksek kaliteli ve standart yakıt olarak pazarlanmasıyla çözülebileceği görülmektedir. Yıkandığında ortalama %1D küllü, %Q,4 yanar kükürtlü 52GQ Kcal/Kg. ısı değerli bir linyiti %79 randımanla Eynez Linyitine dayalı olarak üretimi mümkün bulunmuştur. Ayrıca atığın kül ot'arı yüksek olup, %7k dür. Konu ile ilgili çalışmalar sürdürülmektedir.

Yukarıda netice elde edebileceğimiz linyit sahalarımızın yıkanabilirlik yönünden genel bir incelemesi verilmiştir. Bundan sonra yapılabilecek çalışmalara ışık tutulmuştur. Ancak ileri etüdler sonunda nihai çözümler alabilecektir.

5. LİNYİT YIKAMASINDA UYGULANAN TEKNOLOJİK YÖNTEMLER

Kömürler fiziksel özellikleri, damarların yapısı ve üretim metnduna bağlı olarak farklı boyut ve safsızlıklara sahiptirler. Ancak tüketim sektörlerinin talebine uygun olarak kömürlerin belirli ısı değer ve parça büyüklüğüne getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, kömür teknolojisi içinde kömür hazırlama, yıkama, briketleme, kurutma ve karbonizasyon işlemleri kömürün yapısı ve karakteristiğine bağlı olarak uygulanır. Bu çalışmada linyitlerimizin yıkanabilirliği incelenmekle beraber yıkanabilirliğe ve kullanım amacına göre yıkama yöntemleride genel olarak araştırılmıştır. Yıkanabilen linyitlere uygun belirlenecek yıkama teknolojilerinde amaç, linyitlerden kül ve rutubeti uzaklaştırarak ısı değeri yükseltmek kükürdü uzaklaştırarak çevre kirliliği ve korozyonu önlemek ve tüketime uygun parça büyüklüğünde standart tip kaliteli linyit üretmektedir. Genel olarak kömür yıkama ve zenginleştirme yöntemlerinin bir değerlendirmesi aşağıda verilmiştir. (13,1[^],15)

5.1. El Ayıklaması ile Zenginleştirme Yöntemi.

Madenciliğin ilk başlangıcından beri kullanılan ve en eski cevher hazırlama yöntemi olarak bilinen elle ayıklama yöntemi kriblaj tesisleri halinde uygulanmaktadır. Bazen nihai zenginleştirme yöntemi olarak bazende zenginleştirme tesisleri öncesinde parça kömürün temizlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Linyit üretimi sırasında, linyit damarlarının taban ve tavan kayaları ile birlikte yantaş olarak dağılabilen kum, kil gibi malzemelerde kömür içine karışabilmektedir. Bu yöntemde genellikle 4G cm.nin altına kırılan tüvenan kömürde sadece parça halinde çok büyük kayalar elle ayıklanarak temizlenebilmektedir. İnce kömürde bulunan yabancı malzemeler ayrılamamaktadır. Ayrıca tesis verimi insan faktörüne bağlı olduğundan düşük olmaktadır.

5 2. Jig ile Yıkama Yöntemi

Kömür yıkama teknolojilerinde yaygın olarak kullanılan bu yöntemlerden suyun püfsasyon hareketi ile kömür yoğunluğuna göre tabakalaşma oluşturulur. Baum jig ve Batac tipi jigler en çok bilinen gruplarıdır. Jiglerde su hareketi basınçlı hava ile sağlanır. Suyun hareketi ile kömür ve kömürle beraber olan safsızlıklar yoğunluklarına göre farklı tabakalar teşkil edilir. Tabakalaşma sonucunda dibе çöken yüksek küllü atıklar otomatik olarak jig teknesine alınır ve buradan elevatörlerle üniteden atılırlar. Yüzen kısımda bulunan temiz kömür ise su ile taşarak alınır.

Basınçlı hava, Baum jiginde jig eleği yanındaki hava odasından verilirken, Batac jiginde elek altına yerleştirilen hava odalarından sağlanır. Geliştirilmiş tiplerde aynı jigten birden fazla bölümden farklı ürünler almak mümkündür.

Jig yöntemi, ince ve parça kömüre ayrı ayrı olmak üzere B,5-2B0 mm. ebadlı her boyutlu kömürün yıkanarak zenginleştirilmesinde uygulanmaktadır.

53. Ağır Drtam Tamburu ile Yıkama Yöntemi

Kullanılan bu yöntemde, yoğunluğu temiz kömürde istenilen kül yüzdesine göre ayarlanmış ortamda yoğunluk farkına göre kömürün yüzmesi ve şistin batması sağlanarak zenginleştirme yapılır. Ağır ortam sıvısının hazırlanmasında genellikle temizleme ve yeniden kazanabilme

kolaylığı nedeniyle manyetit süspansiyonu tercih edilir.

Kömür ve ağır ortam sıvısı, ağır ortam ünitesine devamlı olarak beslenir. Yüzen kısım (lave) taşma yoluyla, batan kısım (mikst ve şist) ünite dibinden alınarak, birlikte gelen ağır ortam sıvısının ayrılması için ayrı ayrı süzme eleklerine verilir. Elek altına geçen ağır ortam sıvısı yeniden kullanılmak üzere tambura dönerken elek üstü yıkanmış kömürde tasnif eleklerine gönderilir. Tasnif eleklerinde süzülen kirli ağır ortam sıvısı temizlenip yoğunluğu ayarlandıktan sonra tambura beslenir.

Daha pahalı ancak daha hassas ayırmayı sağlayan ağır ortam tamburunda 1D-2DD mm. ebatlı parça kömürler yıkanabilmektedir.

5 U. Ağır Ortam Siklonları ile Yıkama Yöntemi

Ağır ortam tamburlarının parça kömüre uygulandığı proseslerde genel olarak küçük tane boyutlu kömürlerin yıkanmasında ağır ortam siklonları kullanılır. Bu yöntemde, ayırma yoğunluğuna ayarlanan sıvı içinde kömürün merkezkaç kuvvet altında daha verimli yıkanabilmesi mümkündür. Siklonun üstünden daha hafif olan kömür alınırken altından şist veya mikst kısım elde edilir. Ağır ortam siklonları tek kademeli olduğu gibi daha temiz ürün almak veya birkaç ürün elde etmek (mikst) amacıyla çok kademeli olarakta uygulanabilmektedir. İnce kömürlerin yıkanmasında jig yönteminin geliştirilmesi ile daha pratik ve kalay olması nedeniyle bu yöntem tercih edilmektedir.

Ağır ortam siklonlarında **0,5-ZD** mm ebadlı ince kömürler yıkanabilmektedir.

5 5. Su Siklonları ile Yıkama Yöntemi

Bu yöntem son zamanlarda geliştirilerek ağır ortam siklonlarının yerine uygulanmasına çalışılmaktadır. Su siklonlarında ağır ortam sıvısı yerine su kullanılmaktadır. Ayırma verimini arttırmak amacıyla uygun dizayn değişiklikleri yapılmıştır. Genellikle Siklonun alt konik bölümü daha geniş açılı tutulur ve kömürün yukarıdan temiz alınması için heslenen malzemeyle karışmaması amacıyla bir iç silindirik çeper ilave edilir.

D,5-2Dmm ebadlı kömürlerin yıkanabildiği su siklonlarında küçük çapta olanlarında daha iyi netice alınabilmektedir.

Elde edilecek temiz kömürün giren kömüre oranı az ise tek kademeli bir su siklonu yeterli almaktadır. Ancak ürün oranı fazla ise bu defa iki veya çok kademeli su siklonları kullanılabilir. Bununla birlikte ilk yıkama işleminde su siklonu kullanılarak, 2 aşamada ağır ortam siklonunda batan ürünün yıkanmasıyla ince kömürlerin daha verimli ve ekonomik yıkanması söz konusudur.

5 6. Sarsıntılı Masalar ile Yıkama yöntemi

Kömür yıkama yöntemlerinden en eski olanıdır. İnce kömür yıkamasını sağlayan bu yöntem, sarsıntılı masalar üzerinde yoğunluk farkına göre kömür ve safsizliklerin akışkan bir ortamda tabakalaşma esasına dayanır. Parça büyüklüğüne ve yoğunluğuna göre ürünler farklı kuşaklardan alınır. Çok hassas olmayan bu yıkama yöntemi Ü,5-1Q mm ebatlı ince kömürün yıkanmasında kullanılır.

b, 7. Sabit Dluklar ile Yıkama Yöntemi

Yaygın olmamakla beraber bu yöntemde, duz veya dairesel oluklarda ince kömürün yoğunluk farkına ve merkezkaç kuvvet etkisine göre yıkanması saz konusudur.

5 S. Flotasyon ile Yıkama Yöntemi

Toz kömür olarak adlandırılan D-D,5 mm ebadlı kömürlerin yıkanmasında uygulanan bir yöntemdir. Genellikle köpük flotasyonu sistemi tercih edilir. Ru yöntemde, kömür taneleri pülp içinde oluşturulan hava kabarcıkları içinde flotasyon teknelerinden taşma suretiyle alınırlar. İstenen ayırma ulaşmak için çok sayıda batarya ve reaktif gerektiğinden pahalı ve işletmesi znr bir yöntemdir. Bu yöntem daha çok değerli mineraller için uygulanmaktadır.

5 9. Toz Kömür Kazanım ve Arıtma Yöntemi

D-D.5 mm. ebatlı toz kömür, miktar olarak çok fazla olmadığı veya doğrudan termik santrallarda olduğu gibi kullanılabilmesi durumunda uygulanan bir yöntemdir. Çevre kirliliğini önlemek üzere gerekli olan bu yöntemde, toz kömür geri kazanılır.

Burada, yıkama ünitelerinden gelen su içinde bulunan toz kömürler (slam), şlam tankında toplanır ve dibe çöken şlam elevatörlerle alınarak taz kömür siklonuna verilir. Siklon üst ürünü şlam tankına geri gönderilirken alt ürün G,35 mm'ye elendikten sonra elek altı arıtma ünitesine elek üstüde kurutulularak kullanılmak üzere genellikle termik santrallara sevk edilir.

Arıtma ünitesine ise ya çökeltme havuzlarında yada siklonlar yoluyla geri kazanım yapılarak temiz suyun tesiste yeniden kullanımı mümkündür.

6. LİNYİT YIKAMA PROSESİNİN TESPİTİNDE GEREKLİ HUSUSLAR

Genel olarak cevher zenginleştirme amacıyla kurulan yıkama tesislerinde istenilen en iyi katlitede konsantrenin maksimum miktarda üretilmesi arzu edilir. Eğer cevherin kendisi çak değerli ve ayırma olasılığı kolay yıkanabilir özellikte ise en iyi kalitede konsantrenin üretilmesi ve atığın cevher içermemesi istenir. Ancak, linyitlerimizin yıkama eğrileri incelendiğinde Soma-Eynez ve Tunçbilek linyitleri dışındaki linyitlerimizin orta, zar, çok zor hatta yıkanamaz nitelikte olduğu görülmektedir. Bu durumda gelişmiş yıkama üniteleri seçilse dahi atığa kömür kaçacağı olacak ve elde edilecek temiz kömürde çok kaliteli olmayacaktır.

Diğer taraftan bir lavvar tesisinin ekonomik olarak kurulabilmesi için 2-3 milyon tan/yıl gibi minimum girdi kapasitesine ihtiyaç vardır. Bu kapasitede üretim yapan linyit sahalarımız ise çalışmamızda yer alan ve genellikle termik santralların bulunduğu sahalardır. Bu sahalarda yeterli ısınma ve sanayi sektörü talebinin bölgede alması halinde termik santralların ihtiyacı olan kalite ve miktarda kömürü ikinci ürün olarak üretebilecek ve temiz konsantreninde parça halindeki kısmının ısınmada, ince boyuttaki kısmında sanayide değerlendirilmesini verecek bir yıkama tesisinin kurulması yararlı olabilecektir. Dolayısı ile bu tip bir lavvar tesisinde şist şeklinde bir atık atılmayacağından orta derecede hatta zor yıkanabilen kömürlerde kaçak olmayacaktır. Burada, lavvar tesisi uygun ayırıcı ve standart ürün veren bir tesis

konumunda olacaktır. Ancak kolay yıkanabilen ve çok kaliteli konsantre veren linyitlerde ise klasik lavvar tesisi prosesi uygulanabilir.

Bu çalışmada gerek linyitlerimizin yıkanabilirliğinin incelenmesi gerekse yıkama yöntemlerinin incelenmesi yukarıda verilen görüş doğrultusunda ileri araştırma yapılmasına imkan sağlamak üzere ele alınmıştır. Ancak alternatif yaklaşım ve önerilerin burada izah edilen yaklaşımı dikkate alması yararlı olacaktır.

Linyitlere uygun seçilecek yıkama yöntemlerinde en iyi teknoloji seçimini teknik olarak belirlemek üzere tuvenan kömürün fiziksel ve kimyasal özelliklerini baz alarak aşağıdaki kriterlere göre bir karşılaştırmayı yapmak gerekmektedir. (14.16)

- 6 1. Temiz kömür verimi
- 5,2. Hatalı ve doğru ayrılmış malzemeler
- 6 3. kül hatası
- 6.4. Randıman hatası
- 6 5. Hata faktörü (Ep değeri)
- S.6. Hata alanı
- 6 7. Hassasiyet faktörü

1 TÜRKİYEDE LİNYİT YIKAMA TESİSLERİ VE SDMA LAVAR TESİSİ

Ülkemiz yıkanabilen linyitlerinden Soma-Merkez yeraltı linyitlerinin yıkandığı lavvar tesisi 1952 yılında, Tunçbilek açık ocak ve kapalı ocak linyitlerinin yıkandığı lavvar tesisi 1958 yılında kurulmuştur. Bunlardan Tunçbilek lavvar tesisi 1968 yılında tevsi edilmiştir. Halen eskiyen bu tesislerden Soma Lavvarı, rezerv miktarı azalan merkez ocak yeraltı linyitlerini %6E randımanla yıkayarak yılda 760.000 ton linyiti ortalama %35 külden %17-ZG küle yıkayarak 500.000 ton yıkanmış linyit üretmektedir. Tunçbilek lavvarı ise tuvenan üretimi giderek yüksek küllü yeraltı linyite dayalı olmak üzere halen yılda 1,3 milyon tonu yeraltından ve 1,9 milyon tonu açık ocaklardan sağlanan toplam 3.20D.000 ten linyiti %46 randımanla ortalama %37-4B külden 9619-Z2 küle yıkayarak 1.500.000 ton yıkanmış linyit üretmektedir (17).

Üretilen yıkanmış kömürler esas olarak ısınma ve sanayi ihtiyacı için tüketilmekle beraber ortalama 35D0 hcal/hg ısı değerli ince boyutlu yıkanmış kömürlerden Soma da 150.C00 ton ve Tunçbilekte 490.000 ton linyit toplam 149 MU gücünde termik santrallarda kullanılmaktadır. Ancak ülke ekonomisi yönünden elektrik ihtiyacının yeterli karşılanması ve sanayide linyitin daha verimli kullanılabilmesi nedeniyle eski termik santralların devre dışı kalması ile ince lave linyitlerin sanayide tüketilmesi faydalı görülmektedir.

Diğer taraftan uygulanan proses işlemleri her iki lavvarda kısaca şöyledir.

Tunçbilek lavvar tesisi tuvenan linyiti önce 0-150 mm ebata getirerek bunun 18-150 mm ebatlı parça kömürünü toplam 400 ton/saat kapasiteli iki adet ağır ortam tamburundan (2x200), 0-18 mm ebatlı ince kömürünü ise toplam 300 ton/saat kapasiteli iki adet ağır ortam siklonunda (2x75) ve bir adet jıg de (1x150) yıkamaktadır. Buna göre giren linyitin %55'i iri kömür, %45'i ince kömür olarak işlem görmektedir.

Soma Lavvar tesisi, linyiti G-1G0 mm ebatlı Dİarak yıkamaktadır. +100 mm.lik tuvenan linyit doğrudan satışa giderken lavvara giren linyit 0-18 mm ince ve 18-100 mm parça ebatlı olmak üzere iki ayrı jig sisteminde yıkanır. 59 ton/saat kapasiteli olan ue 1B-1QD mm parça kömürü yıkayan jİg'den alınan ara ürün (mikst) k tan/saat kapasiteli kırıcıda kırılarak serbestleştirilir ve ince yıkayan jig'de tekrar yıkanır. 0-18 mm ebatlı ince kömürü ve kırılmış miksti yıkayan jig'in kapasitesi ise 67 ton/saat'tir. Parça kömür yıkama jig'inden alınan 18-10G mm temiz kömür satış silosuna, ince kömür yıkama jig'inden alınan temiz kömür ise 0-10 mm, 10-18 mm ve +18 mm ebatlarına ayrılarak, 10-18 mm ve +18 mm ebatlı olan yıkanmış kömürlerde satış silosuna gönderilir. D-1D mm lik ince yıkama ürünü ise setin tankına beslenir. Bir konveyör vasıtasıyla süspansiyon halde bulunan setin tankında yüzen killi kısım tikner havuzuna verilir. Çöken D-1G mm ebatlı kömürlü kısım bir tulumba vasıtasıyla alınarak 0,5 mm delik çaplı şlam eleğinden geçirilerek 0,5-10 mm ebatlı ürün 50 tan/saat kapasiteli kurutucularda kurutularak satış silosuna gönderilir. Elek altı tekrar setin tanka beslenir. Tikner havuzunda süspansiyon ortam yardımıyla yüzdürülen killi kısım hir tulumba vasıtasıyla sahadaki kirli su havuzlarına, çöken kısımda bir tulumba ile alınarak sahadaki şlam havuzlarında çöktürülür. Havuzlardan taşan su Hakırçayına verilmektedir. Tesisten atılan taş ve şist 300 ton'luk silolarına ve ardındanda havai hat ile orta harman yerine ve kamyonlarla şist harman yerine gönderilmektedir. Soma Merke2 lavvarına ait akım şeması Şekil 3 de verilmektedir (18).

A. SGMA EYNEZ LAUUAR TESİSİ ÇALIŞMALARI

Türkiye'de özellikle hava kirliliği sorunu olan başta Ankara ili olmak üzere toplam 2B ilde kaliteli yakıt ihtiyacı bulunmaktadır. Ayrıca sanayininde kaliteli ince kömüre ihtiyacı vardır. Har iki sektörün yarattığı hava kirliliği önlemek üzere diğer alternatif enerji kaynakları yanısıra her zaman için talebi olacak düşük kükürtlü ve yüksek ısıl değerli katı yakıt ihtiyacınında karşılanması gerekmektedir. Yakma sistemlerinin kömüre dayalı olarak geliştirilmesi, doğal gazın heryere ve her birisine ulaşmadaki zorluğu, elektrik, ithal kömür kullanımının pahalı ve temininin zararlı olması nedeniyle artan nüfus ve sanayi talebinin karşılanması için uygun katı yakıt geliştirme zorunluğu vardır.

Bu çalışmada açıklanan Türkiye linyitlerinin yıkanabilirliği sonuçları ile linyit rezerv ve üretim programları dikkate alındığında Soma-Eynez linyitleri kaliteli yakıt temininde uygun bir kaynak olma durumundadır.

Halen Eynez havzasında devam eden rezerv tespit çalışmalarında bilinen ilk tespitlere göre, KM2 (Ana damar) alarak adlandırılan ve yeraltı işletme sistemiyle alınabilecek kaliteli ve kalın kömür damarının, 125 milyon tonu görünür olmak üzere toplam 156 milyon ton rezervi bulunduğu, ancak bu rezervin etüdüler sonucunda 280 milyon ton'a çıkabileceği ifade edilmektedir. Halen havzada 70G.0D0 ton/yıl planlanan üretim prajesinin tevsi ve havza madenciliği esasına göre yıllık üretimin arttırılması ile kaliteli kömür temini mümkün olabilecektir. Belirlenen ilk rezerv miktarının kalitesi ise ortalama 2900-3300 Hcal/hg ısı değerli, % 15-17 rutubetli ve %3u-35 küllü bir tuvenan üretimin yapılmasını verebileceği öngörülmektedir. Yeraltı üretiminde %50-6Q oranında bir ufalanma ve yan kayac karışımının olması nedeniyle standart boyutta ve taş, şist atılması ile yüksek kaliteli bir katı yakıtın üretimi zorunlu olmaktadır.

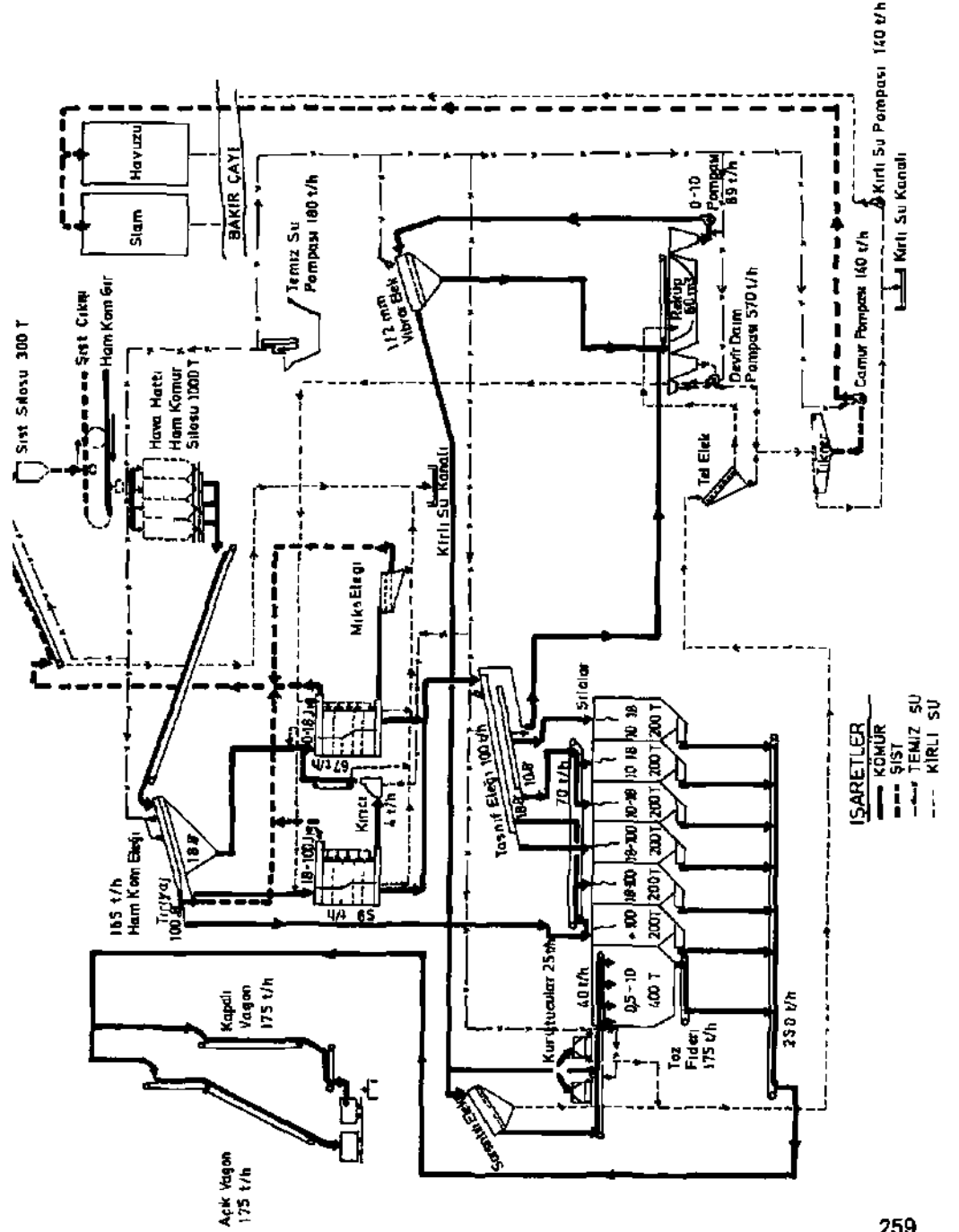
Yıkabilirtik çalışmasında daha önce yapılan açıklamamızda belirtildiği üzere yıkama eğrisi yerilen ve kolay yıkabilir karakterde alan Eynez linyiti ile yapılan yüzme-batma deneylerinde %25 küllü ve D-5D mm ebatlı örnek üzerinde, 1,7(1 yzdzürme yoğunluğunda %*?3 randımanla 5ÉD küllü yıkanmış kömür üretebilmektedir. Bayie bir yıkama ile ısı değer 385G Kcal/kg'dan 52DD'e çıkarılabilecektir. Ancak %3D-35 küle sahip kömür beslemesi halinde kömür yıkama gerekliliği tiahada açık almaktadır.

Diğer taraftan Eynez linyitine dayalı bir lavvar tesisi kurulması halinde elde edilecek yıkanmış kömürün şehirlerin ısınmadan dolayı oluşan hava kirliliğini azaltacak etkileride yapılan bir çalışmayla ortaya konmuştur. Mevcut Eynez Linyit üretiminden krible +30 mm. ebatlı parça kömürün kimyasal analizinde %16 kul, %12 nem ile ttSDD Kcal/kg ısı değerli ve %D,h yanar kükürt içerdiği ve bu haliyle saba ve kaloriferde yakma testinde duman ve kükürt gazları yönünden alternatif yakıtlara göre verimli ve avantajlı olduğu bulunmuştur. Üstten yakmalı, kovalı sobalarda ve yarım silindirik kalorifer kazanda yakma testinde Eynez kömürü kükürt emisyonu Tunçbilek yıkanmış kömürüne göre 1A oranında daha az almaktadır. Esasen arjinal bazda kükürt içeriği en az olan yakıtlardandır. Ayrıca tutuşma sıcaklığının düşük ve yanma sonucunda külünde curuflaşma almaması nedeniyle yanma verimi sabada %71-7*t ve kaloriferde % 68-71 olarak oldukça yüksek bulunmuştur.

Eynez linyitinin parça kısmının ısınmada ve toz kısmının sanayide kullanımı halinde hava kirliliğini azaltacak alternatif bir' yakıt üretimi yapılmış olacaktır. Bu nedenle uygun bir proses seçimi ile bir yıkama tesisinin Eynezde kurulması büyük yararlar sağlayacaktır.

ŞEKİL' 3

SOMA LAVVARI KÖMÜR ve SU AKIMI ŞEMASI



KAYNAKLAR

1. Akalın, M, Kömür Teknolojisinde AR-GE Çalışmaları ve Ulusal-Uluslararası İşbirliği, Türkiye 4. Enerji Kongresi, İzmir,1986, S.47.
2. Akalın, M., Öz,Z., Türkiye Linyitlerinin Yıkabilirlikleri Hakkında Araştırma ve Değerlendirme Raporu, TKİ Kurumu, Ankara, 1987 .
3. Özbayoğlu,G., Çelebi, *J., Çayırhan linyitlerinin Temizlenme Olanaklarının incelenmesi, Madencilik Dergisi, Ankara, 1984, Cilt XXIII -
4. Doğan,H., Şahin ,<, Ünlü,M., Bolu Göynük linyiti Yıkabilirlik ve Bitümlü şistlerden Bitümce Zengin Konsantre Elde etme çalışmaları, MTA Gn.Md., Ankara, 1986-
5. Yücel,F. M., Saraçoğulları M-, Sivas Kangal Linyitlerinin Briketlenerek Değerlendirilmesi, MTA Gn.Md, Ankara, 1984 .
6. Yücel, F.M., Saraçoğulları , M. , Bingöl Karlıova Linyitinin Ev Yakıtı olarak Değerlendirilmesi. MTA Gn.Md., Ankara ,1984.
7. Doğan, h., Şahin, -J., Unlu, M., Muğla Bağyaka ve Milas-Sekköy Linyitlerini Yıkama çalışmaları, MTA Gn.Md., Ankara, 1986 .
8. Aksoy , S., Doğan , H-, Şahin, -J., Beypazarı linyitlerinin fiziksel Yöntemlerle Külünden Arındırılması çalışmaları, MTA Gn.Md., Ankara, 1984 .
9. Saraçoğulları , M., Beyşehir, Iğın ve Ermenek Kömürlerinin Bağlayıcısız Briketlenmesi ve Yanma Özelliklerinin incelenmesi, MTA Gn.Md.Ankara, 1986.
10. Yücel, F.M., Saraçoğulları, M., Maraş Elbistan Linyitinin Ev Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi, MTA Gn.Md., Ankara, 1985.
11. Aksoy ,S., Bektimuroğlu, O., Doğan, H-, Özden, Ü., Parmaksızoğlu, A., Çan Linyitlerinin Kül ve Kükürtten Fiziksel Yöntemlerle Arındırılması, MTA Gn.Md. Ankara, 1981.
12. Kemal,M., Efes,Z., Özden, U., Özer,İ., Avcı,M., Usumija., Yücel, F.M., Şahin, S., Saraç, S., Saraçoğulları, M., Parmaksızoğlu, A., Çalışma Raporu, MTA Gn.Md., Ankara, 1980.
13. önal, G., Cevher Hazırlamada Flotasyon Dışındaki Zenginleştirme Yöntemleri, İstanbul, 1980.
14. Ateşok, G., Kömür Hazırlama, İstanbul, 1986.
15. önal, G., Kömür Hazırlama Teknolojisindeki Gelişmeler, Türkiye 3. Kömür Kogresi, Zonguldak, 1982., S.289 .
16. Yalçın, T., Kömür Yıkama Lawarlarında Proses Değerlendirme Yöntemleri, Türkiye 1.Kömür Kogresi Zonguldak, 1978, S.637.
17. Ermişoğlu, >I., Caguplugil,-J., öz, Z., GLİ Tunçbilek Bölgesi Lavvarına Verilen Kömürlerin Etüdü ve yeniden Değerlendirilmesi, Türkiye S.Kömür Kongresi, Zonguldak ,1986, S.463.
18. TKİ Kurumu, Teknolojik Araştırma Raporları Ankara, 1987.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal congress of TURKEY

ASFALTİTLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KONYA ILGIN
KÖMÜRLERİNDE KATKI MADDESİ OLARAK KULLANILMASI

Orhan KURAL *
Sabriye PİŞKİN **

ÖZET

Konya-Ilgın Linyitleri ve Siirt Şırmak Asfaltitlerinin biriketlenme şartları incelenerek bu iki yakıtın harmanlanmasının getireceği özellikler tartışılmıştır- Gerekli mukavemet sağlamak amacıyla Türkiye'de uygulama alanı bulan sülfid likörü katkı maddesi olarak ilave edilmiştir. Deneylerin sonuçları grafik ve tablolar yardımı ile izah edilmiştir. Numunelerin ve biriketlerin kimyasal özellikleri laboratuvar çalışmaları ile bulunmuştur.

ABSTRACT

The Lignites of Konya-Ilgın Region and Siirt Şırmak Asphaltits are briquetted alone and together in different ratios to understand the behaviours of the products. The sulphur Liqueur is consumed as a binder to reach enough resistance. It will hardly be possible to reach the limits of European high grade briquetted standards.

As a result, the addition of asphaltits increased the resistance in water and the sulphur Liqueur has helped the strength of the briquettes.

We recommend to evaluate local coals to develop suitable conditions and new standards for domestic purposes.

(*) Doç.Dr. Orhan KURAL

İTÜ Maden Fakültesi-Maden Mühendisliği Bölümü - Maçka / İSTANBUL.

<**) Y.Doç.Dr. Sabriye PİŞKİN

Yıldız Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü - Şişli / İSTANBUL

G I R I Ő

Artan enerji aığımız özellikle ev yakıtı aktrnde kendisini hissettirmektedir. Yakıt olarak tüketilen Linyitler genellikle zenginleştirilmeden kullanılmaktadır. Taşınma sırasında değişik etkenlerle karşılaşarak bozunmaya uğramakta ve ufalanmaktadır. Yanma sırasında, hu ince parçacıklar hava çıkışı ile sürüklenmekte yanmamış partikuller hava kirliliğine neden olmaktadır. Linyit birikeMeri bu sorunu kısmen zmetmektedir.

Turk Linyitlerinin briketlemeye uygun almadığı ya da biriketlemenin ak zor olduğu bılmekteyse de, son araştırmalar, özel işlemler ve çeşitli komur tipleri için değişik bağlayıcılar kullanılmasıyla, mukavemet ve yanma özellikle rı kabul edilir sınırlar içinde kalan bınketler elde edileceğini göstermiştir,

Ama^a ulaşmak için sistematik ve çok sayıda testlerin yapılması gerekmektedir.

1. ASFALTITLER

1.1. Asfaltitlerin Oluşumu

Yeraltında petrolden oluşan \pva petrole benzer kokenden gelen çeşitli hidrokarbonlar bulunur. Bunların en başında petrol çanağının ustunun açılması veya jeolojik olaylarla petrolün çanağını terk etmesi ve hafif maddenin uçmasıyla meydana gelen "asfalt golleri" ve "bitumlu kumlar" gelir. K^ya çatlaklarında asfalta veya asfalt ierilmış kayalarada cok rastlanır. Bunlara "kaya asfaltı" denir. Bunların dışında, kava çatlaklarını dolduran veya damar şeklinde bulunan hidrokarbonlar "asfaltı*" olarak ısımlendirilmiştir. Geçmişte, hır çok, genellikle filon şeklinde yataklanmış olan asfaltit zuhuruları komur. turba gibi bitkisel artıkların bir urunu olarak kabul edilmiştir. Bu düşüncenin geçersiz olduğu huqun kesinlikle anlaşılmıştır. Asfaltit maddelerinin kökeninin petrol olduğuna en kesit kanıt, linyitin içerdiği oksijen miktarının asfaltit maddelerindeki oksijen oranından çok daha fazla olmasıdır. Nitekim asfaltit maddelerinin oksijen ortalama % 3 aolayında iken, değişik komur türlerinde bu oran % 3-44 arasında değinmektedir.

M^tamr fışma olayının ıleleme derecesine gore netrolden değişik kimyasal ve fiziksel özellikler gösteren asfalta maddeleri oJusur. Petrol, metamor-

fizma etkisinde Önce koyu renkli, ısıtılınca eriyebilen, bir dereceye kadar uçucu olmayan ve karbon sülfürde fazla miktarda çözünen doğal asfaltlara çevrilir. Daha sonra koyu renkli, ısıtılınca oldukça zor .riyen, uçucu olmayan ve karbon sülfürden çözünen sert asfaltlara ve en sonunda siyah, sert, ısıtılınca erimeyen, karbon sülfürden çözünmeyen ve uçucu olmayan asfaltit piren-bitümlere dönüşür.

Bu sıralamaya göre, doğal asfaltların metamorfizmasının en etkisiz birinci evresine oluşmaları nedeni ile aşağı yukarı bir buharlaşma olayı sonucu ortaya çıktığı düşünülebilir. Buna karşın-bizi doğrudan ilgilendiren asfaltik pirobitümlerin metamorfizmasının en etkili son evresinde meydana geldiği görülmektedir. Bu nedenle asfaltik pirobitümler buharlaşmadan çok bir reaksiyon ve dönüşüm ürünleridir. Nitekim, metamorfizmanın ileri evrelerinde, oksidasyon, polimerasyon ve kondanşasyon olayları olur ve hidro karbon molekülleri, molekül ağırlığı yüksek olan daha-karışık moleküller haline dönüşürler.

1.2. Türkiye'de Asfaltit Yatakları ve Kullanılan Numunenin Özellikleri

Türkiye'nin en büyük asfaltit rezervi Siirt-Şirnak'ta bulunmaktadır. Bu bölgede 1965 yılında 5390 ton tüvenanla haşlayan üretim 1972 yılına kadar sınırlı bir gelişim kaydetmiş, 1972 yılında üretim 168.000 tona ve 1975 yılında ise 457 000 tona yükselmiştir. Briketleme amacı ile kullanılan asfaltitin kimyasal özellikleri aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

ASFALTİT	ANALİZ
Nem	% 0,33
Kül	% 45,21
Uçucu madde	% 24,14
Sabit Karbon	% 30,77
Kömürde kükürt	% 5,24
Külde toplam kükürt	% 9,76
Külde kalan kükürt	% 4,49
Yanan kükürt	% 0,75

NOT : Deneyler Yıldız Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümünde yapılmıştır.

Asfaltit miktartırın fazla olduğu ve kükürdün büyük miktarının külde kaldığı görüldüğü gibi, külde birçok kıymetli elementin bulunduğunda saptanmıştır.

<u>Külde iz Elementler</u>	<u>Yüzde (%)</u>
Demir (Fe)	2,61
Magnezyum (Mg)	1,79
Bakır (Cu)	2,92
Çinko (Zn)	2,37
Nikel (Ni)	0,64
Mangan (Mn)	0,039
Molibden (Mo)	0,28
Na ₂ O	2,015
K ₂ O	3,64
CaO	4,48

* **Deneyler** . . . Yıldız Üniversitesi Kıyma Mühendisliği ve Mefalurji Bölümlerinde yapılmıştır.

2. (T.K.1.) KONYA-ILGIN LİNYİTLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Konya ve civarı linyit üretimi bakımından 660 mılvonton rezerv ile büyük bir potansiyeldir.

Konya-Ilgın Linyitlerinin seçiminin en önemli nedeni bu bölgenin toz komur probleminin varlığıdır. Açık işletme uygulanan sahanın yaklaşık 40.000 ton toz komur stoğu bulunmaktadır. Ve üretimin % 40'ı 6 mm altında gerçekleşmektedir, işletmenin devamlı olarak üstü açılmış, üretime hazır 1.000.000 ton kadar komuru bulunmaktadır. Nem oranının yüksek olması nedeniyle, toz ve parça kömürlerinin sanayide yeterince kullanım alanı bulunmamaktadır. Yıllık satış miktarları toz olarak 1984 yılında 100.348 ton, 1985 yılında 272ni ton olarak gerçekleştirilmiştir. Bölge tarafından gönderilen numune ve bu numune ile hazırlanan bırıketın dnalızleri (Çızelge-1)'de verilmiştir.

Çizelge-1.:Numunenın Özellikleri.

%	Konya Linyiti	Bırıklet
Nem	24,19	12,7
Uçucu Madde	40,59	43,54
Kül	13,18	11,79
5abıt Karbon	46,22	45,26
Toplam Kukurd	3,23	2,82
Külde Kukurd	B,64	İÜ, 34
Külde kalan kukurt miktarı	1,14	1,22
Yanan Kukurt	2,D8	1,60

3. BIRIKETLEME

Bırıkletleme en genel anlamı ile, herhangi bir katı materyali bir kalıp içersinde sıkıştırarak uniform ve sağlam bir urun haline getirmektedir. Bu genel tarif içinde komur bırıkletmesini, komurun su oranını optimuma düşürülerek, ısı değen yüksek uniform bir yakıt üretimi şeklinde tanımlayabiliriz.

Bırıkletleme yöntemi basit olmayıp, birçok faktörü içeren karmaşık bir yapıdır. Bu faktörlerin hepsinin her zaman avnı önemle bırıkletleme tekniğini etkilediği söylenemez. Ancak herbırının incelenmesi gerekir. Bu faktörler şu şekilde özetlenebilir.

- a) Nem oranı,
- b) Tane bovutu ve dağılımı,
- c) Bırıkletleme yuku,
- d) Katkı maddesi cinsi ve oranı (Varsa),
- e) Presleme suresi,
- f) Sıcak bırıkletleme durumunda Temperatur,
- g) Kullanılan presin cinsi,
- h) Bırıkletlerin formu ve ağırlığı,
- ı) Kulun özellikleri ve prime noktası.

1) Bırıkelerin yanma ve tutuşma özellikleri.

Sert linyitlerin çok daha zor bırıketlendiği bir gerçektir. Bırıketlerin ortamdaki nem almamaları ve ortama nem vermemeleri gerekir. Bu açıdan uygun su oranının bulunması önemlidir. Tane boyutunda önemli bir faktördür. Genel olarak tane boyutunun küçülmesi bırıketlemeyi mukavemet açısından daha başarılı yapmaktadır. Ancak, bu bizi ek masrafa sokacaktır. Uygulamada tane boyutu 4-6 mm arası seçilmektedir.

ilave edilecek katkı maddesinin oranı çok dikkatli seçilmelidir, istediğimiz özellikleri sağlayacak minimum miktar bulunmalıdır.

Yük, kullanılacak presin cinsi ile doğrudan ilgilidir. Yükü artırmak çoğu zaman bırıketlerin sağlamlıklarını olumlu yönde etkilemektedir.

Genellikle katkı maddesiz ve soğuk bırıketleme daha ekonomik ve basit olduğu için tercih edilir. Ancak bırıketlerin bazı özelliklerini iyileştirmek için katkı maddesi kullanmak gerekir, katkı maddesinin homojen karışması ve kırımla daha iyi bir yapı teşkil etmesi istenir. Bazı durumlarda kömürlerin plastiklik özelliğinden yararlanmak için katkı maddesiz sıcak bırıketleme de uygulanabilir.

Katkı maddeli bırıketleme çok eski bir yöntem olup Çinlilerin kılı bu amaçla kullandıkları bilinmektedir. Klasik katkı maddeleri arasında katran, zift, asfalt, bitüm, balmumu türevleri, sulfat lıkoru, melas, saman, lıgnın, selluloz, kıl, çimento, kola, zeytin küspesi, zamlar, yağlar ve diğer organik kökenli yapıştırıcı maddeler sayılabilir. Uzun bir süre, Avrupa'da katran, Amerika'da bitümler bağlayıcı olarak kullanılmıştır.

4. BIRIKETLEME DENEYLERİ

4.1. Deneyler İçin Ön Veriler

Butun deneyler boyunca, her bir deney, 5 adet bırıketle yapılmıştır. Uygulanan testler sonucu standart sapmalar bulunarak, Varyasyon katsayılarının % 5-15 değerleri arasında kalmasına çalışılmış ve Varyasyon katsayısının % 15'i geçtiği durumlarda deneyler tekrarlanmıştır.

Butun çalışma boyunca bazı faktörler sabit alınmıştır.

- a) Bırıkletlenin yüklenmesi sonrası dinlenme süresi devamlı olarak bir gün alınmıştır. Yani, deneyler bir gün sonra uygulanmıştır.
- b) Linyitin tane boyutu -6 mm olarak sabit alınmıştır. Böylelikle, endüstriyel uygulamaya yakın bir değer kabul edilmiştir. Tane boyutunun ufalması bırıkletlenin mukavemetlerini olumlu etkileyebilir.
- c) Bırıklet formu, çapı 5 cm ve yüzeyi 19,63 cm² olarak sabit alınmıştır.

kalıbı değiştirerek, istenilen boyutlarda üretim mümkündür.

d) Bırıkletlere uygulanan Shatter Testi, standart bir karşılaştırmayı sağlamak amacı ile gayemize uygun olarak aşağıda tanımlandığı şekilde gerçekleştirilmektedir. Hazırlanan kırıkletler 1,8 metre yükseklikten çelik kırıklet plakası üzerine düşürülüp, tüm parçalar 2,5 cm açıklıklı eleğin altına düşene kadar atışlar sürdürülür ve her tartımın, ilk tartıma göre olan yüzdeleri toplanarak shatter testinin sonucu sayısal olarak ifade edilir.

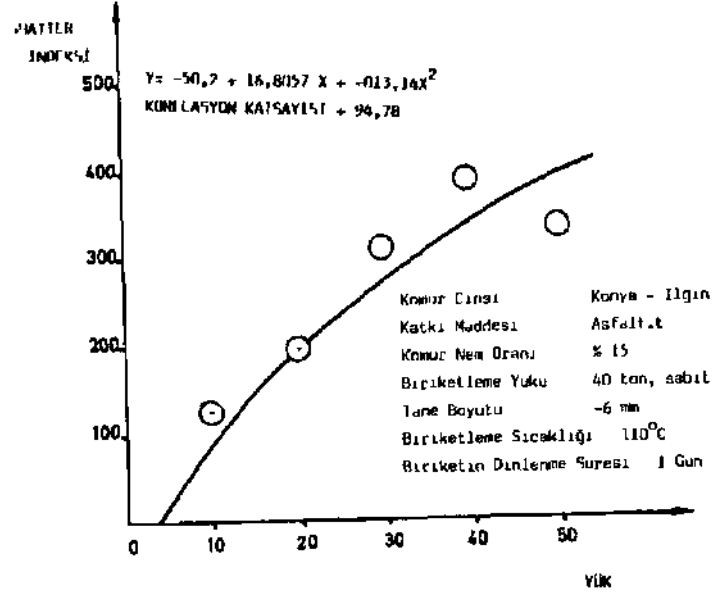
e) Suda dayanım testinde, kırıkletler su dolu bir kapda, bir destek üzerine bırakılır ve bu sırada kırıkletlerin davranışları izlenerek notlar alınır, ilk parçanın ayrıldığı ve kırıkletin kendini tamamen bıraktığı süreler belirtilir.

f) Deneylerde kullanılan sulfat lıkoru eski tıp kağıt fabrikalarının artık maddesidir. Elde edilen sulfat lıkoru direkt olarak kullanılmaz. Eşansorevaporasyon sistemi ile ürünün konsantrasyonu yükseltilmektedir. Deneylerde kullanılan sulfat lıkoru Seka Kağıt Fabrikası ürünü olup, Koç Grubu tarafından katkı maddesi olarak hazırlanmıştır.

4.2. Bırıkletleme Deneylerinin izahatı

Deneylere ilk önce katkı maddesiz olarak başlanılmıştır. % 15 olarak sabit alınan nem oranında değişik yükler uygulanarak yapılan deneylerde Shatter indeksi genel olarak standardın altında kalmıştır. Ve yukarı artması ile yükselmiştir. Bu arada tüm kırıkletlerin su mukavemeti hemen hemen yoktur.

Aynı nem oranında Asfaltıt ilavesi ile yapılan deneylerde bu sefer optimum bulunan 40 ton yuk sabit alınmıştır. Asfaltıt % 10 ile % 100 oranında kullanarak deneyler yapılmıştır. Suda mukavemet 40 saata kadar yükselirken shatter indeksi düşük kalmıştır (Şekil-1-2).

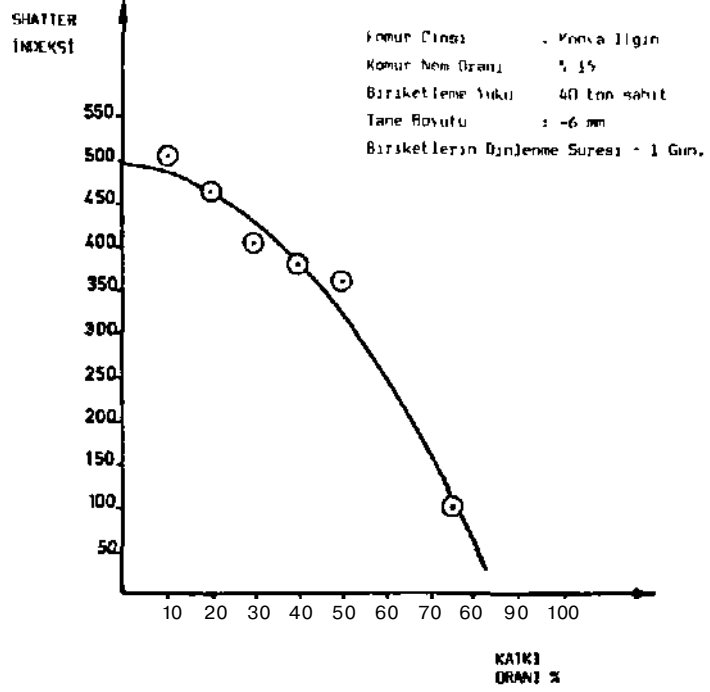


Şekil-1 • Briketle» Yıkım.* DeğiBA-ının Shatter İnteksinde C^mı.

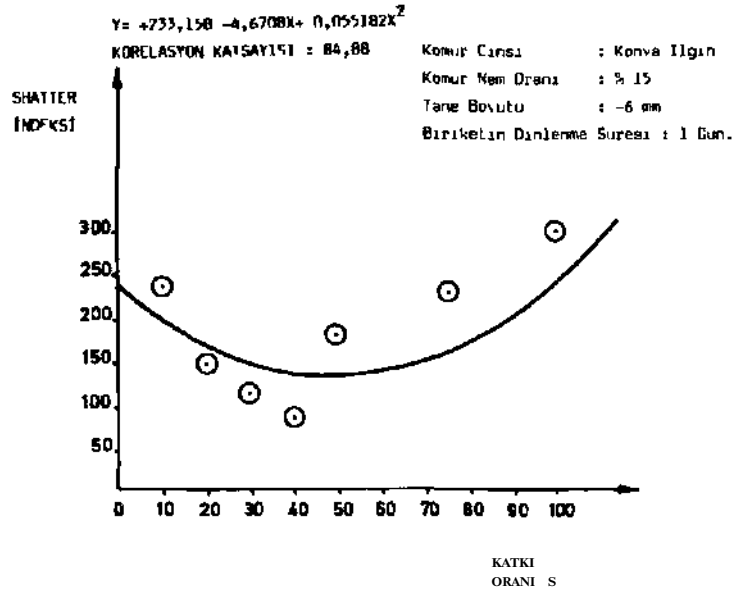
Aynı oranlarda sıcak olardk yapılan deneylerde shatter indeksinin düştüğü görülmüştür (Şekil-3). Sıcak bırıkletlemede asfaltıt 110 C'de etüvde 30 dakika bırakılmış ve ısıtılan kalıplarla birlikte yuk uygulanmıştır. Asfaltıt eldesi ile yeterli mukavemet sağlanamayınca katkı maddesi olarak sulfıt lıkoru kullanılmasına karar verilmiştir. % 7 ile % 14 arasında ilave ile shatter indeksi çok yükselmiştir. Ancak bu kez suda mukavemet açısından bir düşme görülmüştür (Şekil-4).

Briketlerde her ıkı özelliğide iyileştirmek amacıyla her ıkı katkı maddesinin birlikte ilavesine karar verilmiştir. % 20 asfaltıt ile değişik oranlarda sulfıt lıkoru içeren bırıkletler 40 ton sabit basınç ve % 11 sabit nem oranında test edilmişlerdir. % 10'da fazla sulfıt lıkoru ilavesi ıstPnen mukavemetleri temin etmiştir (Şekil-5). Bu şekilde elde edilen bırıkletlerin kimyasal analizleri şu şekildedir.

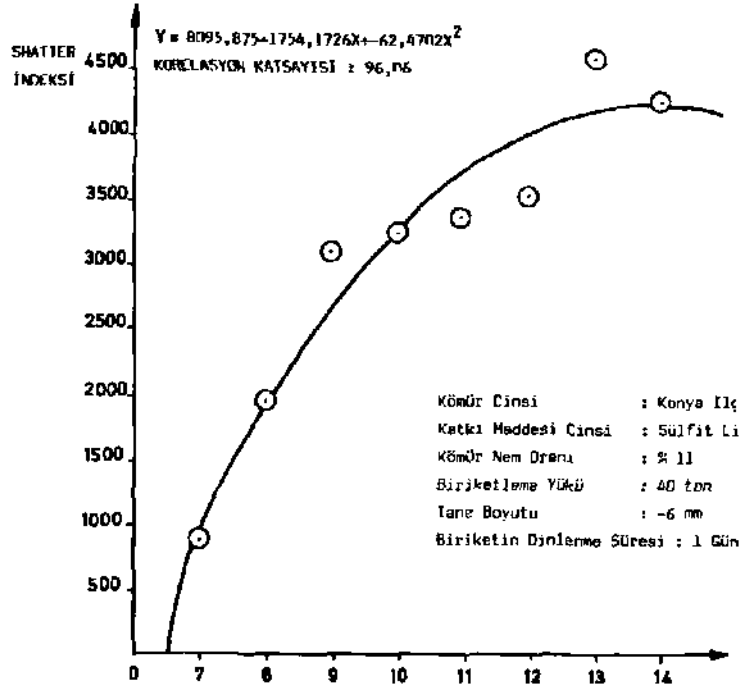
$v = 0,9n,9irr > + n,3flisx + n,H7Z7X$
 KORLASYON KATSAYIM: 9H,5">



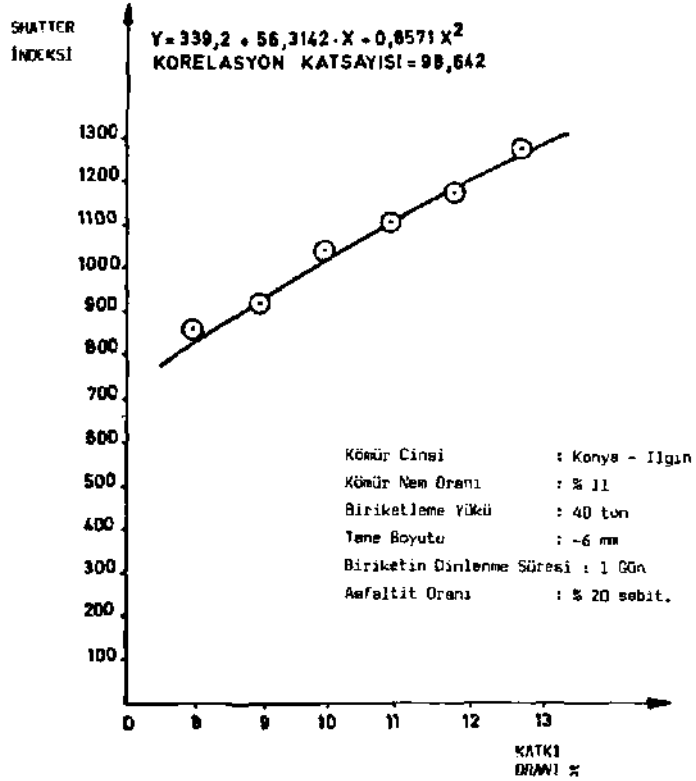
Şekil-2 : Asfaltıtle Soğuk Olarak Yapılan Biriktelleme % 15 Nemle Katkı Oranı, Shatter İndeksi İlişkisi.



Şekil-3 : Asfaltıtle Sicak Olarak Yapılan Biriktelleme % 15 Nemle Katkı Oranı, Shatter İndeksi İlişkisi.



Şekil-4 : Sülfat Li Kömürün, Shatter İndeksine Etkisi.



Şekil-5 : % 20 Asfaltit İçeren Konya Ilgın Linyitlerine Sülfat Li Kömürünün Shatter İndeksine Etkisi.

Nem % 11,51	Sabit Karbon	% 46,86
Uçucu madde % 35,44	Külde Kükürt	% 1,77
Kül % 17,72	Toplam Kükürt	% 3,52
Yandıktan sonra kömürdeki	Kükürd	% 3,13
S0,, alarak uçan Kükürt		% 0,39

Katkı maddesi ilavesi, daima biriketlerin maliyetleri artırmakta ve tesisi daha karmaşık yapmaktadır. % 20 asfaltit ve % 10 sülfid likörü ilavesi biriketlerin maliyetini % 30 oranında artırmaktadır. Fakat bu sayede suda mukavemet ve sağlamlıkları artmaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı, asfaltitlerin biriketleme dalında kullanım imkanlarını araştırılmasıdır. Toz kömür potansiyelinden dolayı bir ön araştırma isteyen Konya-İlgın İşletmesi linyitleri seçilmiştir. Elde edilen verilere göre genel sonuçlar şu şekilde özetlenebilir.

- Konya-İlgın tınıyitleri katkı maddesiz olarak biriketlendiğinde en iyi sonuç 40 ton yük ve % 15 nem oranında alınabilmektedir. Ancak suda mukavemet sağlanamamaktadır. Düşmeye karşı mukavemet ise vasatın altındadır.
- Siirt Şırnak Asfaltitleri katkı maddesiz olarak biriketlenememektedir. Linyitle harmanlandığı zaman asfaltit oranının artması gene biriketleri olumsuz yönde etkilemektedir.
- Asfaltit içinde bitümleri katkı maddesi olarak harekete geçirmek için yapılan sıcak biriketlemeden laboratuvar şartlarında iyi bir sonuç alınamamıştır. Ancak değişik temperatürlerde ve daha iyi ısıtma şartlarında tekrar denenmesinde yarar vardır.
- Asfaltit ilavesi ile suda mukavemet ve sülfid likörü ilavesi ile shatter mukavemeti artırılmıştır.
- Asfaltit ilavesi ile biriketlerin kalorifik değerinin düştüğü izlenmiştir, kurubazdaki kalorifik değer 5141 kcal/kg olan Konya İlgın Linyitlerine % 20 Asfaltit ilave edildiğinde bu değer 4595'e düşmüştür. Asfaltitin kül oranının fazla olması ısı değerini azaltmaktadır.

6. ÖNERİLER

Konya Ilgın Linyitleri katkı maddesiz orta dereceli biriketleme özelliklerine sahiptir. Sadece sülfite likör ilavesi ile düşme mukavemetini artırmak mümkündür. Bu şartlarda suda mukavemet az olduğundan biriketlerin nemden korunması gerekecektir. % 10-% 20 arası asfaltit ilavesi ile gerekli suda mukavemet elde edilebilir. Ancak nakliye ve tesis masrafları ve yanma özellikleri dikkate alınarak karara varmak gerekir.

Asfaltit ilavesi ile yapılan biriketlerin yanması sırasında kükürdün büyük bir kısmı külden kalmaktadır. Böylelikle hava kirliliği açısından bir avantaj sağlamaktadır. Özellikle Ankara'da hava kirliliğinin son boyutlara geldiği dönemde bu tip yakacaklar çok faydalı olacaktır.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal congress of TURKEY

İSTANBUL ÇEVRESİ (YENİKÖY) LİNYİT KÖMÜRLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLEREK
DEĞERLENDİRİLMESİ

THE BENEFICATION OF İSTANBUL REGION (YENİKÖY) LIGNITES BY CONCENTRATION

Güven ÖNAL*
Neşet ACARKAN**
İhsan TOROĞLU***

ÖZET

Yeniköy (İstanbul) kömür sahasında "üretim yapılan orta ve üst kata ait kömür damarlarından alınan temsili numunelerin boyut dağılımı ve yıkanabilirlik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca, numuneler üzerinde yapılan standart kömür analizleri, elle ayıklama ve aktararak dağıtma deneylerinin sonucu olarak, bu kömürlerin boyuta göre sınıflandırma ve aktararak dağıtma ile zenginleştirilebileceği anlaşılmıştır.

ABSTRACT

Partide size distribution and washability characteristics of the middle and upper floor producing coal seams of Yeniköy (Istanbul) coal field have been determined by the experiments carried on two representative samples from these floors accordingly. It has also been determined by the standart coal analyses attrition tumbling and hand-picking experiments that these coals could be concentrated through sizing and attrition tumbling.

(*)Prof.Dr.,İTÜ Maden Fak., Maden Müh.Böl., Teşvikiye-İSTANBUL
(**)Y.Doç.Dr.,İTÜ Maden Fak., Maden Müh. Böl., Teşvikiye-İSTANBUL
(***)Araş.Gör.,İTÜ Maden Fak., Maden Müh. Böl., Teşvikiye-İSTANBUL

1. GİRİŞ

Istanbul civarındaki linyit kömürü potansiyelinin Önemli bir kısmı Yeniköy bölgesinde yer almaktadır, İstanbul bölgesinin kömür gereksinimini 1960 yıllarından başlayarak artan düzeyde karşılayan bu bölgenin üretimi 5 milyon ton/yıl olarak tahmin edilmektedir. Bu düzeyde üretime sahne olan bu bölge kömürlerinin özelliklerinin ve yıkama karakteristiklerinin saptanması bu araştırmanın amacını oluşturmuştur.

Bu amaç doğrultusunda, bu bölgede üretim yapmakta olan Seda Madencilik A.Ş.'ye ait açık ocaklardan temin edilen temsili numuneler üzerinde deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Açık ocakta üretim yapılar üst ve orta kata ait damarlardan temsili bir şekilde alınan oluk numunelerinin boyut dağılımı ve yıkanabilirlik özellikleri belirlenmiş; numuneler üzerinde standart kömür analizleri, aktararak dağıtma ve elle ayıklama deneyleri yapılmıştır.

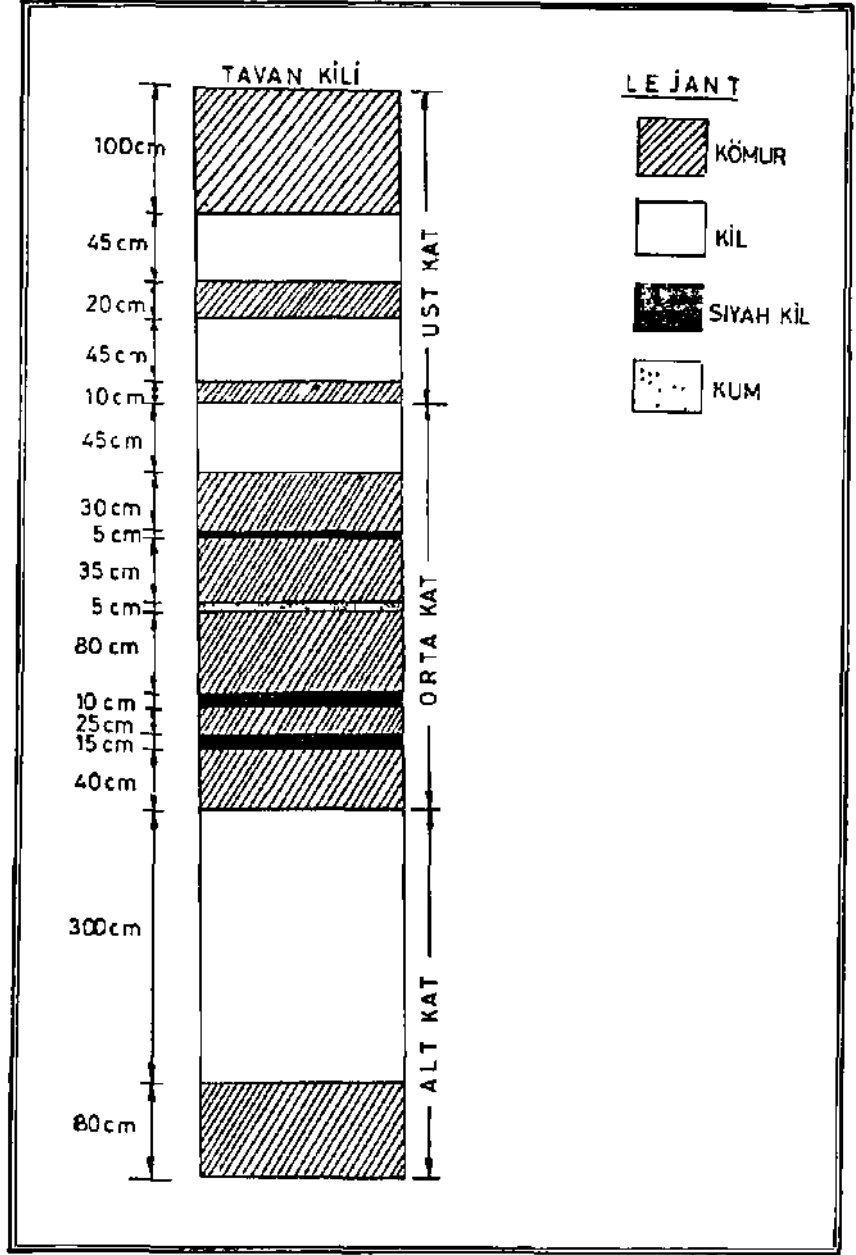
2. DENEYLERE ESAS OLAN NUMUNELER

Kömür sahası, İstanbul ili, Çatalca ilçesi, Terkos-Yeniköy yöresinde ve Karadeniz sahillerine yakın bir konumda bulunmaktadır. Halen açık ocak olarak işletilmekte olan bu saha ile ilgili damar stampı ŞEKİL 1'de verilmiştir (1). Şekilden de görülebileceği gibi, bu yöredeki kömür katmanları üreticiler tarafından alt, orta ve üst kat şeklinde isimlendirilmekte ve her bir kat ayrı ayrı işletilmektedir.

Numunelerin alındığı sıralarda alt kat üretime kapalı olduğundan üst ve orta kata ait damarlardan temsili bir şekilde oluk numuneleri alınmış ve deneyler bu iki kata ait numuneler üzerinde yürütülmüştür.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar, ocaktan alınan temsili numunelerin özelliklerinin saptanması ve kömürün değerlendirilmesi amacıyla yapılan zenginleştirme çalışmalarını kapsamaktadır.



ŞEKİL: 1 Kömür Sahasının Damar Stampı

3.1. Numunelerin özellikleri

Her iki numunenin standart analizleri yapılmış ve sonuçları ÇİZELGE 1'de verilmiştir.

ÇİZELGE 1. Numunelerin Standart Kömür Analizi Sonuçları

<u>ELEMAN</u>	<u>ÜST KAT</u>	<u>ORTA KAT</u>
Toplam Nem (%)	28.60	31.70
Yüzey Nemi (%)	13.15	13.44
Kül (%)	53.98	21.89
Uçucu Madde (%)	31.80	38.47
Sabit Karbon (%)	14.22	26.70
Toplam Kükürt (%)	1.92	5.03
Üst Kalorifik Değer (kcal/kg)	2432	3989

Numunelere yaş elek analizi uygulanarak, tanelerin boyut dağılımı incelenmiştir, üst Kat numunesi iri boyutlarda kil parçaları içerdiğinden 50 mm.'nin üstündeki boyut aralıklarında kil parçaları elle ayıklanmış ve kömür ile kilin kül içeriği ayrı ayrı saptanmıştır, üst Kat numunesine ait sonuçlar ÇİZELGE 2'de; Orta Kat numunesine ait elek analizi sonuçları ÇİZELGE 3'de verilmiştir.

Kil dağıldığından her iki numunede de boyut küçüldükçe kül içeriği artmaktadır. Bu artış, 3.36 mm.'nin altında daha da belirginleşmektedir.

3.2. Zenginleştirme Deneyleri

Zenginleştirme deneyleri aktararak dağıtma ve boyuta göre sınıflandırma olarak yürütülmüştür.

3.2.1. Üst Kat Numunesinin Zenginleştirilmesi

Üst Kat damar stampında, kömür katmanlarının arasında killerin bulunması, plastik Özelliği olan kilin uzaklaştırılmasını ön plana çıkarmıştır.

Analizler kuru esasa göre yapılmıştır.

ÇİZELGE 2. Üst Kat Numunesi ile Yapılan Yaş Elek Analizi + Elle Ayıklama Deneyinin Sonuçları.

Elek Açıklığı (mm)	ürünler	Miktar	Kul	Yanabilir Verim (t)
-100 + 75	Kömür	24.1	19.56	42.9
	Artık	2.9	83.76	1.0
	Toplam	27.0	26.45	43.9
-75 + 50	Komur	12.5	25.99	20.4
	Artık	17.2	82.91	6.5
	Toplam	29.7	58.96	26.9
-50 + 30	-	13.5	64.00	10.7
-30 + 19		4.9	63.21	4.0
-19 + 6		6.7	59.70	6.0
-6 + 3.36		1.3	59.15	1.2
-3.36 + 0.105		5.5	72.68	3.4
-0.105		11.4	84.36	3.9
T O V E N A N			100.0	54.77

ÇİZELGE 3. Orta Kat Numunesi ile Yapılan Yas Elek Analizi Deneyinin Sonuçları.

Elek Açıklığı (mm)	Miktar	Kul (%)	Yanabilir Verim (İ)
+ 100	11.8	15.95	12.6
-100 + 75	17.0	6.42	20.2
-75 + 50	35.9	12.83	39.7
-50 + 30	10.8	27.42	9.9
-30 + 19	6.4	29.34	5.7
-19 + 9	3.9	34.28	2.3
-9 + 6	3.8	34.48	2.1
-6 + 3.36	1.1	36.92	0.9
-3.36 + 0.105	7.8	57.60	4.1
-0.105	1.5	76.26	0.5
TOPLAM	100.0	21.10	100.0

Suda bekletme ile kilin şişmesi sağlandıktan sonra numuneye aktararak dağıtma işlemi uygulanmıştır.

61.5 cm. çapındaki aktarma tamburu ile yapılan aktararak dağıtma deneyleri, aşağıda belirtilen koşullarda yürütülmüş ve aktarma işlemini izleyerek, aktarılmış malzemeye elek analizi uygulanmıştır.

Aktararak Dağıtma Deneyinin Koşulları:

Suda bekletme süresi : 24 saat

Pülpte katı oram : %60

Aktarma süresi : 5 dak.

ÇİZELGE 4'te verilen deney sonuçlarına göre, aktarma işlemiyle kömürün içerdiği kilin büyük kısmı dağıtılmaktadır. 24 saatlik ıslatmayı izleyerek, tuvenanı aktarma tamburunda dağıtmak ve malzemeyi 3.36 mm.'lik elekten elemekle, 3.36 mm.'nin üstündeki boyutlarda, giren malzemenin %37,6'sını %22,12 kül içeriği ve %60,6 yanabilir verimle temiz kömür olarak kazanmak mümkün olmaktadır. Bu temiz kömürün standart kömür analizi sonuçları ÇİZELGE 5'de verilmiştir.

ÇİZELGE 4. Üst Kat Numunesiyle Yapılan Aktarma Deneyinden Sonra Boyut ve Boyuta Göre Kül Dağılım Sonuçları.

Elek Açıklığı (mm)	Miktar	Kül {%}	Yanabilir Verim (%)
+ 75	3.2	20.11	5.3
-75 + 50	6.4	19,48	10.7
-50 + 30	9.2	21.32	15.0
-30 + 19	6.9	23.15	11.0
-19 + 6	10.4	23.86	16.4
-6 + 3.36	1.5	25.92	2.3
-3.36 + 0.105	27.3	57.93	23.8
-0.105	35.1	78.84	15.6
TOPLAM	100.0	51.81	100.0

ÇİZELGE 5. Üst Kat ve Orta Kat Numunelerinden Elde Edilen Temiz Kömürlerin Standart Kömür Analizi Sonuçları {Kuru Esasa Göre}

ELEMAN	ÜST KAT	ORTA KAT
Kül (%)	22.12	17.05
Uçucu Madde (%)	45.43	41.93
Sabit Karbon (%)	32.45	41.02
Toplam Kükürt [%]	2.53	2.08
Üst Kalori'fik Değer (kcal/kg) ¹	5105	5445

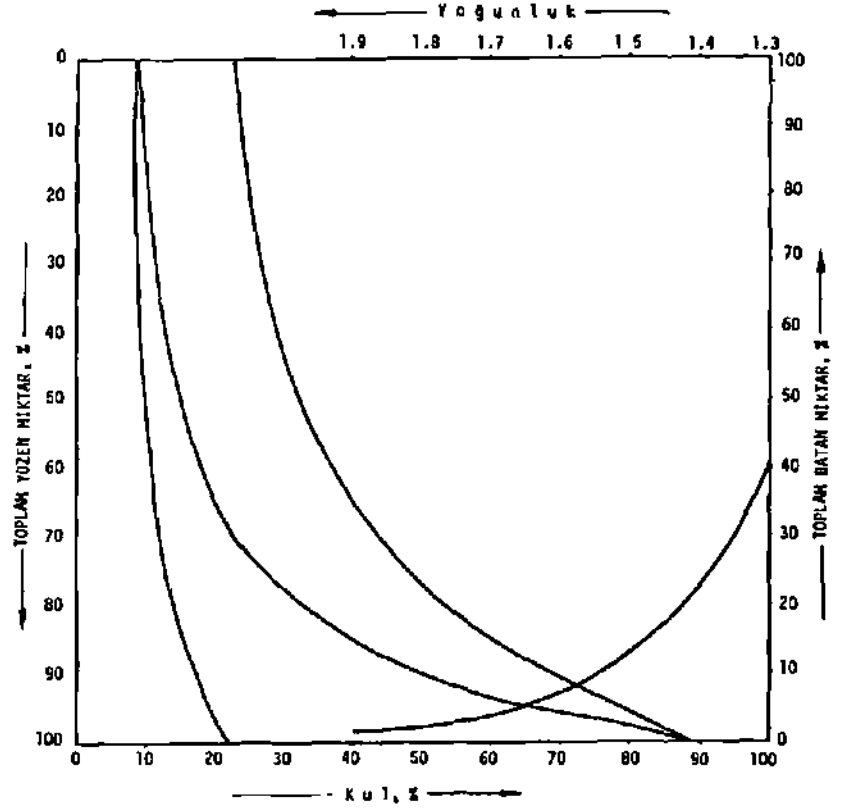
3.2.2. Orta Kat Numunesinin Zenginleştirilmesi

Tuvenan olarak da oldukça iyi kalitede olan bu kömüre yas eleme uygulanması zenginleştirme açısından yeterli olmaktadır. Bu numune 3 mm. açıklıklı elekten yas olarak elendiğinde, hem kil dağılmakta, hem de elek üstünde kömürün %90.7'si X17.05 kül içeriği ve %95.5 yanabilir verimle kazanılmaktadır. Eleme daha iri elek açıklığında yapıldığında lavenin külü daha da düşmektedir. Eleme işlemi 30 mm. açıklıklı elekten yapıldığında, 30 mm.'nin üstünde elde edilen kömürün külü %13.96'ya düşmekte; ağırlıkça verim %75.5, yanabilir verim ise %82.4 olmaktadır (ÇİZELGE 3). 17.05 küllü kömürün standart kömür analizi sonuçları ÇİZELGE 5'de verilmiştir.

3.3. Yüzdürme - Batırma Deneyleri

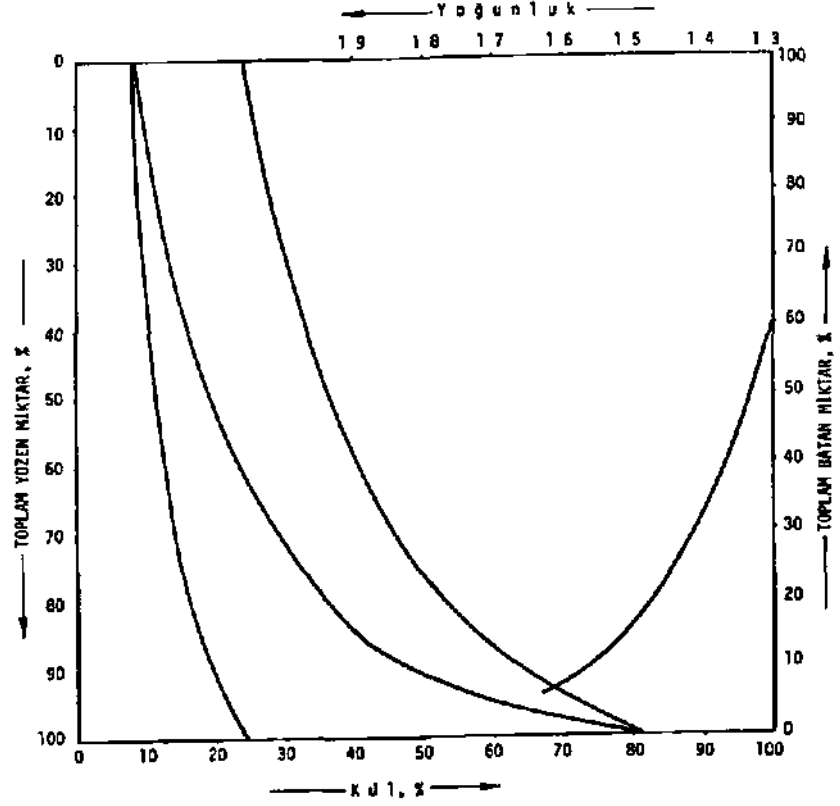
Bu kömürlerin yıkanabilme Özelliklerini belirleyebilmek amacıyla, Üst Kat numunesi aktarılarak dağıtıldıktan sonra elde edilen -50 +19 mm, -19 +3.36 mm boyut aralıkları ve Orta Kat numunesinden yaş eleme sonucu elde edilen -75 +30 mm, -3C +6 mm boyut aralıkları ile yüzdürme-batırma deneyleri yapılmıştır, üst Kat numunesine ait yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ŞEKİL 2,3'te, Orta Kat numunesine ait sonuçlar ise ŞEKİL 4,5'te verilmiştir.

Üst Kat numunesine ait yıkanabilme eğrilerinden de görüleceği gibi, parça-kül eğrileri oldukça dik olup, bu kömürü gravite yöntemleri ile zenginleştirmek oldukça zordur. Bu bulguyu, yoğunluğun +0.1 {gr/cm } değişmesiyle elde edilecek malzeme miktarının çok olması da doğrulamaktadır.



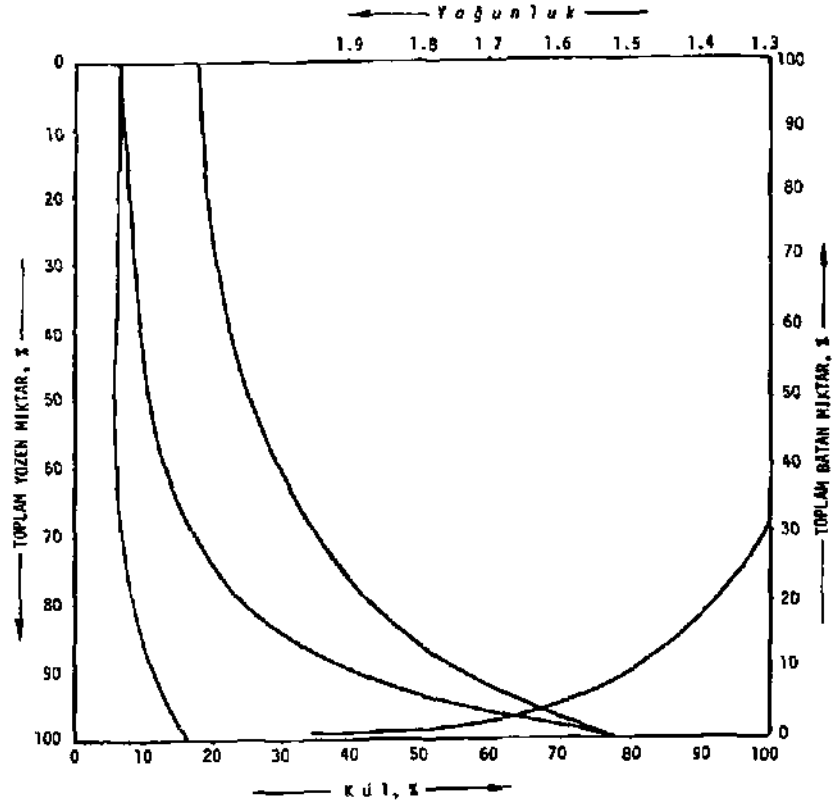
YOĞUNLUK ARALIĞI gr/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batak		
	Miktar % -M-	KU1 % -K-	MxK	Miktar % EM ↓	EMxK ↓	KU1 % EMxK EM	Miktar % EM ↓	EMxK ↓	KU1 % EMxK EM
-1,25	15.1	9.23	139.4	15.1	139.4	9.23	100.0	2228.8	22.29
+1.25 -1.30	43.5	12.25	532.9	58.6	672.3	11.47	84.9	2089.4	24.61
+1,30 -1.4	20.9	21.96	459.0	79.5	1131.3	14.23	41.4	1556.5	37.60
+1,40 -1,50	8.4	39.08	328.3	87.9	1459.6	16.61	20.5	1097.5	53.54
+1,50 -1,60	7.2	53.50	385.2	95.1	1844.8	19.40	12.1	769.2	63.57
+1,60 -1,90	2.7	72.20	194.9	97.8	2039.7	20.86	4.9	384.0	73.37
+1,90	2.2	85.94	189.1	100.0	2228.8	22.29	2.2	189.1	85.94
TOPLAH	100.0	22.29	2228.8						

ŞEKİL 2. üst Kat Numunesinden Aktararak Dağıtma Sonucunda Elde Edilen -50 +19 mm Boyut Aralığına Ait Yüzdürme-Batırma Deneyinin Sonuçları.



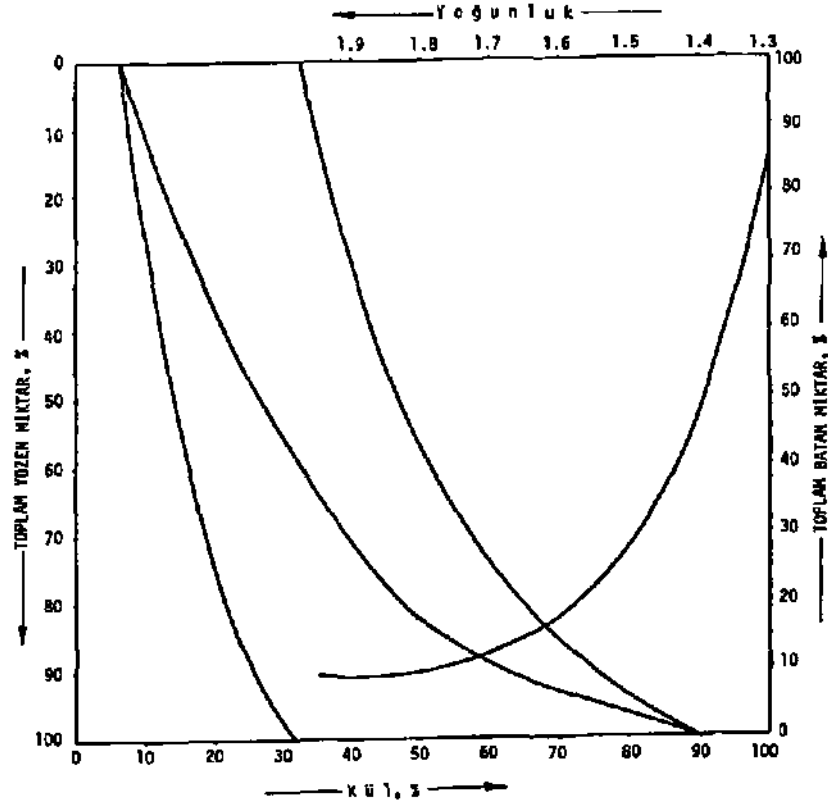
YOĞUNLUK ARALIĞI gr/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar % -M-	KÜL % -K-	MxK	Miktar % EM	EMxK %	KÜL % EMxK EM	Miktar % EM	EMxK %	KÜL % EMxK EM
-1,25	10.3	8.05	82.9	10.3	82.9	8.05	100.0	2424.6	24.25
+1.25 -1.30	29.5	10.85	320.1	39.8	403.1	10.13	89.7	2341.7	26.11
+1.30 -1.40	28.1	20.40	573.2	67.9	976.2	14.38	60.2	2021.6	33.58
+1,40 -1,50	14.8	34.06	504.1	82.7	1480.3	17.90	32.1	1448.4	45.12
+1,50 -1,60	9.8	43.29	424.2	92.5	1904.5	20.56	17.3	944.3	54.58
+1,60	7.5	69.35	520.1	100.0	2424.6	24.25	7.5	520.1	69.35
TOPLAM	100	24.25							

SEKİL 3. Ost Kat Numunesinden Aktararak Dağıtma Sonucunda Elde Edilen -19 +3.36 mm Boyut Aralığına Ait Yuzdurme-Batırma Deneyinin Sonuçları.



YOĞUNLUK ARALIĞI gr/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yozen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	ΣMxK EM ↓	Kül %	Miktar %	ΣMxK EM ↑	Kül %
	-M-	-K-		EM ↓		EM EM ↓	EM ↑		EM EM ↑
-1.25	30.6	6.85	211.0	30.8	211.0	6.85	100.0	1685.1	16.85
+ 1,25 -1.30	38.3	10.43	399.5	69.1	610.5	8.84	69.2	1474.1	21,30
+ 1,30 -1,40	15.5	19.87	313.9	84.9	924.4	10.89	30.9	1074.6	34.78
+ 1,40 -1,50	5.4	36.65	197.9	90.3	1122.3	12.43	15.1	760.7	50.38
+ 1.50 -1.60	4.1	45.02	184.6	94.4	1306.9	13.84	9.7	562.8	58.02
+ 1,60 -1,90	4.2	55.10	231.4	98.6	1533,3	15.60	5.6	378.2	67.54
+ 1,90	1.4	77.28	146.8	100.0	1685.1	16.85	1.4	146.8	77.28
TOPLAM	100.0	16.35	1685.1						

SEKİL 4. Orta Kat Numunesine Ait -75 +30 mm Boyut Aralığına Uygulanan Yüzdürme-Batırma Deneyinin Sonuçları.



YOĞUNLUK ARALIĞI gr/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	ΣMxK ↓	Kül %	Miktar %	ΣMxK ↑	Kül %
-1.25	7.3	6.75	49.3	7.3	49.3	6.75	100.0	3174.3	31.74
+ 1,25 -1,30	8.2	11.32	92.8	15.5	142.1	9.17	92.7	3125.0	33.71
+ 1.30 -1,40	45.1	21.17	954.8	60.6	1096.9	18.10	84.5	3032.2	35.88
+ 1.40 -1,50	11.7	37.04	433.4	72.3	1530.3	21.17	39.4	2077.4	52.73
+ 1,50 -1,60	10.8	46.32	500.3	83.1	2030.6	24.44	27.7	1644.0	59.35
+ 1,60 -1,90	8.0	55.24	441.9	91.1	2472.5	27.14	16.9	1143.7	67.67
t-1,90	8.9	78.85	701.8	100.0	3174.3	31.74	8.9	701.8	78.85
TOPLA*	100.0	31.74	3174.3						

SEKİL 5. Orta Kat Numunesi inden Elde Edilen -30 -rè TOI Boyut Aralığına Ait Yüzdürme-Batırma Deneyinin Sonuçları.

Orta Kat numunesine ait yıkanabilme eğrileri de üst Kata ait eğrilerden pek farklı yapıda değildir. Yapı yönünden her iki kata ait kömürler benzer özellikler göstermektedir.

4. SONUÇLAR

1. %30 dolayında toplam nemi olan numunelerden üst Kata ait olanı %53,98 kül, %1,92 kükürt; Orta Kata ait olanı 21,83 kül, %5,03 kükürt içermektedir, üst Kat numunesinin kül içeriğinin bir hayli yüksek olması, üst Katın kömürün yanısıra kil katmanları da içermesi ve numunelerin stamp numunesi şeklinde alınması sonucu kilin kömüre karışmasından kaynaklanmaktadır.
2. Her iki numunede boyut dağılımı yönünden iri boyutlarda yığılım göstermekte ve boyut küçüldükçe kül içeriği artmaktadır; bu artış, 3 mm'nin altında daha da belirginleşmektedir.
3. üst Kat numunesini 24 saat ıslatıp, 5 dakika aktararak dağıttıktan sonra, dağılmış malzeme 3,36 mm. açıklıklı elekten elendiğinde, elek üstünden giren malzemenin %37,6'sı oranında, %22,12 kül içerikli ve yanabilir verimi %60,6 olan lave elde etmek mümkün olabilmektedir.
4. Kil katmanlarını pek içermeyen Orta Kat numunesini ise elemek yeterli olmakta ve numune 3,36 mm. açıklıklı elekten elendiğinde, elek üstü olarak, ağırlıkça verimi %90,7, yanabilir verimi %95,5 ve kül içeriği %17,05 olan lave elde edilmektedir.
5. üst Kat numunesi aktarılarak dağıtıldıktan sonra -50 +19 mm, -19+3,36mm boyut aralıklarında, Orta Kat numunesinden yaş eleme sonucu elde edilen -75 +30 mm ile -30 +6 mm boyut aralıklarına yüzdürme-batırma uygulanmış ve numunelere ait parça-kül eğrilerinin oldukça dik yapıda olduğu görülmüştür. Yıkanabilme özellikleri benzer olan Üst Kat ve Orta Kat kömürlerini gravite yöntemleriyle zenginleştirmenin bir hayli zor olacağı anlaşılmıştır.
6. Bu kömürlerin aktararak dağıtma ve boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirilebilecekleri anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Yeniköy Linyit Kömürlerinin Zenginleştirilmesi ve Üretim Artıklarının Değerlendirilmesi, I.T.Ü. Maden Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı, Mayıs 1986 (Yayınlanmamış rapor).

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ

The Sixth coal Congress of TURKEY

SERT LİNYİT TOZLARININ SU SİKLONUYLA YIKANABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

AN INVESTIGATION FOR THE WASHABILITY CHARACTERISTICS OF HARD
BROWN COAL FINES BY WATER-ONLY CYCLONES

Orhan SEMERKANT*

Mevlüt KEMAL

ÖZET

Ülkemiz mevcut enerji ihtiyacının önemli bir kısmı linyitlerden karşılanmaktadır. Ancak enerji açığının giderilmesi için yapılan üretimi arttırma çalışmaları, işletmelerde mekanizasyonu gerektirmekte; bu durum ise, tüvenen kömürde toz oranını arttırmaktadır. Halen dünyada, toz kömürlerin en ekonomik bir biçimde değerlendirilmesiyle ilgili olarak geliştirilen teknolojilerden biri de BU siklonuyla kömür yıkama yöntemidir. Bu çalışmada Aydın-Şahinali Linyit İşletmelerinde üretim esnasında ortaya çıkan toz (-10 mm) kömürlerin su siklonuyla yıkanabilirliği incelenmiştir.

ABSTRACT

A significant portion of the present energy requirement of our country is met by lignites. Attempts made to increase lignite production requires mechanization which results in the generation of high proportion of fines in run-of-mine coal. One of the most economical processes, presently employed in the world, for the beneficiation of coal fines is known to be washing by water-only cyclones. In this study washability possibilities of -10 mm coal fines which are generated during production in the Aydın-Şahinali lignite deposit, have been investigated.

(*) Dr., D.E.Ü. Müh.-Mim Fak. Maden Mühendisliği Bölümü, Bornova-İZMİR

(**) Doç.Dr., D.E.Ü. Müh.-Mim. Fak. Maden Müh. Bölümü, Bornova-İZMİR

1. GİRİŞ

Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de önemli bir enerji hammaddesi olan kömürün, en ekonomik bir biçimde üretilerek, tüketim amacına uygun şekilde, hazırlama ve yıkama safhalarından geçirilmesi gerekmektedir. Son yıllarda, _ artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için geliştirilen, üretim artışına yönelik mekanize üretim yöntemleri, tüvenan kömürün kül, kükürt içeriğini arttırması yanında, üretim esnasında ufalanan kömür içindeki toz oranının da artmasına sebep olmaktadır. Kömür Ve yantaş arasındaki farklı ufalanabilme özellikleri, bazı kömürlerde külü oluşturan mineral maddelerin büyük bir kısmının ince tane iriliği fraksiyonlarına geçmesine neden olmakta; bu durum ise üretim esnasında ortaya çıkan toz kömürün kül oranını arttırmaktadır (1-3).

Toz kömürün külünden arındırılması İşlemlerinde kullanılan klasik gravitasyon yöntemleri (ağır ortam siklonları, jigler, sallantılı masalar 1/b.), yatırım ve işletme giderlerinin fazİBİığı nedeniyle ancak, kömür yıkama kapasitesi büyük yıkama tesislerinde kullanılabilmektedirler. Küçük kapasiteli yıkama tesislerinde ise toz kömürün tane iriliğinin azalmasına paralel olarak söz konusu yıkama yöntemleri, ekonomiklik sınırını zorlamaktadırlar. Bütün bu nedenler son yıllarda, toz kömürlerin külünden arındırılması işlemlerinde ucuz yatırım ve işletme maliyetleri gerektirecek yöntemlerin araştırılmasını hızlandırmıştır C^-6).

Halen dünyada toz kömürlerin külünden arındırılarak ısı değerlerinin yükseltilmesi amacıyla kullanılan yöntemlerden bir diğeri de su siklonuyla kömür yıkama yöntemidir. Su siklonları, düşük yıkama performanslarına rağmen, Badece su gereksinimleri, oldukça basit dizaynları, reaktif, ağır ortam ve ön sınıflandırma işlemine gereksinim göstermemeleri; oksitlenmiş kömürlerin de yıkanmasına imkan tanımaları, düşük yatırım ve işletme maliyetleriyle, kömür yıkama tesislerinde'-geniş bir kullanım alanı bulma imkanına sahiptirler (7,8,12).

Ülkemizde su siklonuyla toz kömür yıkama çalışmaları ise ilk olarak GLİ Müessesesine bağlı Tunçbilek Bölgesi Lavvarında başlatılmıştır. Bu çalışmalarda jig ve ağır ortam siklonlarına beslenen ince (-18.G mm) kömürlerin su siklonuyla yıkanabilirliği araştırılmıştır. Daha sonra bu çalışmalar, -1Ü mm tane iriliğindeki toz kömürler için devam ettirilmiştir (9-11).

Bu çalışmada flydın-Şahinali Linyit İşletmelerinde üretim esnasında ortaya çıkan, -1D mm tane iriliğindeki toz kömürlerin su siklonuyla yıkanabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla, siklonun yıkama hassasiyetini etkileyen besleme basıncı, üst çıkış boru seviyesi, katı-sıvı oranı gibi parametrelerin yanında, daha önceki çalışmalarda incelenmeyen alt çıkış koniklik açıları farklı kombinasyonlar halinde deneyerek yıkamaya etkileri araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Aydm-Şahinali (-10 mm) kömürlerinin su siklonuyla yıkanabilirliği ile ilgili çalışmalar Şekil 1'de gösterilen düzende gerçekleştirilmiştir. Bu düzende kullanılan 254 mm (10 inç) çaplı su siklonu, üst çıkış borusu yüksekliği ile alt çıkış koniklik açıları değiştirilebilir ve değişik kombinezonlarda kullanılabilir şekilde projelendirilmiştir (Bk.Şekil 2). Denemeler esnasında yukarıda belirtilen parametrelerin yanında, besleme basıncı ve katı-sıvı oranı da değiştirilerek optimal yıkama şartları tesbit edilmiştir.

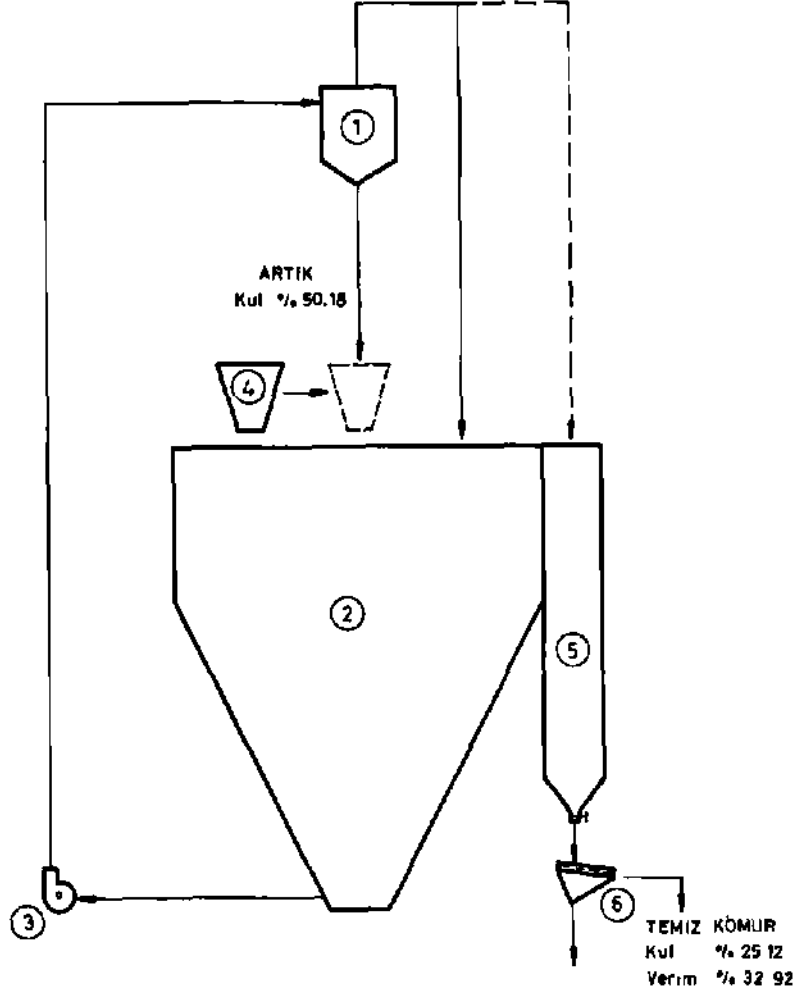
Toz kömürün birinci kademede yıkaması sonucu elde edilen artık, ikinci kademede tekrar yıkamaya tabi tutulmuş ve böylece iki kademeli yıkamada gerekli optimal şartları tesbit etme imkanı olmuştur. Her iki kademe sonunda elde edilen ürünlerin kül analizleri yapılmıştır. Ayrıca su siklonunun her iki kademe için performansı ölçülmüştür. Aşağıda bu konu ile ilgili özet bilgi verilmiştir.

2.1. Birinci Kademede Yıkama Çalışmaları

Bu çalışmalarda su siklonunun yıkama başarısını etkileyen besleme basıncı, üst çıkış boru seviyesi, alt çıkış koniklik açıları ve katı-sıvı oranı gibi parametreler incelenmiştir.

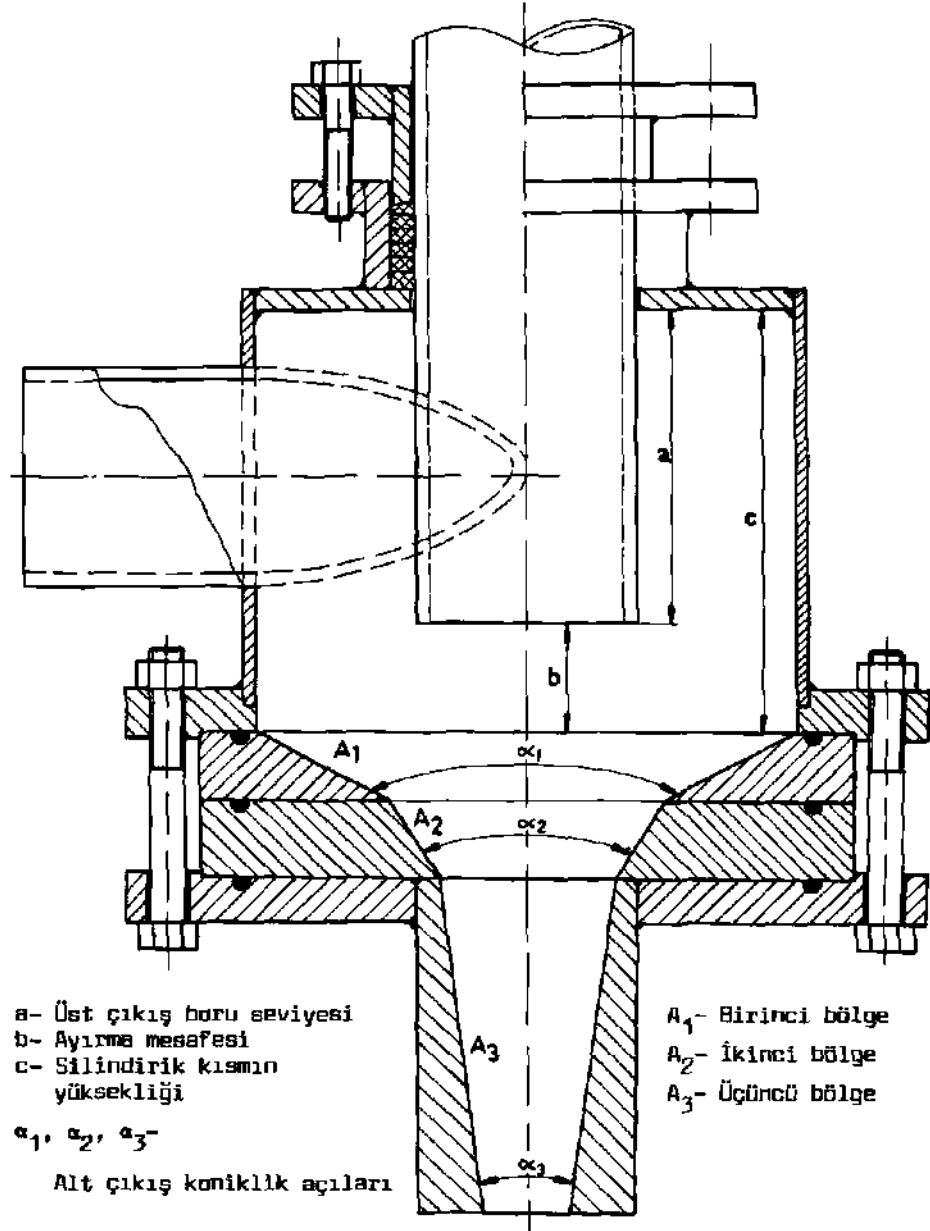
2.1.1. Besleme Basıncının Ayırmaya Olan Etkisi

Şahinali toz (-10 mm) kömürlerinin su siklonuyla yıkanabilirliğinin incelenmesi kapsamında, öncelikle besleme basıncının ayırmaya olan etkisi araştırılmıştır. Daha önceki çalışmalarda, Tunçbilek toz kömürü ile yapılan benzer denemelerden elde edilen sonuçlar su siklonuyla yıkamada besleme basıncının ayırmayı etkilediğini ve kapasite arttırmana neden olduğunu ortaya koymaktadır (5, 9). Bu sebepten deneylerde öncelikle,



© Su Siklonu (z) Bulamaç Tankı @ Pompa @ Alt Çıkış Numune Alma Kovası @ Üst Çıkış Numune Alma Tankı © Elekt

Şekil 1 . Aydın-Şahinall Toz (-1Dmm) Kömürünün lülnç (25k mm) çaplı Su Siklonunda Yıkanması İle İlgili Düzenek Şeması



Şekil 2. 250 mm (10 inç) çaplı su siklonu

daha önce Tunçbilek toz kömürü için saptanan optimal besleme basıncı (62.D5 kPa) ile denemelere başlanmış, ancak Şahinali toz kömürü için söz konusu basınçta çok düşük yıkama verimi elde edilebilmiştir. Bu sonucu, deneylerde kullanılan Tunçbilek ve Aydın kömürlerinin farklı kömürleşme dereceleri, tane şekilleri ve kül oranlarıyla (sırasıyla % 41 ve % 48) izah etmek mümkündür. Bu nedenle besleme basıncı tedrici olarak 68.95 kPa dan 144.79 kPa değerine kadar arttırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar Çizelge 1 de verilmektedir, ilgili çizelgeden de görüldüğü üzere basıncın artması, yıkanmış kömür miktarını arttırırken, elde edilen temiz kömürün kül oranının da yükselmesine neden olmaktadır. Satılabilir toz kömür kül oranı olarak hedeflenen % 25 değerine 69.98 kPa ile 119.97 kPa arasındaki basınçlarda ulaşılmaktadır. Yüksek basınçtaki çalışmalarda aşınma ve enerji sarfiyatı gözönüne alındığında en uygun besleme basıncının 69.98 kPa olduğu tesbit edilmiş, bu parametreye sabit tutularak bundan sonraki çalışmalarda diğer parametrelerin tesbitine çalışılmıştır.

Çizelge 1. Besleme basıncı değiştirilerek yapılan deneylerin sonuçları

Deney Şartları

Tane iriliği (mm)	10.0-0.0
Üst Çıkış- Boru Seviyesi (mm)^	270
Alt Çıkış Koniklik Açalan O	145-75-25
Besleme Basıncı (kPa)	Denener parametre
Katı-Sıvı Dram (%)	12.25

Deney No	Besleme Basıncı (kPa)	Yıkanmış % Ağ	Kömür % Kül	Artık	
				% Ağ	% Kül
B1	69.98	32.61	25.80	67.39	50.76
B2	79.96	27.78	24.63	72.22	49.54
B3	93.98	28.95	25.42	71.05	49.63
B4	99.97	29.16	23.03	70.82	50.69
B5	109.97	30.17	25.19	69.63	50.15
B6	119.97	33.90	25.50	66.10	51.40
B7	129.96	35.70	27.72	64.30	50.62
B8	139.96	37.33	28.69	62.67	50.80

2-1.2. Üst Çıkış Boru Seviyesinin Ayırmaya Olan Etkisi

Üst çıkış boru seviyesinin ayırmadaki etkisini incelemek üzere, besleme basıncının tesbiti esnasında kullanılan parametreler sabit tutulmuş, üst çıkış borusunun seviyesi ise 220-280 mm arasındaki değerlerde, 10 ar mm lik aralıklarla değiştirilmek suretiyle denemeler yapılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 2 de karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Çizelge 2. Üst çıkış boru seviyesi değiştirilerek yapılan deneylerin sonuçları

Deney Şartları

Tane iriliği (mm)	: 10.0-0.0
Üst Çıkış Boru Seviyesi (mm)	: Denenen Parametre
Alt Çıkış Koniklik Açılıları (°)	: 145-75-25
Besleme Basıncı (kPa)	: 69.98
Katı-Sıvı Oranı (%)	: 12.25

Deney No	Üst Çıkış Boru Seviyesi C mm)	Ayırma Mesafesi (mm)	Yıkanmış Kömür		Artık	
			% Ağ	% Kül	% Ağ	% Kül
U1	220	80	12.36	22.92	87.64	45.41
U2	230	70	17.1*	22.56	82.56	46.87
U3	240	60	18.98	22.27	81.62	47.40
U4	250	50	21.84	23.05	78.16	46.10
U5	260	40	25.23	23.36	ih.11	49.12
U6	270	30	33.70	25.43	66.30	51.36
U7	280	20	34.42	26.69	65.58	49.90

Süz konusu çizelge incelendiğinde, üst çıkış boru seviyesi (Şekil 2) arttıkça, üst çıkış borusuyla alt çıkış arasındaki mesafe (Ayırma mesafesi) azalmakta, dolayısıyla alt çıkıştan çıkması beklenen kısmen küllü taneler (Ara ürün), siklon iç basıncının etkisiyle üst çıkışa yönelmektedir. Bu durumda yıkanmış kömürün ağırlıkça verimiyle birlikte kül oranı da artmaktadır. Yıkanmış kömürün ağırlıkça yıkama verimi ve kül oranı birlikte değerlendirildiğinde, üst çıkış boru seviyesinin 270 mm olması halinde sanayi yakıtı olarak kullanılabilir kalitede, % 25 kül oranıyla 14 654 kJ/kg'ın üzerinde bir ısı değerine sahip yıkanmış kömür elde etmek mümkün olmaktadır.

2.1.3. flit Çıkış Koniklik Açılarının Ayırmaya Olan Etkisi

Çalışmanın bu bölümünde, daha önce yapılan deneylerde tesbit edilen besleme basıncı ve üst çıkış boru seviyesi parametreleri sabit tutulmak suretiyle, alt çıkış koniklik açılarının ayırmaya olan etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda almak üzere, trikona ait alt çıkış parçaları değişik açılarda seçilmişlerdir. Birinci bölgedeki açı 125-15 , ikinci bölgedeki açılar 65-85 , üçüncü bölgedeki açılar ise 15-25 arasında değiştirilmiştir. Birinci ve ikinci bölgedeki açılar 10 ar, üçüncü bölgedeki açılar 5 er derecelik farklarla değiştirilmek üzere, 9 farklı açılarda 3 erli kombinasyonlar halinde teşkil ettirilerek, 27 ayrı dizilişte, trikon alt çıkışları oluşturmak suretiyle deneyler yapılmıştır. Bu amaçla, birinci bölgedeki açı baz alınıp değiştirilmek üzere sırasıyla 125, 135 ve 145 değerlerinde üç grup deney yapılmıştır. Birinci bölgedeki açının 125 alındığı birinci grup deneylerde, yukarıda bahsedildiği gibi, ikinci bölge alt çıkış açısı 65-85 ve üçüncü bölge alt çıkış açısı 15-25 değerleri arasında değiştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3 de verilmiştir.

Çizelge 3. Alt çıkış koniklik açıları değiştirilerek yapılan deneylerin sonuçları

Deney Şartları

Tane İriliği (mm)	1D.D - O.G
Üst Çıkış Soru Seviyesi (mm)	270
Alt Çıkış Koniklik Açıları (°)	Denenen Parametre
Besleme Basıncı (kPa)	69.98
Katı-Sıvı Oranı (%)	12.25

Deney No	Alt Çıkış hon.Açı C°)	Yıkanmış Hamur		Artık	
		% Ağ	% Kul	% Ağ	% Kül
A111	125-65-15	12. M*	20.31	87.56	<*5.79
A11Z	125-65-20	23.53	23.80	İS.ki	kB. **!
A113	125-65-25	12.09	20.53	87.91	i.5.66
A121	125-75-15	11.^1	22.0^	88.59	^5.57
A122	125-75-2D	26.08	2^.87	73.32	k9.OB
A123	125-75-25	22.33	23.^2	77.67	1*6.19
A131	125-85-15	16.92	22.69	83.08	i.6.68
A132	125-B5-2D	2D.67	22.36	79.33	i*7.9D
A133	125-85-25	28.78	2^.65	71.22	£•9.88

Çizelgeden de görüldüğü üzere, açılarla teşkil edilen optimal kombinasyon, deney A133 de sonuçları verildiği gibi, koniklik açılan sırasıyla birinci bölgede 125°, ikinci bölgede 65 , üçüncü bölgede 25 olmak üzere yapılan düzenekte, % 24.65 küllü yıkanmış toz kömürün % 26.78 kömür yıkama terimiyle kazanılabileceği tesbit edilmiştir.

İkinci grup deneylerde ise yalnız birinci bölgedeki alt çıkış kanıklık açısı 135° Dlararak değiştirilmiş, diğer koniklik açıları ise yine birinci grup deneylerde olduğu gibi kombinasyonlar teşkil ettirilerek, aynı şartlarda deneyler tekrarlanmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4 de yerilmektedir.

Deney sonuçlarından görüldüğü gibi alt çıkış kanıklık açılarıyla teşkil ettirilen optimal çıkış açıları sırasıyla 135^p-B5 -25° lik açılardan kombinasyonları ile teşkil ettirilen düzenekle elde edilmiştir. 5öz-konusu bu deneyde yaklaşık % 24 küllü yıkanmış kömür, % 25 yıkama verimi ile kazanılabilmektedir.

Çizelge k. Alt çıkış koniklik açııBrı değiştirilerek yapılan deneylerin sonuçları

Deney Şartları

Tane iriliği Cmm)	: 1a.a - O.a
Ust Çıkış Boru Seciyesi (mm)	: 270
Alt Çıkış honıklık Açıları (°; ; Denenen Parametre	
Besleme Basıncı -(kPa)	: 69.9B
Katı-Sıvı Oranı (%)	• 12.25

Deney fla	Alt Çıkış Han.Açı	Yıkanmış homur		Artık	
		% Ağ	% Kul	% Ağ	% Kul
A211	135-65-1İ	23.69	25.91	76.31	47.9'
A212	135-65-2C	24.14	22.48	75.65	49.02
A213	135-65-2^	1S.91	22.31	81.09	47.2^
A221	135-75-1=	17.43	22. B3	62.57	46. EC
A222	135-75-2C	25.46	23.62	74.54	49. V
A223	135-75-2f	22.33	23.42	77.67	kB.V.
A231	135-85-1£	14.25	22.76	85.75	45.9c
A232	135-B5-2C	17. D6	23.12	82.94	46.61
A233	135-B5-2İ	25. P2	24.D1	74.98	48. o!

Üçüncü grup deneylerde ise yine birinci bölgedeki kemiklik açısı hu kez 1tt5 olarak değiştirilerek, yukarıda bahsedildiği üzere ikinci ve üçüncü bölge alt çıkış açılarıyla kombinasyonlar teşkil ettirilmiş ve aynı şartlarda deneyler tekrarlanmıştır. Bu deneylerin toplu sonuçları Çizelge 5 de verilmektedir.

Sözkonusu çizelgeden görüleceği üzere en uygun koniklik açılarının $1^{\circ}5^{\circ}-75^{\circ}-25^{\circ}$ almakta ve koniklik açılarının bu şekildeki dizilişleriyle yaklaşık % 25 küllü yıkanmış kömür % 33.7G yıkama verimiyle kazanılabilmektedir. Bu kombinasyonda diğer kombinasyonlara göre en yüksek yıkama verimi elde edilmiş ve **1k5** -75 -25^olik açılara sahip alt çıkış kombinasyonu optimal oİBrak tesbit edilmiştir.

Çizelge 5. Alt çıkış koniklik açıları değiştirilerek yapılan deneylerin sonuçları

Deney Şartları

Tane iriliği (mm)	: İD.D - G.O
Ust Çıkış Seviyesi (mm)	: 27D
Alt Çıkış rtoniklik Açıları (^o)	: Denenen Parametre
Besleme Basıncı (kPs)	: 69.96
Katı-Sıvı oranı (%)	: 12.25

Deney No	Alt Çıkış Kon.Açı	Yıkanmış Kömür % Ağ	Kömür % Kül	Artık % Ağ	% Kul
A311	145-65-15	9.96	19.93	90.04	45.14
A312	145-65-20	7.M	24.51	92.59	44.07
A313	145-65-25	23.79	23.40	76.21	4S.62
A321	145-75-15	8.28	22.25	91.72	44.46
A322	145-75-20	21.42	22.19	78.56	48.19
A323	145-75-25	33.70	25.43	66.30	51.36
A331	14 5-85 -15	18.72	22.87	81.28	47.17
A332	145-85-2G	14.89	19.13	S5.11	44.38
A333	145-85-25	28.1D	24.53	71.90	49.69

2.1.*». Katı-Sıvı Oranının Ayırmaya Olan Etkisi

Aydın-Şahinali toz kömürünün siklonla yıkanması esnasında kullanılacak katı-sıvı oranının ayırmaya olan etkisinin tesbiti için, daha önce saptanan parametreler sabit tutulmuş ve katı-sıvı oranı yaklaşık % 8 ile % 16 değerleri oranında değiştirilerek deneyler yapılmıştır. Bu deneylerin sonuçları toplu olarak Çizelge 6 da verilmektedir.

Çizelge 6. Katı-sıvı oranı değiştirilerek yapılan deneylerin sonuçları
Deney Şartları

Deney No	Katı-Sıvı Dram %	Yıkanmış % Ağ	homur % Kül	Artık % Ağ	% ftül
K1	f1.O	12.13	21.62	87.87	45.52
K2	9.5	1D.5B	22.42	89.42	45.01
H3	İD.91	26.13	2^71	71.87	49.63
K4	12.25	33.67	25.43	66.33	51.36
K5	13.60	36.66	27.72	63.Ut	51.32
K6	1i*.89	55.23	33.37	44.77	54.D3
K7	16.-Uf	57.27	33.81	42.73	54.43

Çizelge incelendiğinde katı-sıvı arttıkça daha önce yapılan deneylerde elde edilen sonuçlara benzer şekilde, yıkanmış kömür verimi ve buna paralel olarak da kül oranı artmaktadır. Ancak endüstrideki kullanım taleplerine göre % 25 kül içeren bir ürünün eldesi heoflenriiğinden % 12.25 katı-sıvı oranında yapılan K4 deneyinin sonuçları optimal olarak kabul edilmiştir. Bu deneyin sonuçlarına göre % 25.43 kül oranına sahip temiz kömür, % 33.67 yıkama verimiyle kazanılabilmektedir.

2.2. İkinci Kademe Yıkama Çalışmaları

Çalışmaların ikinci aşamasında temiz kömürden artıkla beraber ayrılan ara ürünün kazanımına yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bu kapsamda olmak üzere, literatürden elde edilen bilgiler ve Tunçbilek toz kömürü

ile yapılan denemeler dikkate alınmış, böylece sınırlı sayıda deney yapılarak sonuca gitme imkanı olmuştur.

Ara ürün ihtiva eden artık malzemenin, tüvenan kömüre göre daha yüksek yoğunluğa sahip alması nedeniyle, ara ürünün üst çıkıştan alınabilmesi için siklon iç basıncının arttırılması gerekmektedir. Bu sebepten ara ürünün artıktan ayırımı için yapılan deneylerde besleme basıncı 119.97 k-Pa değerine yükseltilmiştir. Sonuç olarak Çizelge 7 de verilen şartlarda yapılan deneylerde, ayırma hassasiyetini büyük ölçüde etkileyen katı-sıvı oranı değiştirilmiştir.

Tunçbilek tnz kömürlerinin su siklonuyla yıkanması çalışmalarının ikinci kademesini aluşturan, ara ürünün kazanımı için yapılan deneylerde olduğu gibi; bu deneylerde de, Şahinali tüvenan toz kömürünün su siklonuyla yıkanmasında uygulanan katı-sıvı ararından daha düşük katı-sıvı oranlarında çalışılmıştır.

Çizelge 7. Katı-sıvı oranı değiştirilerek yapılan deneylerin sonuçları

Deney Şartları

Tane iriliği (mm)	1G.Ü-D.0
Üst Çıkış Boru Seviyesi (mm)	27D-
Alt Çıkış Koniklik Açılırları (°)	1^5-75-25
Besleme Basıncı (kPa)	119.97
Katı-Sıvı Dram (50)	Denenen Parametre

Deney No	Katı-Sıvı Oranı %	Ara Ürün		Artık	
		% Ağ	% hül	% Ağ	% Kül
AR1	9 5G	27 .87	26 58	72 .13	5k 3D
AR2	10 91	37 .29	33 41	62 71	5k 57
AR 3	12 25	k6 .31	35 69	53 69	56 16

Çizelge 7 den de görüleceği üzere katı-sıvı oranı düştükçe elde edilen ara ürünün kül oranı ve yıkama verimi düşmektedir. Katı-sıvı oranının % 9.5D olduğu deneyde % 26.58 kül içeriğine sahip ara ürün % 27.57 yıkama verimiyle elde edilmiştir. Sonuç olarak % 9.5D değerindeki katı-sıvı oranında kabul edilebilir bir kül oranında ara ürün eldesi, sözkonusu katı-sıvı oranının optimal olarak seçilmesine neden olmuştur.

2.3. Deneysel Çalışmaların Sonuçları

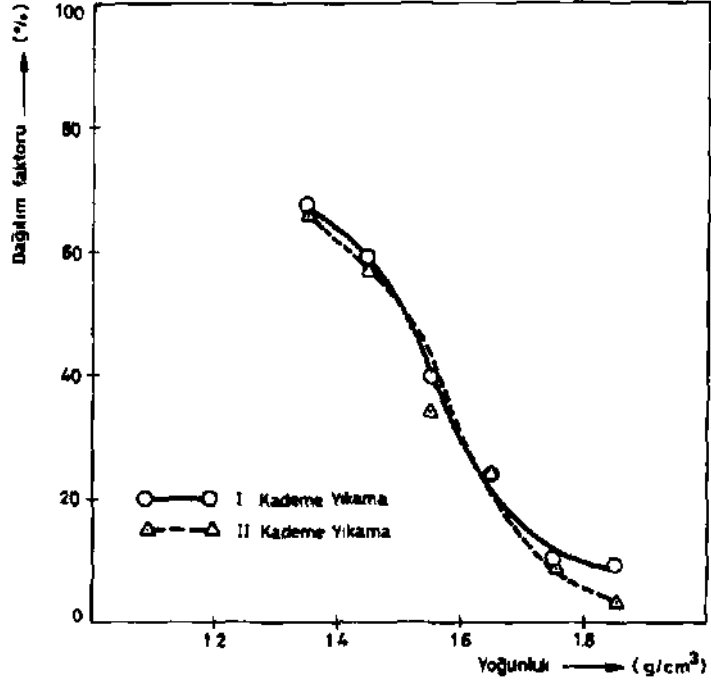
Şahinali toz (-10 mm) kömürlerinin su siklonunda iki kademede yıkama maıyla ilgili olarak yapılan çalışmalarda tesbit edilen optimal yıkama kaşulları aşağıda toplu olarak verilmektedir.

	I. hademe Yık.	II.. Hademe Yık.
Tane iriliği (mm)	10.0-0.0	10.0-0.0
Besleme basıncı (kPa)	69.98	119.97
Üst çıkış boru seviyesi (mm)	270	270
Alt çıkış koniklik açıları ()	145-75-25	145-75-25
Ayırma mesafesi (mm)	30	30
Katı-sıvı oranı (.%)	12.25	9.50

Aydın-Şahinali toz kömürlerinin su siklonuyla yıkama çalışmalarının birinci ve ikinci kademelerinde tesbit edilen optimal yıkama şartlarında elde edilen ürünlerin kül oranları ağırlıkça yıkama verimleri ve temiz kömür kazanma randımanları aşağıda verilmektedir.

Yıkama Kademesi	Ürünler	% Ag	% Kül	Temiz Kömür Kazanma Randımanı
I	Temiz kömür	33.67	25.43	51.40
II	Ara ürün	18.49	26.58	47.71
I + II	Yıkanmış kömür	52.16	25.04	79.03
II	Artık	47.64	54.40	
Besleme Malı (Hee-apla)		100.00	39.45	

Ayrıca tesbit edilen optimal koşullarda yapılan yıkama işlemlerinde kullanılan, 254 mm (10 inç) çaplı su siklonlarına ait performans değerlerinin ölçülebilmesi için, her iki kademede elde edilen ürünlerin yüzdürme-batırma testleri yapılmıştır. Söz konusu testlerin sonucunda hesaplanan dağılım faktörleri yardımıyla çizilen her iki yıkama kademesine ait tromp eğrileri Şekil 3 de verilmektedir.



Şekil 3. İki kademeli yıkamada su siklonuna ait tromp eğrileri

Yukarıda verilen eğriler yardımıyla her iki kademe için hesaplanan performanB değerleri aşağıdadır.

	<u>I. Kademe Vık.</u>	<u>II. hademe Vık.</u>
Hata faktörü (E _p)	0.21	D.31
Hassasiyet faktörü (I)	G.1<f	D.2D
Ayrırma yoğunluğu (g/m ³)	1.52	1.52

Şekil 3 den de görüleceği gibi her iki kademe yıkamaya ait tromp eğrileri birbirine benzer olup, performans değerleri de düşük ayırma hassasiyetine sahip yıkama cihazıBrı için literatürde uerilen normal sınır değerler içinde kalmaktadır CE, 13).

Ayrıca her iki kademe de tesbit edilen ayırma sınır yoğunlukları (den= 1-52 g/cm³) aynı değerdedir. Her iki kademe yıkama sonucunda elde edilen Tromp eğrilerinin benzer karakter göstermesi, cihazın her iki yıkamada da aynı performansla çalıştırılabilindiğim göstermesi açısından önemlidir.

3. SONUÇ

- Yapılan çalışmalar sonucunda % **2.62 küllü toz kömürden, iki kademele yıkamada; % 52.16 ağırlıkça yıkama terimiyle ve % 79-03 kömür kazanma randımanıylayla % 25.8*t küllü temiz kömür elde etmek mümkün Dımuştur.

- Su siklonunun düşük yıkama hassasiyeti nedeniyle ara ürün oranı az olan kömürler için daha uygun bir yıkama cihazı olduğu bir defa dahB ortaya çıkmıştır.

- Diğer taraftan optimal koşullarda elde edilen artık malzemedeki kül oranınının % 5k civarında olması, artığın büyük orBnda yanıcı madde içerdiğini ve daha hassas ayırma yapabilen bir aygıtla yıkanması gerektiğini göstermektedir.

- Bu durumda su siklonunu, özellikle ara ürünü fazla olan kömürlerde tek başına değil de, diğer bir yıkama aygıtı için ön yıkayıcı olarak kullanılabilceği ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak, yüksek kül oranları nedeniyle tüketime sunulamayan sert linyit tozlarının yıkanarak ülke ekonomisine kazandırılmalarında, düşük yıkama hassasiyetlerine rağmen ucuz yatırım ve işletme maliyetleri nedeniyle, su siklonlarının kömür özelliğine bağlı olarak, gerek tek başına ve gerekse diğer yıkama aygıtlanyla birlikte kullanımı gündeme getirilmeli ve bu konudaki çalışmalar yoğunlaştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. "Aydın-Şahinali Kömür Özelliklerinin İncelenmesi ve Toz Kömürün Optimal Değerlendirilebilme Olanaklarının Araştırılması", Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Barnova-İZMİR, 1985
2. TÜRKİYE SİNAİ KALKINMA BANKASI A.Ş., Kimya Sektör Araştırması, Ek Araştırmalar "Linyit", Yayın No: Kimya 2D, Araştırma Müdürlüğü, Şubat, İstanbul, 1980
3. KEMAL, M., SEMERKANT, D., "Türkiye Linyit Kömürü Potansiyeli ve Kullanılma Olanağı", Türkiye Kömür Kongresi, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, 7-11 Mayıs, Zonguldak, 1968, Sayfa 17
4. BASTEN, A.Th., "Neue Einaetzmöglichkeiten von Schwertrübe-Sortierzyklen", Aufbereitungs-Technik, Nr.12, Galeen-Holland, 1983, PP.7DU-709
5. COAL FEATURE, The hydracyclone a most useful preparation tool, Coal Mining and Processing, October, 1970, pp.53
6. COAL PREPARATION, 4th Edition, The American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York, 1979
7. WILLS, O.A., "Factors Affecting Hydrocyclones Performance, Min. Mag. Vol. 102, February, 1980, pp.10-12
8. MANGELERS, J., "The Influence of Cyclone Diameter on Separating Performance and Economy, August, 1982
9. SEMERKANT, O., ÇÖÜPLUGİL, N., KEMAL, M., ERMIŞOĞLU, N., ERGİN, Z., "G.L.İ. Tunçbilek Toz Kömürlerinin Optimal Değerlendirilebilme Olanaklarının Araştırılması", Türkiye Madencilik Bilim ve Teknik 10. Kongresi, 11-15 Mayıs, Ankara, 1987, Sayfa 303
10. G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi -20 mm Toz Kömürünün Su Siklonu ile Yıkama ile İlgili Çalışmalar, 1985
11. ERMIŞOĞLU, N., ÇÖÜPLUGİL, N., ÖZ, Z., "G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi Lavvarına Verilen Kömürlerin Etüdü ve Yeniden Değerlendirilmesi", 5. Kömür Kongresi, Zonguldak, 1986, Sayfa U&3
12. FOREMAN, U.E., LUCAS, J.R., "Current Status of Hydracyclone Technology", Mining Congress Journal, December, 1972, pp.50-56
13. TURAK, A.A., "Mathematical Modelling of Automedium Cyclones" The University of Alberta, Kanada, 1985

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal congress of TURKEY

AMASRA HAVZASI TAS KÖMÜRLERİNİN YIKANABİLİRLİK VE LAVUAK
AKTIĞI ŞİSTLLRİK YIKAHABİLKE ÖZELLİKLERİ

THE WASHABILITY CHARACTERISTICS OF AMASRA
HARD COAL AND SCHIST FROM WASHING WASTE

Yalçın KAYTAZ (+)

ÖZET

Bu çalışmada, Amasra Kömürlerinin yıkanabilirlik özellikleri laboratuvar çapında incelenerek, tesis şartlarına göre daha düşük küllü bir lavenin kazanılması ve şist boyutlarının küçültülerek tekrar yüzdürülmesiyle termik santral yakıtı kalitesinde bir ürünün elde edilebilme olanakları ve flotasyonda kullanılan yeni bir toplayıcı reaktifin zenginleştirmeye olan etkisi araştırılmıştır.

ABSTRACT

In this study the washability characteristics of Amasra Coals were investigated in laboratory conditions and from these results the following situations were determined

- The recovery of low ash clean coal according to Plant conditions.
- The industrial use of mixed coal as fuel or the possibility of obtaining a fuel of power plant by means of reducing the size of mixed coal and treating it float and sink tests.
- The effect of a new collector on concentration by flotation method

(+) Doç.Dr.r.aden Yük.İfih.. İ.T.U.leaden Fakültesi İSTAKBÜL

1. GİRİŞ

Türkiye Taş Kömürü havzalarının en önemlilerinden "birini oluşturan Amasra kömür havzasında 1987 yılında yapılmış bulunan etüdlere göre, toplam rezervlerinin yaklaşık 300 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir (1).

Ülkemiz taş kömür ihtiyacının Önemli bir bölümünü karşılayacak potansiyelde görülen Amasra Havzası kömürleri 200 ton/saat kapasiteli bir lavuarda yıkanmaktadır. Bu lavuara beslenen tuvenan kömür, öncelikle» 100 mm. açıklıklı sabit bir elekten elenerek (-100mm.) elekaltı döner kırıcı altındaki ba&da gitmekte, (+100mm.) eleküstü ise döner kırıcıda kırılarak 100mm. altına indirilmektedir. Döner kırıcıda kınlamayan 100 mm. üzerindeki parçalar, elle ayıklanarak, iri temiz kömür ve şist elde edilmektedir. 100mm. altı kömür, 10 ve 0.1» lik eleklerden elenerek üç boyut grubuna ayrılmaktadır. (-100+10mm) boyutlu kömür Ağır L'ayi Tamburunda, (-10+0.5mm) boyutlu kömür Ağır İlayi Siklonlarında, 1.2 ve 1.9 g/cm³ yoğunluklarında, yüzdürme batırma yapılarak zenginleştirilmektedirler. Ağır Mayi tamburunda, birinci kademedede f_0 18 küllü bir lave, % 45-55 yanabilir verimi ile elde edilmektedir (1). İkinci kademedede ise bir mikst ile şist alınmaktadır. Bu ara ürün bazen, 10 mm.nin altına kırılarak ağır mayi siklonlarına gönderilmekte, bazen lave kömüre katılmakta, bazen de şist olarak atılmaktadır (1). (-10+0.5mm) boyutlu ince kömür, ağır mayi siklonlarında yıkanarak, bir lave ve bir artık şist ürünü alınmaktadır (2)(3)« (-0.5mm) boyutlu elekaltı ürünü Flotasyon yolu ile zenginleştirilmektedir.

Amasra Havzasının kömür niteliklerini tanımak, yıkanabilme özelliklerini belirlemek, düşük yoğunluklarda, düşük küllü bir lave ve yüksek yoğunluklarda bir mikst olarak, verimin hangi oranlarda arttırılabileceğini saptamak, iri boyutlu şistlerin belirli boyutlar altına kırılıp tekrar yüzdürülmesiyle, Örneğin Termik santrallarda kullanılabilecek evsafta bir ürün elde edilmesine yönelik çalışmalar, bu araştırmanın amacını oluşturmuştur (4).

2. METERYEL VE DENEYSEL YÖNTEMLER

Amasra taş kömürü havzasında üretime elverişli olan damarların kalınlıkları 1 ilâ 6 metre arasına değişmektedir. Denemelere esas olan (-100mm) "boyutlu tuvenan kömür numunesi lavuar girişi besleme bandından, (-100+0.5mm) boyutlu artık şist numunesi ise Ağır Mayi tamburu ve Ağır Kayi siklonlarından elde edilen şistlerin karışımından alınmıştır.

Bu araştırmada, deneysel yöntemler olarak Yüzdürme-Batırma Deneyleri ile Flotasyon Deneyleri uygulanmıştır.

2.1.Yüzdürme-Batırma Deneyleri

Yüzdürme-Batırma deneyleri 30x30x40 cm.boyutlu yüzdürme batırma tankılarında gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde çinko klorür çözeltileriyle hazırlanan 1.35-1.45-1.60-1.75 ve 1.90 g/cm⁻⁵ yoğunluklu Ağır Sıvılar kullanılmışlardır. (-100 +0.5mm) boyutlu Artık şist numunesi ile yapılan yüzdürme batırma deneylerinde ise Karbon tetraklorür ve Bromoform karışıma ile hazırlanan 1.90 ve 2.05 g/cm^m yoğunluklu organik ağır sıvılardan yararlanılmıştır.

2.2.Flotasyon Deneyleri

Flotasyon deneyleri 1 litrelik Denver flotasyon hücrelerinde yapılmıştır. Deneylerde pervane hızı 1200 d/d ile sabit tutulmuş, Toplayıcı fiaktif olarak, % 90 Gazyağı + % 10 İki etil Hegzanol karışımı ve Kontanol 551, Bastırıcı reaktif olarak Sodyum Silikat ve EÖpürtücü reaktif olarak da Çam yağı kullanılmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar, zenginleştirme öncesi Tam Kimya - sal analizleri, "Boyut Analizlerini, Yüzdürme-Batırma ve Flotasyon ile zenginleştirme deneylerini içermektedir.

3-1- (-100mm) Boyutlu Lavuar Girişli Tuvenan Kömür İle Tapılan Deneysel Çalışmalar

3.1.1. (-100mm) Tuvenan Kömürün Tam Kimyasal Analizi
Çizelge 1'de denemelere esas teşkil eden kömürün tam kimyasal analiz sonuçları görülmektedir.

Çizelge 1. Anasra Taş Kömürü Tam Kimyasal Analizi

ANALİZ ELEMENİ	ORJİNAL KÖMÜR	KURU KÖMÜR	
		Havada Kuru	Tam Kuru
EÜL (%)	45.00	45.73	46.90
UÇUCU İLADDE (%)	11.04	11.22	11.51
SABİT KARBON (%)	39-90	40.55	41.59
HOB. (%)	4.05	0.50	-
TOPLAM, KÜKÜRT (%)	0-98	1.00	1.03
ALT KALORİ (cal/g)	3203	3255	3340
ÜST KALORİ (cal/g)	3341	3395	3482

3.1.2. Tuvenan Kömürün Elek Analizi Ve Boyuta Göre Kül Dağılımları

(-100mm) boyutlu tuvenan kömür numunesinde iri boyutlu olan taneler 50 mm boyutu altına kırılarak, tamamı 50 mm. altına indirilmiş Temsili bir numune hazırlanmıştır. Denemelere esas teşkil eden bu temsili numunenin yaş elenmesi ve boyut aralıklarında kül analizlerinin yapılması sonucu elde edilen elek analizi ve boyuta göre (%) Kül dağılımları Çizelge 2'de görülmektedir.

Çizelge 2 : Tuveo*a Kocür SleK AMİEI Te Boyuta Gör»

(%) Kül Diğilialajı

BOİİİİİ C BB)	LİXT»3 CS) H	EIL (S)	n i l	İİZTAÜ İÜ)	£ 5 1 t	İN x t £H	İui ET AH W) N	İ R ı I	£H 1 X £S
	- 5 0 + 1 9	32.59	58-38	1890.9;	32.39	1890.93	58.38	100.00	4SB9.93
- 5 9 + 9	1B. 59	43.23	803.6;	50-98	2694.5B	52.86	67.61	2798.99	41.40
- 9 + 6	e.es	40.69	279.9;	57-66	2974.53	51.41	49.02	1995.34	40.70
- 6 + 0.5	30.23	41.23	1246.3E	88.09	1220.91	47.92	42.14	1719.«	40.70
- 0.5	11-91	39.38	«69.0;	100.00	4*89.92	46.90	11.91	469.01	39-38
TOİXAK	300.00	46.90	«89.9;						

3.1.5. Zenginleştirme Deneyleri

Zenginleştirme deneyleri ağır sıva ile yuzdürme-batırma ve flotasyon yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

3.1.3.1 Yüzdünne-Batırma Yolu ile Zenginleştirme

Bu deneyler (-50+19mm)ı (-19+9*TM) 1 (-9+6*[^]) ve (-6+0.5HnO boyut gruplarına ayrılan numunelerin, çinko klorür ile hazırlanan 1.35-1.45-1.60-1.75 ve 1.90 g/cm³ yoğunluğundaki ağır sıvılar ile yapılmışlardır. Deney sonuçları Çizelge 3 ve Şekil 1,2,3,4 »de, deneylerden elde edilen sonuçların orijinal girene göre değerleri ve lave miktarları ile yanabilir verimleri Çizelge 4'de, Yüzdürme-Batırma deney sonuçlarının hesaben birleşmiş şekli ise Şekil 5'de görülmektedir.

Çizelge 3 : Zenginleştirme eleme fraksiyonları ile yapılan
Eleme - Batama Deneylerinin sonuçları

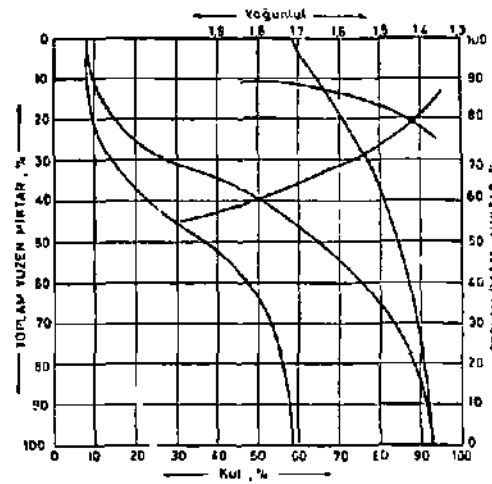
TOZUNLUK (g / cm ³)	T A N I M B O Y Ü T Ü (mm)							
	(-50+19)		(-19+9)		(-9+6)		(-6+0.5)	
	MİKTAR (%)	KVL (%)	MİKTAR (%)	KVL (%)	MİKTAR (%)	KVL (%)	MİKTAR (%)	KVL (%)
- 1.35	12.61	8.84	13.64	6.34	16.76	5.23	15.14	9.44
+1.35 - 1.45	11.82	12.67	29.36	13.13	21.79	11.12	20.37	8.94
+1.45 - 1.60	7.12	29.31	8.77	25.11	12.51	24.13	12.84	20.14
+1.60 - 1.75	5.07	36.73	4.10	36.78	4.80	35.69	6.43	34.91
+1.75 - 1.90	5.95	54.08	5.77	47.04	6.15	47.31	4.40	50.67
+1.90	56.63	85.30	36.76	82.89	37.59	78.31	40.64	78.16
TOTEM	100.00	58.38	100.00	43.23	100.00	40.69	100.00	41.23

Çizelge 4 : Değışik Boyut Grupları İle Kabilen Kurşun-Bakır-Pom Deneylerinin Görene
Göre Değerleri ve Elde Edilen Lave Miktarları ve Yarıbılır Verimleri

TOZUNLUK (g/cm ³)	T A N I M B O Y Ü T Ü (mm)								F O T L E M		YARILIR LAV VERİMİ (%)
	(-50+19)		(-19+9)		(-9+6)		(-6+0.5)		MİKTAR (%)	KVL (%)	
	MİKTAR (%)	KVL (%)	MİKTAR (%)	KVL (%)	MİKTAR (%)	KVL (%)	MİKTAR (%)	KVL (%)	MİKTAR (%)	KVL (%)	
- 1.35	4.08	8.84	2.50	6.34	1.13	5.23	4.58	3.46	12.31	5.99	21.79
+1.35 - 1.45	3.63	12.67	5.42	13.13	1.50	11.12	6.16	8.94	16.90	11.32	29.32
+1.45 - 1.60	2.31	29.31	1.63	25.11	0.86	24.13	3.88	20.14	8.68	23.91	12.44
+1.60 - 1.75	1.90	36.73	0.76	36.78	0.33	35.69	2.00	34.91	4.89	33.94	6.02
+1.75 - 1.90	1.93	54.08	1.07	47.04	0.42	47.31	1.33	50.67	4.75	50.94	4.39
+1.90	16.34	85.30	7.21	82.89	2.63	78.31	12.28	78.16	40.46	82.25	11.54
(-50+0.5) mm.	37.39	58.38	18.59	43.23	6.88	40.69	30.23	41.23	88.09	47.91	86.40
(= 0.5 mm.) KURŞUN									11.91	39.38	13.60
G İ N E N									100.00	46.90	100.00

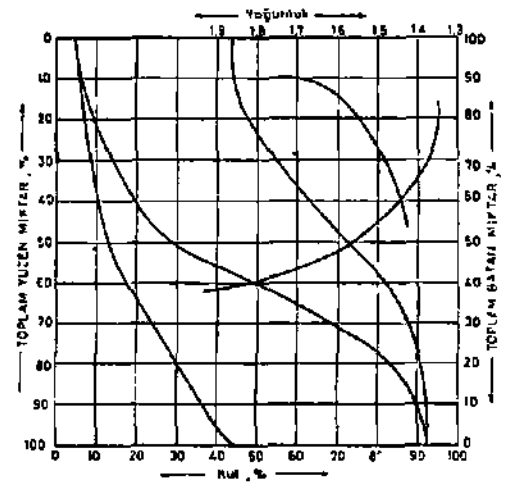
5.13.2 (-0.5mm) Ülekaltı İnce Kömürün Flotasyon Yolu İle Zenginleştirilmesi

(-0.5mm) elekaltı ince kömürün flotasyon yöntemi ile zenginleştirme deneylerinde Toplayıcı reaktif olarak % 90 Gazyağı + % 10 İki Etil Hegzanol karışımı ile Kontanol 551 reaktifleri kullanılmıştır. Flotasyonda silikat bastırıcı ve köpürtücü olarak da Sodyum silikat ve Çam yağından yararlanılmıştır. 75 Kg/ton f 90 Gazyağı + % 10 İki Etil Hegzanol karışımı, 750 g/ton Sodyum Silikat ve 50 g/ton Çama Yağı ile Temizlemeli olarak gerçekleştirilen flotasyondan elde edilen sonuçlar Çizelge 5'de, 150 g/ton Kontanol 551, 750 g/ton Sodyum Silikat ve 50 g/ton Çam Yağı ile temizlemeli olarak gerçekleştirilen flotasyondan elde edilen sonuçlar ise Çizelge 6'da görülmektedir.



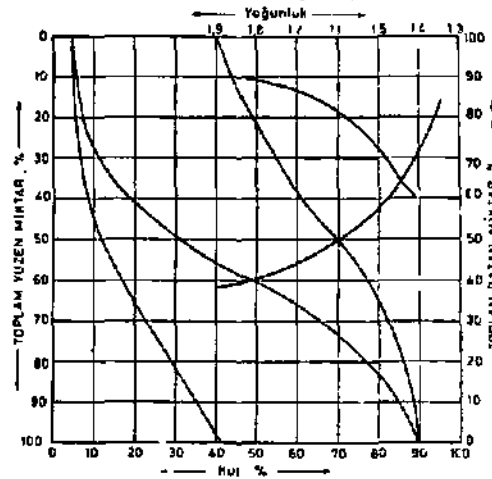
YOĞUNLUK g/cm ³	Yoğunluk Aralığında Nispet			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar (%) N	Kül (%) K	Max (Max)	Miktar (%) N	Kül (%) K	Max (Max)	Miktar (%) N	Kül (%) K	Max (Max)
	-1.35	12.41	8.84	111.47	12.61	111.47	8.84	100.00	507.85
+1.35-1.45	11.45	12.67	149.78	24.42	261.22	10.89	87.39	526.29	66.53
+1.45-1.60	7.12	29.31	208.65	31.52	469.94	14.89	75.57	556.62	78.79
+1.60-1.75	5.87	35.77	215.61	37.42	686.55	18.37	68.45	5367.93	78.42
+1.75-1.90	5.95	54.08	371.78	43.37	1027.31	23.27	62.56	5152.37	82.88
+1.90	36.83	85.30	1830.54	100.00	3807.85	58.38	58.83	1800.54	85.30
TOPLAM	100.00	58.38							

Şekil : 1 (-50 + 19 mm.) Boyut Grubuna ait
Yüzdürme-Batırma Deney Sonuçları



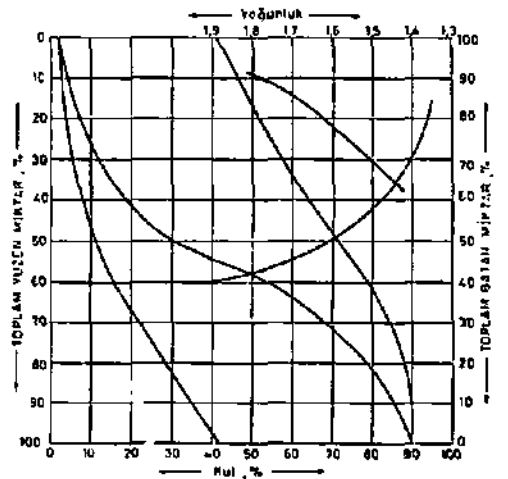
YOĞUNLUK g/cm ³	Yoğunluk Aralığında Nispet			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar (%) N	Kül (%) K	Max (Max)	Miktar (%) N	Kül (%) K	Max (Max)	Miktar (%) N	Kül (%) K	Max (Max)
	-1.35	13.44	6.34	85.20	13.44	85.20	6.34	100.00	4323.39
+1.35-1.45	29.15	13.13	332.87	42.80	463.07	10.98	84.56	1028.10	85.96
1.45-1.60	8.77	25.11	280.21	51.27	488.28	13.30	57.40	3365.23	57.40
1.60-1.75	4.10	35.76	159.78	55.87	333.69	15.17	68.83	3535.88	74.24
1.75-1.90	5.77	47.08	271.82	61.84	1103.89	18.13	64.53	3408.23	78.24
1.90	38.76	82.89	3712.81	100.00	4323.39	43.23	38.76	3712.81	82.89
TOPLAM	100.00	43.23							

Şekil : 2 (-19 + 9 mm.) Boyut Grubuna ait
Yüzdürme-Batırma Deney Sonuçları



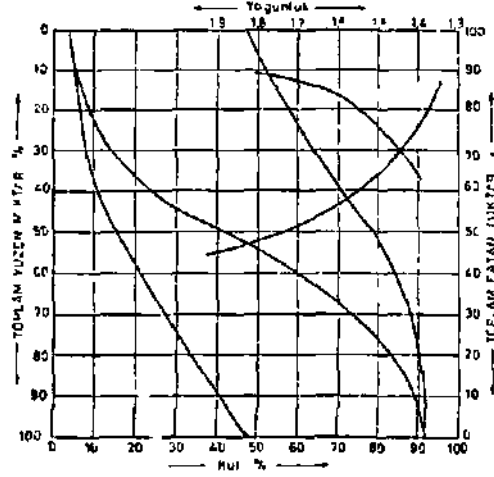
YOĞUNLUK g/cm ³	Yoğunluk Aralığında Nispet			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar (%) N	Kül (%) K	Max (Max)	Miktar (%) N	Kül (%) K	Max (Max)	Miktar (%) N	Kül (%) K	Max (Max)
	-1.35	16.76	5.23	87.86	16.76	87.86	5.23	100.00	1099.44
1.35-1.45	21.79	11.12	242.30	38.56	329.85	8.56	83.24	3981.79	47.80
1.45-1.60	12.51	24.13	378.86	50.06	637.81	12.62	61.45	3781.49	66.85
1.60-1.75	4.80	35.68	171.31	54.86	882.12	14.37	48.94	3437.32	70.24
1.75-1.90	5.15	47.21	230.57	62.01	1088.02	17.84	44.14	3266.32	73.99
1.90	37.99	78.21	2375.37	100.00	4069.44	40.69	37.99	2375.37	78.21
TOPLAM	100.00	40.69							

Şekil : 3 (- 9 + 5 mm.) Boyut Grubuna ait
Yüzdürme - Batırma Deney Sonuçları



YOĞUNLUK g/cm ³	Yoğunluk Aralığında Nispet			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar (%) N	Kül (%) K	Max (Max)	Miktar (%) N	Kül (%) K	Max (Max)	Miktar (%) N	Kül (%) K	Max (Max)
	-1.35	15.16	3.95	12.35	15.16	12.35	3.95	100.00	8121.18
1.35-1.45	20.37	8.94	182.10	35.53	234.48	6.93	88.85	1070.80	49.97
1.45-1.60	17.88	20.14	258.99	46.36	493.02	10.79	64.49	3898.70	66.29
1.60-1.75	6.61	24.91	230.75	54.96	721.87	12.16	51.45	3331.21	70.20
1.75-1.90	4.40	30.67	222.94	59.36	946.76	15.94	45.04	1590.35	75.47
1.90	40.64	78.16	3176.47	100.00	4123.18	41.23	40.64	3176.47	78.16
TOPLAM	100.00	41.23							

Şekil : 4 (- 6 + 0.5 mm.) Boyut Grubuna ait
Yüzdürme - Batırma Deney Sonuçları



TOMLAM VUZEM MÜTÜR %	KURULUK ANA İÇİNDENİ MÜTÜR			KULUN VUZEM		KULUN BİTİM		
	MİKTAR ŞİŞ	MÜL % K	MÜL %	MİKTAR ŞİŞ	MÜL %	MİKTAR ŞİŞ	MÜL % K	MÜL %
- 1.25	15.00	5.99	83.71	12.00	83.71	5.99	100.00	87.01
1.25 - 1.45	19.00	11.22	217.12	30.14	300.85	8.00	85.02	87.01
1.45 - 1.60	9.25	23.91	236.42	43.01	526.28	12.00	66.34	87.01
1.60 - 1.75	5.62	38.94	233.78	48.08	740.88	15.20	36.99	87.01
1.75 - 1.80	3.40	60.94	275.80	54.08	1016.14	18.72	34.32	87.01
1.80	45.32	82.23	376.00	100.00	1471.11	47.91	46.92	87.01
TOPLAM	100.00	87.91						

Şekil 1.5 (-50 + 0.5 mm.) Boyut Grubuna ait Yüzdürme-Batırma deneyi sonuçlarının besenen birleşmiş şekil

Çit*lg6 1.5 S90 G»ey*di + 910 İkl İtll Bagsuol Çişelge 1.6 Uontuol 551 11« 7&pilu Flotaojon Deoy sonucu il« 7«pil*B yiotâsyon deo*7 sonucu

ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	MÜL (%)	YANABİLİR VUZEM (%)
LAVE KÖMÜR	54.40	15.82	75.55
MİKST	10.40	44.39	9.54
ARTIK ŞİŞT	35.20	74.32	14.91
(- 0.5)mm.	100.00	39.38	100.00

ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	MÜL (%)	YANABİLİR VUZEM (%)
LAVE KÖMÜR	54.40	12.83	78.23
MİKST	16.00	46.34	14.16
ARTIK ŞİŞT	29.60	84.43	7.61
(- 0.5) mm.	100.00	39.38	100.00

3.2. Lavuar Artığı (-100 + 0.5mm) Boyutlu Şist Numuneleri ile Tapılan Deneysel Çalışmalar

Lavuar artığı şist numuneleri ile yapılan bu gruptaki deneysel çalışmalar, zenginleştirme öncesi Tam Kimyasal analizleri, boyut analizlerini, yüzdürme ve batırma deneylerini kapsamaktadır.

3,2,1. Lavuar Artığı (-100+0.5mm) Boyutlu Şistin Tam Kimyasal Analizi

Çizelge 7'de, denemelere esas teşkil eden bu şist numunesinin tam kimyasal analizi görülmektedir.

Çizelge 7 Amasra Lavuar artığı (-100+0.5mm) boyutlu şistin Kimyasal Analizi

ANALİZ KLTCVANI	ORIJİNAL ŞİST	XURU ŞİST
ZÜL (%)	74.44	83.27
UÇUCU KADBE (%)	10.78	12.05
SABİT KARBON (%)	3.61	4.04
Ka. (%)	10.60	-
TOPLAT, EUKİFT (%)	0.57	0.63

3.2.2. Lavuar Artığı (-100+0.5mm) Boyutlu Şistin Blek Analizi 7e Boyuta Göre Kül Dağılımı

Lavuar artığı (-100+0.5mm) şist çıkışından alınan ve en büyük parça boyutu 100 mm. olan şist numunesinde iri boyutlu taneler elle 75 mm.den geçecek şekilde kırılarak tamamı 75 mm. altında olan Temsili bir Numune hazırlanmıştır. Denemelere esas teşkil eden bu temsili numunenin yaş elenmesi sonucu, elde edilen elek analizi ile boyuta göre % kül dağılımları Çizelge 8'de, görülmektedir.

ÇİZELGE-8. Lavver Artığı Şist Numunesinin Elek Analizi ve Boyuta Göre Yüzdeleri Değerleri:

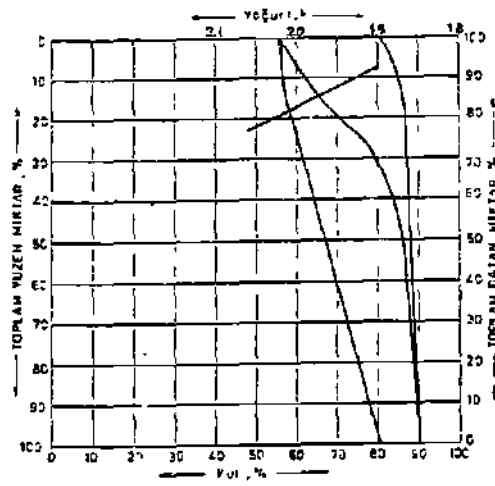
TANE BOYUTU - mm -	MİKTAR % N	KÜL % K	N X K	MİKTAR % ΣN	ΣN X K	KÜL % ΣN X K ΣN	MİKTAR % ΣN	ΣN X K	KÜL % ΣN X K ΣN
- 75 + 50	26.25	81.39	2136.48	26.25	2136.48	et. 39	100.00	6327.12	63.27
- 50 + 19	25.25	83.03	2096.51	51.50	1232.99	82.19	73.75	6190.64	83.94
- 19 + 9	17.92	80.80	1447.94	69.42	680.93	81.83	48.50	4094.13	64.42
- 9 + 6	6.82	82.47	562.44	76.24	1243.37	81.89	30.58	2646.19	86.53
- 6 + 0.5	23.76	87.70	2083.75	100.00	8327.12	63.27	23.76	2083.75	87.70
TOPLAM	100.00	83.27	8327.12						

3.2.3. Ağır Sıvıda Yüzdürme -Batırma Tolu ile Zenginleştirme Deneyleri

Zenginleştirme deneyleri (-75+50mm), (-50+19mm), (-19+9mm), (-9+6mm) ve (-6+0.5mm) boyut gruplarına ayrılan (-75+0.5mm) boyutlu şistlerin 1.96/cm³ ve 2.05 g/cm³ yoğunluklu organik ağır sıvılarda yüzdürme-batırma yöntemi uygulanmasıyla yapılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 9 ve Şekil 6»7|8,9 ve 10'da, deneylerden elde edilen sonuçların girene göre değerleri ve temiş şist miktarları ile yanabilir verimleri ise Çizelge 10'da görülmektedir. Şekil 11'de yüzdürme batırma deney sonuçlarının hesaben birleştirilmesi verilmektedir.

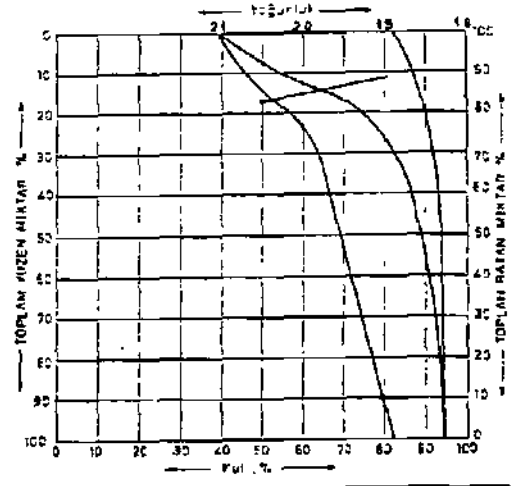
ÇİZELGE - 9 . Li. «' »rtit, (-100. 0 S m) loyrdtu fittin Elf Fı-ıkiyon'trı il(r.pıl.n »«ft™ B*.ı«M Deniri Sonutlın

IDCHLUI o/OE*	T A U E l o r u i u -									
	- 75 « 50		- 50 + 19		- 19 + 9		- 9 + 6		- 6 + 0.5	
	Pil (TAFI J	KOL 1	HİITM 1	KOL 1	Kİ (1'1'1 1	KÜL 1	Mİ Ki «fi 1	IOL 1	«İn« 1	KUL 1
- 1 =0	12 'S	M 79	11 96	*: M	* 18	4 i it	S 22	Ei ti	3 10	Sİ 13
. 1 M - Ü OS	t 31	Ci 79	S 06	«S GS	a 33	K 13	1« 09	7C <7	= 70	77 32
* i OS	78 Sİ	B7 M	fii »6	B9 10	BÇ '9	M 74	7S «	87 E7	72 10	n U
T (n m	100 W	Bi 39	IM 00	83 03	100 00	80 80	100 00	B2 «7	100 00	87 70



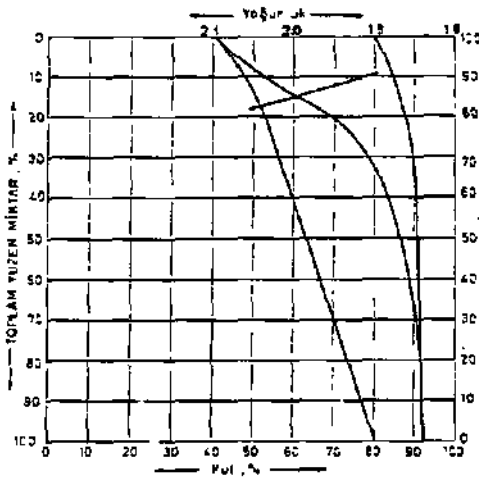
YERLİK (cm)	YERLİK ARAŞTIRMALI NEM			TOPLAM NEM			TOPLAM BATAK		
	MİKTAR S.N	K	NEK	MİKTAR S.N	NEK	KEL % NEK N	MİKTAR S.N	NEK	KEL % NEK N
0 - 1.00	12.15	36.79	714.30	12.15	914.30	58.79	100.00	8125.6	181.39
1.00 - 2.00	9.32	61.79	575.05	21.47	1290.18	61.00	67.66	7425.0	88.32
2.00	76.53	57.22	6095.00	100.00	8870.6	89.30	76.53	6249.00	87.22
TOPLAM	100.00	81.39							

ŞEKİL- 6 (75x50cm) Boyut Grubunun Yüzölçümü-Batımı Deneç Sonuçları



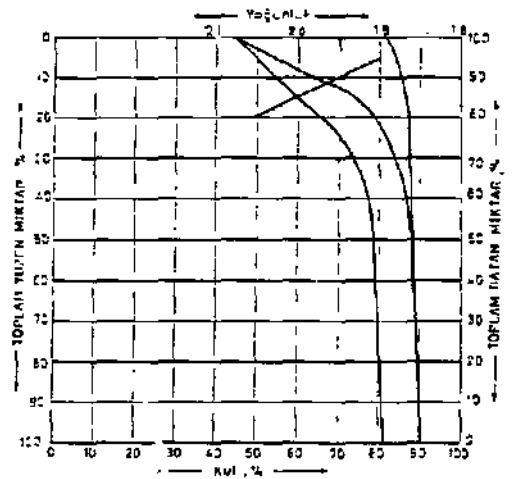
YERLİK (cm)	YERLİK ARAŞTIRMALI NEM			TOPLAM NEM			TOPLAM BATAK		
	MİKTAR S.N	K	NEK	MİKTAR S.N	NEK	KEL % NEK N	MİKTAR S.N	NEK	KEL % NEK N
0 - 1.00	11.96	47.89	874.82	11.96	574.82	47.89	100.00	6321.00	82.28
1.00 - 2.00	5.06	46.85	327.24	17.02	912.16	53.53	68.02	7725.97	85.81
2.00	62.96	89.10	739.73	100.00	8322.6	82.36	739.73	6249.00	89.10
TOPLAM	100.00	85.08							

ŞEKİL- 7 (1-80x190cm) Boyut Grubunun Yüzölçümü-Batımı Deneç Sonuçları



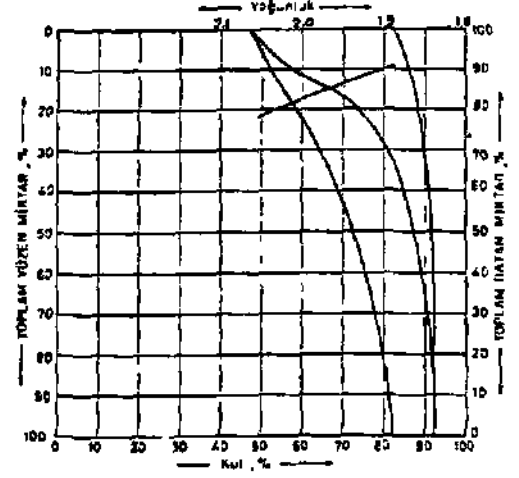
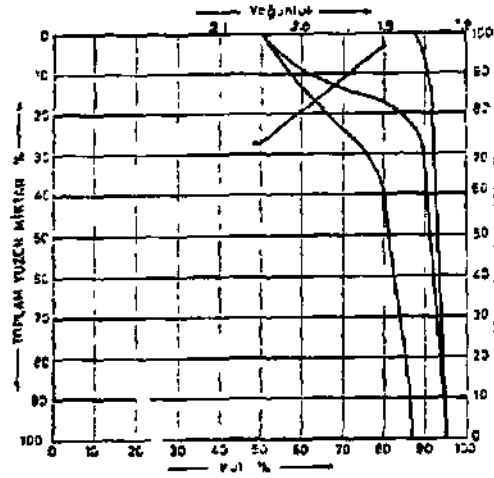
YERLİK (cm)	YERLİK ARAŞTIRMALI NEM			TOPLAM NEM			TOPLAM BATAK		
	MİKTAR S.N	K	NEK	MİKTAR S.N	NEK	KEL % NEK N	MİKTAR S.N	NEK	KEL % NEK N
0 - 1.00	9.18	46.26	628.66	9.18	628.66	46.26	100.00	5000.0	80.80
1.00 - 2.00	6.33	60.13	500.88	17.51	1029.54	52.85	60.88	7000.0	84.28
2.00	82.49	88.78	9755.00	100.00	8880.0	88.80	82.49	7000.0	88.78
TOPLAM	100.00	80.80							

ŞEKİL- 8 (1-19x8cm) Boyut Grubunun Yüzölçümü-Batımı Deneç Sonuçları



YERLİK (cm)	YERLİK ARAŞTIRMALI NEM			TOPLAM NEM			TOPLAM BATAK		
	MİKTAR S.N	K	NEK	MİKTAR S.N	NEK	KEL % NEK N	MİKTAR S.N	NEK	KEL % NEK N
0 - 1.00	6.27	57.01	266.27	6.27	266.27	57.01	100.00	2000.0	80.47
1.00 - 2.00	18.28	70.42	1345.27	24.55	1511.52	66.20	64.78	7000.0	84.20
2.00	75.45	87.40	8222.74	100.00	8947.29	82.47	75.45	6222.88	87.40
TOPLAM	100.00	82.47							

ŞEKİL- 9 (1-8x8cm) Boyut Grubunun Yüzölçümü-Batımı Deneç Sonuçları



YOĞUNLUK APLANI	YÜZELİK AKIŞIMLI MİKTAR			TOPLAM YÜZEN		TOPLAM BATAN	
	MİKTAR	KÜL %	MM	MİKTAR	KÜL %	MİKTAR	KÜL %
- 1.90	3.20	52.13	1.68	3.20	18.82	97.00	87.70
1.90 - 2.05	24.70	77.32	19.93	27.80	20.74	74.43	88.82
2.05	72.10	82.84	68.83	100.00	87.96	87.70	78.10
TOPLAM	100.00	82.27					

YOĞUNLUK APLANI	YÜZELİK AKIŞIMLI MİKTAR			TOPLAM YÜZEN		TOPLAM BATAN	
	MİKTAR	KÜL %	MM	MİKTAR	KÜL %	MİKTAR	KÜL %
- 1.90	8.90	51.88	46.70	8.90	46.70	91.00	82.27
1.90 - 2.05	12.80	75.35	87.00	21.30	117.64	82.84	91.00
2.05	78.64	88.88	68.83	100.00	87.70	82.27	78.64
TOPLAM	100.00	82.27					

ŞEKİL - 10 (-6 + 0.5 mm) Boyut Grubunun Yüzdeme - Batıma Deneyi Sonuçları

ŞEKİL - 11 (-75 + 0.5 mm) Boyutunun Ayrılmış Birleşik Yüzdeme - Batıma Deneyi Sonuçları

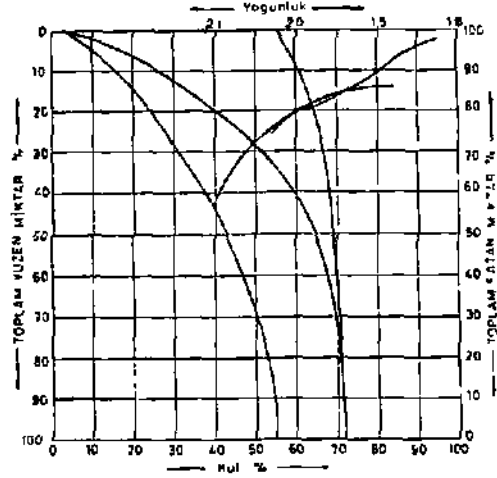
ÇİZELGE 10 Seçilmiş Boyut Gruplarıyla Yapılan Yüzdeme-Batıma Deneyi Üzerine Göre Değerleri ve Yoğunluk Deney Üzerine Göre Elde Edilen Temiz Sıcaklık ve Kuru İçerikleri

YOĞUNLUK g/cm³	T A R İ F										TOPLAM	YENİ YERİŞİ %	
	- 75 + 50		- 50 + 19		19 + 9		- 9 + 6		6 + 0.5				
	MİKTAR g	KÜL %	MİKTAR g	KÜL %	MİKTAR g	KÜL %	MİKTAR g	KÜL %	MİKTAR g	KÜL %			
- 1.90	3.19	52.73	3.02	47.97	1.65	46.26	0.36	51.01	0.76	52.13	8.86	51.88	25.78
1.90 - 2.05	2.45	61.79	1.28	66.85	1.45	60.13	1.30	70.87	5.87	77.32	12.39	70.36	21.85
2.05	20.4	87.22	20.85	89.10	14.76	86.74	5.36	87.87	17.13	82.84	78.63	86.86	52.27
TOPLAM	26.25	81.39	25.25	83.03	17.86	86.80	6.62	82.47	23.76	87.70	100.00	83.27	100.00

Çizelge 10'da görüldüğü üzere (-9+9mm) ve (-6+0.5 mm) boyut grubu ile yapılan Tazdarme-Batıma deneylerinde 1.90 g/cm³ ve 2.05 g/cm³ yoğunluklarında yüzen, miktarı çok az ve C E1 içerikleri de fazla olduğundan, (-75+50mm), (-50+19mm), (-19+9) mm boyut gruplarından elde edilen 2.05 yoğunluğunda yüzen laveler 9 mm altına kırılarak, serbestleşebilecek kömürlerin elde edilmesine çalışılmış ve Çizelge 11 ve Şekil 12'de sonuçları görülen yüzdeme-batıma deneyi yapılarak, elde edilecek lave kömürlerin, miktar ve kül içeriğince bangi mertebelere erişebileceği araştırılmıştır.

ÇİZELGE - 11 . (-75*50 mm) . (-50*19 m) ve (-19*9 ma) Boyut Gruplarıyla npHait Yüzdürw-Bitin» Sounucu
2.05 g/cm³ Yoğunluğuna* luifer, Tenir Sterin 9 m» Allı« Kırıldıkun Smra Yapılan YB Dmeyl Snjçlan

Y O Ğ U N L U Ğ U K g/cm ³	M I K T A R %			M I K T A R %			M I K T A R %		
	N	K	N X K	N	N X K	N X K	N	N X K	K U L % / N X K
- 1,35	0,30	7,29	2,19	0,30	2,19	7,29	13,08	734,98	56,19
1,35 - 1,45	0,61	16,55	10,09	0,91	12,28	13,49	12,78	732,79	57,34
1,45 - 1,60	1,27	29,26	37,16	2,18	49,44	22,68	12,17	722,70	59,38
1,60 - 1,75	0,77	40,55	31,22	2,95	80,66	27,34	10,90	686,54	62,89
1,75 - 1,90	2,59	52,46	135,87	5,54	216,53	39,08	10,13	654,32	64,59
1,90	7,54	68,76	518,45	13,08	734,98	56,20	7,54	518,45	68,76
T O P L A M	13,08	56,20	734,98						
(-90) ve (-60) 5) mm ile 2.05 g/cm ³ yoğunluk ta biten	86,92	67,36	7592,46						
G İ R E N	100,00	83,27	8327,44						



YOĞUNLUK ANALİCİ	KÜTLESEL ANALİZİNİN FAZLARI			TOPLAM YÜZDE			TOPLAM DİTAN		
	PERKAT S N	KİL S K	NAK NAK	PERKAT S N	NAK NAK	KİL S NAK N	PERKAT S N	NAK NAK	KİL S NAK N
- 1,35	2,29	7,29	16,89	2,29	16,89	7,29	100,00	1609,14	56,19
1,35 - 1,45	4,67	16,55	77,29	8,96	93,98	13,50	97,71	1692,45	57,34
1,45 - 1,60	9,69	29,26	380,53	18,85	307,51	22,67	80,74	1607,46	59,38
1,60 - 1,75	5,90	40,55	239,24	22,56	616,75	27,36	81,36	5625,16	62,89
1,75 - 1,90	19,82	52,46	1099,75	40,30	1866,50	39,18	77,85	12411,63	64,59
1,90	57,63	68,76	5762,67	100,00	5679,14	56,20	57,63	1892,64	68,76
T O P L A M	100,00	56,20							

ÇİZELGE - 12. 2.05 g/cm³ yoğunluğuna görelerin 5 mm boyutlu ALLINE İndirildikun Smra Yapılan YB Dmeyl Snjçlan

4. DENEYLERDEN ELDE EDİLEN BULGULARIN İRDELENMESİ

Amasra Taş kömür havzası lavuar tesisine beslenen tuvenan kömür numunesi, kuru baza göre, % 46.90 kül içermekte olup alt kalorifik değeri 3340 Kcal/Eg'dır. Yapılan elek analizi sonucu tuvenan kömürün miktarca % 88.09'u (-50+0.5mm) boyut aralığında bulunmakta ve f_0 47.92 kül içenaektedir. Kimyasal analizler, tuvenan kömürün elek fraksiyonlarında, kül içeriklerinin, tane boyutunun küçülmesi ile azaldığını göstermiştir (Çizelge 2). (-0.5mm) elekalıtı ince kömür ise ağırlıkça % 11.91 olup % 39.58 kül ihtiva etmektedir.

(-50+0.5mm) boyut grubundaki kömürün deneye girene göre hesaben birleştirilmiş yüzdürme-batırma deneylerinin sonuçlarına göre, + 0.1 g/cnr yoğunluktaki dağılım eğrisinden, en uygun ayırma yosunlusunun 1.75 g/cnr olduğu saptanmıştır(Çizelge 4 ve Şekil 7). 1.75 g/cnr yoğunluğunda % 15.20 Küllü temiz bir lave kömür, miktarca % 48.7 oranında elde edilebilmektedir. "Sanabilir verimi yaklaşık olarak % 77.7'air. Bu halde atılacak şistin külü % 78.94 olmaktadır. Tuvenan kömürün 1.60 g/cm⁻⁵ yoğunluğunda yıkanması halinde % 43.01 miktarında, % 12.47 küllü bir lave f_0 71-0 yanabilir verimi ile elde edilmektedir. Bu durumda atılacak şistin külü % 74.66 olmaktadır. Ayırma yoğunluğunun 1.90 g/cnr olması halinde ise miktarca % 54.08 oranında % 18.77 küllü bir lave kömür, % 82.7 yanabilir verimi ile kazanılmaktadır. Bu halde, atılacak şistin kulu % 82.23 olmaktadır.

0.5 mm. elekaltı ince kömürün flotasyon deneylerinde optimum koşullarda, 7.5 Kg/ton % 90 Gazyağı ve % 10 iki Etil Hegzanol karışımı, 750 g/ton Sodyum Silikat ve 50 g/t Çam Yağı kullanılması halinde, temizleme sonucu, deneye girene göre, miktarca % 54.4 oranında, % 15-62 küllü bir lave, \$ 15*55 yanabilir verimi ile elde edilebilmektedir (Çizelge 5). Lave ile mikstin karıştırılması halinde miktarca \$, 64.8 oranında, % 20.4 küllü bir lave, % 85.1

yanabilir verini ile kazamlabilmektedir. Toplayıcı reaktif olarak Itontanol 551'in kullanıldığı flotasyon deneylerinde, optimum koşullarda, 150 g/ton Kontanol, 750 g/ton Sodyum Silikat ve 50 g/ton Çamyacı ile tek kademe temizleme sonucu, deneye girene göre, miktarca % 54.4 oranında % 12.85 küllü bir lavenin, % 78.23 yanabilir verimi ile kazanıldığı anlaşılmıştır. Lave ile nikstin karıştırılması halinde, miktarca % 70.4- oranında, fi 20.5 küllü bir lave kömür, % 92.59 yanabilir verimi ile elde edilebileceği görülmüştür.

Amasra Lavuarı Artığı (-100+0.500) Şist numunesi Çizelge 7'de görüldüğü üzere, % 85.27 Kül, %12,56 Uçucu madde ve % 4.17 Sabit Karbon içermektedir. Yapılan elek analizi sonucu, lavuar artığı (-100+0.5mm) boyutlu şistin e-

lek fraksiyonları kül içeriklerinin, tane boyutu küçüldükçe arttığı saptanmıştır. .2.05 g/cur yoğunluğunda yapılan yüzdürme—batırma deneylerine göre miktarca % 21.56 oranında bir şist, % 62.65 kül ve % 47.2 yanabilir verimi ile elde edilmektedir. 1.90 g/cur yoğunluğunda yapılan yüzdürme batırma deneyinde, miktarca, % 8.98 ve % 51.98 küllü bir ürün, % 25.8 yanabilir verimi ile kazanılabilmektedir. Bu ürünün kalorifik değeri 1685 Ecal/Kg'dır.

(-75+50mm), (-50+19mm) ve (-19+9mm) boyutlu artık şistlerin 2.05 s/crr yoğunluğunda yüzdürülmesinden sonra elde edilen miktarca girene göre % 15-08 oranında % 56,2 küllü yüzen ürün (temiz şist) içindeki kömürlerin serbest hale geçebilmesi için 9 ism. altına kırılmış ve bunu izleyerek yapılan yüzdürme batırma sonucu I.90 g/cnr yoğunluğunda miktarca girene göre, % 5*54 oranında ve % 59*08 küllü bir lave, # 58.9 yanabilir verimi ile elde edilebilmektedir. Eu ürünün kalorifik değeri 5650 fcal/Kg dır,(Çiz.11)

SONUÇLAR

1. Amasra Taş kömürlerinde Lavuar girişi temsili numune yo 46.90 Kıl içermekte olup kuru baza göre alt kalorifik değeri 3340 Kcal/Eg'dır. Lavuar artığı (-100+0.ijmn) boyutlu Şist numunesi ise % 83 27 Kül içermektedir.

2. Lavuar girişi tuvenan kömürün % 47.91 Kül içeren Ç* B8.09'u 0.5mm eleküstünde, % 39-38 Eil içeren % 11.91U ise 0.5 nan. elekaltmdadır.

3* (-50+0.5%&) boyutlu kömür numuneleri ile yapılan Yüzdürme-Batırma deneylerinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir :

- 1.60 g/cm Ağır Sıvı yoğunluğunda Deneye girene göre #43 oranında % 12.47 kül içerikli bir lave, % 57 oranında % 74.66 kül içerikli bir şist elde edilmektedir. Orijinal girene göre Ç> 37»9 oranında % 12.47 kül içerikli bir lave yo 50.2 oranında % 74.66 kül içerikli bir şist % 62.45 Yanabilir Verimi ile elde edilebilmektedir.

- 1.75 g/cm⁵ Ağır Sıvı yoğunluğunda Deneye girene göre ^48.7 oranında % 15.2 kül içerikli bir lave, % 51.3 oranında f. 78.94 kül içerikli bir şist elde edilmektedir. Orijinal girene göre yZ 42.9 oranında % 15.2 kül içerikli bir lave % 45.2 oranında % 78-94 kül içerikli bir şist % 68.47 Yanabilir Verimi ile elde edilmektedir.

- 1.90 g/cnr Ağır Sıvı yoğunluğunda Deneye girene göre # 54.I oranında % İS.77 kül içerikli bir levé, £ 45.9 oranında Ç> 82.23 kül içerikli bir şist elde edilmektedir. Orijinal girene göre % 47.66 oranında % 1c.77 kül içerikli bir lave % 40.43 oranında 5! 82.23 kül içerikli bir şist f. 72.86 Yanabilir Verimi ile elde edilmektedir.

- (-50+0.52^0 boyutlu komüran toplam Yanabilir Verimi % 86.4 dür.

4. (-0.5^) boyutlu ince kouar ile yapılan flotasyon deneylerinden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir :

790 Gazyağı + %-10 İki Etil Hagzanol ile yapılan deneylerde Girene göre % 54.4 oranında bir lave % 15.82 kül ile % 75-55 yanabilir verimle elde edilmiştir. Orijinal girene göre ise % 6.46 oranında % 15.82 küllü bir lave % 10.27 yanabilir verimi ile kazanılmıştır.

Ltfcstin konsantreye katılması halinde, girene göre % 64.8 oranında bir lave % 20.4 kül ile % 85.09 yanabilir verimi ile elde edilmiştir. Orijinal girene göre ise % 7.72 oranında f- 20.4 küllü bir lave % 11.57 yanabilir verimi ile kazanılmaktadır.

kontanol 551 reaktifi kullanılarak yapılan deneylerde Girene göre % 54.4 oranında bir lave % 12.83 kül ile % 78.23 yanabilir verimiyle elde edilmiştir. Orijinal girene göre ise % 6.48 oranında % 12.83 küllü bir lave % 10.64 yanabilir verimi ile elde edilmiştir.

Ltikstin konsantreye katılması halinde, girene göre % 70.4 oranında bir lave % 20.5 kül ile % 92.39 yanabilir verimi ile elde edilmiştir. Orijinal girene göre ise % 7.39 oranında % 20.5 küllü bir lave % 12.57 yanabilir verimi ile kazanılmaktadır.

5. (-100+0.5mm) boyutlu lavuar artıcı Şist % 83.27 Eil içermektedir. Boyut incelidikçe kül oranı artmaktadır.

1.90 g/cnr yoğunluğunda yapılan yüzdürme-batırma deneyine göre Orijinal girene göre miktarca % 8.95 oranında % 51.98 küllü bir ürün % 25.78 yanabilir verimi ile elde edilmektedir. Bu ürünün kalorifik deleri kuru baza göre, 1685 Kcal/Kg¹dır.

2.05 g/cm[^] yoğunluğunda yapılan yüzdürme-batırma deneyine göre Orijinal girene göre miktarca % 21.37 oranında % 62.63 küllü bir ürün % 47.73 yanabilir verimi ile elde edilmektedir.

(-75+50mm),(-50+19mm) ve (-19+9mm) boyut gruplarının 2.05 g/cm^{*} de yuzdürülmesinden sonra elde edilen lavelerin 9 mm. boyutu altına kırılması sonucu serbestleşen kömürlerin 1.30-1.45-1.60-1.75 ve 1.90 g/cm⁵ de tekrar yıkanmasıyla 1.90 yoğunlukta girene göre miktarca % 5.54 oranında % 39.03 küllü bir lave % 58.9 yanabilir verimiyle elde edilmiştir.

KAYKAZLAR

1. ALBAYLAZ, A. Amasra Taş Konura ve Lavuar Şistlerinin kimyasal Özellikleri ve yıkanabilirlik özellikleri İTÜ l'^den Fak. Cevher Hazırlama Ana Bilim Dalı Bitirme Projesi, Şubat 1988.
2. Amasra Kömür Havzasına Ait Xisa Rapor, Rapor No.1315 Li.T.A.
3. ATAK, S. İlotasyon İlkeleri ve Uygulaması İTJ yayınları Ko.101, İstanbul, 1974
4. EESKİK, Y. ve ÇUKADAROĞLU, D. Zonguldak Çatalagzında kurulmakta olan Termik santralın yakıt gereksiniminin karşılanuüası, Türkiye kladencilik bilimsel ve teknik kongresi, 10, Ankara, 11,15 î-'ayıs 1987
5. AEEŞOK, G. Könuir Kazırlaraa, Eurtiş ılatbaası, İstanbul, 1966

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth Coal Congress of TURKEY

DÜŞÜK HİDROJEN PEROKSİT DERİŞİMLİ SEYRELTİK ASİT ÇÖZELTİLERİNDE
OLTU LİNYİTİNİN ARAYÜZEY DAVHANIMI

Interfacial Behaviour of Oltu Lignite In Mildly Acidic Aqueous
Solutions of Low Hydrogen Peroxide Concentrations

M. Tefvik UTİNE*
Hakan İÇLİ**

ÖZET

Ham Oltu linyitinin $1,38 \times 10^{-4}$ mol/L NaCl ve başlangıçta % 0 - 0,074 H_2O_2 içeren çeşitli aetlikteki sulu çözeltilerde arayüze davranımlı mlkroelektroforetik yöntemle incelenmiştir. Oksitlenmemiş arayüzeyin SYN değeri pH s= 3 değerinde bulunmuştur. Sulu çözelti içinde oksitlenmenin kömür/sulu çözelti arayüzeyini aslında doğrudan etkilemediği,, ancak kömürün piritik katışıkları- nın oksitlenmeleri ile ortaya çıkan iki değerlikli demir iyonla- rının iyon değişimi tepkimeleri yoluyla derhal yüzesoğurulup arayüzeyi, sürekli ya da zamanla aynı mekanizma ile eski durumuna döneceği biçimde, daha elektropozitif yapmaları mekanizması ile dolaylı biçimde etkilediği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

Interfacial behaviour of a raw lignite sample from Oltu (Erzurum, Turkey) has been investigated by microelectrophoresis- in aqueous solutions of various acidities containing 1.38×10^{-4} moles/L NaCl and 0 - 0,074 % H_2O_2 initially. The ZPC has been found to be at pH = 3 for unoxldlzed interface. It has been conc- luded that the oxidation in aqueous solution does not indeed affect the interface directly, but becomes effective indirectly through the adsorption of ferrous iona, formed by oxidation of pyritic ingredients of coal, by ion exchange reactions to make the inter- face more electropositive, a state which may pereist or may reco- ver to the original by the same type of reactions.

fJ^Doç. Dr., HÜ Mühendislik Fak., Maden Müh. Bölümü, Beytepe/ANKARA
v J Araş. Gör., Maden Müh., HÜ Müh. Fak., Maden Müh. Böl., Beytepe

1. GİRİŞ

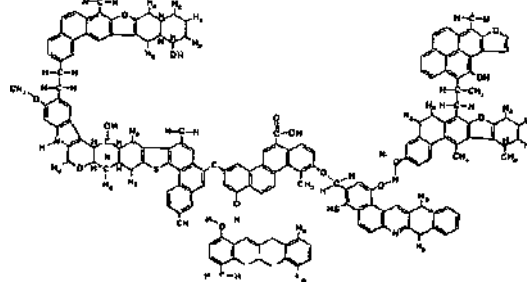
Kömür/sulu çözelti arayüzeyinin özellikle oksitleyici koşullardaki kimyasal davranma değişik teknolojik uygulamalarda önemli olmaktadır (1). Düşük sıcaklık uygulamalarından biri kömürün köpüklü yüzdürme ile gangından arındırılmasıdır (2-6). Bu işlem için kömür/sulu çözelti arayüzey net yükünün sıfır olduğu pH (yani, sıfıryük noktası, pH_{s_f}) değerinin en uygun sulu ortam koşulu olduğu genellikle kabul edilir.

Benzer bir uygulama kömürün sulu ortam içinde asıltı durumunda boru hatları ile uzak mesafelere taşınması sırasında asıltı kararlılığının sağlanmasıdır (7-11)» 1,19 mm (ASTM 16 meş) altına öğütülmüş kömürün böyle bir uygulama için uygun olduğu belirtilmekte ve ticari uygulama yapılmaktadır (7). Daha iri tane boylarında (ya da, salkımlaşma nedeniyle) boru hattı içindeki çökelmeler yüzünden kesit daralmasını ve giderek tıkanmaları önlemek amacı ile kararlı asıltı koşullarında (10) taşıma patentleri (10,11) alınmış olup, bu amaca yönelik dağıtıcıların (dispersant) bulunması için çalışmalar yapılmaktadır (11-14)» Kömür/sulu çözelti asıltılarından beklenen bu kararlılık, mevcut petrol yakıtlı buhar kazanlarında kömür-eu (CffM) ya da kömür-yağ karışımlarının (COM) kullanılabilmesine yönelik uygulamalarda da önemli olmaktadır (15)* Bu uygulamalarda, herbiri arayüzey özellikleri tarafından belirlenen, palp (asıltı) kararlılığı ve palp reolojisi önemli olmaktadır.

Yüksek sıcaklıklarda ve kömürün tümünün tepkiyerek başka ürünlere dönüştüğü gazlaştırma (15) ve doğrudan sıvılaştırma uygulamalarında, söz konusu tepkimelerin mekanizmalarının daha iyi anlaşılabilmesi için kömür/sulu çözelti arayüzey kimyası incelenmektedir (1).

Kömür/sulu çözelti arayüzeyinin kimyasal davranımı, kömürün kimyasal yapısının daha iyi anlaşılması açısından da önem kazanmıştır. Kömür maseralleri arasında farklılık gösterdiği öne sürülmekle birlikte (3), yüzey kimyasal ya da elektrokinetik yöntemlerden başka yöntemlerle toplanmış olan büyük bir bilgi birikimi, arayü-

ayde iyonlaşma yoluyla oluşabilecek elektriksel yüklü konumların karboksil ve fenol (ve benzerleri) türü kümelerle sınırlı olduğunu göstermiştir (3,4,6,15,16). Bu kümelerin (Şekil 1) ancak eksi yüklü konumlar üretebilmelerine karşılık bir çok tür ve sınıftaki



Şekil 1. p.R, Solomon's göre kamumu yapısal modeli.
(Kaynak 15., s.7).

kömür için genelde pH 3-5 arasında değişen bir SYN değeri ve bu değerlerden daha asit çözeltilerde de arayüzeyin artışı işaretli olduğu bulunmaktadır» Dolayısıyla, bu artışı yükün kaynağı tartışılmaktadır.

Yukarıda ele alınan teknolojik uygulamalar henüz ülke gündemine girmemiştir. Ancak enerji maliyeti içinde taşımacılık ve başka elden geçirim maliyetleri ile birlikte çevre kirliliği maliyeti, kömür temizleme maliyeti ile karşılaştırıldığında bu konuların çok kısa bir süre içinde gündeme girmesi kaçınılmaz olacaktır. Bu çalışmada böyle bir uygulama önceliğine bakılmaksızın Oltu linyitinin hafif oksitleyici ve seyreltik asit çözeltiler ile arayüzeyinin kimyasal davranımı mikroeletroforetik yöntem ile incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Deney Malzemesi

Yaklaşık 10 cm x 8 cm x 5 cm büyüklüğünde bir el örneği Arae. Gör. Sayın E. TERCAN tarafından sağlanmıştır. Alt miosen yaşlı olduğu bildirilen bu kömür örneği üzerinde yine Sayın TERCAN tarafından yapılan mikroskobik maseral çözümlemesinde kömürün hacimca

% 35,5 hüminit, % 3,k liptinit ve % 61,1 kil içerdiği bulunmuştur. El örneğinin çıplak gözle katışıklı görünmemesine karşılık, bu BOnuç, TERCAN tarafından (17) fotoğraflarla örneklendirildiği gibi, maseral yüzeylerinin killer ile kaplı olmasından kaynaklanabilir. Bu nedenle bu tür çözümler en iyi koşullarda bile ancak yarı nicel bir nitelik taşıyabilirler. Deneyler sırasında örneğin tükenmesi sonucu başkaca bir çözümler yapılamamıştır.

Birim hacim çözelti ile temasta bulunan arayüzey alanında olacak değişmelerin arayüzey yükü üzerinde etkili olacağı gösterilmiştir (18,19). Ayrıca arayüzey alanını ölçme olanağımızın da olmaması yüzünden Özgül yüzey alanı sabit olan tekdüze bir malzemenin hazırlanması ve bunun, oksitlenmeye karşı korunarak, tüm deneylerde kullanılması yolu tutulmuştur. Bu amaçla kömür örneğinin tümü Slebtechnick marka halkalı değirmende öğütülmüş ve bir naylon torba içinde defalarca karıştırılarak hava ile temas etmeyecek biçimde kuru olarak saklanmış ve deneylerde kullanılmıştır.

Deneylerde kullanılan kimyasal maddelerin tümü Merck marka ve en az laboratuvar malzemesi arılığında idi. Damıtıldıktan sonra karışık anyon-kasyon değıştirici reçine kolonundan geçirilerek l-yoneuzlaştırılmış (de-iyonize) eu kullanılmıştır. Hava ile dengede olması nedeniyle karbonat iyonları içermesi kaçınılmaz olan bu suyun özgül iletkenliği, hemen kullanılması nedeni ile, ikinci kez pyrex bir damıtıcıda damıtılmış suyun özgül iletkenliğinden daha iyi idi.

2.2. Deneylerin Yapılışı

Deneyler, yalnızca ele alınan değışkenin (pH ya da % H₂O₂) farklı olacağı biçimde düzenlenmiş farklı plastik şişeler içinde hazırlanmış kömür/sulu çözelti karışımları ile yapılmıştır. Her şişeye destekleyici elektrolit olarak 1,38 x 10⁻³ mol/L NaCl, gerekli miktarda HCl ya da NaOH (gerekiyorsa % 0 - 0,71+ derişirlerini sağlayacak kadar H₂O₂) stok çözeltileri konulup toplam çözelti hacmi 250 mL*ye tamamlanmış ve 1,0 g (hidrojen peroksitli deneylerde 0,5 g) kömür eklenmiştir. Kömürün eklenme zamanı deneyin başlama zamanı olarak alınmış ve şişe kuvvetli bir çalkalama ile sıcaklığı 25±1 C da sabit tutulan su banyosuna konulmuştur.

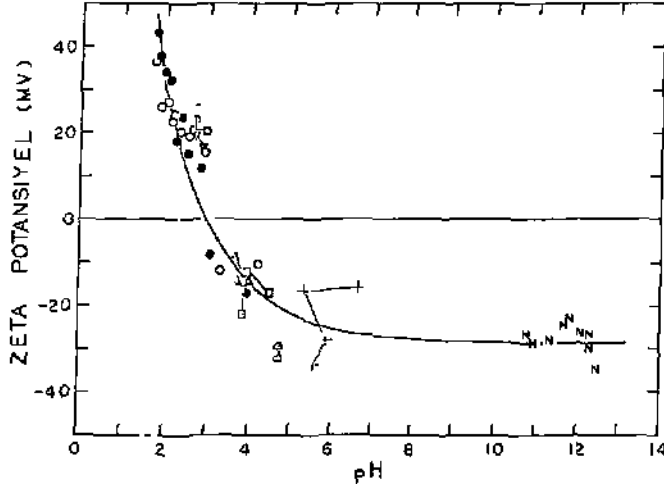
İlk ölçümler genellikle 2-16 dakika arasında, son ölçümler ise 23-25 saat sonra alınmıştır. Hidrojen peroksidin değişken olduğu deneylerde ilk üç saat içinde iki ek ölçüm daha alınmıştır.

Bir ölçüm için şişelerden katı/sıvı oranının değişmemesine özen gösterilerek alınan kömür/sulu çözelti karışımları üzerinde mikroelektroforez ve pH ölçümleri yapılmıştır. Mikroelektroforez ölçümleri standard model bir feta-Meter ile el kitabında belirtildiği biçimde yapılmış ve bulunan elektroforetik hareketlilik sonuçları Snoluchowekl bağıntısı kullanılarak zeta potansiyel değerlerine dönüştürülmüştür. Bu aygıtta, ölçüm sırasında kullanılacak en uygun potansiyelin seçilmesi amacıyla yapılan, özgül iletkenlik ölçümleri de çözelti bileşimindeki değişimleri izlemek amacıyla yapılmıştır. pH ölçümleri Orion marka Model 707 sayısal pH-metre ve bunun bileşik elektrodu kullanılarak yapılmıştır.

3» DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Hidrojen Peroksitsiz Deneyler

Hidrojen peroksit eklenmesinin yapılmadığı deneylerde kömür/sulu çözelti arayüzey zeta potansiyelinin pH ile değişimi Şekil 2 de görülmektedir. Kömür için sodyum ve klorür iyonlarının asal i-



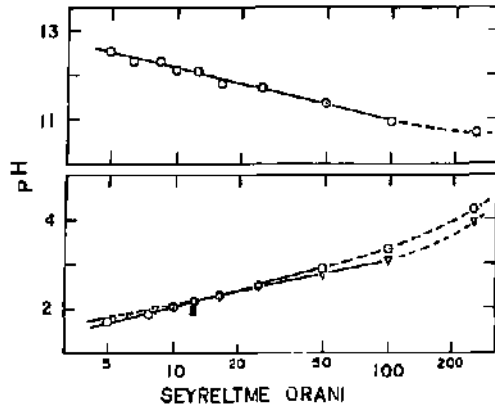
Şekil 2. Hidrojen peroksit içermeyen deneylerde 24 saatlik süre sonunda zeta potansiyelinin pH ile değişimi. (Açık simgeler NaCl-HFÜ; koyu simgeler KClO-HC 10 çözeltilerinde elde edilmiştir.)

yonlar oldukları belirtilmesine (4,20) karşılık bu etkinin incelenmesi amacıyla yapılan ve asitliğin HClO₄ ile ayarlanıp destekleyici elektrolit olarak da 4,50 x 10⁻² mol/L KClO₄ kullanıldığı deneylerin sonuçları Şekil 2'de koyu renkli simgeler ile gösterilmiştir. Arayüzey net yükünün sıfır olduğu pH_{net} değerinin 3,0 olduğu bulunmuştur. Bu değer benzer kömürler ile bulunan (2,4,16,20,21) deney sonuçları ile uyumaktadır. Perklorat ve klorür anyonları ile sodyum ve potasyum katyonlarının özgül bir yüzey alanı farklarının olmadığı anlaşılmaktadır.

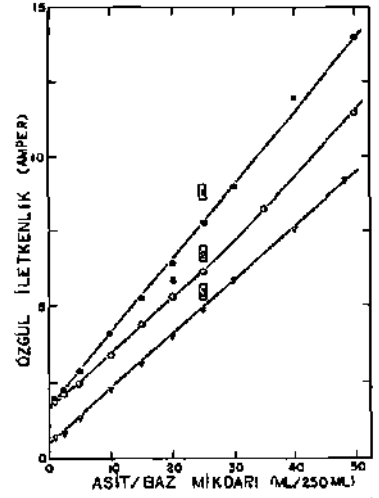
Şekil 2'de birbirlerine kesikli çizgilerle bağlı noktalı simgeler, 250 mL çözeltide 0,5 g kömürün kullanıldığı deneylerde 24 saat içinde alınan dört ölçümün izlediği sırayı belirtmektedir, diğer deneyler ile uyumun iyi olması arayüzey alanının yarıya indirilmesinin etkisinin az olduğunu göstermektedir. Bu durum gözenekli olan yapısı ile özgül yüzey alanı büyük olsa bile aslında çok düşük olan katı/sıvı oranlarında katı ağırlığının iki katma çıkarılmasının sınırlayıcı bir etki yapmadığı biçimde yorumlanabilir. İlk dakikalarda alınan sonuçların ortalama 24 saat sonra alınanlar ile aynı eğri üzerine düşmeleri de arayüzeyde elektriksel yük oluşumu tepkimesinin çok hızlı olmasından kaynaklanmaktadır. Yalnızca asit ve destekleyici elektrolit içeren kömür/sulu çözeltilerinde özgül iletkenlik, pH ve zeta potansiyelin zamanla gelişimi üzerinde aşağıda durulacaktır.

Şekil 3'de sabit miktarda (1,0 g/250 mL) kömür içeren asitli- larda kullanılan stok HCl (ya da NaOH) çözeltilerin deney şişelerine eklendiklerinde elde edilen seyreltme oranının logaritmasına karşı çözeltilerin pH değerleri görülmektedir» Şeklin alt kısmındaki koyu simge aynı oranda asit içerdiği halde kömür içermeyen bir çözeltiliye özgüdür. Aynı şişelerde ölçülen özgül iletkenliğin bu kez 250 mL'ye eklenmiş asit/baz miktarı ile değişimleri de Şekil 4'de görülmektedir. Her iki şekilde görülen ilişkilerin doğrusala yakın olup her hangi bir değerde kırılma göstermemeleri, kömürle gelen herhangi bir bileşenin asit ya da baza karşı nötrleştirici ya da çökelme vb türde tepkimelerle çözeltiliden iyon tüketici yönde etkide bulunmadığını göstermektedir» Kömür içeren ve içermeyen şişeler arasındaki karşılaştırmalar da bu etkileşimin, sulu çö-

zeltide bulunan iletirliği (transference) yüksek bir iyonun kömür ya da birliğindeki katılardaki iletirliği daha düşük bir iyonla yerdeğiştirmesi biçiminde geliştiğini göstermektedir. Hidrojen ve hidroksil iyonlarının sulu çözeltilerdeki iletirlikleri diğer iyon-



Sekil 3. 250 ml coplan çözeltilerdeki seyrelme oranlarına logaritması ile pH'nın da'irini. <USC 9< 11 NaOH+HCl ; «it sekil RCH+HCl coeetllart içla. Alctitli Mkiyid nokta Qslmge 11 e'ri ile aynı fakat: fcPnur DtdUr.)



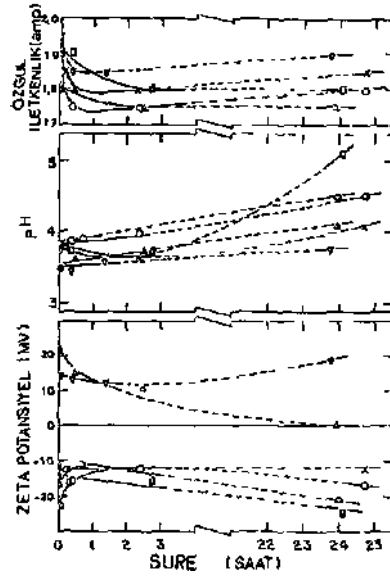
Sakil 4. Sakil Via verilen deneTtet için oğull İlatkenli'n İS0 mi toplan hacindeki asit ya di bal nktarı ile d'i'siml. (2 no'lu e'rlinla Üst tarafındaki nokta, bu e'ri 11* aynı ko-fullarda Cakat fc3raulrañ deneye aittir.

ların iletirliklerinden daha yüksek olduğu bilindiğinden (22) bu değişimin sulu çözeltilerdeki hidrojen iyonları ile kömür (ya da birlikteki katılardan) gelen bir katyon arasında olması Şekil 3 gereği olmaktadır.

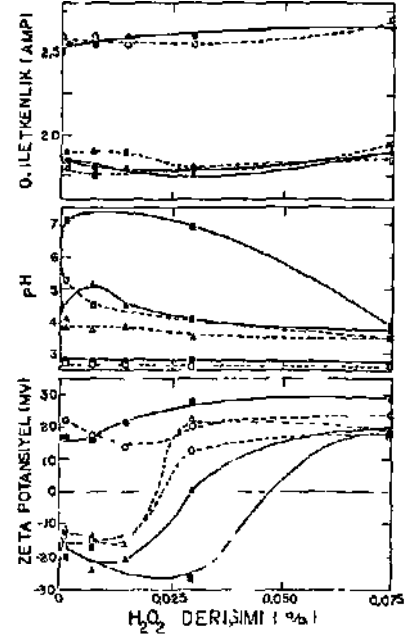
3.2» Hidrojen Peroksitli Deneyler

Başlangıçtaki asit eklemesi sabit,, hidrojen peroksit eklemesi farklı olan deneylerden biri için özgül iletkenlik,pH ve zeta potansiyel ölçümlerinin tepkime süresi ile değişimleri Şekil 5'de % 0 - 0,074 H²O₂ başlangıç derişimi! deneyler için ayrı ayrı görülmektedir. Şekil 6 da ise üç farklı asit ekleme miktarında (yuvarlak, üçgen ve kareler) Özgül iletkenlik, pH ve zeta potansiyel değerlerinin değişen ilk peroksit derişimlne bağlı olarak değişmeleri, ilk (açık simgeler,kesikli çizgiler) ve son (koyu simgeler ve sürekli çizgiler) ölçümler için ayrı ayrı gösterilmiştir. Şekillerde görülen ilişkiler şu sonuçları belirtmektedir :

- Kömür eklenmemiş çözeltilerde hidrojen peroksitln herhangi bir asit/baz etkisi olmamasına karşılık (23>> özellikle düşük asit eklemeli deneylerde hem ilk hem de son ölçümlerde pH değerleri artan peroksit eklemesi ile daha asit olmaktadır. Bu durum ilk asit eklemesi azaldıkça daha belirgin olmakta ve hidrojen peroksitln kömür ve/veya birlikte olduğu katılarla tepkimeye girerek asit ürettiğini göstermektedir» tik asit eklemesinin yüksek olduğu deneylerde pH sabit kalmaktadır.



Sekil 5. Ayo» ilk Mielikte fakat farklı ilk BJOJ nll-EarU dea*ylMde OgUl LUckealk. i& te 1«a potansiyelce deney süresi ile OB''!«« (Deney-1«iekl ilk.H.Oj dBiUmUiii CO) i' ^ X) I 0.M15; CQ) I 0.0074; (S)) I 0.0148; (A) I 0.01M; 19) I 0.074.)



Sekil 6. Farth lit «stlikt.« j-a? [Ia» D{ deneyde 3ıgll II etken Hit, pH ve zeta potansiyelin ilk HJÜ ekUaa miktarı ile de*Ume'erl Cack singeli, kejlkl (İlgiler ilk (i-tö dak) Blçthsterl, koyu ılgall, sürekli çlıglller so« (23-2S saat) Blçftalsri gösterir).

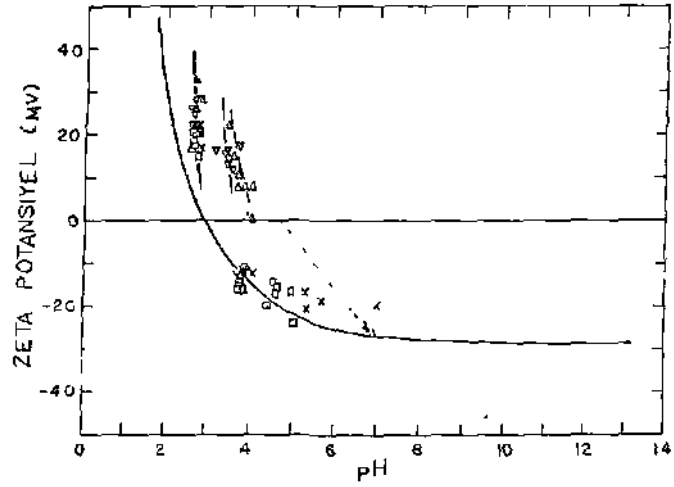
- HpOp eklemesi düşük deneylerde pH zamanla artarak daha bazik olmaktadır. Şekil 6'da düşük asit eklemeli deneylerde belirgin olan bu durum hidrojen iyonunun üretimi az olurken tüketiminin hızlı olduğunu belirtmektedir. Buna karşılık özgül iletkenliklerin deney süresi ile önce hızla düşmesi ve sonra zamanla artmasına karşılık ilk ve son ölçümlerinin ilk peroksit derişimi ile çok fazla değişmemeleri, çözeltideki hidrojen iyonları ile katıdaki katyonlar arası iyon derişimi tepkimelerini vurgulamaktadır.

- Zeta potansiyellerin deney süresi ile gelişimi şöyledir : Sıfır deney süresine (Şekil 5) dışuzanımla bakıldığında hidrojen peroksit eklemesi arttıkça zeta potansiyellerin daha az eksi ve giderek artı oldukları görülmektedir. Bu arada pH değerleri daha asit, özgül iletkenlikler daha yüksek olmaktadır. Bu durum çözeltide hidrojen iyonu üretiminin çok hızlı bir tepkime ile oluştuğuna işaret ederken zeta potansiyellerin de Şekil 2 uyarınca daha az eksi oldukları düşünülebilir. Ancak elde edilen çok yüksek artı değerler ile bunlara karşı gelen pH değerleri Şekil 2 ile uyuşmakta ve bu hipotez ile özgül iletkenliklerdeki ani azalmaları açıklamamaktadır. Nitekim Şekil 6, belirli bir hidrojen peroksit eklemesinde zeta potansiyelin aniden eksi değerden artıya dönüştüğü günü ve orada sabit kaldığını, ancak deney süresinin ilerlemesi ile zeta potansiyellerin daha az eksi (ya da, işaret değiştirmenin olduğu H_2O_2 , derişiminin daha yüksek) olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, artan peroksit derişimi ile çözeltide hidrojen iyonu üretimine ek olarak, yüzeye daha kuvvetle soğurulan, artı yüklü bir başka iyonsal türün de artan miktarlarda üretildiklerini göstermektedir. Oluşma ve yüzesoğurulma hızı çok yüksek olan bu türün ilerleyen deney süresi ile ya yüzeyden uzaklaşarak ya da yüzeyde etkileşerek yüzeyin daha elektronegatif olmasına yol açtığı anlaşılmaktadır. Bu yeni görüşü sınamak amacıyla hidrojen peroksitsiz deneylerden elde edilen Şekil 2'deki zeta potansiyel -pH eğrisi ile hidrojen peroksitli deneylerde elde edilen ve Şekil 5 ve 6 da verilen sonuçlar Şekil 7 de karşılaştırılmaktadırlar» Görüldüğü gibi elektronegatif sonuçlar eğri tarafından deneysel hata sınırları içinde açıklanırken elektropozitif sonuçlar ilk asitlik değerlerine göre eğriden giderek uzaklaştı (daha asit olan eğriye daha yakın) ya da aynı pH da eksi olması gerekirken artı olan başka eğriler üzerine düşmektedirler.

3*3» Olasıl Arayüzey Tepkimeleri

Şekil 1'de kömür için verilen model yapıda bulunan fenolik ve karboksilik yüzey konumlarının ham kömürde ya hidrojen ile asit ya da örneğin sodyum, kalsiyum, demir vb tür bir iyonun tuzu olarak bulunacakları beklenir. Arayüzeyde elektriksel yük oluşumu* bu konumların iyonlaşma sabitlerinden (2^{\wedge}) hesaplanabilecek miktarlar-

daki iyonlaşmaları sonucu oluşacaktır(24)« Karboksilik ve fenolik konumlar gibi sulu çözelti içinde (-1) değerlikli iyonsal uç ta-



Şekil 2. Zayıf asit ve HO eklemeleri farklı deneylerde, çeşitli deney sürelerinde elde edilen zeta potansiyel sonuçlarının, H₂O₂ eklenmiş deneyler için Şekil 2'de bulunan e*ri ile karşılaştırılması.

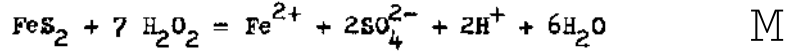
şayan konumların artı değerlikli konum durumuna geçebilmeleri için +2 ya da daha yüksek artı değerlikli iyonlarla karmaşık oluşturmaları gerekir» Bu durumda ortamda bulunan hidrojen, sodyum vb iyonların ya da sulu çözelti içinde hidrojen iyonundan başka artı değerlikli iyon vermesi beklenmeyen hidrojen peroksit kömürün ekisi olan yüzey yükünü artıya dönüştürme olanağı bulunamaz» Dolayısıyla, Şekil 2'de hidrojen peroksit eklenmemiş deneyler için elde edilen arayüzeyin artı yüklü olması sonucu, kömürün adı geçen konumlarının, daha kömür öncel durumunda iken çok değerlikli iyonlar ile dolu olmasına ve yukarıda adı geçen iyon değişimi tepkimelerinin de bu iyonlarla sulu çözeltideki hidrojen iyonları arasında olmasına bağlanabilir. Bu durumda hidrojen peroksit etkisi nedir sorusu üzerinde durmak gerekir.

Kömür ya da birlikte olduğu katılarla hidrojen peroksit tepkidiğinde önce su ve oksijen içeren oksitlenme bileşiğine indirgenecektir» Bu tepkimenin kömür ile arasında olması durumunda artı değerlikli bir katyonun üretilemeyeceği ve üretilecek anyonunda zayıf asit olan karbonat vb anyonlar olacağı açıktır» Karbonat anyonu deneysel pH değerlerinde zayıf asit olan karbonik asit ve

bikarbonat iyonlarını oluşturarak çözeltilerden hidrojen iyonu tüketilmesine neden olmakla birlikte arayüzeyin daha elektropozitif olması, öagül iletkenliğin azalması gibi sonuçları açıklayamamaktadır.

öte yandan, kömürün hidrojen peroksit ile işlenmesi sonucu yalnızca piritik kükürdün ve hızlı bir tepkime ile giderildiği gösterilmiştir(25,26)» Piritin asit sulu çözeltilerde sülfat ve iki değerlikli demir iyonu verecek biçimde oksitlenmesi (27) ile kömürlerdeki iyon değişimi tepkimeleri ile kömürde yüaesoğurulmuş bulunan iyonların değiştirilebileceği gerçeği (28) birlikte göz-Önüne alınırsa yukarıda belirtilen deneysel bulgular açıklanabilmektedir. Buna göre

i) Oksitlenme, özellikle hidrojen peroksitle oksitlenme, doğrudan kömürdeki piritik kükürt üzerinde etkili olmakta ve iki değerlikli demir ve sülfat iyonlarının oluşmasına neden olmaktadır» Bu tepkimenin



türü bir tepkime olması durumunda görüldüğü gibi çözeltilerde hidrojen iyonu üretilmektedir.

ii) Böylece oluşan iki değerlikli demir iyonları

Kömür-COO-Na⁺ + Fe²⁺ = Kömür-COO-Fe²⁺ + Na⁺ [2^ türü bir iyon değişimi tepkimesi ile yüzesoğurularak daha önce yüksüz olan Kömür-COO-Na⁺ ya da Kömür-COO-H⁺ türü konumların net olarak artı yükle yüklenmesini sağlamaktadır. Nitekim bu tür iyon değişimi tepkimelerinde çok değerlikli iyonların kömürdeki az değerlikli iyonların yerini alacağı ve ayrıca iyon değişiminin Çözeltilerdeki iyonun derişimine göre yon alacağı gösterilmiştir(28). Bu durumda deneylerde yüzey yükünün artı olması için belirli bir hidrojen peroksit eklemesinin yapılması gereği, çözeltilerdeki demir iyonlarının belirli bir değere ulaşmasının sağlanması açısından anlaşılır olmaktadır*

iii) Ani oluşan bu tepkimelerle birlikte özgül iletkenliğin azalışı ya oluşan iyonların hidrolizle çökelmelerine ya da BUIU çözeltili içinde kömürün daha çok yüzey alanı oluşturacak biçimde dağılmasına bağlanabilir. Ancak pH değerlerinin zamanla daha bazik olma eğilimleri hidroliz ile giderilme olasılığının ağır bastığını

göstermektedir.

4. SONUÇ

Yukarıdaki tartışma kömür/sulu çöz.elti arayüzeylerinde oluşacak yüklenme mekanizmasının çok karmaşık olabileceğini ve tepkimelerin eş zamanlı ve hızlı olmaları nedeni ile kolaylıkla incelenememe durumunu göstermektedir. Bu çalışmada ele alınan hidrojen peroksit derişimlerinde farklı katı sıvı oranlarında bu tepkimeler daha belirgin olarak göze çarpabilir ya da hiç belirgin olmayabilirlerdi. Dışarıdan çözeltiliye, Örneğin, demir t-uzueklenerek yapılan çalışmalarda yüzey yükünün işaret değiştirdiği bulunmuş olmakla birlikte (4,16) bu deneylerin sonuçları, ortamda stilfat ve hidrojen iyonlarının üretilmelerini içermemeleri yüzünden, kömürün oksitlenmeye açık palp içindeki davranımını pek açıklamamaktadır. Bu tür palplarda kömür/sulu çözelti arayüzeyinin ancak asit çözeltilerde yüzey konumlarının hidrojen ile yerdeğiştirme sonucu gerçek anlamda yüksüz olabileceği, aksi halde bulunan sıfır yük noktası değerinin yüzeydeki artı ve eksi yüklerin birim alandaki sayılarının eşit olduğu koşul olarak ortaya çıkacağı ve uygulamada bu niteliğe önem verilmesi gerekeceği anlaşılmaktadır,

5- TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın deneysel bölümünde yaz stajı yapan öğrencilerimizden A.Demirtae ve.ö.Aslan'ın çabaları olmuştur. Deneysel kömür örneğini sağlayan Sayın E» Tercan*a ayrıca şükranlarımızı sunarım.

KAYNAK LAB

1. GAINES, A., (Birkbeck College, University of London, İngiltere), Kişisel Görüşme, 1987*
2. SUN, S.C., Effects of Oxidation of Coals on Their Flotation Properties, Trans. AIME, Mining Engr., 199, 396-401, 1954.
- 3* APLAN, F.F., Coal Flotation, FUERSTENAU, M.C., (Ed.), Flotation: A.M.Gaudin Memorial Volume, vol.2, Böl.45, 1233-1264, 1976.
4. WEN, W.W., ve SUN, S.C., An Electrakinetik Study on the Amine Flotation of Oxidized Coal, Trans.AIME-SME»262, 174-100, 1977.
5. HAMZLA, H.A., MICHAELION, K.H., ve ANDERSEN-N.E., A Fundamental Approach to Beneficiation of Fine Oxidized Coals, Proc, Int. Conf. Coal Sei., 1903, 248-251.
6. FUERSTENAU, D.W., ROSENBAUM, J.M., ve LASKOWSKI, J., Effect Of

Surface Functional Groups on the Flotation of Coal, Colloids Surfaces, 8(2), 153-173, 1953.

7. YILCEL, Ö., Slurry Pipeline Transport of Minerale and Coal, NATO-ASI Cevher Hazırlama Yaz, Okulu, Uludağ,Bursa, 1985-
8. ROTFELL, R.L., MARGANSKI, R.E., ve ZHONG, F., The Electrophoretic Mobility Distribution of Dilute Aqueous Coal Dispersions as a Fundamental Factor Controlling Slurry stability, Proc. Int. Conf. Coal Sei., 1983, 563-568.
9. HIGASHITANI, K., KAGE, A., ve KURITA, N., Effect of the Zeta Potential of Coal particles on the Flow and Stability of Coal Water Slurries, Kogaku Kogaku Sonbustu, 12(5), 557-562, 1986. (CA: I05,194150d).
10. OGURA, T., YASUTAKE, A., ve WATABE, M., Prevention of Sedimentation in Coal Slurries, Japon Patenti No. 61.130,395, (1986) (CA: 105, 136919a) ve Japon Patenti No. 61.130,396, (1986), (CA: 105, 136920u).
11. OGAWA, T., He, H., KIMURA, N., Ho, H., JATSEMÎ, S., ve TAKO, S., Manufacture of Coal Slurries for Pipeline Transportation, Japon Patenti, No. 61. 133,1294 (CA: 105,96125).
12. ESUMI, K., KEGURA, K., ve HONDA, H., Adsorption of Surface Active Agents on Coals, Bull. Chem. Soc. Japan, 55(9)»3021-3022, 1962.
13. GALA, H.B., CHIANG, S.H., ve KLIN&ING, G.E., Effect of Surfactant Adsorption on the Hydrophobicity of Fine Coal, Proc.Int. Conf. Coal Sei. 1983, 260-263.
14. AYUB, Â.L., ALTAWHEEL, A.M., ve KWAF, J.C.T., Surface Properties of Coal Fines in Water I- Electrokinetics and Surfactant Adsorption, Coal Prep., 1(2), 117-130, 1985.
15. SMOOT, L.D., ve SMITH, P.J., Coal Combustion and Gasification, Plenum Press, New York, 1985, 443 s-
16. KELEBEK, S., SALMAN, T., ve SMITH, G.W., An Electrokinetic Study of Three Coals, Canad. Met. quart», 21(2), 205-209, 1982.
17. TERCAN, E., Oltu-Askale (Erzurum) Kömürlerinin Petrografik İncelenmesi ve Balkaya (Oltu) Bölümünün Ön Maden İşletme EtÜdü, Yayınlanmamış Yük. Müh. Tezi, Hacettepe Univ., Maden Müh. Böl., Ocak 1987.
18. UTtNE, M.T., "Oksit-fulu Çözelti Sistemlerinde Katı/Sıvı Arayüzey özelliklerinin Belirlenmesi. II) Arayüzey Komplekslerinin Saptanması için Yeni Bir Deneysel Yöntem", 8. Metalürji Sempozyumu, İstanbul, 1984.
19. van OLPHEN, H., An Introduction to Clay Colloid Chemistry, John-Wiley, New York, 1977, 318 s.
20. CAMPBELL, J.A.L., ve SUR, S.C., Bituminous Coal Electrokinetics,

Trane. AIME-SME, 2², 111-114, 1970.

- 21- JESSOP, R.R., ve STRETTON, J.L., Electrokinetic Measurements on Coal and a Criterion for Its Hydrophobicity, Fuel, 48, 317-320, 1969.
22. Mac INNES, D.A.,. The Principles of Electrochemistry, Dover Publ. Inc., New York 1961.
23. Burada verilmeyen çalışma sonuçları, yayıma hazırlanıyor»
24. SHAW, D.J., Introduction to Colloid and Surface Chemistry, 2nd Edition, Butterworths, Londra,1970.
25. BORON, D.J., DIETZ,Jr., A.G., ve TAYLOR, S.C., Sulphur Removal via Hydrogen peroxide Oxidation, Fuel, 60_, 991-992, 1981.
26. BORON, D.J., ve TAYLOR, S.C., Mild Oxidations of Coal 1. Hydrogen Peroxide Oxidation, Fuel, 6[^], 209-211, 1985.
27. BURKIN, A.,R., Hidrometalürjik Süreçlerin Kimyası, (Çev. M.T. UTİNE), TMMOB Maden Müh. Odası Yayını, 1988.
28. GORBATY, M.L., LARSEN, J.W., ve IRWING,İV., "Coal Science,vol.2", Academic Press, 1983.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ

The Sixth coal Congress of TURKEY

T.T.K. ARMUTTUK TAŞKÖMÜR MÜESSESİSİ
HİDROLİK RAMBLE PROJESİ VE PİLOT AYAK UYGULAMASI

HYDRAULIC STOWING PROJECT AND APPLICATION OF PILOT LONGMALL
FOR THE ARMUTÇUK COLLIERY OF TTK

Cemal BİRÜN (a)
Ergin ARIQFİLİ (*»)
All İNCE (H I)
Hamit KOÇ (M M)
İbranla SERGİN (N U)
Atlıhan ÖGE (MMMMY)
Burhan TETİKEL (***>

Ö Z E T

Bildiride Armutçuk Taşkömürü Nüesaeaeai tanıtılmış, hidrolik Ramblenia. tarihçesi verilmiş vö halen uygulanan sistemin ana hatları belirtilmiştir. Kullanılan lavuar artığı malzemenin mühendislik özellikleri Özetlenmiş, kırma eleme tesisinin ana hatları, hidrolik profilin esasları açıklanmıştır. Uygulanan -350/-400 12225 Panosunun jeolojik koşulları, pano hazırlığı, pano tahkimatı, dolgu işlemi, direk sarfiyatı, işçilikler, randımanlar açıklanmış ve karşılaşılan güçlükler anlatılmıştır. İleriye donluk uygulamalar için öneriler* de bulunulmuştur.

A B S T R A C T

In the paper, the Armutçuk Hard Coal Agency has been described, giving the history of hydraulic stowing and the principles of the present application. The engineering properties of the washery refuse material, the crushing-screening plant, the hydraulic profile have been outlined briefly. The panel -350/-400 12225 has been described, the development, supports, filling operations, timber consumption, labour, QMS, and difficulties experienced are also explained. Proposals for the future applications are mentioned.

(a) Prof. Dr. İTÜ Maden Fakültesi Öğretim Üyesi
(MM) DOÇ. Dr. İTÜ Maden Fakültesi Öğretim Üyesi
(KM*) TTK Armutçuk Taşkömür İşletme Müessesesi Teknik..Elemanı
UttmJi) TTK Etlid, Plan-Pro je ve Tesis Dairesi Teknik Elemanı

1. GİRİŞ

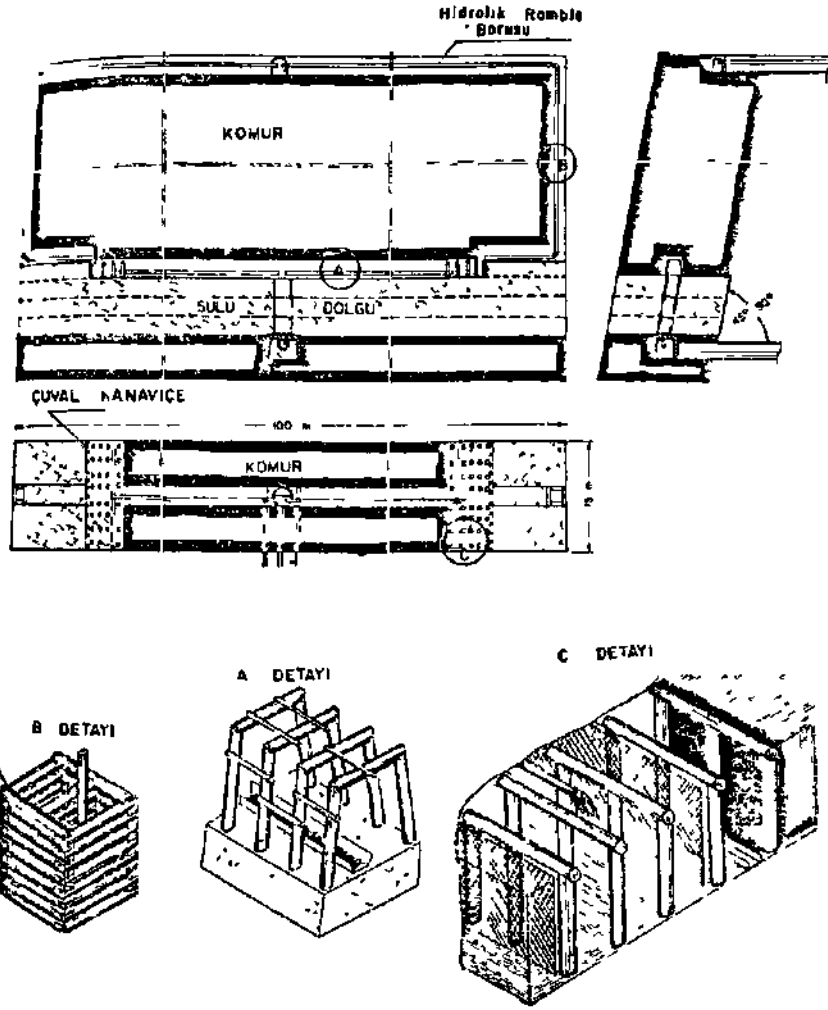
Türkiye Taşkömür Kurumu Genel Müdürlüğü ile İstanbul Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri ve Yeraltı Kaynakları Uygulama-Araştırma Merkezi arasında, 1984 de, mevcut lavuar artığı malzemenin kullanımı ile hidrolik ramble uygulaması projesi yapılması hususunda bir sözleşme yapılmıştır. Malzemenin ilk laboratuvar incelemesinde, %20 oranında 0.1 mm den ince "silt" içerdiği, bunun dolgu işleminde büyük güçlükler yaratacağı belirlenmiş ve bu malzemeyi kırıp 0.5 mm'ye elemek üzere bir tesisin kurulması taraflarca kabul edilmiştir. Tesisin lavuar artığı harmanında yapılması, diğer taraftan bu tesisten uygulama panosuna 150 mm çapında yaklaşık 3500 m lik ramble borusu döşenmesi, pano hazırlığı, nakliyatın organizasyonu oldukça uzun sürmüş ve 1986 da yeryüzünde yapılan bir pilot denemede malzemenin dolgu sonuçları ve ince malzemenin durumu 1/1 ölçeğinde tespit edilmiştir. Pano da fiili dolgu işlemine Şubat 1987'de başlanmış, eksik işçilikler nedeniyle birinci kat dolgu işlemi Aralık 1987'de başarı ile yerine getirilmiştir.

2. TTK ARMUTÇUK İŞLETMESİ

2.1- Önceki Hidrolik Ramble Deneyimi

Fransa Merlebach Kömür Havzası uygulamaları esas alınarak, 1961-64 yılları arasında bir hidrolik ramble uygulaması yapılmıştır, {1,2}. Malzeme olarak bir konglomera-gre formasyonu seçilmiş ve açık işletme yöntemi ile alınan bu malzeme bir kırıcıya, oradan bir siloya, silodan karıştırma tesisine ve 150 mm bazalt kaplı çelik ramble borusu ile -160/-200 seviyelerinde, 80° yatımlı, 20 m kalınlıktaki Büyük Damar Panosuna gönderilmiştir. Pano, damar istikametinde 100 m'lik kısımlara ayrılmış olup 50'er m.lik sağ-sol ayaklar ile üretime başlamıştır. Panoya, ortadan rekup lâğımı ile girilmiş, sağ ve soldan, orta kömürden, iki kulebe (başyukarı) ile üst seviyeye bağlanmıştır. Bu şekilde havalandırma sağlanmış ve dolgu malzemesinin panoya erişimi temin edilmiştir. Orta kömürden sağdan ve soldan pano sınırına bir klavuz ile erişilmiş, buradan tavan-taban arası, damar kalınlığında, 20 m.lik yatay bir "kısa ayak" teşekkül ettirilmiştir. Bu ayaklar 3.6 m ilerledikten sonra, meydana gelen 3 havelik boşluk, hidrolik ramble ile doldurulmuştur. Önce kafes teli-kaneveçeden oluşan "baraj" yapılmış, üstten suyun akması için "savak" bırakılmıştır. Böylece, birinci dilim 12.0 m) ikmal edildikten sonra, dolgunun üzerinde ikinci dilim çalışmasına başlanmıştır. Pano ortasında kömürün alınması, havanın girmesi için dairesel "tübing" yerleştirilmiştir. Her dilim ilerleyişinde tübing ilâve edilerek "merkezi giriş yolu" teşekkül ettirilmiştir. Kelebeğeler hava dönüş yolları olarak, dönümlü şekilde kısalarak, içleri dolgu yapılarak terk edilmişlerdir. (Şekil-1).

Kullanılan malzeme önceleri konglomera olduğu için (%41 + 2 mm, % 36 0.2- 2.0 mm, %15- 0.02-0.2 mm), ayak içi barajında %93 oranında çökmüş ve uygulama başarıya ulaşmıştır. Ancak, zamanla bu konglomera killi greye dönüşmüş ve malzeme içindeki killer ayak içi barajında çekmeyecek ve kaneveçe deliklesini kapatarak savaktan kaçmış, zaman zaman barajın bozulmasına neden olmuş, ana yollarındaki kanalları, tulumba dairesi havuzlarını kısa zamanda doldurmuştur, jel kıvamında bu malzemenin kanallar ve havuzlardan alınıp temizlenmesi büyük bir problem oluşturmuş, nakliyatı büyük çapta aksatmış ve ilâve büyük bir işçilik şarjı



Şekil-1.: 1961-63 Yılları Uygulanan Kalın ve Dik Damar Hidrolik Dolgu Sistemi,

getirmiştir. Ayrıca, killi su içinde çalışan tulumaların fanları çabuk aşınmış ve pompaj problemleri meydana gelmiştir. **f3}**

Dilimlerin üzerinde hava geçişi için bırakılan 50 cm mesafe nedeniyle kömür devamlı "askıda" kalmış, çatlama, yer yer göçükler olmuş , ve sızan-kızıyan hava üst dilimlerde "yangınlara" yol açmıştır, ince malzemenin verdiği bu güçlükler ve yangının tekrar oluşumu hidrolik rambles uygulamasını vazgeçirtmiştir.

a 2- Projenin Ana Hatları

Geçmişin bu deneyiminden istifade edilerek, mevcut malzemede çökmede güçlük çıkararak -0.5 mm malzemenin sulu eleme ile ayrılması öngörülmüştür. Diğer taraftan, uygulama panosunda kömür kalınlığı 8-9 m, yatımı 42° olduğundan, 3.0 m yükseklikte, damar yatımı "yükselen ayak, (taille montante, rising longwall)" sistemi ile üretim yapılması öngörülmüştür, Bu sistemde, ayak arkası kömüre kadar tam olarak rambles edileceği için, kömür askıda kalmıyacak, çatlama-kızıyanlar ve yangınlar asgariye indirilecektir. Lavuar artığı harmanında, lavuardan yeni gelen şisti de hemen kullanılabilecek yerde, bir kırma-eleme tesisi kurulmuş, pano'nun sağlı-sollu 50'er m.lik yükselen ayaklar için hazırlığına geçilmiştir. Kömürün bandlar ile -300 de 5-t luk arabaya nakli Önceden planlanmış ise de, -400 yolunun tadilindeki güçlükler nedeniyle, nakliyat -400 seviyesinde tonluk araba + lokomotif ile yapılmıştır.

Tebliğde, projenin ana hatları özetle belirlenecek, dolgu malzemesi tanıtılacak, dolgu işlemlerinde karşılaşılan güçlükler açıklanacak ve ileriye dönük önerilere yer verilecektir.

3. MALZEME ETÜDÜ

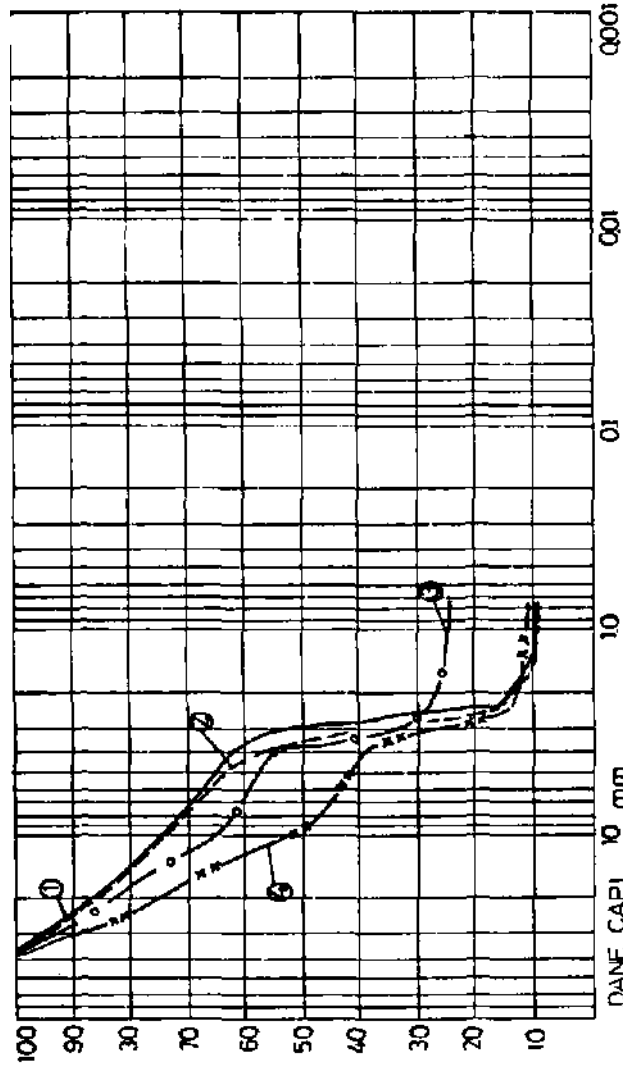
Bu konu detaylı olarak Maden Mühendisleri Odasının 9. Bilimsel ve Teknik Kongresindeki bildiri de açıklanmıştır **[4j]**. Daha geniş bilgi [5] referansındadır. Konunun bütünselinin sağlanması açısından burada sadece elde edilen sonuçlara değinilmiştir.

3.1- Granülometrik Bileşim

Projede kullanılan, yıkanan ve ramblesli ayaktaki malzemenin granülometrik dağılımları gekil-2'de verilmiştir. Görüleceği üzere, giriş malzemesi (3) %25 oranında 1 mm'den ince malzemeyi içermektedir. Ocağa sevk edilen malzeme bu oran %10'a düşürülmüştür. Malzemenin granülometrik özellikleri aşağıda sunulmuştur [4].

Maksimum tane boyutu12.5 mm
Effektif çap.....0.012 mm

DAHA İNCELERİN YÜZDESİ , %



ÇAKIL MALZEME	KUM		ŞİLT		KİL C _s
	D ₅₀	D ₁₀	D ₅₀	C _u	
1) Orta seviye edilen yıkılmış malzeme	35	10	25	35	178
2) Yükseklikten alınan numune	45	15	25	30	0,925
3) Giriş malzemesi	70	-	30	-	-
4) Dolgu araziye alınan karışık malzeme	104	08	30	13	108

Şekil-2: Çeşitli Malzemenin Granülometrik Dağılımları.

$$\text{Uniformluk sayısı} \dots\dots\dots C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots\dots 250$$

$$\text{Derecelenme sayısı} \dots\dots\dots C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \dots\dots 27,77$$

Ortalama bileşim:

Çakıl-Kum.....% 83
Kum-Silt.....%17

D_{60}, D_{30}, D_{10}60,30,10 % miktarlarından daha inceleme karşı gelen tane boyutunu ifade etmektedir.

Bu dağılımdan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

- Malzeme daha önceki uygulamalardaki malzemeden daha fazla "ince kısım" içermektedir [4].
- Lavuar artığı sürekli bir dane boyut dağılımına sahip değildir (C = 250). Önceki uygulamada bu değer 7.7 -14 arasındadır.
- 1.1-1.2 mm arasındaki malzeme daha üniiformdur (C = 3-13). (4) numunede uniformluk sayısı C = 13 5 olup "iyi derecelendirilmiş" olarak değerlendirilebilir. Dolgu malzemesi daha az sayıda boşluk içereceği ve dolayısıyla taşıma gücünün daha büyük olacağı söylenebilir [6],[7].

3.2- Diğer Mühendislik Parametreleri

İncelenen malzemeye ait diğer mühendislik özellikleri aşağıda topluca verilmiştir. Ayrıntılı bilgi [4,5] kaynaklarında temin edilebilir.

Yoğunluk, gr/cm ³	$J_s = 2.38$
Su içeriği, %.....	10-5.3
Boşluk oranı.....	0.797-0.324
Relatif sıkılık.....	0.276
Kayma gerilmesi, kg/cm ²	0.985*2.674
İçsel sürtünme açısı, derece.....	($\phi = 35^\circ, 26'$)
Perméabilité» cm/sn.....	1.04 x 10 ⁻²

3.3- Çökme Deneyleri

Lavuar artığı malzemenin alüminyum sülfat ilâvesi ile çökme koşulları incelenmiştir f4İ. Deney sonuçları aşağıda özetle açıklanmıştır:

- » %10 hacimsel konsantrasyonda çökme 8 dakikada tamamlanmaktadır ve optimum çöktürücü miktarı 0.5 gr/lt dır.

a %30 hacimsel konsantrasyonda çökme olayı 12 dakikada tamamlanmaktadır. ve optimum çöktürücü miktarı 2 gr/lt dir.

. %30 konsantrasyonda 144 delik/cm²'lik kaneveçeden geçen "ince malzeme" miktarı çöktürücü kullanılmadan SS1.82 iken, 2 gr/lt konsantrasyonunda alüminyum sülfat konduğu takdirde bu miktar MO.35 a düşmüştür.

4. MALZEME HAZIRLAMA TESİSİ VE YERÜSTÜ DENEYİ

4.1- Kırma-Elemente Tesisi

Tesis lavuardan gelen şist ve taşı veya harmandaki artık malzemeyi -30 mm.ye kıran ve 0.5 mm.ye eleyen ve -30/+0.5 mm malzemeyi su ile karıştırıp %15 hacimsel oranla 150 mm.lık ramble borusuna veren bir tesistir. Tesisin enlemine kesiti Şekil_3'de verilmiştir.

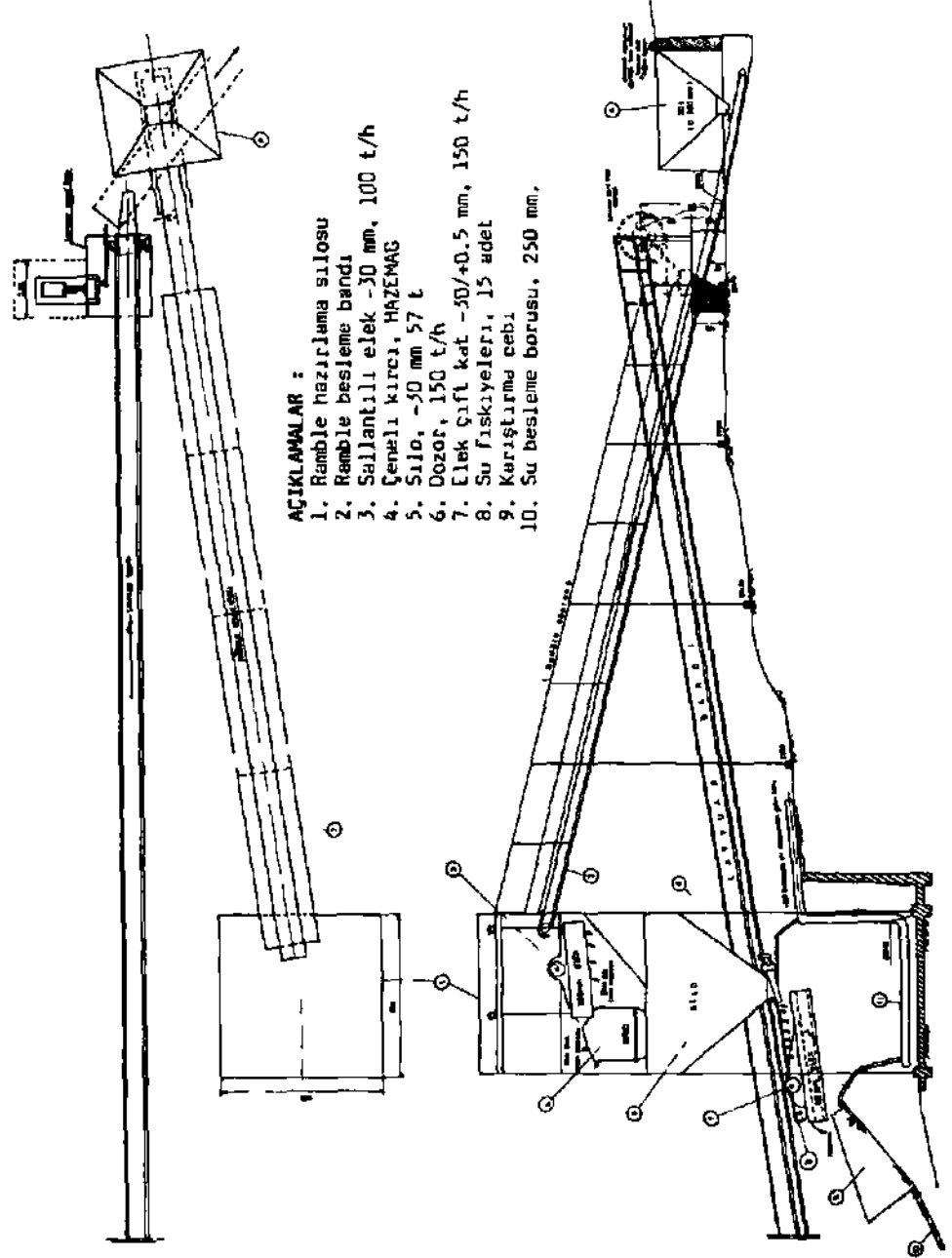
Kesitte, tesisin ana elemanları, 0/200 malzemenin depolandığı 30 t kapasiteli silo; silodan malzemeyi kırıcıya nakleden 140 t/h kapasiteli band konveyör (1), malzemeyi 30 mm.ye eleyen 150 t/h kapasiteli elek, elek ustü malzemeyi 30 mm.ye kıran 150 t/h kapasiteli Hazemag çeneli kırıcı (4); tüm malzemeyi 30 ve 0.5 mm.ye, 15 adet fıskiye yardımı ile yaş eleşen, keza 150 t/h kapasiteli çift katlı elek (7), ve iki elek arası malzemeyi 5615 hacimsel konsantrasyona eriştiren karıştırma cebi (9), den oluşmaktadır. Sisteme su 215 m³ hacimli bu depodan 250 mm boru ile verilmektedir. Sistem, ocaktan basılan su, lavuarın dinlenmiş suyu ile takviye edilerek çalışmaktadır. Tesis il« yeraltı ramble ayağı arasında direkt telefon bağlantısı mevcuttur.

4.2- Yerüstü Model Ay*1

Yıkanan malzemenin çökme durumu ve bilhassa ince malzemenin kanavaca deliklerinden süzülme koşullarını incelemek üzere, lavuarın yanında, bir "pilot deneme ayağı" yapılmış ve dolgu işlemi 1/1 oranında deneneştir. ***_

Deney ayak, 4.20 x 2,3 x 1.00 mm.lık 4 have ve bir basyukar^dağ kusmaktadır. Ağaç tahkimat olarak yapılan bu model ayamın zemini, yanları ve tavanı su sızıntısını önlemek için, beton ile kaplanmıştır. Haveler ve basyukarı kaneveçe ve kamalar ile birbirinden ayrılmıştır.

Önce, malzeme 0.5 mm.ye elenmiş ve elek üstü ile dolgu yapılmış ve kaneveçeden kaçan ince malzeme bir havuzdan toplanıp miktarı saptanmış ve kaçak malzemenin %3.5 oranında olduğu görülmüştür. f5, EK-4). Daha sonra, elek saç ile kaplanıp -30 mm malzeme hiç yıkanmadan fakat 1.4 kg/t oranında alüminyum sülfat ile X15 konsantrasyonda verilmiş ve ince malzemenin çökme durumu incelenmiştir. Bu ortamda kaneveçeden kaçan ince malzeme oranınının 5630 olduğu saptanmıştır. Hacmin küçük oluşu, çökme zamanının çok kısa olması bakımından, alüminyum sülfatın çöktürücü sonucu görülemezdir.



AÇIKLAMALAR :

1. Ramble hazırlama silosu
2. Ramble besleme bandı
3. Sallantılı elek -30 mm, 100 t/h
4. Çenealı kırıcı, HAZEMAG
5. Silo, -50 mm 57 t
6. Dozor, 150 t/h
7. Elek çift kat -50/+0.5 mm, 150 t/h
8. Su fışkıyeleri, 15 adet
9. Karıştırma cebi
10. Su besleme borusu, 250 mm.

Şekil-3: Malzeme Hazırlama Tesisinin Boylamına Kesiti.

Model denemede boru şebekesinde mevcut bir çukurluğun boruda çökmeye sebebiyet verdiği gözlenmiştir. Dolayısıyla, uygulamada dikey seyimlere müsaade edilmemesi kararlaştırılmış ve hidrolik profil tashih edilerek borunun özel bir köprü ile ocak karosunu geçerek baca ağzına ulaşması sağlanmıştır. Alüminyum sülfat denemesinden de şimdilik vazgeçilip 0.5 mm elek üstü malzeme ile uygun dolgunun başarı ile uygulanacağı kanısına varılmıştır.

5. PİLOT AYAK UYGULAMASI

Yeryüzünde hazırlanan ve kolayca çöken malzemenin uygulanacağı üretim yeri olarak "Büyük Damar, -350/-400 12225 Panosu" seçilmiştir. Bu pano -300 katı 11900 L ve -350 katı 12000 L lağımları için "topuk" olarak bırakılan panodur. Panoda başarılı uygulama sonucu bu topuklar üretilmiş olacaktır. Müessesede ana yollara bırakılan topukların rezervin $\frac{1}{10}$ 'ı dolayında olduğu bilinmektedir, ur)

5.1- Pano Hazırlığı

Pano hazırlığı ve çalışmaları Şekil-4'de belirtilmiştir.

Panoya -400 katında 12225 lağımindan, ve -350 katında 1202B lağımindan girilmiştir. Lağımlarda, damarı kestikten sonra, taban kömüründe ana klavuz hazırlanmış ve doğu-batı sınırından üst kata "başyukarılar" çıkılarak pano havalandırması temin edilmiştir, A-B-C-D-G-M ve A-B-C-E-F-L (Şekil-4). Pano giriş ve çıkış lağımlarında S ve T noktalarında, damarın, yangına çok müsait olması nedeniyle, "yangın bekleme barajları" inşa edilmiştir.

Panonun ortasında, üretim ile birlikte ilerleyen, merkezi başyukarı (tübing) keza yapılmış, kilit ile takviye edilmiş, yanlar rambel tel+kaneveçe ile kaplanmıştır. Ayrıca, suların kolayca akması ve tabanı kazmaması için yanlarda kanal, işçilerin kolayca inip çıkmaları için merdiven+tarabzan ve kömürün nakli için "sabit oluk" döşenmiştir (Şekil-5,A).

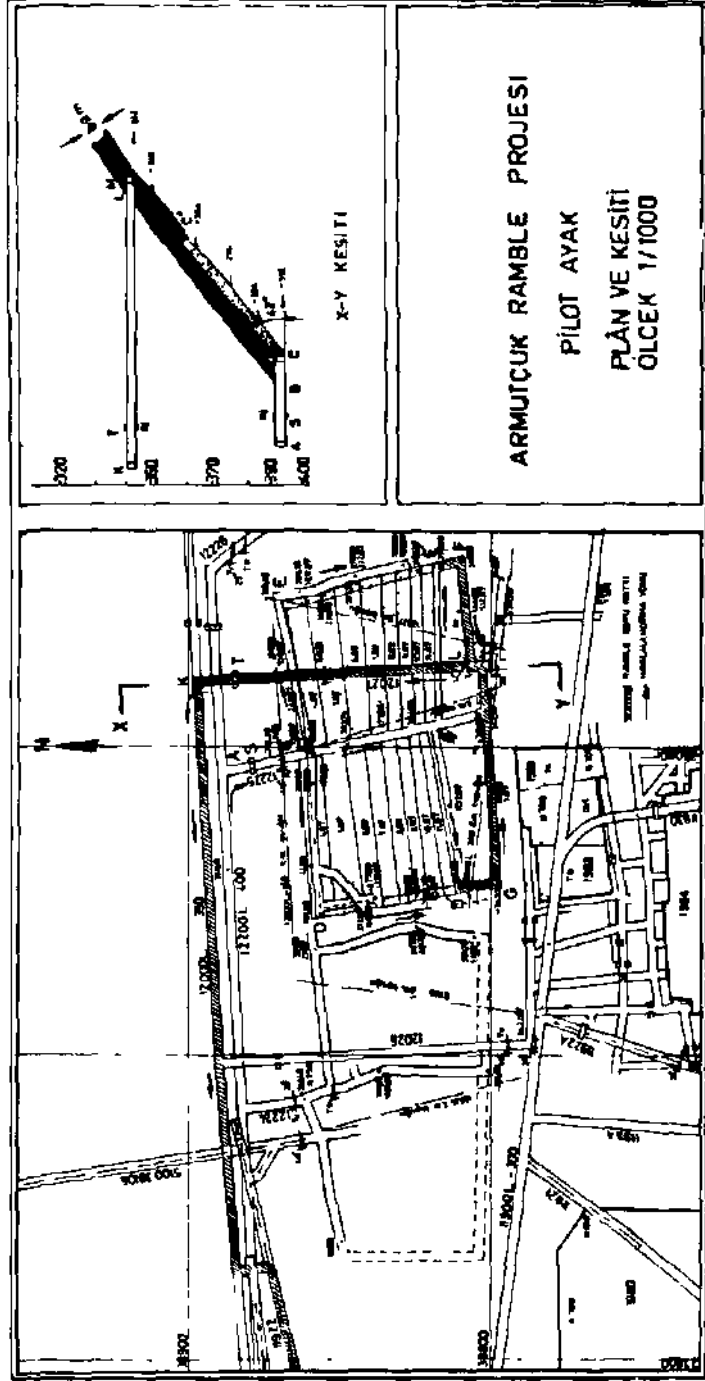
5.2- Pano Nakliyatı

Ayak içinde nakliyat, arın havesinde zincirli konveyör, merkezi başyukarıda sabit oluk, -400 ana girişde zincirli konveyör ve -400 ana yolunda tonluk araba + lokomotif ile yapılmaktadır. Arabalar -400 tumbasından band konveyör ile -300'deki 5 tonluk araba doldurma istasyonuna erişmektedir. Projenin başında -400 nakliyatının da band konveyör ile yapılması öngörülmüş ise de bu lağımda çok tarama işlemi, kanal değişimi icab ettiğinden, vazgeçilmiştir.

5.3- Pano Tahkimatı

Hambleli ayakta, damarın yarı dik olması (42), kömürün gevrek olması, ramblenm uygulanmasındaki özellikler sebebiyle, "emniyetli" bir tahkimat yöntemi öngörülmüştür. Tahkimatın detayları Şekil-5'de verilmiştir.

Ayakta kazıya 3 m derinliğinde bir "cep" açmak ile başlanmakta ve bu derinlik sonunda "kazı bağı" bağlanmaktadır. (Şekil-5,E).Bu bağı 3 m uzunluğunda



Şekil-4 :: Hidrolik Rample Uygulama Panosu Plan ve Kesiti.

bir "boyunduruk (b)", ve buna dik "çatal (ç)"dan oluşmaktadır. Direk Çapları 15*16 cm.dir. Boyunduruk arın (kömür) tarafına, detayı Şekil-5 F'de gösterilen Ahmet-Ali çintisi ile çatalın üzerine oturmakta, rample tarafı ise, daha önce atılmış olan "kilit sarması (ks)" Üzerine kurtağzı çinti ile yaslanmaktadır. Bu cep açılıp bağı'bağlandıktan sonra, Kazı "arına paralel" şekilde yapılmakta, 1 m kazı yapılıp aynı şekilde ikinci bağ atılmaktadır. İki bağ tavanda ve yanda, kömürün akmaması için yeteri kadar (asgari 2), "kama (k)" ile sıkılanmaktadır.

Bu şekilde 4 bağ bağlandıktan sonra bağlar bir "kilit" ile takviye edilmektedir» (Şekil-5, taranmış tahkimat). 8ir kilit 4 m boyunda bir "sarma (ks)" ile uçlarından kurtağzı yaslanan 2 "çatal (kç)" dan oluşmaktadır. Bu kilit, daha önce yapılmış kilite 4 adet "fırça (kf)" ile yaslanmaktadır. (Şekil-5C ve E)

4 m.lik arın kazısı için kullanılan tahkimat malzemesi Çizelge-1'de özetlenmiş ve miktarı hesaplanmıştır:

Çizelge 1: Hidrolik Rample 4 m.lik Kazı Tahkimatı

<u>Hotasyon</u>	<u>Tahkimatın Adı</u>	<u>Adet</u>	<u>Boy m.</u>	<u>Çap. cm</u>	<u>Hacim m3</u>
b	Boyunduruk	4	3.0	16	0.241
ç	Çatal	4	3.0	16	0.241
k	Kamalar	12	1.5	12/2	0.102
ks	Kilit sarması	1	4.0	16	0.080
kç	Kilit çatalı	2	2.8	16	0.113
kf	kilit fırçası	4	2.2	16	0.177

TOPLAM0.954

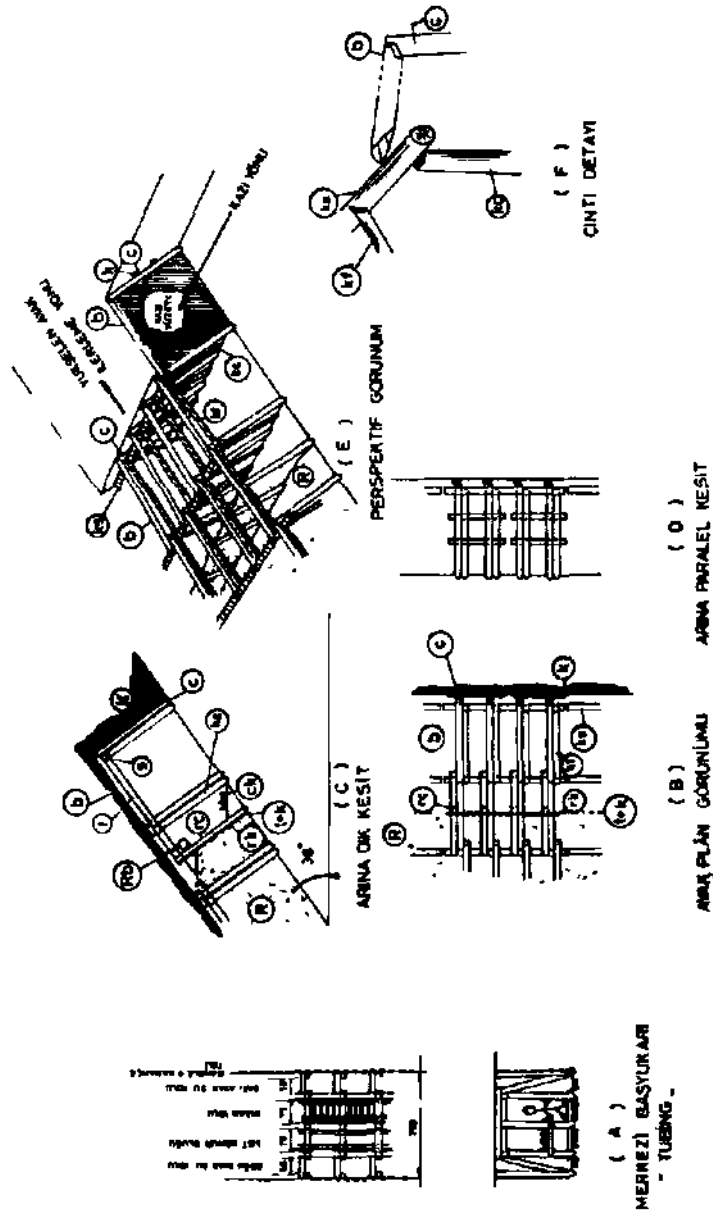
$$\text{Direk Sarfiyatı} = \frac{0.954 \text{ m}^3}{4\text{m} \times 3.0\text{m} \times 3\text{m} \times 1.3 \text{ t/m}^3} = 0.02024$$

$\sim 20 \text{ dm}^3/\text{t}$

Rample yapılmadan önce "Ramble Barajı" hazırlanır. Bu baraj, bir evvelki havenin ortasına vurulan çatallara (rç) yaslanan "ramble teli + kaneveçe (t+k)" den oluşur. 8 adet rample kaması (rk) çatallara çivilenir (Şekil 5C). Aynı şekilde, 4m x 3 m x 3 m = 3 6 m³'lük bir rample hacmi için 2.8 m boyunda 4 çatal ve 1.5 m boyunda 8 adet kamanın oluşturacağı 0.294 m³ direk sarf olunur ve m³ dolgu başına 8 dm³ bir direk sarfiyatına sebebiyet verir.

5.4- Dolgu İşlemi

Kazı ikmal edilip (50 m'lik ayakta), rample barajı kurulduktan sonra, dolgu işlemine geçilebilir. Rample hazırlama tesisinin de hazır olması, bilhassa ana havuzun dolu olması sağlandıktan sonra, dolgu işlemine başlanabilir. Ayak ile rample hazırlama tesisi arasında direkt telefon bağlantısı mevcuttur.



Şekil-5.: Hidrolik Ayak Kazı ve Dolgu Tahkimat Sistemleri ve Detayları.

Önce sisteme su verilir. Suyun hazırlama tesisinden ayağa erişmesi 10 dakika almaktadır. Ayakta, normal suyun akmasından sonra, tedricen ramble malzemesi ilave edilir ve % 15 hacımsal konsantrasyona erişilmeye çalışılır.

Ramble, ayağa sınırdan başlayıp merkezi başyukarıya dönümlü şekilde ramble boru kapağı açılıp malzemenin akması sağlanır. Şekil-6 borudan malzemenin dolu-dolu akışını tespit etmektedir. Şekil-7 arkanın oluşunu, Şekil-8 ise dolmuş ve suzulmuş ramble malzemesinin durumlarını tespit etmektedir

Dolgu tamamlanacağına yakın, ramble malzemesinin kesilmesi telefon ile belirtilir ve tamamı ile "su" gelinceye kadar dolguya devam edilir. Anı durmalar son derece sakıncalı ve tehlikeli olup boruların tıkanmasına sebebiyet verir.

5.5- İşçilikler ve Randımanlar

Rambleli ayağa işçi tertibi elde mevcut işçiye göre yapılmaktadır. Mevcut prevüye (225t) göre kazı ve pano randımanları sırasıyla 3400 ve 2008 kg olarak hesaplanmıştır.

6. HİDROLİK PROFİL VE DOLGU PARAMETRELERİ

6.1- Geometrik Büyüklükler

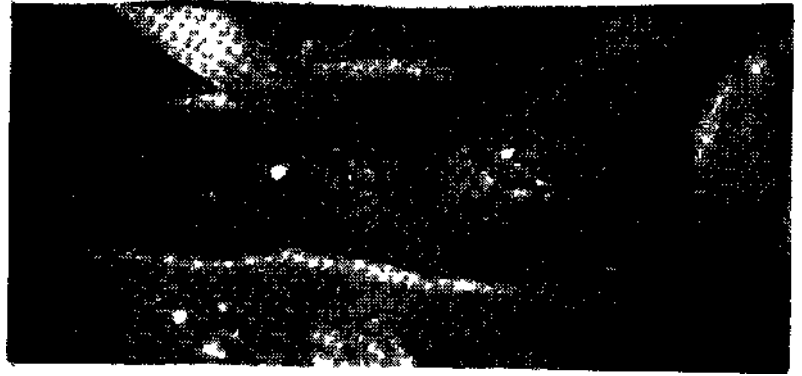
Karışma tesisinden pilot ayağa kadar ramble borusunun güzergahı ve şematik eğimleri Çizelge-2'de belirtilmiştir.

Çizelge 2: Hidrolik Profil ve Güzergah

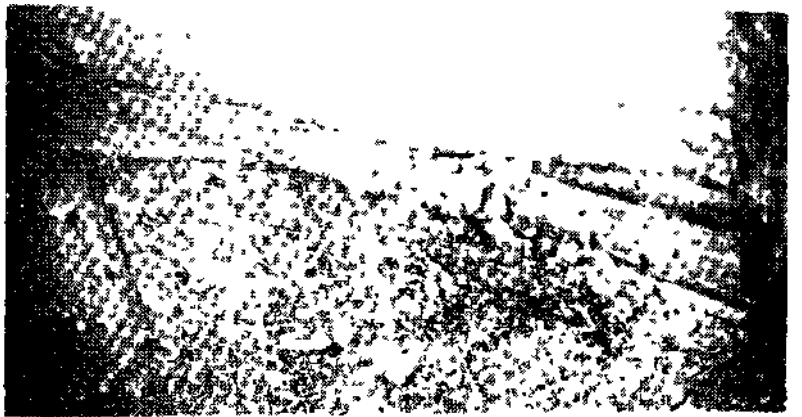
Devre	Acıklama	Boru Uzunluğu m	Boru Çapı mm	Eğim	Düşünceler
1-2	Karışma tesisi-varagel dibi	1180	150	14°	Karışım kotu:+276 m
2-3	Varagel dibi-no-10 kuyu	120		- 0	+30 kat lağımı
3-4	No-10 kuyu (Alman kuyusu)	312		90°	Dikey
4-5	No Kuyu dibi -922 varagel başı	1380		+ 0	-300 katı
5-6	922 varageli	200		14°	-300 /-350
6-7	Varagel dibi pano nefeslik lağım	<u>290</u>		- 0	-350 katı kot:-342
1-7	Toplam boru uzunluğu	3482			
	Dirsekler	<u>318</u>			
	Efektif yatay mesafe	3800			
	Efektif kot farkı	+276-(-342) = 618 m			



Şekil-6 : Römble Malzemesinin Dolu Dolu Akışı.



Şekil-7 : Ramblerun Tövarid Kdddr Doluşu.



Şekil- 8.- Oolmuş-Suzulmuş Römble Mdzempsi

6.2- Malzeme Büyüklükleri

Projede kabul edilen malzeme ile ilgili büyüklükler şunlardır:

Malzeme = -30/4-0.5 mm lavuar artığı

Yoğunluk $\gamma_s = 2.38$ t/m³

Ortalama boyut (4 numune ortalaması):

$$D_{50} = \frac{2.0 + 3.0 + 3.5 + 3.5}{4} = 3.0 \text{ mm}$$

Hacimsel karışım oranı = %30 k = 0.3

Ağırlıkça karışım oranı = %50

6.3- Üretim Büyüklükleri

Üretime ait proje karakteristik büyüklükleri aşağıda hesaplanmıştır:

Tam işçi ile 3.0 yükseklik 3.0 m derinlikte 38 m kazı yapıldığı takdirde:

Üretim miktar $M_u = 38 \text{ m} \times 3.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m} \times 1.3 \text{ t/m}^3$

$$= 450 \text{ t/gün}$$

Dolgu miktarı (6) $M_d = M_u = 450 \text{ t/gün}$

$$\begin{aligned} \text{Su miktarı (6) } M_{su} &= \frac{\gamma_{su}}{s} \left(\frac{1-k}{k} \right) M_d \\ &= \frac{1.0}{2.38} \left(\frac{1-0.3}{0.3} \right) 450 \text{ t} \\ &= 441 \text{ t/gün} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ağırlık konsantrasyonu } K_a &= \frac{M_d}{M_d + M_{su}} = \frac{450}{450+441} = 0.505 \\ &= \%50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Karışım yoğunluğu .. } \gamma_k &= (1-k) \gamma_{su} + \gamma_s k \\ &= 0.7 + 2.38 \times 0.3 \\ &= 1.41 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

6.4- Karışımların Hızının Hesabı ve "Çökelme" Tahkiki

Hidrolik dolgu şebekesinde karışım hızı ile ilintili büyüklüklerinin ve çökelme rejiminin oluşup oluşmadığının tahkiki adımlar halinde aşağıda belirtilmiştir:

$$\begin{aligned} \text{Toplam karışım debisi} \dots\dots\dots Q &= \frac{M_d}{\gamma_s} + M_{su} \\ &= \frac{450}{2.38} + 441 \\ &= 630 \text{ m}^3/\text{gün} \end{aligned}$$

Dolgu operasyonu $t = 2$ saat (kabul)

$$\begin{aligned} \text{Karışım debisi} \dots\dots\dots Q &= \frac{630}{2} = 315 \text{ m}^3/\text{saat} \\ &= \frac{315}{60 \times 60} = 0.0875 \text{ m}^3/\text{sn} \end{aligned}$$

$$\text{Karışım hızı} \dots\dots\dots V = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{0.0875}{\frac{\pi (0.150)^2}{4}} = 4.95 \text{ m/sn}$$

$$\text{Kritik hız} \dots\dots [6] \dots\dots V_k = F_L \sqrt{2 g D \frac{\gamma_s - \gamma_{su}}{\gamma_{su}}}$$

$$F_L = 1.34 \text{ hidrollkramble için [6]}$$

$$\begin{aligned} V_k &= 1.34 \sqrt{2 \times 981 \times 0.15 \frac{2.38 - 1}{1}} \\ &= 2.7 \text{ m/sn} \end{aligned}$$

$$\text{Karışım hızı} \quad V > V_k$$

Kritik hızdan büyük olmalı

$$4.95 > 2.7 \text{ m/sn}$$

Sonuç.....Salgu esnasında boru hattında "çökeltme" oluşmaz.

6.5- Boru Sürtünme Katsayısı

$$\text{Reynolds sayısı} \dots\dots\dots R_e = \frac{V \cdot D}{\gamma}$$

$$\text{Suyun } 10^\circ \text{ de viskozitesi} \dots\dots\dots \gamma = 0.01 \text{ cm}^2/\text{sn}$$

$$R_e = \frac{4.95 \text{ cm/sn} \times 15 \text{ cm}}{0.01 \text{ cm}^2/\text{sn}}$$

$$= 742500$$

$$> 2320$$

Akım türbulanslıdır. Bu rejim için:

$$\text{Sürtünme katsayısı [9]. . . . } \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log \left(3.41 \frac{D}{K} \right)$$

Boru şebekesi için K = 0.10 mm alınabilir [8]

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{\lambda}} &= 2 \log \left(3.41 \frac{150}{0.10} \right) \\ &= 7.42 \\ \lambda &= 0.018 \end{aligned}$$

6.6. Birin Yük (Sürtünme) Kaybı

Hidrolik dolguda yüksek karışım hızı (V > 5 m/a) ve yüksek hamimsal konsantrasyon (K[^]- 5620) dolayısıyla, yatay borulardaki karışıra "su" gibi davranış gösterir [9,103-

Bu durumda:

$$\begin{aligned} \text{Birim boru sürtünme kaybı } \dots\dots\dots J &= \frac{\lambda V^2}{2 g D} \\ &= 0.018 \frac{(4.95)^2}{2 \times 9.81 \times 0.150} \\ &= 0.1495 \sim 0.15 \text{ mm/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Toplam sürtünme kaybı } \dots\dots\dots \Delta H &= J \cdot \sum L \\ \text{Efektif boru uzunluğu } \dots\dots\dots \sum L &= 3800 \text{ m (Çizelge 2)} \\ \text{Efektif kot farkı } \dots\dots\dots \Delta H &= 618 \text{ m (" ")} \end{aligned}$$

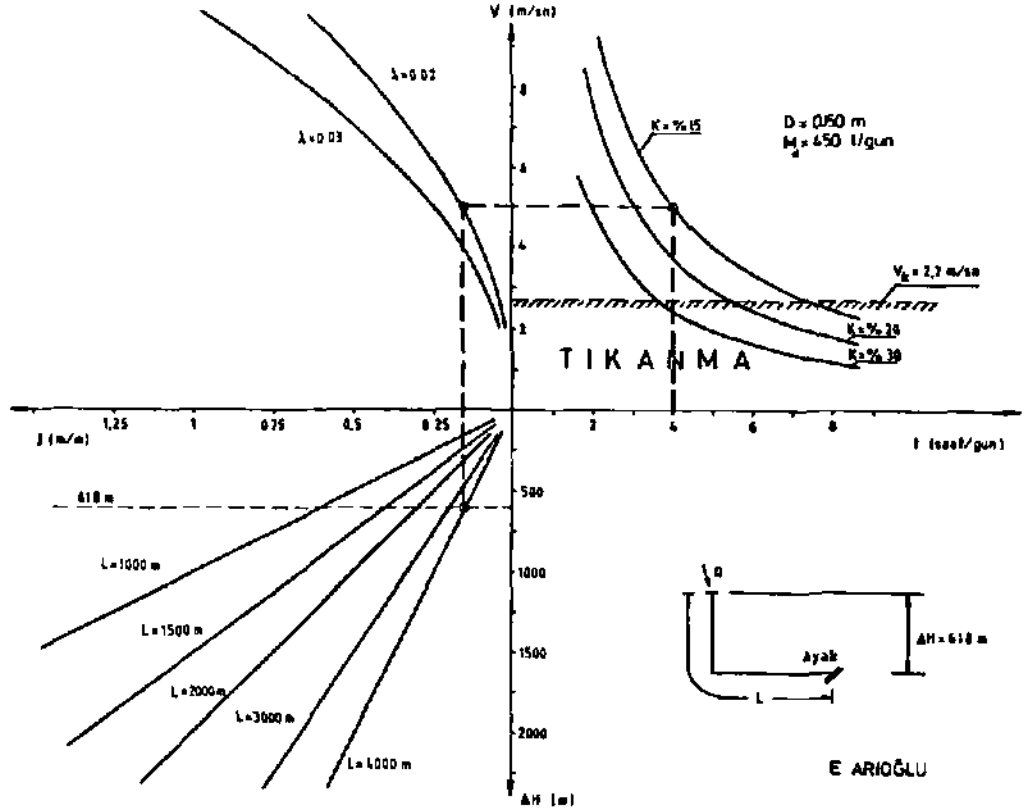
Dolgu akımı olabilmesi için efektif kot farkının toplam sürtünme kaybından büyük olması gerekir [6], Bu durumda:

$$\begin{aligned} 618 &> 3800 \times 0.15 \\ 618 \text{ m} &> 570 \text{ m} \end{aligned}$$

Sonuç: Dolgu akımı kolayca gerçekleşebilecektir.

6.7. Hidrolik Ramble Nomogram

Şekil 9'da verilen nomogram ile çeşitli hacimsel konsantrasyon oranları (K=%15, 5620, 5630) ve dolgu süreleri için hidrolik tasarım büyüklükleri (karışım hızı, birim boru sürtünme kaybı ve toplam yük kaybı) kolayca hesaplanabilmektedir. Ayrıca nomogram üzerinde tıkanma ve akım rejim bölgeleride işaretlenmiştir. Nümerik örnekte kabul edilen verilere karşı gelen tasarım büyüklüklerinin nasıl bulunacağı nomogram üzerinde kesikli hatlarla gösterilmiştir.



Seki1-9 : Hidrolik Ramble Nomogram*

7. ÖNERİLER

Aşağıdaki, önerilerinin işletmece yerine getirilmesine çalışılmalıdır:

a. işçi tertibi tam yapılmalı, hızlı çalışılmalı, panonun en kısa sürece bitirilmesine özen gösterilmelidir. Panonun üretim hızı "yangın" olasılığı bakımından 8 ayı kesinlikle aşmamalıdır [123].

b. İkinci dilim çalışmasında, boyunduruk, kama, sarma, fırça gibi ust elemanlar yerinden sokularak tekrar kullanılması yoluna gidilmelidir. Ancak çatallar yerinde kalabilir ve yeni bağların bu çatallar üzerine konması, tahkimatın batmasını önler, böylece, tahkimat malzemesinin 60X'ı kurtarılabilir ve yeniden kullanılabilir.

c. Son dilimde, ramble malzemesi hiç yıkanmadan, olduğu gibi ocağa sevk edilerek 9E15 hacimsel konsantrasyona 2 kg/t oranında alüminyum sülfat ilâve edilip, baraj arkası çökme durumu incelenmeli, çokmıyen ve kaneveçeden kaçan malzeme oranı tespit edilmelidir. Durumun avantajlı olup olmadığı, olayın ekonomik sonucu etüd edilmelidir.

d. Çeşitli nedenler ile geçlik olayı olabilir. Gocuk, komurü meydana çı-karacağı, çıkan komurun zamanla kızışıp yangına sebebiyet vereceği unutulma-malıdır. Gocuk yapmamaya azami itina gösterilmelidir.

e. Yangın ihtimalini tamamen önlemek için, tavandan-tabana doğru dilimleme yöntemi denenmelidir. Tabana serilecek tel kafes+kaneveçe+kamalar ıyı bir "Sun'ı Taşran" oluşturarak ve 6 aylık bir çalışmadan sonra kafi derecede sert-leşerek altında çalışmaya müsaade edebilir. Bu yöntemde, tavanda askıda komur olmayacağı için, yangın konusu tamamıyla önlenebilir [13].

8. TEŞEKKÜR

Bu tebliğin hazırlanmasına imkan veren bu müsbet çalışmayı hazırlayan ve uygulamasını fiilen yapan Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü ve Armutçuk Taşkömürü işletmesi personeline, malzeme etudunu sağlayan istanbul Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bolumu ve Ver Bılımlen-Yeraltı Kaynakları Uygulama-Araştırma Merkezine alenen teşekkür olunur.

KAYNAKLAR

- [13] OZKAL.K. "Practice of Hydraulic Sandstowmg in Armutçuk Coalfield" CENTO Symposium on Coal, Zonguldak (1961).
- (2) GUNEY.M. "Zonguldak Komur Ocaklarında Yeraltı Madencilik Faaliyetleri" MTA Enstitüsü Dergisi, Sayı 68,S.127+131,Nısan (1967).
- [3] BAYINDIR, A. 1961-63 Hidrolik Ramble Uygulamasında Kendisi ile Yapılan Söyleşi,(1987).
- (4) BIRON, C- ARIOĞLUj E.-YÜKSEL, A. "Armutçuk Üretim Bölgesinde Uygulanacak Hidrolik Dolguda Kullanılacak Lavvar Artığının Mühendislik Özellikleri" -Maden Mühendisleri Odası Bilimsel ve Teknik 9. Kongresi- Ankara, 6-12 Mayıs U985).
- [5] ITU YBYK UYGAR MERKEZİ. "Türkiye Taşkömürü Kurumu Armutçuk Taşkömürü MÜessesesi Hidrolik Ramble Uygulaması Projesi" - Aralık (19S7)
- (6) BIRON, C. - ARIOĞLU, E. "Maden'lerde Tahkimat işleri ve Tasarımın- Birsen Kıtapevr (1980) Birinci baskı, (1985) ikinci baskı.
- /7/ ARIOĞLU, E. Uludağ Wolfram Artığının Ocak Dolgu Malzemesi Olarak incelenmesi. Doçentlik Tezi, »ITU Maden Fakültesi, Mart 1982.

- (8) SIGINER , A.- MUTLU, S.Çözümlü Hidrolik Problemleri, Çağlayan Kitapevi istanbul, (1974).
- (9) THOMAS, E.G. - MANTEL, L.H.- NOTLEY, K.R. "Fill Technology in Underground Metalliferous Mines" - International Academic Services Ltd., Ontario, CANADA (1979).
- [10] ARI OĞLU, E. "Açık Deniz Madenciliğinin Bazı Önemli Hidrolik Esasları" İstanbul teknik Üniversitesi Dergisi, Cilt - 34, No.3 (1976).
- [11] GİNEŞİ, S.A.-KOÇ, H."TTK Kurumu Armutçuk Taşkomur işletme Müessesesi Hidrolik Ramble ve Ocak Yangınlarının Önleme Teçhizatına Ait Gerekçe Raporu" - 25.4 (1985).
- (12) ARIOĞLU, E.- YÜKSEL, A.E.K. Armutçuk Bölgesi Yangın Olaylarının istatistiksel Değerlendirilmesi ve Eski Hidrolik Dolgu Uygulamasının Kritiği, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 8. Kongresi, Ankara, (1983).
- [13] BIRON, C.-ARIOĞLU, E.Design of Reinforced Artificial Roof of the Thick Lignite Seam For the Some Mine of Turkey, Journal of Mines, Metals, Fuels of India February 1978.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ

The Sixth coal congress of TURKEY

LAVUAR ARTIĞIMDAN URETİLEN HİDROLİK DOLGU MALZEMELERİNDE AKIŞ ÖZELLİKLERİ

THE FLOW CHARACTERISTICS THROUGH HYDRAULIC PILLING MATERIALS PRODUCED FROM COAL WASHERS REJECTS

Gürel ENJÜR*

ÖZET

Bu çalışmanın konusu, sistematik olarak tane boyu dağılımı değiştirilen lavuar artıca dolgu malzemelerinde su akışı özelliklerinin incelenmesidir. Özel permeabilite deney sistemi geliştirilmiştir. Basınç gradyeni (dP/dL)-eu akışı hızı (v) ilişkileri, ortamların gerçek permeabilite değerleri (K_0) ve bu permeabilite değerlerinin kare kokunu karakteristlik uzunluk alarak fanning sürtünme faktörleri (f_k) ve Reynold (R_k) sayıları arasında ilişki incelenmiştir. Ortamların gerçek permeabilite değerlerini (K_0) tane boyu dağılımı parametrelerine bağlayan bir eşitlik geliştirilmiştir. Gerçek permeabilite değeri $K_0=1 \times 10^{-9}$ (m^2 değerinden büyük olan ortamlarda laminer akışın hakim olduğu düzensiz veya geçiş akış, küçük olan ortamlarda Darcy kuralının tamamıyla geçerli olduğu laminer akış gözlenmiştir.

ABSTRACT

The subject of this paper is concerned with the investigating water flow characteristics through the backfill materials of coal washery rejects with respect to systematic variation in their particle-size distribution. A special permeability test system has been developed. Followings have been inspected: Relationships between pressure gradient (dP/dl) and flow velocity (v), True permeabilities (K_0), Relationship between Fanning friction factor (f_k) and Reynold number (R_k) by using the square root of permeability as characteristic length. An equation which expresses the true permeability (K_0) in terms of particle-size distribution parameters has been developed. It has been observed that, the non-linear or transition flow in which laminar flow dominant exists through materials which have true permeabilities (K_0) greater than $K_0=1 \times 10^{-9}$ (m^2) and complete laminar flow governed by Darcy law exists through materials, which have true permeabilities (K_0) smaller than $K_0=1 \times 10^{-9}$ (m^2)

x) Dr.Maden İlik.Müh. ,H.Ü.Mühendislik Fak.,Maden Müh.Böl., Beytepe-AHKARA

1. GİRİŞ

İladan ocaklarında hidrolik dolgu olarak kullanılan malzemelerde su akışı Darcy kuralının geçerli olduğu tam laminar akış olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, özellikle tana boyu dağılımına bağlı olarak büyük farklılık gösteren su akışı özelliklerinin anlatımı ve değişimi konusunda bilgi sahibi olmak üzere bir seri deney programlanmıştır. Çalışma malzemesi olarak lavuar artıklarının seçilmesi nedeni, bu malzemelerin ocaklarda en yaygın hidrolik dolgu taahhüdü olarak kullanılmalarıdır. Armutçuk Bölgesi lavuar artıklarından geni-, hacimde örnek getirilmiştir. Eleme» grunlandırma ve karıştırma yöntemleri ile çeşitli tana boyu dağılımında malzemeler üretilip, özel olarak dizayn edilen test sistem ve programında çalışmalar yürütülmüştür.

2. TEORİK BİLGİ

2.1. Poroz Ortamda Akış

Fİ, Nuskat, poroz ortamda turbülanslı akışı aşağıdaki ŞBkılde ifade etmiştir(1):

$$\frac{dP}{dL} = r v + u v^2 \quad [1]$$

Burada, dP/dL birim mesafede basınç düşmesini, v ise makroskopik akış hızını gösterir, r ve u akışkana ve poroz ortama bağlı sabit sayılardır.

Laminar ve turbülanslı akımlar için verilen genel boyutsal ifade;

$$\frac{dP}{dL} = f(v, K, \rho, \mu) \dots \quad [2]$$

Burada, f bilinmeyen fonksiyonu, K poroz ortamın permeabilitesini, ρ akışkanın (su) kütle yoğunluğunu, ve μ akışkanın mutlak viskozitesini sembolize etmektedirler.

öyutsal analize yore (-0 :

$$\left[\frac{dP}{dL} \right] = \left[v^a K^b \rho^c \mu^d \right] \quad [3]$$

Eşitliğin iki tarafındaki parametrelerin ana boyutlar kütle, M, uzunluk, L ue zaman T ile belirlenen karşılıkları yerleştirilirse;

$$\left[M L^{-2} T^{-2} \right] = \left[M^{c+d} L^{a+2b-3c-d} T^{-a-d} \right]$$

elde edilir, a ussuna bağlı olarak b, c ve d çözümlenirse;

$$\frac{dP}{dL} = \rho \left(v^a K^{\frac{a-3}{2}} \mu^{2-a} \right) \quad [5]$$

ue 1 ue 5 denklemleri birleştirilirse;

$$\frac{dP}{dL} = \sum_{a=1}^{a=2} C_a v^a K^{\frac{a-3}{2}} \mu^{2-a} = C_1 \frac{v}{K} + C_2 \frac{\rho}{K^{1/2}} v^2 \quad [6]$$

Paraz ortamda laminer akış, Darcy kuralına göre verilmiştir (3) :

$$\frac{dP}{dL} = \frac{\mu v}{K} \quad [7]$$

Du^uk hızlarda, 6. denklemindeki (C₂ρv /K ') terimini onamsiz kalmakta va b va 7 ifadeleri eşitlenmektedir, üü nedenle, C₂= 1 olmaktadır. Basit sakilde yazılırsa, 6 ifadesi,

$$\frac{dP}{dL} = \frac{v}{K} + \frac{c\rho v^2}{\sqrt{K}} \quad [8]$$

olmaktadır •

Yüksek hızlarda 8 ifadesi,

$$\frac{dP}{dL} = \frac{c_P v^2}{\sqrt{K}} \quad [9]$$

ifadesine yaklaşmaktadır.

Çok araştırmacı, poraz ortamda akış özelliğini belirlemede kullanılan boyutsuz Reynold sayısını karakteristik uzunluğu \sqrt{K} olarak ifade etmektedirler (4)(5).
Permaoilite Reynold sayısı,

$$R_k = \frac{v \sqrt{K} \rho}{\mu} \quad [10]$$

Diğer taraftan, borulardaki akışa benzer olarak poraz ortamda sürtünme kaybını belirlemede boyutsuz Fanning sürtünme faktörü (f_k) kullanılmaktadır (6);

$$f_k = \frac{dP}{dL} \frac{\sqrt{K}}{v^2 \rho} \quad [11]$$

Öylece, eşitlik 7 de verilen Darcy kuralı,

$$f_k = \frac{1}{R_k} \quad [12]$$

olarak yazılabilir. Eşitlik 11 den

$$f_k = \frac{1}{R_k} + C \quad [13]$$

Üb eşitlik 9 dan

$$f_k = C \quad [14]$$

elde edilir.

Bu sonuçlara göre, deneylerde elde edilen R_k değerlerine karşı f_k değerleri, laminar (düzenli) akış koşulunda eşitlik 14 ile verilen ilişkide, düzensiz (non-linear) akış

koşullarında eşitlik 13 ile verilen ve türbilanslı akış durumunda eşitlik 14 da verilen ilişkide dağılım göstereceklerdir .

1.1. Perméabilité (K) Değerlerinin Bulunması

Dolgu karışımlarının meydana getirdiği poroz ortamların permeabiliteleri $\frac{v_p}{\mu}$ vs karşılık eşitlik 12 den elde edilen l/K nin grafik olarak çizilmesi ile elde edilir. Bu ilişki düzgün doğrusal, ilişkidir. Doğrunun, l/K ordinatını., $\frac{v_p}{\mu}=0$ başlangıcında kestiği l/K değerinin tersi ortamın gerçek permeabilitesini (K_0) vermektedir. Doğrusal ilişki şu şekilde verilebilir;

$$\frac{l}{K} = \frac{l}{K_0} + \epsilon \frac{v_p}{\mu} \quad [15]$$

veya

$$\frac{dl}{\mu v} = \frac{l}{K_0} + \epsilon \frac{v_p}{\mu} \quad [16]$$

$$\frac{dl}{dL} = \frac{l}{K_0} \mu v + \epsilon \rho v^2 \quad [17]$$

Görüleceği üzere, eşitlik 17, $E = C/\rho K$ alınmak suretiyle, eşitlik 8 ile aynı olmaktadır. Laminer akış koşulunda, $E \rho v = \mu$ veya $E = \mu / \rho v$ ($c=0$) olacağından, $\frac{v_p}{\mu} = l/K$ doğrusu apsise paralel doğru durumuna gelecektir ($l/K = l/K_0$).

3.1.1. Malzeme Tane Boyu Dağılımı

Poroz ortamın özellikleri, ortamı meydana getiren tanelerin şekil ve yapılarına, malzemenin tane boyu dağılımına bağlıdır(7). Tek tip malzeme kullanıldığında, ortamları Dinlerce tane meydana getirdiğinden istatistiksel olarak ortamların tane şekil ve yapılarının farklılaşması önemsiz olmaktadır(3).

Literatürde, tane boyu dağılımını belirlemek üzere aşağıdaki parametreler kullanılmaktadır,

d = En büyük tane boyu

d . = En küçük tane boyu

d, Q = Etkin tane boyu» malzemenin ağırlıkça % 60'unun geçtiği elek açıklığında tane boyu

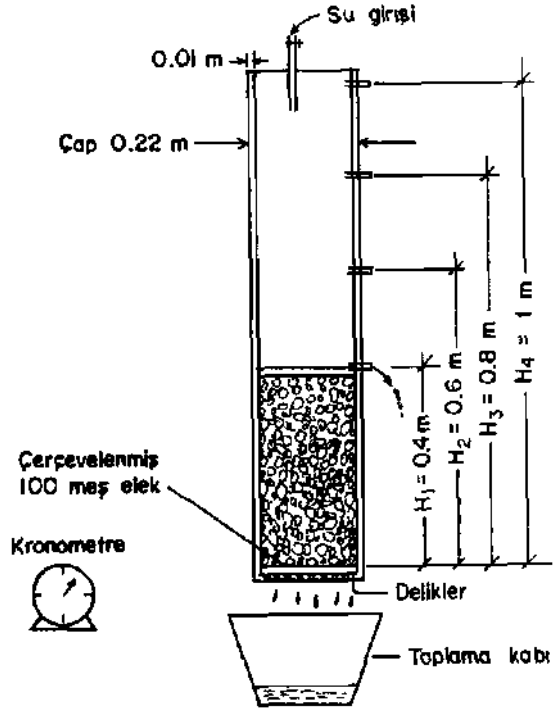
c = Üniormluluk katsayısı, $c_{60}^*/d, g$

c = Derecelenme katsayısı, $d, q / d_{endin}$

Burada, d_{60} ve d_{30} malzemenin ağırlıkça % 60 ve % 30'unun geçtiği elek açıklığındaki tane boylarıdır*

3. PERMEABILITE DENEYLERİ

Permeabilite deneyleri düşey tipte ve sabit seviyeli olarak yapılmıştır. Kullanılan sistem ve artan seviye kademeleri Şekil.1 de gösterilmektedir.



Şekil.1. Laboratuvarda kullanılan Permeabilite test sistemi.

Kullanılan malzemedeki en büyük tane boyutuna (d_{max}) göre silindirik kabın çapı (D) belirlenmiştir ($D > 10 d_{max}$) (9j)» Malzeme kolan yüksekliği (L) 35-40 cm arasında değişmektedir. Deney malzemesinin, hazırlanması ve deney kabına yerleştirilmesinde uyment ve Nicholson tarafından öngörüler» işlemler uygulanmıştır!ü)• Dabi okuma dağerleri asit zaman aralıklarında (5 dakika) 4 ila 5 defa alınmış ve bunların ortalaması alınmıştır» Dort su yüksekliği kademesinde ($h = Q \cdot 4, Q \cdot 6, \dot{U} \cdot a, l \text{ m}$) elde edilen akış hızları u (m/san) ile basınç gradyeni rP/dL (Neuton/nı /m) ve hız u (m/san) ilişkileri incelenmiştir. Her seviyede hesaplanan, permeabilite (K) değerleri ile daha önce verilmiş olan yöntemle ortamın gerçek permeabilite değeri (K) bulunmuştur. Permeabilité (K) değerinin hesaplanması ve kullanılan birimler aşağıda verilmiştir :

$$K = \frac{Q \cdot L \cdot \mu}{H \cdot A \cdot \rho^2 \cdot g}$$

2

Burada, K = Permeabilité, m
Q = Süzülen su kütlesi kg/san
L = Gözenekli ortamın yüksekliği, m
H = Su sütununun yüksekliği, m
A = Gözenekli ortamın akış yönüne dik kesit alanı, m²
/* = Akan suyun dinamik viskozitesi, kg/m.san
p = Akan suyun yoğunluğu, kg/m³
g = Yer çekimi ivmesi, m/san

4» DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Armutçuk Bölgesi lavuar artıklarından alınan numuneler genelde siltaşı ve kumtaşı karışımıdır. Siltaşları miktarca çok daha fazladır. Bu numunelerden hazırlanan deney malzemelerindeki taneler değişik ve farklı biçimlerde. Genellikle, köşeli ve düzgün olmayan yüzey ve kenarlara sahip, uzun, yassı., prizmatik şekiller hakim olup, taneler arasında en/bay, Bn/kalınlık oranları farklılık göstermektedir. Üzgül ağırlık değeri, G =2.57 olarak bulunmuş ve su emme yüzdesi A=% 1.7 olarak elde edilmiştir.

Deneyleri yapılan malzemeler numaralanmış ve tane boyu dağılımını belirleyen parametreler ve ortam porozite-
leri n (boşluk hacmi/toplam hacim) Tablo.1-de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan malzemelerin Özellikleri

Malzeme No.	En büyük tane boyu max (mm)	% 30 mal. geçen boy d_{80} (mm)	Uniform. katsayısı C_u	DereceİBn. katsayısı C_c	Etkin çap d_{10} (mm)	En küçük tang boyu min (mm)	Porozite n
1	U.2	6.52	3.04	0.71	0.197	0.15	0.427
2	19-0	9.5	17.7	0.226	0.22	0.15	0.378
3J	19.0	11. U5	14.25	1.23	• .36	0.15	0.374
4	19.0	10.44	13.06	2,37	0.5	0.15	0.43
5	19.0	S.25	3.9	0.77	0.96	0.5	0.489
6	19.0	9.09	5.02	0.757	0.BÜ	0.5	0.439
7	19.0	15.76	12.33	0.9	0.97	0.5	0.429
a	13.2	B.59	7.2	1.033	0.B7	0.5	0.451
9	19.0	15.23	6.59	1.93	1.64	0.5	0.46
10	19.0	12.13	a.6a	1.3	1.13	0.5	0.448
11	19.0	10.0	4.53	1.11	1.52	0.5	0.462
12	19.0	12.23	4.33	1*26	2.35	0.5	0.476
13	19.0	12.33	3.43	1.38	3.23	0.5	0.485
14	19.0	İS.46	3.0	1.09	4.03	3.36	0.483
15	19.0	12.2	3.27	1.47	3.2	0.5	0.484
16	19.Ü	15.43	5.J5	0.9	2.26	0.5	0.462
17	19.0	16.0	2.9	0.93	4.33	3.36	0.494
18	19.0	12.23	2.04	1.0	5.1	3.35	0.498
19	19.0	16.1	1.73	0.9	7.63	6.7	0.513

Yükselen dört su basıncı (dP/dL) değerlerinde sdd& edilen su akış hızları (v) ile hesaplanan permeabilitB (KJ değerlerinden bulunan l/K ve vp/yw ilişkileri Şekil 2 ve Şekil S da verilmektedir. Şekil 2 dgn 1 den İÜ a kadar numaralanmış malzeme modellerinde su akışının tamamıyla laminer olduğu, görülmektedir. Şekil 3 de ise, doğruların eğimlerinin mevcut olması, eşitlik 16 da verilen E nin sıfırdan büyük değerinin olduğunu va eşitlik 17 de verilen. ilişkinin geçerliliğindi göstermektedir. D hal.de 11 den 19 a kadar numaralanan malzeme modellerinde laminer ve türoilanslı akım karışımı düzensiz akım koşulları mevcuttur.

Şekil 4 de, oasinç gradyeni (dP/dL) ve akış hızı v ilişkileri görülmektedir. 1 den İÜ a kadar numaralanan malzemelerdeki ilişki Darcy kuralı ile verilmektedir. Diğer malzemelerde parabolik ilişkiler, Darcy kuralından ayrılmaları göstermektedir »

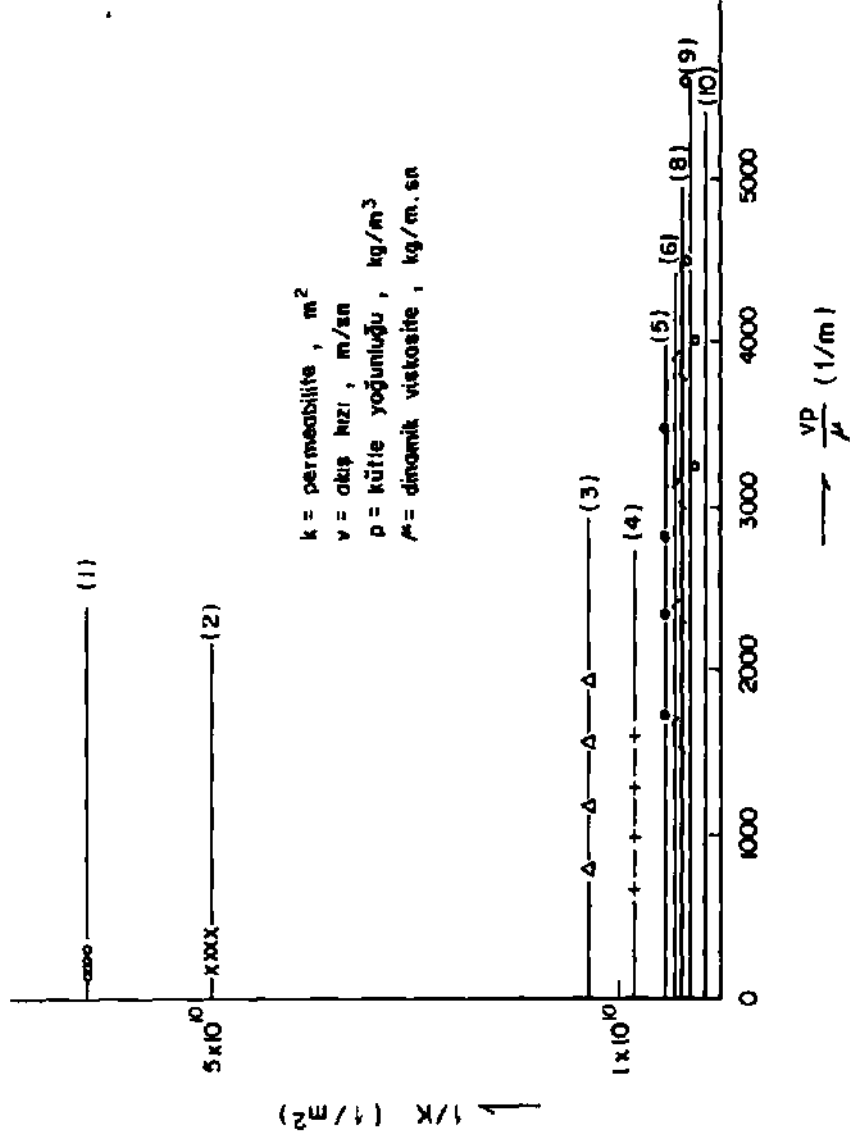
Taalo 2 de ise, numaralanmış malzemelerin gerçek perméabilité değerleri (K), basınç gradyeni /dP/dL)-hız(v) fonksiyonlarının parametreleri ve permeabilite Reynold sayıları (R.J ve Fanning sürtünme faktörleri (f.) verilmektedir.

Şekil 4 ve Taalo 2 deki verilerden 11 no.lu malzemede çok küçük oranda düzensiz akış başlangıcı olduğu görülmektedir, üenel olarak, gerçe* HB^{rf}neaD_{1±}ite (K) değerleri K = 1x10 delerinden yüksek olan, malzemelerde düzensiz akış etkisi, gerçek, perméabilité (K) değerleri bu değer, altında olan malzemelerde Darcy kuralı ile ifade edilen laminer akışın tamamıyla geçeri olduğu görülmektedir.

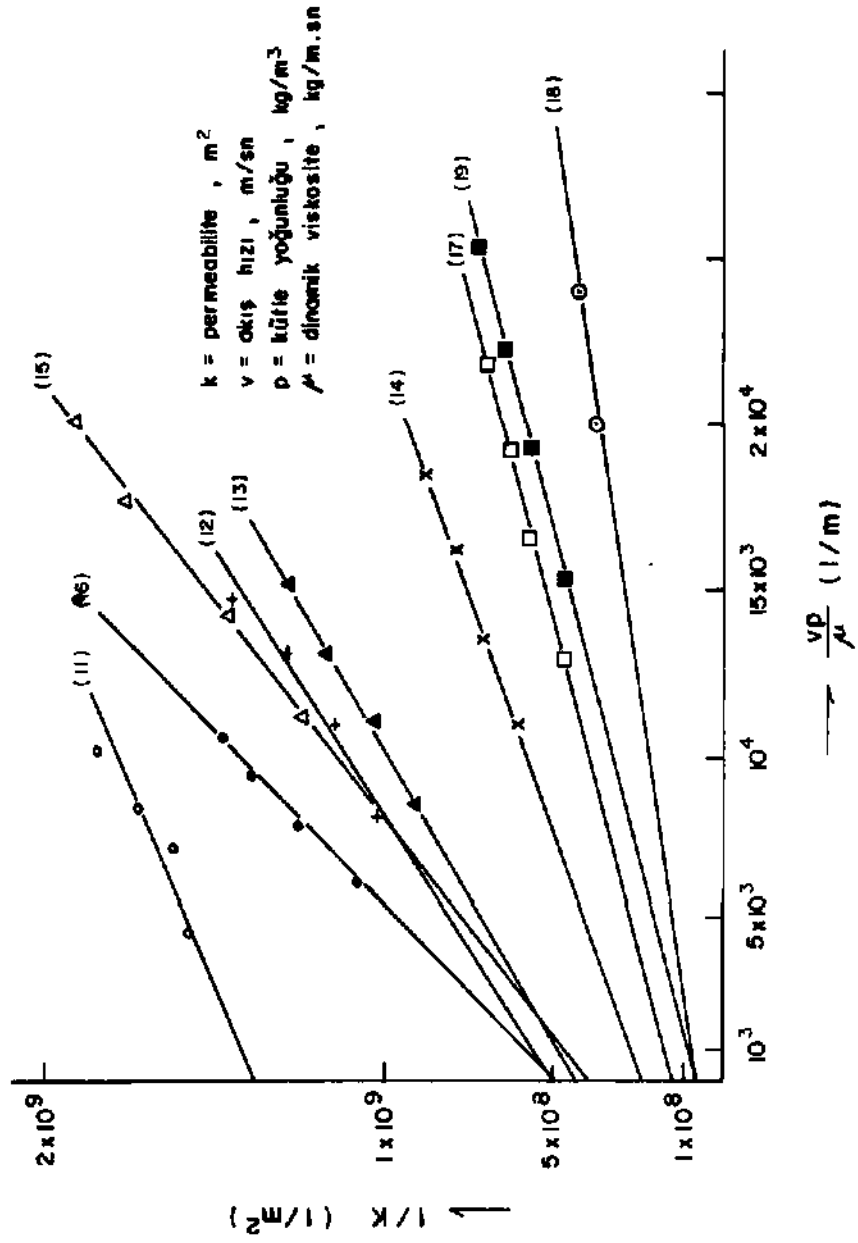
Gerçek permaabilite (K J değerlerinin Tablo 1 deki verilerle yapılan istatistik matematiğine göre değerlendirilmesinde

$$K_d = 3.348 \times 10^{-11} (d_{10})^{2.07} (C_p)^{-0.01} (n)^{-2.83} \quad [IB]$$

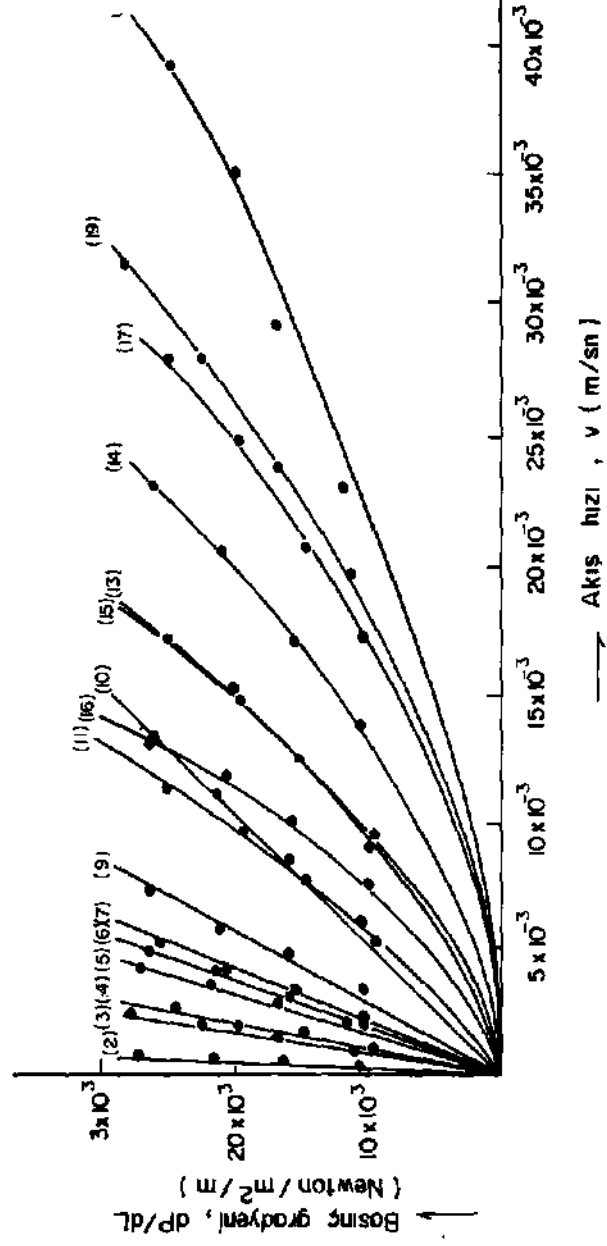
korelasyon i fades i elde edilmiştir(korelasyon katsayısı, r=Ü.97). Buradaki d, ^, C , n parametreleri Tablo 1 de verilmektedir.



Şekil 2. Gerçek permeabilite değerlerinin (K) bulunması (rakamlar malzeme numarasını göstermektedir).



Şekil 3. Grafik yöntemle gerçek permeabilite değerlerinin (K) bulunması (rakamlar malzeme numarasını göstermektedir).



Şekil 4. Basıncı gradyanı (dp/dL)-akış hızı (v) grafikleri (rakamlar malzeme numaralarını göstermektedir).

Taio 2. Permeabilite deneylen sonuçları

Matzeme No.	Gerçek Permeabilite K_0 (m^2)	Basiç gradyanı, dP/dL (Newton/ m^2/m)-hiz, v (m/san) fonksiyonu		hidrolik gradyan $dh/dL \approx 1$	
		$dP/dL = r v + w v^2$		Reynold sayısı R_k	Fanning sirtunme faktörü f_k
		r	w		
1	1.6×10^{-11}	81 180 017	-	4×10^{-4}	2554
2	1.97×10^{-11}	59 090 910	-	6.44×10^{-4}	1601
3	7.64×10^{-11}	14 928 298	-	0.007	143
4	1.17×10^{-10}	11 418 309	-	9.7×10^{-3}	106
5	1.76×10^{-10}	6 488 476	-	0.023	43
6	2.18×10^{-10}	5 636 596	-	0.02453	41
7	2.24×10^{-10}	5 347 347	-	0.045	23
8	2.51×10^{-10}	5 174 415	-	0.024	41.2
9	3.4×10^{-10}	3 620 457	-	0.061	16.1
10	6.37×10^{-10}	1 976 778	-	0.12	8.3
11	7.17×10^{-10}	1 633 651	42 618 339	0.114	15.5
12	1.92×10^{-9}	577 200	61 745 193	0.354	5.57
13	2.28×10^{-9}	499 089	56 423 520	0.398	5.44
14	4.29×10^{-9}	303 392	35 248 716	0.69	3.69
15	2.5×10^{-9}	456 000	59 940 000	0.39	6.17
16	2.0×10^{-9}	632 500	99 970 000	0.265	8.2
17	6.67×10^{-9}	190 500	25 000 000	1.06	3.0
18	1.25×10^{-8}	96 000	12 987 000	2.26	1.91
19	1.33×10^{-8}	10 252	41 970 009	1.78	3.55

Akış özelliklerinin daha iyi anlaşılması için Tablo 2'de verilen Reynold sayısı, R^* değerleri ile Fanning sürtünme faktörü f değerlerinin ilişkisi Şekil 5'de yerleştirilmiştir. f ve R^* değerleri, ocaklardaki hidrolik gradyene en yakın olan ve deneylerde ilk yüksekliğe tekabül eden $dH/dl - 1$ hidrolik gradyeninde hesaplanmıştır (Burada dH su sütunu yüksekliğini ve dL malzeme yüksekliğini göstermektedir). Şekilde geçiş zonu olarak yazılmış olgü görülmektedir. Bu geçiş zonu, tam laminar akış ile tam turbulanslı akış arasındaki zondur. Literatürdeki çalışmalara bakılırsa çeşitli malzemelerde geçiş zonu sonu değişik R^* değerlerinde olabilmektedir ($R^* = 15-20$)(1)(4)(7). Şekil 5'de geçiş zonu üzerindeki deney noktaları geçiş zonu başlangıç bölümünde yer almaktadır. O halde, bu noktaların temsil ettiği akış, laminar ağırlıklı, yer yer turbulanslı akışın görüldüğü bir düzensiz akış modeli olarak açıklanabilir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

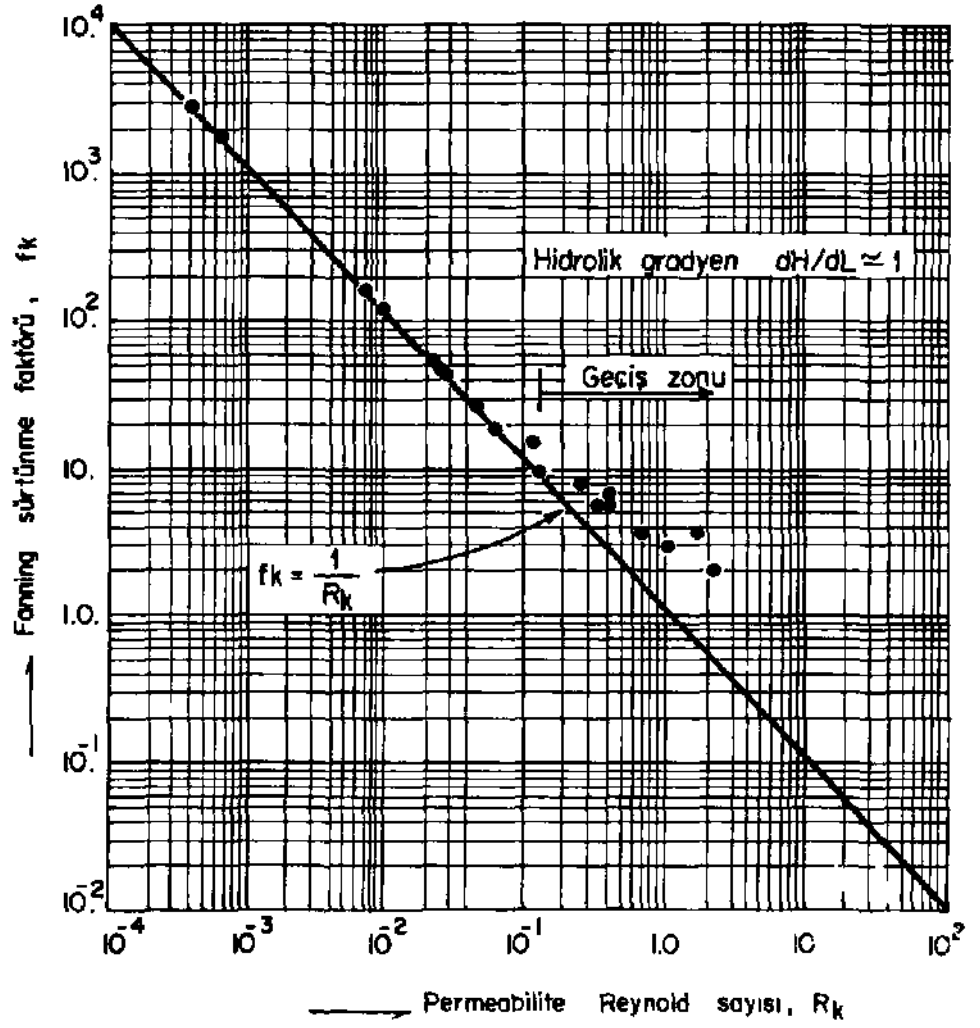
Dolgu ortamlarının su akış özelliklerini belirtmede kullanılan parametrelerde Reynold sayısı R^* , Fanning sürtünme faktörü f karakteristlik uzunluk olarak ortamın permeabilite değeri K kare kökünü alınması anlamlı sonuçlar vermiştir.

Malzemenin permeabilite, K (m) değerini malzeme tane boyu dağılımını ifade eden parametrelere bağlayan bir ilişki geliştirilmiştir.

$$K = 3.348 \times 10^{-11} (C_c)^{-0.01} (n)^{-2.85} (d_{10})^{2.07}$$

Burada, C_c derecelenme katsayısı, d_{10} (mm) etkin çap ve n porozitedir. Anlamları metin içinde verilmiştir.

Perméabilité değerleri, $K = 1 \times 10^{-9} / (m^2)$ değerinden büyük alan malzemelerde tam laminar akışdan sapma görülmekte ve laminar akış ağırlıklı düzensiz akış başlamaktadır.



Şekil 5. Permeabilite Reynold sayısı, R_k -Fanning sürtünme faktörü, f_k ilişkisi

KAYNAKLAR

- 1 • JARÜ,3.C,Turbulent Flou in Porous Media, Journal of Hydraulic Division, Proceedings of ASCE,Vol 90, 'No,4Q19, September 1964, pp. 11-L2.
2. ŞErtYUR.G.,Statik va Dinamik, Ders Notları, H.U. mühendislik fak., Maden Böl., 19B6, 200 sayfa.
- 3* HUdBERT,K.G.,The Theory of Groundwater Motion, The Journal of Geology, Volume XLUIII, No.5, November-December 1940, pp. 901-911.
- 4» ARBHABHIRAMA,A.,ANTaNID,A., Friction Factor and Reynolac Numöer in Porous Media flou-, Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of ASCE, l/ol 9.5, No.9784, June 1973, pp. 901-911.
- 5.. HARLEMAN,D.R.F.,MEHLHURN,F.F. and RuMER,R.R.»Dispersion-Permeability Correlation in Porous Media, Journal of tf-3 Hydraulic Division, Proceeding* of the ASCE, Vol.69, No.3459, harch 1965, pp. 57-84*
6. DE UIEST,R.J.M., Flou Through Porous Media, Academic Piess, mauYork, 19D9, 53Ü p,
7. BEAR,J.,Dynamics of Fluids in Porous Media, American Elsevie Puti. Lomp., Nau York, 1972, 756 p.
- a. (*1ARSAL,K.J.jContact Forces in Sails, and Roakfill Materials, Proceedings of 2 nd. Pan. Am* Conf. on Soil Mech. and Found. tn-g-, Vol. II, Sao Paulo, Brasil, 1353, pp. 67-9a.
9. ŞENYUR,G.,The Behaviour of Pneumatic Filling Materials in One-DifBBnsJonal Compression, Ph.D. Thesis, METU, Ankara, 19B5, 27a p.
10. UAYI1ENT,U.R. and NICH0LS0N,D.E., A Proposed Modified Percolation. Rate Test for Use in Physical Property Testing of Pline Backfill, U.S. Bur. Mines.Kept. Inv. 6552, 1964.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth Coal Congress of TURKEY

KALIN KÖMÜR DAMARLARININ ÜRETİLMESİ SIRASINDA OLUŞAN
GERİLMELERİN İNCELENMESİ

THE DETERMINATION OF STRESS DISTRIBUTION WHICH FORMS DURING
LONGWALL MINING OPERATIONS OF THICK COAL SEAMS

Halil KÖSE*
Yalçın CEBİ**

ÖZET

Bu çalışmada, kalın kömür damarlarının uzunayak yöntemi ile üretilmesi sırasında oluşan gerilme dağılımı, Sonlu Elemanlar Yöntemi yardımı ile aşağıda sıralanan üç ayrı alternatif halinde incelenmiş ve sonuçları irdelenmiştir.

- Kömür damarının arkadan geçertmeli (blok geçertmeli) uzunayak yöntemi ile kazanılmasına göre
- Kömür damarının ta/an ve taban ayak uygulanarak kazanılmasına göre
- Kömür damarının uzunayak yöntemi ile üç dilim halinde aynı anda kazanılmasına göre.

ABSTRACT

In this study, the determination of stress distribution which forms during three different longwall mining operations of thick coal seams by finite element method are described. These different methods are:

- Longwall mining with Block-caving
- Longwall mining with simultaneous LS slicing and block-caving
- Longwall mining with simultaneous slicing

(*) Doç.Dr., Maden Yük.Müh., D.E.Ü. Maden Muh.Böl., Bornova-İZMİR
(**) Araş.Gör.Maden Müh., D.E.Ü. Maden Müh.Böl., Bornova-İZMİR

1- GİRİŞ

Kömür madenlerinde sık sık yaşanan kaya patlaması ve göçük gibi can kaybına neden olan uzucu alaylar ile uzunayaktaki kesit daralmalarının (konverjansların) önceden tahmin edilerek önlem alınması için, a bölgede etkin alan birincil ve ikincil gerilmelerin gerçeğe yakın bir şekilde hesaplanabilmesi gerekir. Birincil gerilmeler yerçekimsel basınçlar ve tektonik diagenetik basınçlardan, ikincil gerilmeler ise yeraltında açılmış olan boşluklardan dolayı oluşmaktadır.

Yerçekimsel basınçların etkisi ile oluşan gerilmeler, kayacın özgül ağırlığı ile derinlikten kalayca hesaplanabilmektedir. Tektonik ve diagenetik basınçlar ile ilgili araştırmalar da uzun süreden beri yoğun bir şekilde yapılmaktadır (1, 5, 7, 12, 13).

Uzunayaklar etrafında oluşan gerilmeleri (ikincil gerilmeler) açıklamak amacıyla ile, ölçüm ve gözlemlere dayanan bir çok basınç teorileri ortaya atılmıştır. Bu teoriler ile ilgili detaylı bilgileri referanslardan sağlamak mümkündür (3, 6, 9).

hayaçların tüm özelliklerinin (katmanlaşma, süreksizlik, E Modülü, özgül ağırlık v.s. gibi) göz önüne alınarak çeşitli parametrelere göre, uzunayaklar etrafındaki gerilmelerin Sanlu Elemanlar Yöntemi yardımı ile incelenmesi ilk olarak D.E.Ü. Maden Mühendisliği Bölümünde Möse tarafından yapılmış ve sonuçları 1966 yılında Türkiye 5. Kömür Kongresinde sunulmuştur (9).

Anılan kongre sırasında Tunçbilek, Soma ve Seydazarı'nda çalışan teknik elemanlar ile yapılan bilimsel tartışmalardan, kalın kövrük damarlarının kazanılması sırasında uygulanan uzunayakların (tavan ayak ile taban ayağın) birbirlerini ne şekilde ve hangi oranda etkileyeceği konusunda detaylı araştırmaların yapılmasının çok yararlı olacağı görüşüne varılmıştır.

Konusu belirlenmiş olan araştırmada, Tunçbilek kömür madeni örnek olarak alınmış ve gerilmeler Sanlu Elemanlar Yöntemi ile aşağıda sıralanan üç ayrı alternatifte göre hesaplanmıştır.

1- Kömür damarının arkadan göçertmeli (Blok Göçertme) taban ayak uygulanarak kazanılmasına göre,

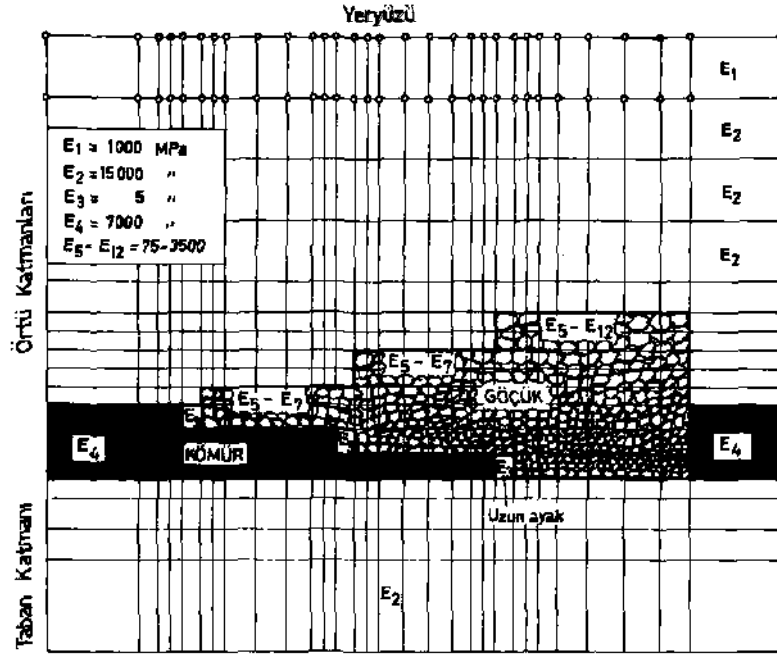
2- Kömür damarının tavan ve taban ayak uygulanarak kazanılmasına göre Ctaban ve tavan ayak arasında kalan kömür taban ayağın arkasından gö'çertilerek kazanılacaktır),

3- hömür damarının üç dilim halinde uzunayak ile aynı anda kazanılmasına göre.

2. KDMÜR DAMARININ ARKADAN GDÇERTMELÎ UZUNAYAK (TABAN AYAK) ÜRETİM YÖNTEMİ İLE KAZANILMASI SIRASINDA OLUŞAN GERİLME DURUMU

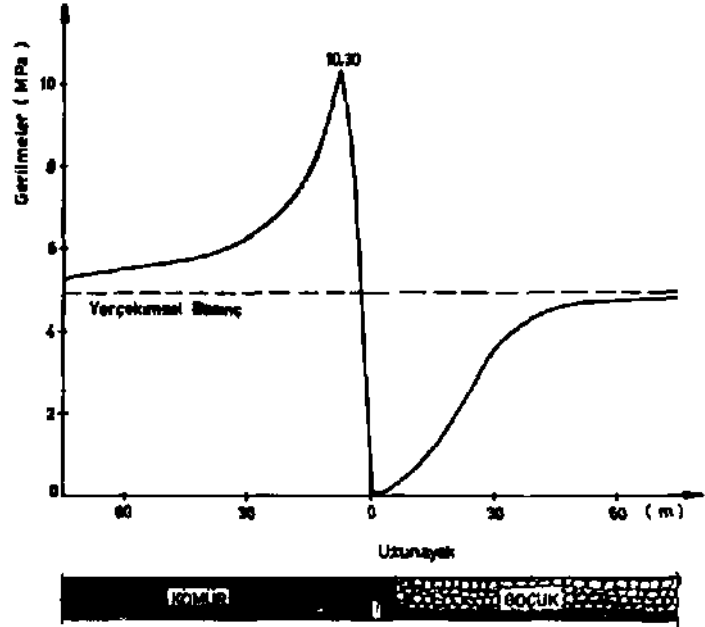
Kalın kömür damarının taban ayak uygulaması ile kazanılması sırasında oluşan gerilme durumunu incelemek amacı ile 7 m kalınlığa sahip 200 m derinlikte bir kömür damarı seçilmiş ve damarın alttan 2 m lik bölümünün taban ayak ile üstte kalan 5 m lik bölümünün ise uzunayağın arkasından göçertilerek kazanıldığı kabul edilmiştir.

Hesaplamalar için aluştırulan element ağının prensip şeması ile katmanların özellikleri Sekil 1 de gösterilmiştir. Şekil sayısını sınırlı tutmak amacı ile burada yalnız dilimler halinde kazının element ağı verilmiştir. Diğer iki alternatifin element ağı prensip Dılarak aynıdır.



Sekil 1. Sonlu Elemanlar Yöntemine göre oluşturulan element ağının prensip şeması

Şekil 2 de, seçilmiş olan kömür damarının arkadan göçertmeli uzun-ayak üretim yöntemi ile kazanılması sırasında oluşan düşey gerilmeler gösterilmiştir. Uzunayağın önünde yer alan kömür damarı üzerinde ek gerilmelerin (yerçekimsel basınç değerlerini aşan gerilmeler) oluştuğu, göçük alanı üzerine etki eden gerilmelerin ise yalnızca yerçekimsel basınç değerlerine (<*,95 MPa) ulaştığı gözlenmektedir. Uzunayağın üzerinde ve altında gerilmelerin azaldığı Ferahlanmış bir alan oluşmuştur.



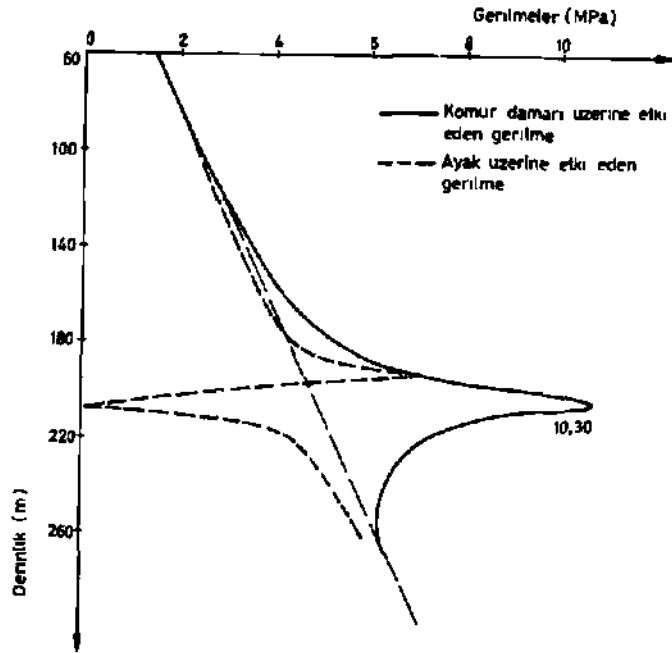
Sekil 2. Kömür damarının, taban ayak üretim yöntemi ile kazanılması sırasında oluşan düşey gerilmeler

Karur damarı üzerinde, kazısının yaklaşık 80 m ilerce ek gerilmeler (ikincil ÇErilmeler) etkisini göstermeye başlamakta, kazı arınma doğru süratli bir şekilde artarak, kazısının 8 m crunde toplan 10.3 MPa ile maksimin değerine ulaşmaktadır.

Böylece kazı arınıönündeki gerilme değerleri yerçekimsel basınçların iki katını aşmış olmaktadır.

Uzunayak tavanına etki eden basınçlar aniden 0.0a MPa (6 Tan/m) ile yerçekimsel basınçların % 1.2 sine kadar düşmektedir.

Sekil 3 deki düşey kesit üzerinde gösterilen gerilme değerlerinden de anlaşıldığı gibi, uzunayağın 15 m üzerinde ve altında basınçları azalmış ferahlamış bir zon (saha) oluşmuştur. Ferahlamış saha nedeni ile uzunayağın tay--ma etki eden yükler günümüzde kullanılan tahkimat sistemlerinin taşıma kapasitelerinden düşük değerlerdedir.



Çekil 3. Tshsn ayak uygu! 'masında düşey gerilmelerin derinliğe bağlı olarak dağılımı

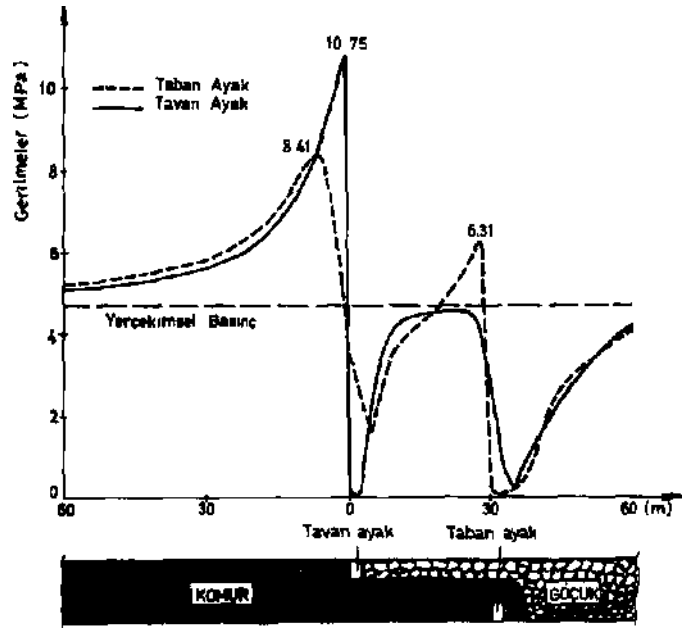
Uzunayak tavanındaki basınçların etkisi, ayakta uzaklaştıkça artmakta yaklaşık 5D m ilerde yerçekimsel basınç değerlerine ulaşmaktadır. Basınç kemeri ve Basınç elipsoidi gibi teoriler tarafından ileri sürülen durumun aksine, çukuk alanı üzerinde ek gerilmeler oluşmamaktadır. Uzunayak etrafındaki gerilme dağılımının yapısı, daha önce yapılan araştırmada saptanmış olduğu gibi, Jacobi tarafından ortaya atılan "Plastik Örtü Katmanı" teorisini destekleyici niteliktedir (9, 10).

3. KOMUR DAMARININ TAUFİN VE TABAN AYAK ÜRETİM YÖNTEMİ İLE KAZANILMASI SIRASINDA OLUŞAN GERİLME DURUMU

Birinci alternatifteki koşullarda seçilen komur damarının üstte 2 m lık bölümünün tavan ayakta, alttan 2 m ilk bölümünün taban ayakta, arada kalan 3 m lık bölümünün ise taban ayağın arkasından geçertilerek kazanıldığı kabul edilmiştir.

Tavan ve taban ayak arasındaki mesafe, pratikte yaygın olarak uygulandığı için 30 m olarak seçilmiştir.

Tavan-taban ayak uyuşmasındaki gerilme dağılımı prensip olarak tek uzun ayak uygulamasındaki uygun bir yapı göstermektedir. Başka bir deyişle, uzun ayak önündeki komur damarı üzerinde ek gerilmeler oluşmakta, göçük alanı üzerinde ise ek gerilmeler oluşmamaktadır (Şekil k).



Şekil U. hamur damarının tavan-taban ayak üretim yöntemi ile kazanılması sırasında oluşan düşey gerilmeler

Komur damarı üzerine etki eden gerilmeler 10.75 MPa lık maksimum değerine hemen kazı arını onunda ulaşmaktadır. Halbuki tek uzun ayak uygulamasında ek gerilmelerin pik değeri (10*30 MPa) kazı arınından 8 m daha içerlerde oluşmaktadır.

Tek uzunayak (taban ayak) uygulamasına göre maksimum gerilme değerinde % U lük bir artış meydana gelmiştir. Bu gerilme artışı taban ayağın etkisinden kaynaklanmaktadır.

Su nedenle, Kalın kömür damarlarının kazanılması sırasında uygulanan tavan-taban ayak yönteminde, ayaklar arasındaki mesafe uygun olarak seçildiğinde, (emeğin 30 m gibi) taban ayak tavan ayağı önemli ölçüde etkilemeyecektir.

Tavan ayağın üzerine etki eden basınçlar tek uzunayaktaki gibi değişiklik göstermemektedir (0.06 MPa).

Tavan ayağın arkasındaki göçük alanı üzerine etki eden gerilmeler süratli bir şekilde artarak ayağın hemen 20 m arkasında birincil gerilmelere ulaşmaktadır. Halbuki tek uzunayak uygulamasında ayak arkasındaki gerilmeler kazı arınından ancak 50 m uzakta birincil gerilmelere ulaşabilmekte idi. Bunun nedeni iki ayak arasında yer alan göçük alanının, taban ayağın ek gerilmelerinin olduğu bölgede kalması ve ondan etkilenmesidir.

Taban ayak tavan ayağın göçük alanının altında yani ferahlamış sahada yer aldığı için, kömür damarı üzerinde tavan ayağa ve/veya tek uygulanan uzunayağa göre daha düşük değerlerde ek gerilmeler oluşmaktadır.

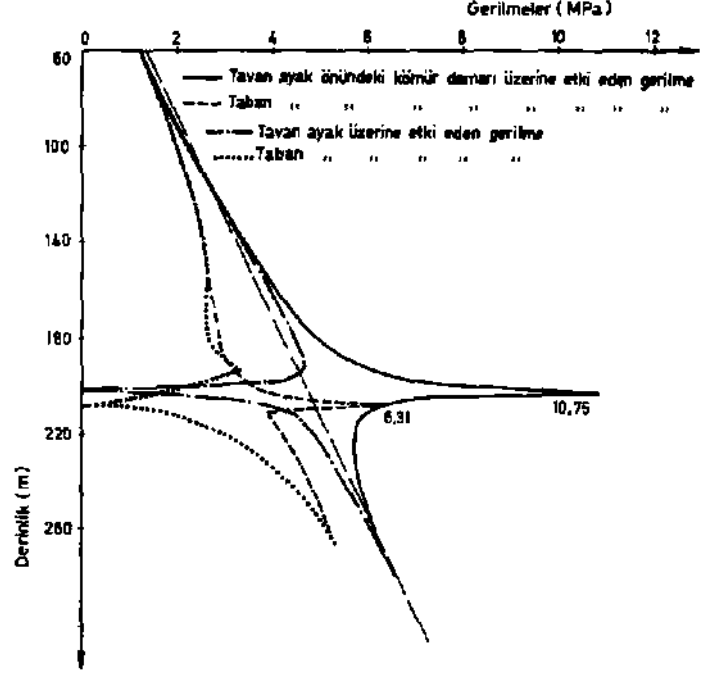
Taban ayağın önündeki kömür damarı üzerine etki eden ek gerilmelerde iki adet maksimum değer gözlenmektedir. Birincisi $B.k'$ MPa ile tavan ayağın yaklaşık 8 m kadar önünde, ikincisi ise 6.31 MPa ile taban ayağın hemen önünde oluşmaktadır. Maksimum gerilme değerleri birincil gerilme değerlerine (8.55 KPa) göre sırası ile % 70 ve % 27 lik bir artış kaydetmiştir. Tavan ayakta oluşan maksimum gerilme değerine (10.75 $\hat{A}Fa$) göre ise sırası ile % 22 ve % W lik bir azalma gözlenmektedir.

Taban ayağın üzerine etki eden basınçlar tavan ayağa göre % 10 kadar azalmıştır (0.05 $\hat{E}ra$).

Göçük alanı üzerine etki eden gerilmeler taban ayaktan 30 m kadar ilerde birincil gerilmelere ulaşmaktadır. Bu uzaklık tek uzunayak uygulamasında yaklaşık 50 m yi bulmakta idi.

Düsey kesit üzerindeki gerilme dağılımına bakıldığında taban ayak üzerinde ve altındaki ferahlamış sahanın tavan ayaktakine göre daha

geniş bir bölgeyi kapsadığı gözlenmektedir (Şekil 5).

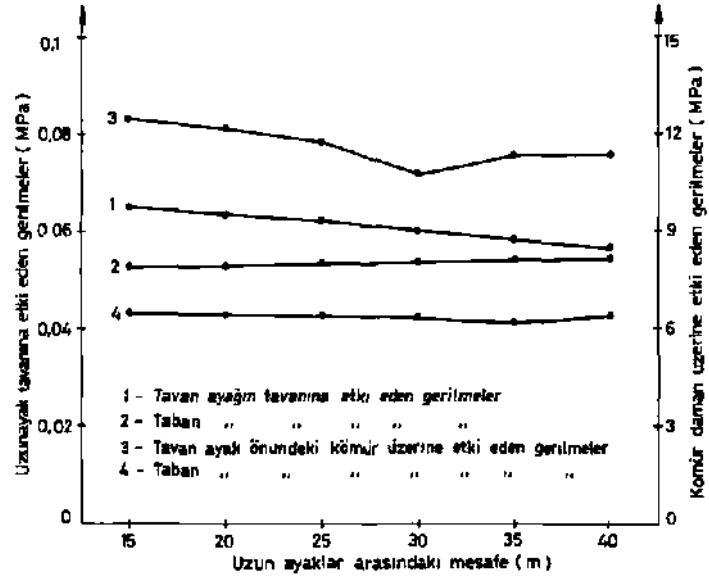


Şekil 5. Tavan-iaban ayak uygulamasında düşey gerilmelerin derinliğe bağlı olarak dağılımı

Halın kömür damarlarının tavan-taban ayak üretim yöntemi ile kazanılması sırasında, ayaklar arasında tutulan mesafenin, gerilme durumunu nasıl ve hangi ölçüde etkilediği tartışılmaktadır. Uzmanlar tarafından önerilen mesafe 30 ila 60 m arasında değişmektedir (2).

Burada yapılan hesaplamalarda, ayaklar arasındaki mesafe 15 m ile 30 m arasında 5'er metre aralıklarla değiştirilmiştir. Şekil 6'dan da görüldüğü gibi, kömür damarı üzerine etki eden ek gerilme değerlerine göre en uygun ayak aralığı 3D m olarak değerlendirilebilir. Ayaklar arası mesafe 15 m den 30 m ye çıkarıldığında ayak önü basınçları % 17 azalmaktadır. Su da ayak içi konverjanslarının önemli ölçüde azalması demektir. Tavan ayağın üzerine etki eden basınçlar ayaklar arasındaki mesafe arttıkça azalmaktadır, zira artan mesafe ile birlikte tavan ayak taban ayağın ek gerilme zonundan uzaklaşmaktadır. Ancak bu etkileme önemli

ölçüde değildir. Örneğin ayaklar arasındaki mesafe 30 m den 40 m ye çıkarıldığında, basınçlar % 5 oranında azalmaktadır.



Şekil 6, Düşey gerilmelerin uzunayaklar arasındaki mesafeye göre değişimi

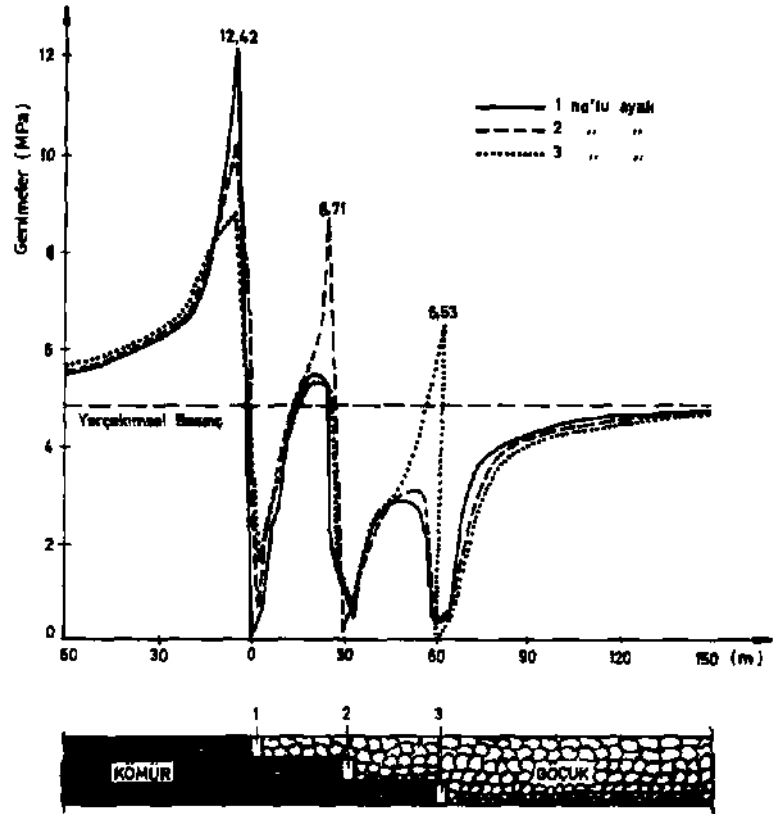
Tavan ayağın üzerine etki eden basınçların aksine, ayaklar arasındaki mesafe arttıkça tavan ayağın üzerine etki eden basınçlarda artmaktadır, zira mesafe arttıkça taban ayak, tavan ayağın ferahlamış zandan uzaklaşmaktadır. Ancak buradaki gerilme artışı da önemli ölçüde olmamaktadır.

Kısaca özetlemek gerekirse, tavan-taban ayak uygulamasında, 30 m arasındaki mesafenin 30 m civarına seçilmesi gerilme şiddeti yönünden uygun olarak değerlendirilebilir.

U. KÖMÜR DAMARININ ÜÇ DİLİM HALİNDE AYNI ANDA UZUNAYAK ÜRETİM YÖNTEMİ İLE KAZANILMASI SIRASINDA OLUŞAN GERİLME DURUMU

Su bölümünde yapılan hesaplamada, aynı koşullarda seçilen kömür damarının üç dilim halinde 30 ar metre aralıklarla uzunayak üretim yöntemi ile kazanıldığı kabul edilmiştir.

Üretim alanı etrafında oluşan gerilme durumu prensip olarak tauan-
taban ayak uygulamasına benzemektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Komur damarının uzun ayak üretim yöntemi ile dilimler halinde kazanılması sırasında oluşan düşey gerilmeler

flv/ak önündeki ek gerilmeler birinci ayaktan üçüncü ayağa doğru kademelenerek azalmaktadır. Birinci uzun ayağın önündeki komur damarına etki eden gerilmelerin maksimum değeri $12,42 \text{ MPa}$ ile tek uzunayağına ($10,3 \text{ MPa}$) göre % 21 kadar artmıştır.

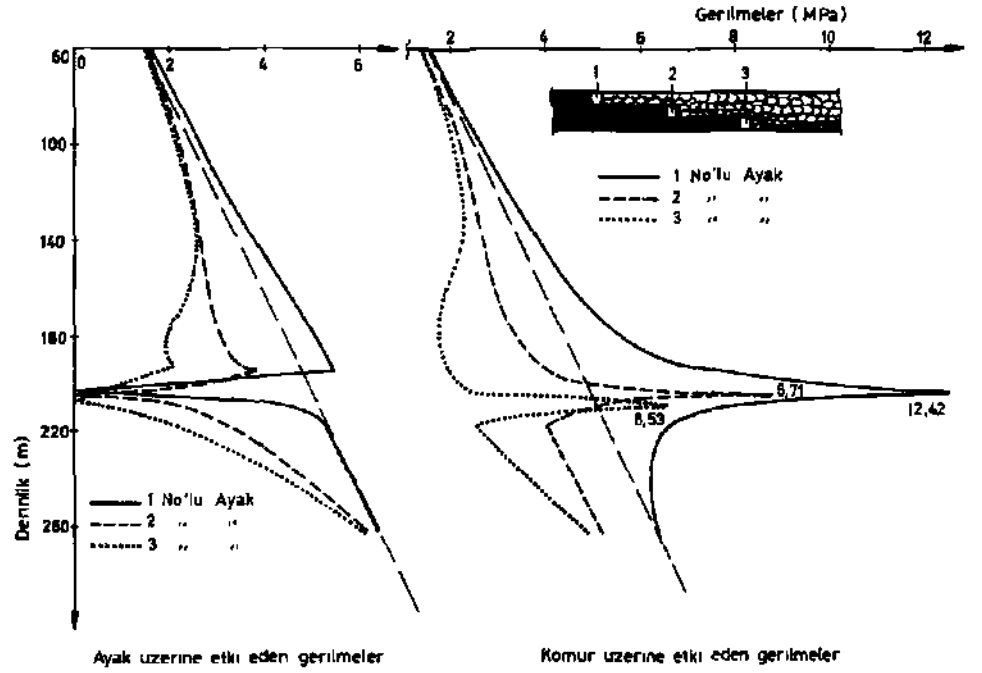
ikinci uzunayağın önündeki komur damarı üzerine etki eden gerilmelerin maksimum değeri ($6,71 \text{ MPa}$) birincinininkine göre % 3D, üçüncü uzunayağın önündeki komur damarı üzerine etki eden gerilmelerin maksimum değeri ($6,53 \text{ MPa}$) birincinininkine göre % 11 azalmıştır. Bunun nedeni, birinci uzunayağın, ikinci ve üçüncü uzunayağın ek gerilmelerinin oluş-

tuğu zonda yer almasındandır (Superpazisyan Yasası). Aynı şekilde ikinci ve üçüncü uzunayakta, birinci uzunayacjm ferahlamış zonunda bulunmaktadırlar.

Etki eden gerilmelerin farklılıklarından dolayı en fazla kDnverjansın birinci uzunayakta olması ikinci ve üçüncü uzunayakta ise sırası ile azalması beklenmelidir. Uzunayak tav/anına etki eden basınçlar da birinci ayaktan üçüncüsüne doğru sırası ile azalmaktadır (0.062, D.061, G.060 MPa).

Birinci uzunayağın arkasındaki göçük üzerinde, ikinci ayağın ön basınç zonunda yer aldığı için, ek gerilmeler oluşmaktadır- Üçüncü ayağın Önünde ise ek gerilmeler oluşmamaktadır.

Ayaklar arkasındaki göçük alanı üzerine etki eden gerilmeler süratle artarak üçüncü ayaktan 50 m kadar uzakta birincil gerilmelere ulaşmaktadır.



Şekil 8. Dilimler halinde kazanım sırasında oluşan düşey gerilmelerin derinliğe bağlı olarak dağılımı

5. SONUÇ

- Halın kömür damarlarının, taban ayak, tavan-taban ayak veya uzunayak ile dilimler halinde üretilmesi sırasında üretim alanı etrafında oluşan gerilme durumu, Jacobi tarafından ortaya atılan "Plastik Örtü Katmanı" teorisini destekleyici niteliktedir. Buna göre, ayak önündeki kömür damarı üzerinde ek gerilmeler oluşmakta, ayak arkasındaki göçük üzerinde ise oluşmamaktadır.
- Kalın kömür damarının tavan-taban ayak üretim yöntemi ile kazanılması sırasında oluşan gerilme değerleri taban ayağın ek gerilme zonunda yer alan tavan ayakta daha yüksek, tav/an ayağın ferahlamış zonunda yer alan tadan ayakta ise daha düşük olmaktadır. Ancak ayakların birbirlerini etkilemeleri önemli ölçüde değildir.
- Tavan kontrolü açısından tavan ve taban ayak arasındaki mesafenin 30 m civarında seçilmesi uygun olacaktır.
- Halın kömür damarının dilimler halinde uzunayak üretim yöntemi ile kazanılması sırasında ayak önü gerilmeleri birinci ayaktan üçüncüye doğru sırası ile % 30, % *W* azalmaktadır. Bu da tavan kontrolünün üçüncü ayaktan birinciye doğru güçleştiği anlamına gelmektedir.

KAYNAKLAR

1. ADLER, B.E. ve Diğlerleri, Tektonische Deformationazahl zur Gebirgsbeschreibung Gluckauf, Cilt "Ū, Essen, 1978, pp.169-175.
2. ATKINSON, T., Thick, Steep and Irregular Coal Seam Mining, The Mining Engineer, i^c/ember, 1979.
3. BTRGN, C. ve ARICGLU, E., Madenlerde Tahkimat işleri ve Tasarımı, Birsen Kitabevi, istanbul, 1965.
4. DOKTAN, M. ve İNCİ, Y., Kalın Damar Komur Madenciliğinin Dünyadaki ve Yurdumuzdaki Durumu, Türkiye Bilimsel ve Teknik 1D. Kongresi, Ankara, 1987, S.51-65
5. EHRHARDT, tü., Die Tektonische Kennziffer als Hilfsmittel Zlr tektonische Seuertung einer Legestatte, Glückauf, Gilt 11*+, Essen, 1978, Dp.696-700
6. JACOBI, D., Praxis der Gebirgsbeherschung, Uerlag Glückauf, Essen, 1976.
7. KÖSE, H., Tektonik Gerilmelerin Maden İşletme Planlamasındaki Önemi ve Yeri, Madencilik Dergisi, Cilt 21, Sayı 3-<+. Ankara, 1982, S.5-13.
8. KÜSE, H., Finite Element Yönteminin Kaya Mekaniği Dalındaki Problemlerin Çözümünde Kullanılışı, Madencilik Dergisi, Cilt 19, Sayı 3, Ankara, 1980, 5.26-3*«.
9. KÜSE, H., Uzunayak Etrafında Oluşan Basınçların Kuramsal Modeller Üzerinde incelenmesi, Türkiye 5. Kömür Kongresi, 1986, Zonguldak, S.297-315.
10. KÖSE, H., Modelltheoretische Untersuchung der GEcirçsdruckverteilung beim Abbau Gluckauf-Forschungshefte <S (1987) H.1, S.17-22.
11. KQSE, H. ve CEBİ, Y., Kalın Kbmür Damarlarının Kazanılmasında Uyç.--lanılan Uretm Yöntemleri Etrafındaki Gerilmelerin incelenmesi, D.E.U. M_H.-Mim. Fak. Yayınlarma-uç rapor, 1988.
12. KR^TZSCn, -. ve K15E, h., Modellthenretische SerEn^nung der tsk^r-n^r-hen Sısn-iL^gen in tiefen Elemente, LiestdEjtschr-Uerlag, T.crd-rem-ILEStfalen, 1976.
13. REIn, G. ve VARDA?, M., Bestehen Zusammenhange Zi-ischen resid^ellen Spannungen und tektonischer Beanspruchung?, Rück Tech.6., Springer

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal Congress of TURKEY

ODA-TOPUK KÖMÜR MADENCİLİĞİ İÇİN ÜÇ BOYUTLU DURAYLIK
ÇÖZÜMLEMESİ

THREE-DIMENSIONAL STABILITY ANALYSIS
FOR ROOM-AND-PILLAR COAL MINING

Hasan GERÇEK*

Ö Z E T

Bu bildiride, uç boyutlu gerilme ve duraylık çözümlerinin bazı ülkelerde yaygın olarak uygulanan oda-topuk kömür madenciliğinde tasarıma önemli katkıları olabileceği vurgulanmıştır.

Üç boyutlu sonlu elemanlar yönteminin kullanıldığı bir dizi parametrik çalışma yardımıyla, topuk büyüklüğünün ve yatay birincil gerilmelerin duraylık üzerindeki etkileri incelenmiştir.

A B S T R A C T

In this paper, it is stressed that three-dimensional stress and stability analyses can make important contribution to the design in room-and-pillar coal mining which is widely applied in some countries.

The effects of pillar size and horizontal in-situ stresses on the stability have been investigated through a series of parametric studies, employing the three-dimensional finite element method.

(*) Yrd. Doç. Dr., H.U. Zonguldak Muh. Fak., Maden Müh. Bol., ZONGULDAK

1. GİRİŞ

Oda-topuk üretim yöntemi, yeraltı kömür madenciliğinde yaygın olarak kullanılan yöntemler arasındadır. Özellikle A.B.D., Kanada, Avustralya ve Güney Afrika Cumhuriyeti gibi ülkelerde, yeraltı madenlerinde üretilen kömürün önemli bir bölümü (örneğin, A.B.D.'de yaklaşık % 90'ı) oda-topuk yöntemleri ile elde edilmektedir.

Uzun bir geçmişi olmasına ve oldukça yaygın olarak uygulanmasına karşılık, yöntemin tabaka kontrolü açısından temel tasarım parametrelerinin (odaların tavan genişliği, topukların boyutları, v.b.) belirlenmesinde daha çok görgül (ampirik) yaklaşımlar kullanılmaktadır (1-3). Öyle ki, çoğu zaman topuklar ve aralarındaki galeriler (odalar) ayrı ayrı ele alınarak verilen koşullardaki en uygun oda-topuk geometrisine ve düzenine ulaşılmaya çalışılmaktadır.

Aslında, birbirinden bağımsız olarak düşünülemez derecede belirgin bir etkileşimi olan topuklar ile aralarındaki galerilerin bu şekilde tasarlanmasında bir çok sakıncaların olduğu kuşkusuzdur. Öte yandan, söz konusu yaygın tasarım yaklaşımlarında, problemin temel özelliği olan üç boyutlu etkileşimin genellikle gözardı edilmesine karşılık, oldukça başarılı sonuçların da elde edildiği de yadsınamaz. Bunda, uzun yıllardır süregelen uygulamalardan kaynaklanan deneyim birikimi ile yerinde Ölçüm ve deneyler temel alınarak tasarım amacıyla geliştirilen görgül bağıntıların ve pratik ölçütlerin katkısı büyüktür.

Yine de, kapsamlı bir oda-topuk tasarımı için; topuktaki, topuklar arasındaki galeriler çevresindeki ve özellikle de galerilerin kesişmesiyle oluşan (üretim sisteminin kaçınılmaz bir parçası durumundaki) kavşaklar çevresindeki ikincil gerilmelerin bütünleme bir yaklaşım içinde incelenmesi gerekmektedir. Başka bir deyişle, üretim sisteminin

temel yapısal unsurlarının bir arada ve üç boyutlu geometride değerlendirilmesi zorunludur. Böyle bir yaklaşımın, mevcut tasarım uygulamalarına yararlı katkıları olacağı kuşkusuzdur. Nitekim, bu amaçla yapılmış bazı çalışmalar* bulunmaktadır (4-6).

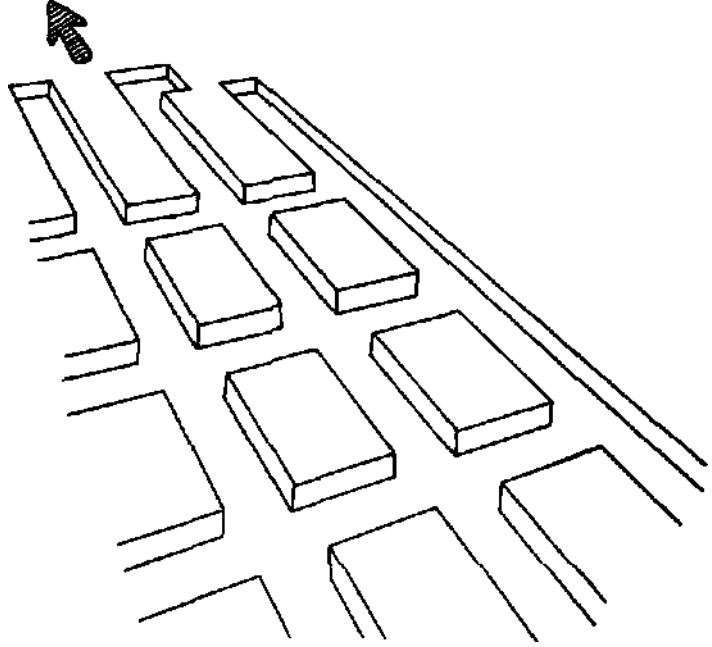
Bu bildiride, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan Uç boyutlu gerilme çözümleri yardımıyla oda-topuk tasarımında yararlı olabilecek bazı sonuçların elde edilişi (7) anlatılmaktadır.

2. PROBLEMİN TANIMLANMASI VE KOŞULLAR

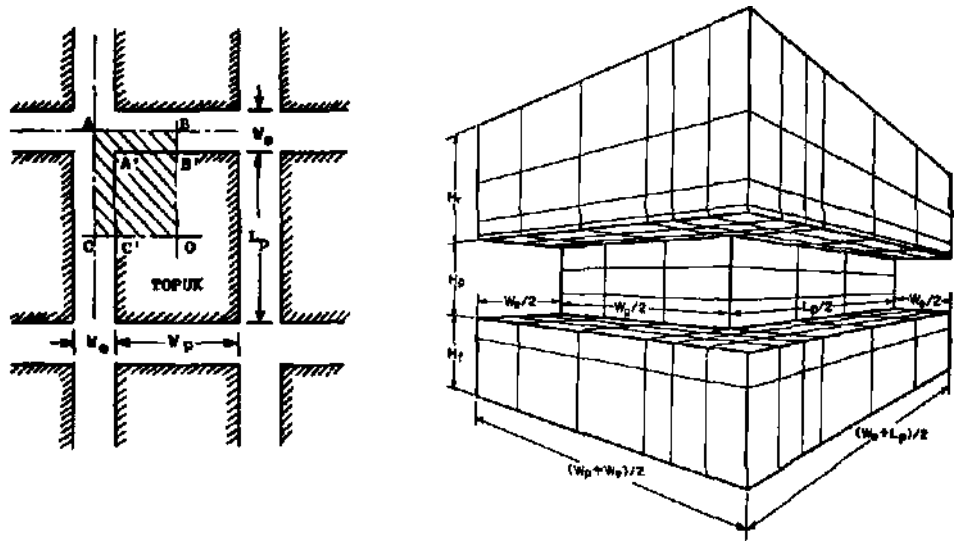
Sonlu elemanlar yöntemiyle gerilme çözümleri yapılan problemde, plan görünüşü dikdörtgen olan topukların düzenli bir şekilde oluşturulduğu geniş bir oda-topuk üretim panosu gozonünde bulundurulmuştur (Şek. 1). Panonun kenarlarından ve üretim arınlarından uzak olan orta kısımlarında, birbirine dik doğrultuda açılmış olan galerilerin (odaların) ortalarından ve topuk kenarlarının ortasından geçen birbirine dik konumdaki düşey düzlemlere göre tekrarlanan geometrik bir simetri olduğu varsayılmıştır (Şek. 2.a).

Ayrıca, yatay birincil gerilmelerin topuk kenarlarına paralel doğrultuda olduğu varsayımı yardımıyla da plan görünüşteki geometrik simetrisinin sınır koşullarında da geçerli olması sağlanmıştır. Bu durumda, problemin çözümü için plan görünüşte tekrarlanan simetrik birimlerden yalnızca birinin (Şek. 2.a'daki taralı kısmın) incelenmesi yeterli olacaktır.

Böylece, hem topuk içindeki hem de galeriler (odalar) ve oluşturdukları doryol kavşağı çevresindeki ikincil gerilmelerin ve yer değiştirmelerin çözümlenmesini aynı anda sağlayan uç boyutlu sonlu elemanlar modeli belirlenmiştir. Model, daha sonra uygun şekilde uç boyutlu



Şekil 1. Tipik bir oda-topuk panosunun görünüşü



a. Plan görünüş

b. Perspektif görünüş

Şekil 2. Üç boyutlu sonlu elemanlar modeli

elemanlara bölünmüştür. Normal olarak 297 dörtgen prizmaya bölünen modelde; her bir prizma, 5 adet sabit birim deformasyon dörtyüzlüsünün (constant strain tetrahedron) bir araya gelmesi ile oluştuğu için modelin gerçek eleman sayısı 1495 olup, toplam 494 düğüm noktası vardır (Şek. 2.b).

Modelin yer değiştirme sınır koşulları da o şekilde seçilmiştir ki, hem simetri koşulları sağlanmış hem de modelin serbest cisim hareketi önlenmiştir. Buna göre, modeli sınırlayan düşey düzlemlerdeki düğüm noktalarının, düzleme dik doğrultudaki yer değiştirmeleri önlenirken, modelin tabanındaki düğüm noktaları da hiçbir doğrultuda yer değiştirmeyecek şekilde sabit edilmiştir. Bu sınırlamalar sonucu, modelin toplam yer değiştirme serbestliği derecesi (translational degrees of freedom) 1084 olmuştur. Başka bir deyişle, modelin tüm düğüm noktalarında hesaplanacak olan 494 adet yer değiştirme vektörünün 1482 bileşeninden 1084 tanesi sıfır olmak zorunda değildir.

Bu model temel alınarak, dört farklı topuk genişlik/yükseklik oranı için dört ayrı model oluşturulmuştur. Söz konusu modellerin boyutları Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Sonlu elemanlar çözümlemesinde kullanılan modellerin boyutları

Boyut	Simge	Model			
		1	2	3	4
Galeri (oda) genişliği (m)	W_e	6			
Topuk (üretim) yüksekliği (m)	H_p	1.5			
Topuğun Genişlik/Uzunluk oranı	W_p/l_p	0.75			
Topuğun Genişlik/Yükseklik oranı	VH_p	2	5	8	12
Topuk genişliği (m)	W_p	3	7.5	12	18
Topuk uzunluğu (m)	l_p	4	10	16	24

Bütün modeller, Şekil 3'de gösterildiği gibi yatay tabakalara bölünmüştür ve bu tabakalar temel olarak 5 değişik kayaç cinsini içermektedir. Bu kayaçların Özellikleri de Şekil 3'deki çizelgede verilmiştir.

Daha sonra, bu modellerin her biri sırayla üç ayrı birincil gerilme durumunda incelenmiştir. Düşey birincil gerilmenin (dolayısıyla derinliğin) sabit ve $P_v = 7.9 \text{ MPa}$ olarak alındığı bu durumlarda, birbirine eşit olduğu varsayılan yatay birincil gerilmelerin düşey birincil gerilmeye oranı ($k = P^ / P_v$) sırasıyla 0.5, 1 ve 2 olarak değiştirilmiştir. Aşağıdaki bölümlerde, yalnızca elastik çözümleme sonuçları üzerinde durulacaktır.

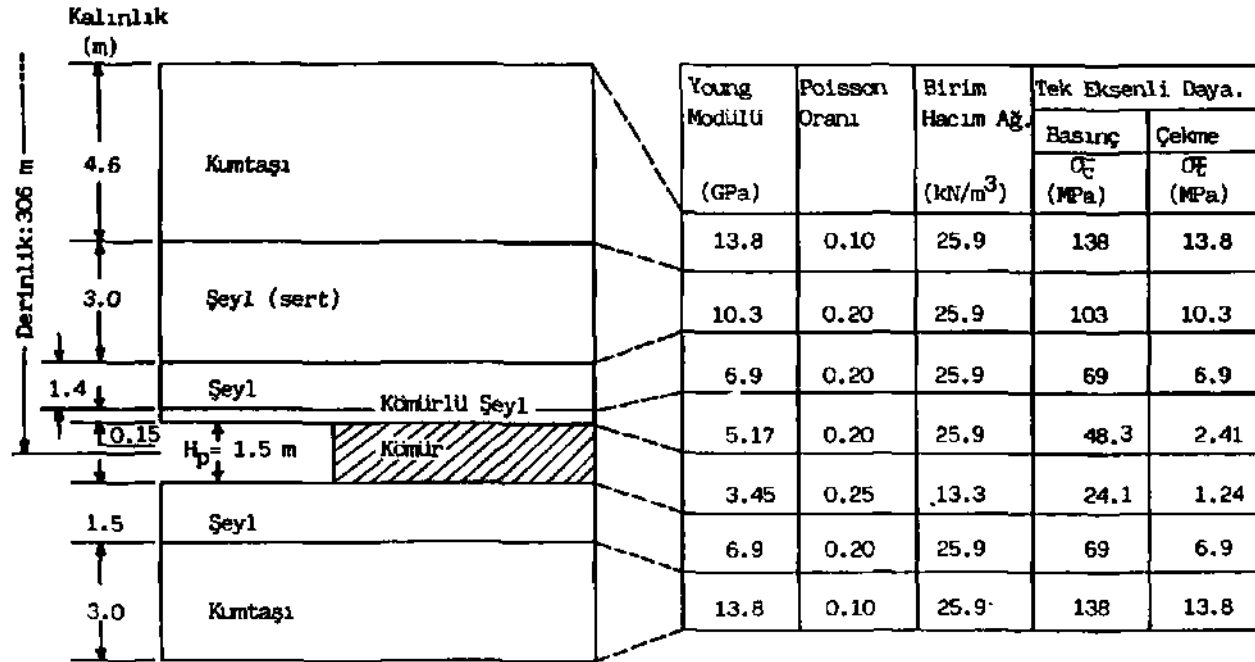
3. DÜŞEY İKİNCİL GERİLMELER

Öncelikle, düğüm noktalarında hesaplanan ikincil gerilme gereyinin (tansörünün) düşey doğrultudaki normal bileşeninin ya da düşey ikincil gerilmenin (O^r) topuk içindeki dağılımı incelenmiştir.

Bilindiği gibi, oda-topuk tasarımında ortalama topuk gerilmesi (O_p), "eşyüklü alanlar kuramı" (tributary area theory) yardımıyla, pratik olarak

$$O^r = P_v (L_p + W_c)(W_p + W_c)/(L_p.W_p) \quad [1]$$

bağıntısından hesaplanmaktadır (8). Yine bilindiği gibi, \hat{o} aslında topuğun yatay kesitinde düzgün bir dağılım göstermemektedir. Ancak, topuk kesitindeki düşey ikincil gerilmelerin ortalama değerinin (\hat{o} 'nin) kuramsal olarak C_u 'ye eşit olması gerekmektedir (5,6). Nitekim, yapılan kontrollere göre; gözönünde bulundurulan bütün durumlarda, O^r 'nin çok yaklaşık olarak (% 3'den az bir hata ile) O_p 'ye eşit olduğu görülmüştür.



Şekil 3. Modellenen kömür damarı ile tabakaların kalınlıkları ve özellikleri

Çözümlemelerin sonuçlarına göre, topuktaki düşey ikincil gerilmeler,

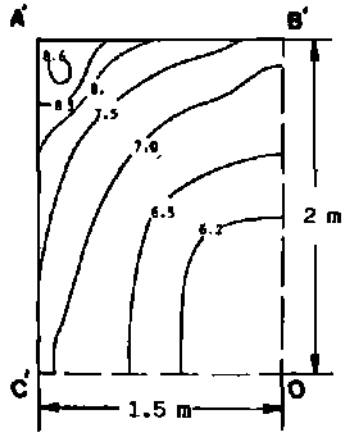
- a. doğal olarak, artan topuk kesiti ile (topuğun genişlik/yükseklik oranı arttıkça) azalmaktadır;
- b. yatay birincil gerilmelerden fazla etkilenmemekte, yalnızca yatay birincil gerilmeler arttıkça hafifçe azalmaktadır;
- c. üç boyutlu bir dağılım göstermektedir; öyle ki, bu gerilmeler en yüksek değerlerine topuğun orta yüksekliğinden geçen yatay kesitlerin kenarlarında ve özellikle köşelerde ulaşırken, en düşük değerlerini de topuğun tabanına yakın kesitte ve topuğun orta kısımlarında almaktadır.

Özellikle bütün modellerde, topuğun orta yüksekliğinden geçen yatay kesitlerdeki düşey ikincil gerilme yığılması katsayısı (C^h/P_v); topuğun dış kısımlarında, ortalama topuk gerilme yığılması katsayısından (CT/P 'den) daha büyük değerler alırken, topuğun orta kısımlarında ise tam tersi bir durum gözlenmektedir (Şek. 4).

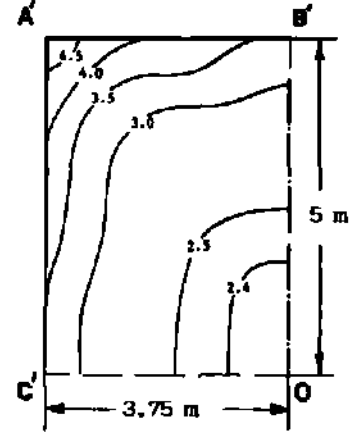
Daha sonra, düşey ikincil gerilme yığılması katsayısının (σ^h/P 'nin), çapraz olarak topuğun merkezinden, topuğun köşesinden ve kavşağın merkezinden geçen düşey düzlemler içindeki değişimi $k = \sigma^h/P = 0.5$ durumu için incelenmiştir. Kavşak tavanındaki ve tabanındaki tabakalarda, CT/P hemen hemen topuk büyüklüğünden bağımsız bir dağılım gösterirken; topuğu da içeren tabakalar sütununda, σ^h/P dağılımının topuk büyüklüğünden önemli derecede etkilendiği gözlenmiştir (Şek. 5).

3. DURAYLIK ÇÖZÜMLEMESİ

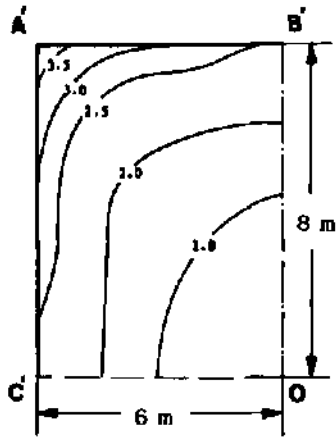
Topuk içindeki ve dörtyol kavşağı çevresindeki ikincil gerilme dağılımının üç boyutlu olacağı zaten beklenen bxr sonucu. Bu arada farkedilen önemli bir husus da şudur: Soz konusu bölgedeki birincil gerilmelerin, kazı nedeniyle ikincil gerilmelere dönüşümünün genel bir



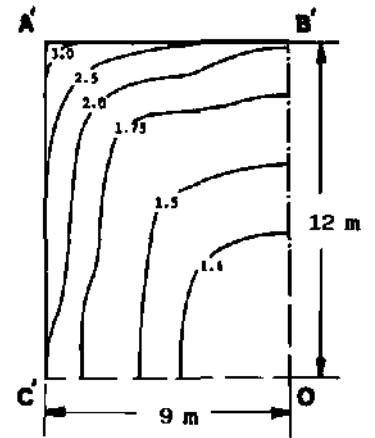
a. $W_p / H_p = 2$
 $\sigma_p / P_v = 7.5 *$



b. $W_p / H_p = 5$
 $\sigma_p / P_v = 2.88 *$



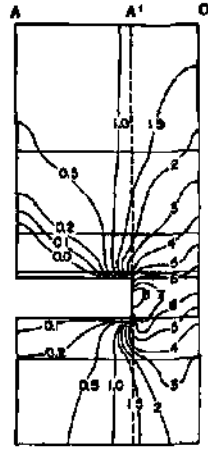
c. $W_p / H_p = 8$
 $\sigma_p / P_v = 2.06 *$



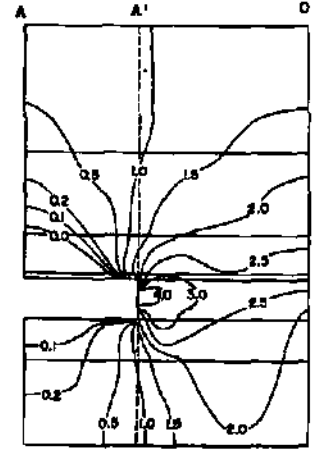
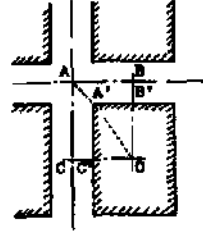
d. $W_p / H_p = 12$
 $\sigma_p / P_v = 1.67 *$

* $\sigma_p / P_v =$ "eşyüklü alanlar kuramı" na göre hesaplanan ortalama topuk gerilme yığılması katsayısı

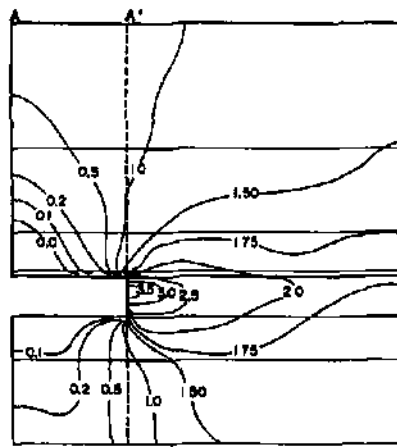
Şekil 4. Düşey ikincil gerilme yığılması katsayısının (σ_p / P_v) topuğun orta yüksekliğinden geçen yatay düzlemler içindeki dağılımı



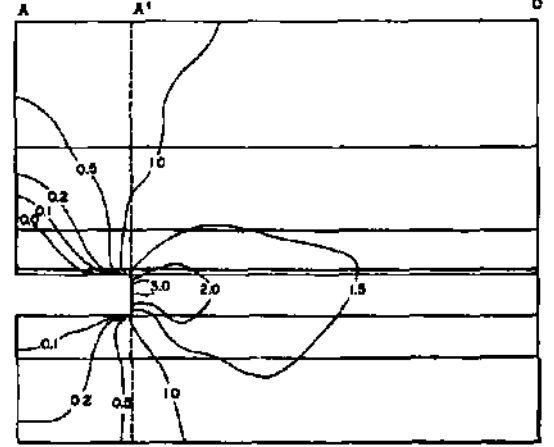
a. $W_p/H_p = 2$



b. $W_p/H_p = 5$



c. $W_p/H_p = 8$



d. $W_p/H_p = 12$

Şekil 5. Düşey ikincil gerilme yığılması katsayılarının ($\hat{\sigma}_v/\hat{\sigma}_0$) topuk merkezî (O), topuk köşesi (A^1) ve kavşak merkezinden (A) geçen düşey düzlemler içindeki dağılım, $k = \frac{P^c}{P_v} = 0.5$

değerlendirmesini yapabilmek için yalnızca düşey ikincil gerilmelerin incelenmesi yeterli olmamaktadır. Bu bulgu, incelenen bölgede oluşan gerilme değişimlerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacak başka bir ölçüte gereksinim olduğunu ortaya çıkarmıştır. Öte yandan; bu amaçla, topuktaki ve odalar çeresindeki noktalarda oluşan ikincil gerilmelerin tüm bileşenlerinin ayrı ayrı incelenmesi ise pratik bir yaklaşım olmayacaktır. Üstelik, akademik açıdan ne kadar ilginç olursa olsun, böyle bir yaklaşım usandırıcı bir çalışma gerektirecek ve sonuçları da önemli genelleştirmeler yapmaya olanak vermeyecek şekilde karmaşık olacaktır.

Yeraltı maden açıklıkları ya da yapılarının yenilme durumuna yakınlığını belirten "duraylık" ve "güvenlik" kavramları jeomekanik açıdan eşdeğer anlamlıdır (5,6). Genelde, her iki kavram da katı maddelerle ilgili ortak fiziksel özellik ve prensipler yardımıyla ve jeolojik malzemelere uygun davranışlar gözönünde tutularak değerlendirilebilir. Bu durumda, "güvenlik katsayısı" olarak bilinen "malzeme dayanımının etkiyen gerilmelere oranı," yararlı olduğu kadar pratik bir duraylık ölçütü olmaktadır (5,6).

İncelenen bölgedeki ikincil gerilme dağılımının üç boyutlu oluşu gözönünde tutularak, amaçlanan duraylık çözümlemesinde kullanılacak olan güvenlik katsayısına ya da duraylık göstergesine temel olarak "geliştirilmiş von Mises yenilme ölçütü" seçilmiştir. Eşyönlü (izotropik) malzemeler için bu ölçüt,

$$(J_2)^* = A I_1 + B \quad [2]$$

şeklinde yazılabilir (9). Burada; J_2 , saptırıcı gerilme gereyinin ikinci değişmezidir (second invariant of the deviatoric stress tensor). Bilindiği gibi, J_2 aslında malzeme bünyesinde (birim hacimde) depolanan biçim değişimi ile ilgili elastik birim şekil değiştirme enerjisinin bir ölçüsüdür. Ayrıca, I_1 gerilme gereyinin birinci değişmezi ve A ile B de

malzeme dayanımına bağlı sabitlerdir. Bu büyüklükler, aşağıda tanımlanmıştır (basınç gerilmesi artı olarak alınmıştır).

$$J_2 = \frac{1}{6} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \quad [3]$$

$$I_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \quad M$$

$$A = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\sigma_c - \sigma_t}{\sigma_c + \sigma_t} \quad [5]$$

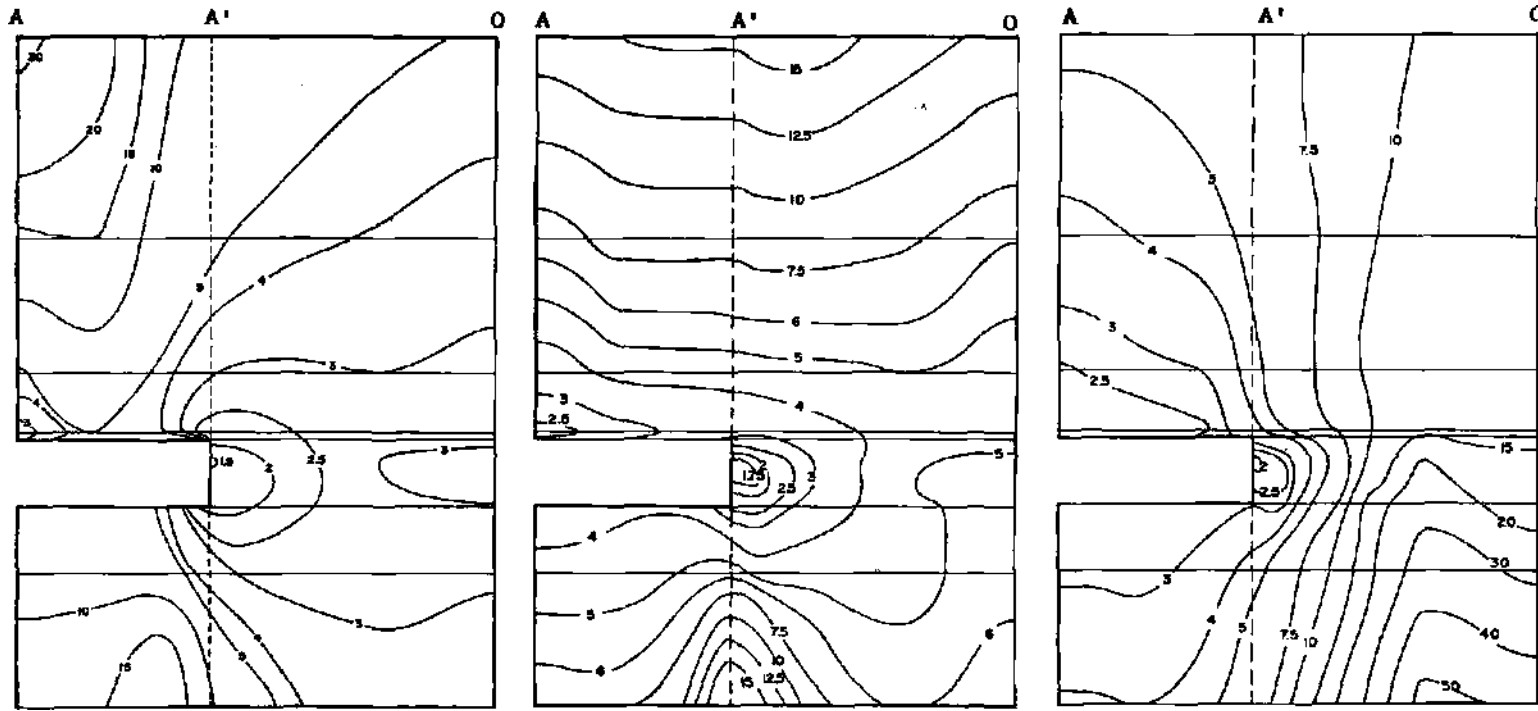
$$B = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\sigma_c \sigma_t}{\sigma_c + \sigma_t} \quad [6]$$

Yukarıdaki bağıntılarda; σ_t , (T ve CT incelenen noktadaki asal gerilmeler olup, σ_c ve σ_t de malzemenin sırasıyla tek eksenli basınç ve tek eksenli çekme dayanımlarıdır.

Dikkat edilirse, söz konusu güvenlik katsayısı noktasaldır; gerilme gereyi noktadan noktaya değiştiğinde, aldığı değer de noktanın ait olduğu malzemenin dayanım özelliklerine bağlı olarak değişim gösterir.

Elastik çözümlerden elde edilen sonuçlar kullanılarak düğüm noktalarında hesaplanan güvenlik katsayılarının, çapraz olarak topuğun merkezinden, topuğun köşesinden ve kavşağın merkezinden geçen düşey düzlemler içindeki dağılımı incelenmiştir. Bu dağılımlar, gözöğünde bulunduran bütün birincil gerilme koşullarında ($k = P/P = 0.5; 1; 2$), Model 2 ($W_P/H_P = 5$) ve Model 3 ($W_P/H_P = 8$) için sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir. Bu şekillerin incelenmesi sonucu elde edilen bulgular şu şekilde özetlenebilir:

- a. Beklendiği gibi, topuk büyüklüğü arttıkça topuğun duraylılığı da artmaktadır ve topuğun iç kısmı doğal olarak kanarlarına kıyasla daha duraylıdır.



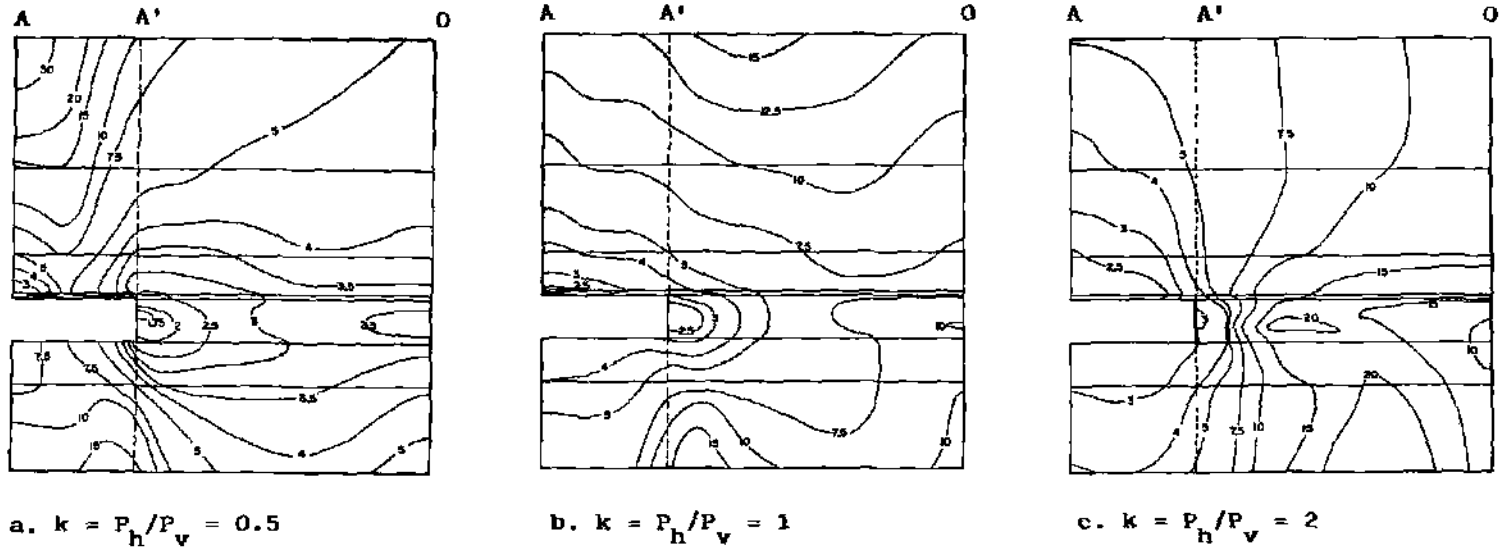
a. $k = \frac{P_h}{P_v} = 0.5$

b. $k = \frac{P_h}{P_v} = 1$

c. $k = \frac{P}{P} = 2$
n v

Şekil 6. Güvenlik katsayılarının topuk merkezi (O), topuk köşesi (A¹) ve kavşak merkezinden (A) geçen düşey düzlemler içindeki dağılımı (Model 2; W/H = 5)

P P



Şekil 7. Güvenlik katsayılarının topuk merkezi (O), topuk köşesi (A') ve kavşak merkezinden (A) geçen düşey düzlemler içindeki dağılımı (Model $3j^W/H = 8$)

- b. Yüksek yatay birincil gerilme koşullarında topuğun duraylılığı artmaktadır.
- c. Kavşak tavanı ve tabanının duraylılığı topuk büyüklüğünden önemli derecede etkilenmemektedir.
- d. Yüksek yatay birincil gerilmeler, kavşak tavanındaki ve tabanındaki tabakaların duraylılığını azaltmaktadır. Öyle ki, yatay birincil gerilmenin düşey birincil gerilmeye oranı ($k = fV/P$) arttıkça, kavşak tavanında bir kubbe geometrisinde oluşan duraylılığı düşük (aşırı gerilme) bölgesinin yüksekliği artmaktadır.

Özellikle sonuncu bulgunun, yüksek yatay birincil gerilmelerin söz konusu olduğu oda-topuk uygulamalarında, kavşaklarda karşılaşılan duraysızlıkları ve gözlenen gocuk tipini açıklamada kullanılmış olması (10), dikkate değer bir gelişmedir.

5. SONUÇLAR

Görüldüğü gibi, sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan uç boyutlu gerilme ve duraylık çözümlenmeleri, oda-topuk tasarımına yeni boyutlar kazandırmaktadır. Bu tür bir yaklaşım ile topukların, aralarındaki galenlerin ve kavşakların duraylılığı tek bir model üzerinde ve birlikte değerlendirilebilmektedir.

Özetlenecek olursa; duraylılığın değerlendirilmesi için düşey ikincil gerilme dağılımının tek başına yeterli olmadığı görülmüştür; topuk büyüklüğünün yalnızca topuğun duraylılığını etkilediği, odaların tavan ve tabanındaki duraylılığa önemli bir katkısı olmadığı gözlenmiştir; ayrıca, yüksek yatay birincil gerilme koşullarının topukların duraylılığını olumlu, odaların tavan ve tabanındaki duraylılığı da olumsuz yönde etkilediği anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

1. **PARISEAU, W. G.**, Limit design of mine pillars under uncertainty, Proc. 16th US Symp. on Rock Mechanics, 1977, pp. 287-301.
2. **HEENTIAÄEKK, Z. T.**, Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling, A. A. Balkema, Rotterdam, 1984, 272 p.
3. **BIENLAWSKI, Z. T.**, Strata Control in Mineral Engineering, A. A. Balkema, Rotterdam, 1987, 212 p.
4. **PENG, S. S., QKUBO, S.**, Roof bolting patterns at the four-way intersections, AIME Annual Meeting, 1978, Preprint No. 78-AM-5, 15 p.
5. **PARISEAU, W. G., SORENSEN, W. K.**, 3D Mine pillar design information from 2D FEM analysis, Int. J. for Numer. Analyt. Meth. in Geomech., Vol. 3, 1979, pp. 145-157.
6. **PAKCEAÜ, W. G.**, Inexpensive but technically sound mine pillar design analysis, Int. J. for Numer. Analyt. Meth. in Geomech., Vol. 5, 1981, pp. 429-447.
7. **GESÇEK, H.**, Stability of Intersections in Room-and-Pillar Coal Mining, Ph. D. Thesis, The Pennsylvania State University, University Park, Pa., 1982, 186 p.
8. **OBERT, L., DUVALL, W. I., MERRILL, R. H.**, Design of Underground Openings in Competent Rock, US Bureau of Mines Bulletin, No. 587 1960, 36 p.
9. **PARISEAU, W. G.**, Plasticity theory for anisotropic rocks and *lo. ls* Proc. 10th US Symp. on Rock Mech., 1972, pp. 267-295.
10. **HAIWÄ, K., HARAMY, K., CONOVER, D.**, Effect of nigh horizontal s: , DM on coal mine entry intersection stability, Proc. 5th Conf. on Ground Control in Mining, 1986, pp. 167-182.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ The Sixth coal Congress of TURKEY

YERALTI OCAKLARINDAKİ ÖLÇÜMLERDE KULLANILABİLECEK
İKİ KONVERJANS ÖLÇER TASARIMI VE
BİR YÜK İZLEME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

DESIGN OF TWO CONVERGENCE RECORDERS AND
DEVELOPMENT OF A LOAD MONITORING SYSTEM
TO BE USED IN UNDERGROUND MINES

Erdal ÜNAL*

ÖZET

Yük ve konverjans yeraltı tahkimat sistemlerinin tasarımında ve yeraltında yaratılan boşlukların duraylılığının kontrolünde dikkate alınan önemli parametrelerden iki tanesidir. Dünyada, yeraltı ölçüm sistemleri ve ölçüm tekniklerinin kullanımı çok büyük bir hızla artmaktadır. Buna karşılık, Türkiye'de tasarım ve duraylılık kontrolü amacıyla kullanılan ve sürekli veri toplayıp bunları değerlendirebilecek sistemler henüz yeraltı ocaklarına girmemiştir.

Bu tebliğde, yeraltı ocaklarındaki ölçümlerde kullanılacak iki konverjans ölçer tasarımı ve bir yük izleme sisteminin geliştirilmesi konusunda O.D.T.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü'nde yapılan çalışmalar anlatılmaktadır.

ABSTRACT

Load and Convergence are two of the important parameters widely considered in design of underground support systems and in controlling overall stability of underground openings. Although, there has been a major increase in use of underground instrumentation and measurement techniques in the world, systems for continuous monitoring of underground data and for data acquisition have not been utilized in Turkey yet.

In this paper, studies associated with the design of two convergence recorders and development of a load monitoring system are presented. These studies have been carried out in the Mining Engineering Department at the Middle East Technical University (M.E.T.U.).

(*) Doç.Dr., Maden Yük.Müh., ODTÜ Maden Müh.Böl., ANKARA

1. GİRİŞ

Genel olarak, yeraltında yapılan ölçümlerin amaçları şunlardır; yapılan tasarımın uygunluğunu kanıtlamak için kaya mekaniği parametrelerinin elde edilmesi; bu tasarım aşamasında varılan sonuçların ve verilen kararların ne derece geçerli ve başarılı olduğunun kontrolü; ihtiyaç duyulduğunda ek emniyet önlemleri alarak tasarımda gerekli iyileştirmelerin yapılması; hazırlık ve üretim faaliyetleri sırasında ve sonrasında yeraltı yapılarının (kaya kütlesi, açıklık ve tahkimat) genel davranışlarının kontrolü ve bu yapıların emniyet sınırları içerisinde duraylı davranıp davranmadığının günlük olarak izlenmesi.

Özellikle, konverjans ve yük Ölçümlerinin amaçları ise şunlardır:

- (i) Kuyu, ocak girişi, ana nakliyat galerisi, tavan ve taban yolları, topuk ve ayaklarda kaya kütlesi ve tahkimat davranışlarının izlenmesi, özellikle:
 - (a) tavan inmesi, taban kabarması ve yanıl kapanma gibi tabaka hareketlerinin miktar ve artış hızlarının belirlenmesi; bu hareketleri ve varsa ağırlı deformasyonları oluşturan nedenlerin araştırılması. Bu aşamada toplanan veriler adı geçen yeraltı boşlukları ve topukların boyutlandırılması konumlarının belirlenmesi, kazı yönteminin seçilmesi ve tahkimat türünün saptanması gibi analizlerde kullanılmaktadır;
 - (b) tahkimatlar üzerine gelen yük ve yük yoğunluklarının belirlenmesi. Bu veriler diğere gerekli verilerle birlikte tahkimat türü, özellikleri ve düzeninin belirlenmesinde kullanılmaktadır.
- (ii) Yeraltı yapılarının duraylılık koşulları ve tehlike sınırlarının belirlenmesi. Gerektiğinde bu verileri kullanarak erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi.

Yukarıda kısaca Özetlenen hedeflere varabilmek için, yeraltı ocaklarında yapılacak Ölçümlerde kullanılmak üzere iki ayrı tür konverjans ölçer ve bir yük izleme sistemi geliştirilmiştir. Bu tebliğde, bu ünitelerle ilgili bilgiler sunulacaktır.

Tasarımı yapılan konverjans ölçerlerin her ikisi de mekanik türden olup, bunlardan biri "teleskopik konverjans ölçer" diğeri ise "tamburlu konverjans ölçer" adıyla anılacaktır. Teleskopik konverjans Ölçer iç içe geçebilen üç ayrı teleskopik tüpten oluşmaktadır. Sabit nokta arasında oluşan konverjans alet üzerindeki göstergelerden (kompratörden) direkt olarak okunmaktadır. Konverjan ölçerin duyarlılığı 0.03 mm olup 0-120 cm arasındaki hareketleri ölçebilmektedir. Tamburlu konverjan ölçer ise kremayer ve dişli çarklardan oluşan bir ünite olup döner bir silindir üzerine sürekli konverjans kayıt edebilme özelliğine sahiptir. Hassasiyeti 0.03 mm, büyütme oranı 10 olan bu ölçer 0-2.5 cm arasındaki hareketleri ölçebilmekte, daha büyük konverjanslar içine ölçme üst sınırına varıldığında aletin yeniden ayarlanması gerekmektedir.

Geliştirilen yük izleme sistemi üç adet yük hücresi, üçer giriş ve çıkış terminali olan bir bağlantı kutusu, üç adet sinyal düzenleyici

ünite ve iki adet çift kanallı döner kaydediciden (strip-chart recorder) oluşmaktadır. Sistemle 70 tona kadar olan yük okumaları 250-500 kg'lık hassasiyetle yapılabilir.

ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Kaya Mekaniği Laboratuvarında geliştirilen bu ünitelerden "tamburlu konverjans ölçer" ve "yük izleme sistemi" bir araştırma programı çerçevesinde, Etibank'a ait bir yeraltı ocağında başarı ile kullanılmıştır. Tamburlu konverjans Ölçerin yeraltında kullanılması için üzerinde bazı değişikliklerin yapılması gerekmektedir.

2. KONVERJANS ÖLÇERLER

Konverjans, tavan ve taban arasında göreceli olarak oluşan düşey kapanma veya iki paralel topuk (veya galeri duvarı) arasında oluşan yatay kapanma olarak tanımlanmaktadır. Konverjans ölçümleri maden mühendisliğinde değişik tasarım aşamalarında ve duraylılığın izlenmesinde önemli bir araştırma aracı olarak kullanılmaktadır.

Genel olarak, konverjans ölçerleri kullanılan alıcı (transducer) türüne göre mekanik, elektronik veya ultrasonik olarak üç gruba ayırmak mümkündür. Konverjans Ölçerlerin seçiminde rol oynayan önemli faktörler şunlardır:

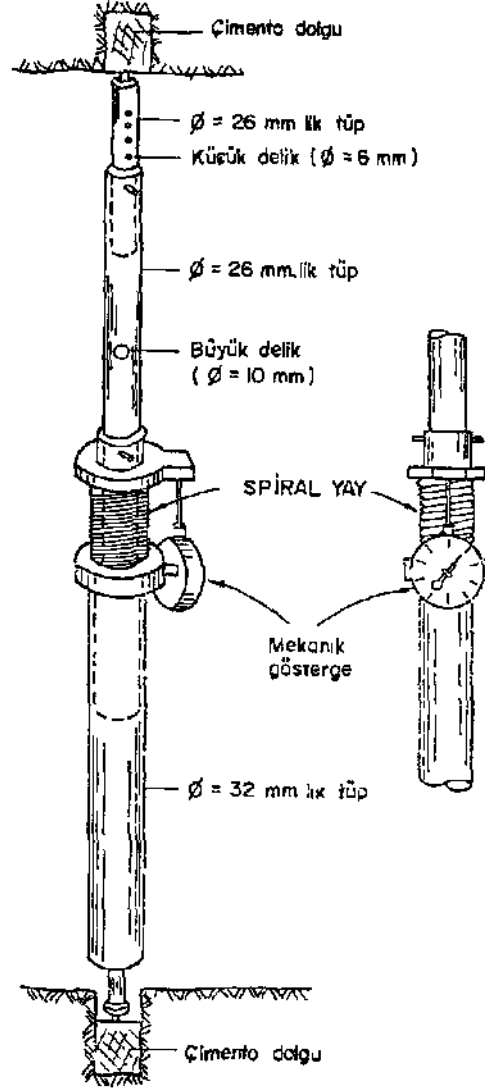
- (i) yeraltında kullanılabilme özelliği
- (ii) ölçme sınırları ve kapasitesi
- (iii) duyarlılığı
- (iv) devamlı kayıt yapabilme Özelliği
- (v) fiyatı
- (vi) piyasadan teminindeki kolaylık

ODTÜ'de geliştirilen konverjans ölçerlerin her ikisi de mekanik ölçer olmasına karşılık farklı özellikler göstermektedirler.

2.1. Teleskopik Konverjans Ölçerler

Teleskopik konverjans ölçerinin orijinal tasarımı ABD Maden Bürosu (USBM) tarafından yapılmıştır (1). ODTÜ'de tasarımı yapılan konverjans ölçer, Etibank Simav yeraltı ocağı galeri ve ayak yükseklikleri gözönünde alınarak ve orijinal şeklinden bazı değişiklikler yapılarak imâl edilmiştir. Bu konverjans ölçer Şekil 1'de şematik olarak gösterilmektedir.

Konverjans ölçer, iç içe geçebilen paslanmaz çelikten yapılmış üç ayrı çapta teleskopik tüpten meydana gelmektedir. Alet üzerinde bulunan spiral yay, ölçerinin tavan ve tabana yerleştirilmiş iki sabit nokta arasında gerdirilmesini sağlamaktadır. Tavan ve taban hareketi sonucunda oluşan konverjanslar galeri yüksekliğine göre Önceden ayarlanmış olan alt ve üstteki teleskopik tüpleri hareket ettirmekte ve bu hareket sonucu tüpler arasındaki spiral yay sıkışmaktadır. Alttaki tüp üzerine sabit olarak tespit edilen göstergeler üst tüp üzerindeki plakaya değen ve düşey olarak hareket eden kolu vasıtasıyla meydana gelen konverjansları direkt olarak göstermektedir. 0-20 mm arasındaki hareketler adı geçen deformasyon göstergesinden okunmakta, 20 mm'den büyük hareketler, en üstte bulunan tüp üzerine 20 mm arayla yerleştirilmiş olan



Şekil 1. Teleskopik Konverjans Ölçerin Şematik Görünümü

küçük deliklerin hareket payı bittiğinde, orta tüp üzerinde 400 mm arayla yerleştirilen büyük deliklerden ayarlama yapılmaktadır. Konverjans ölçer ile yüksekliği 1.90-3.10 metre arasında olan yeraltı boşluklarında ölçüm yapılabilmektedir. Gerekli değişiklikler yapılarak diğer yükseklikteki açıklıklarda kullanılabilen bir konverjan ölçer tasarımı yapmak mümkündür.

İmal edilen konverjans ölçerin duyarlılığı yaklaşık 0.03 mm olup 0-120 cm arasındaki konverjansları ölçebilmektedir. Bu alet hem galeriler hem de ayaklarda kullanılabilen niteliktedir.

2.2. Tamburlu Konverjans Ölçer

Konverjans ölçer yapımına geçilmeden önce aşağıda belirtilen nitelikleri içeren bir ünitenin tasarımı planlanmıştır:

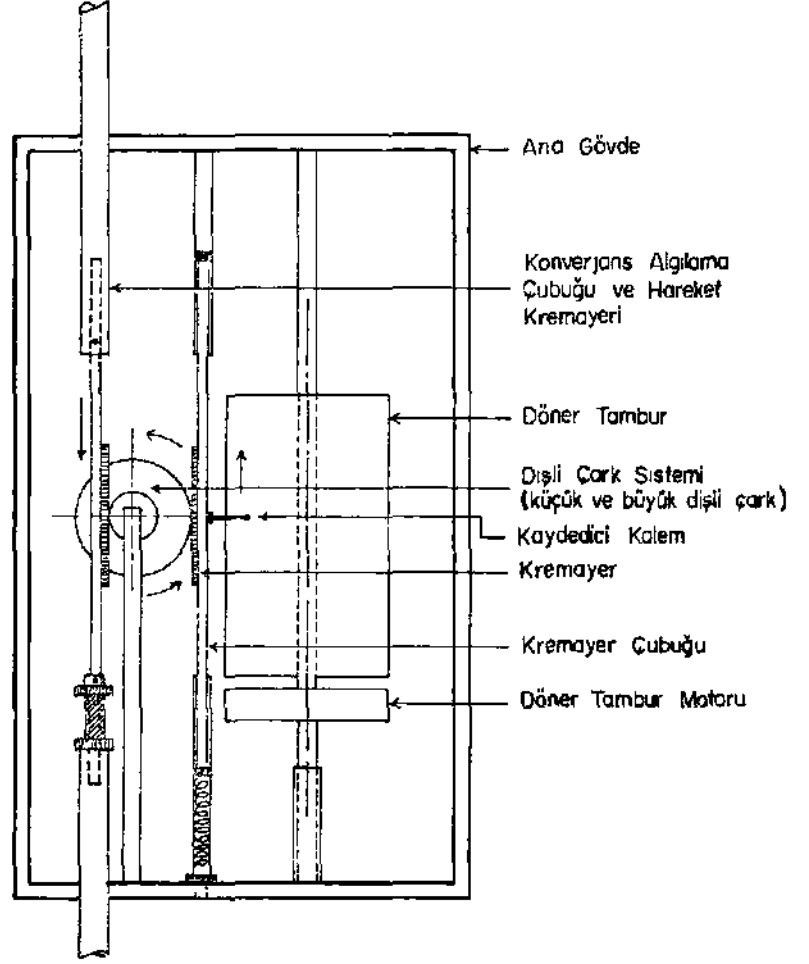
- (i) yeraltı şartlarında kullanılabilir, mekanik bir ölçer olması;
- (ii) devamlı kaydetme yapabilir nitelikte olması;
- (iii) Ölçme hassasiyetinin 0.01 mm civarında olması
- (iv) mümkün olduğu kadar ucuz ve ODTÜ atelyelerinde imal edilebilir olması.

Yapılan ön araştırmalar sonucunda kremayer ve dişli çarklardan oluşan ve büyütme oranı 10 olan bir konverjans ölçerin yapılabileceği ortaya çıkmıştır. Bu aşamada ortaya çıkan en büyük sorun sistemde kullanılan "modül" oranı olmuştur. Ön tasarımda modülün 0.9 olması istendiği halde atelyede imal edilebilir en küçük modülün 2.0 olabileceği belirtilmiştir. Bu durumda, kullanılan dişlilerin çapları planlanandan daha büyük olmuştur.

Yukarıda özetlenen çalışmalar sonucunda, Şekil 2'de şematik olarak gösterilen konverjans ölçer imal edilmiştir (2). Bu üniteyi oluşturan ana parçalar şekil üzerinde belirtilmiştir, ünitenin dişli sistemi, çap oranları 1/10 olan bir küçük ve bir büyük dişli çark ile hareketi küçük dişliye ileten ve büyük dişliden alan iki kremayerden oluşmaktadır. Tavan ve tabanın düşey hareketi (konverjans) hareket çubuğu tarafından algılanmakta ve bu çubuk üzerine yerleştirilmiş olan birinci kremayer tarafından küçük dişliye (pinion) aktarılmaktadır. Küçük dişlinin dönmesiyle yatay yönde oluşan hareket bu dişliyle aynı shaft üzerinde hareket eden büyük dişliye iletilmekte ve bu sırada ilk hareket 10 kat büyütülerek ikinci kremayera geçirilmektedir. Düşey yönde hareket etmekte olan bu ikinci kremayer üzerine tesbit edilinen yazıcı bir kalem, hareketi 10 kat büyütülmüş olarak döner tambur üzerindeki milimetrik kağıda devamlı olarak kaydetmektedir. Tamburun dönme hızı, üzerindeki ayar düğmesi ile "1 tur/gün" veya "1 tur/hafta" olarak ayarlanabilmektedir.

Tamburlu konverjans ölçerin kalibrasyonu "TML-Tipi" ve duyarlılığı¹ %0.1 olan bir elektronik potansiyometre ile yapılmıştır. Kalibrasyon için, aşağıda belirtilen işlemler sırasıyla gerçekleştirilmiştir.

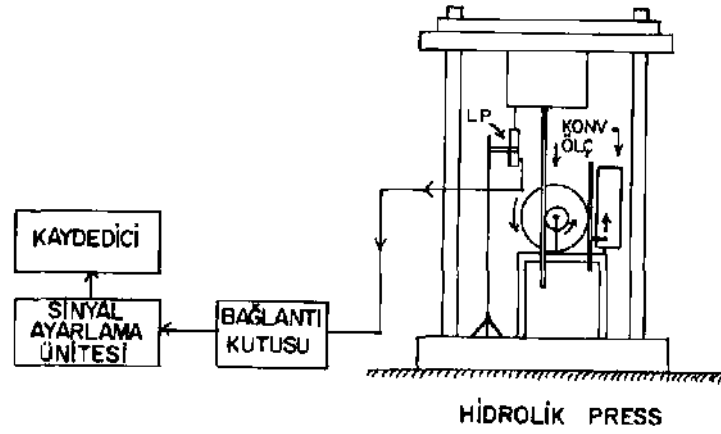
- (i) konverjans ölçer ve potansiyometrenin hidrolik presin platenleri arasına yerleştirilmesi,
- (ii) potansiyometre ve elektronik ünitelerinin bağlanması ve kontrolü,



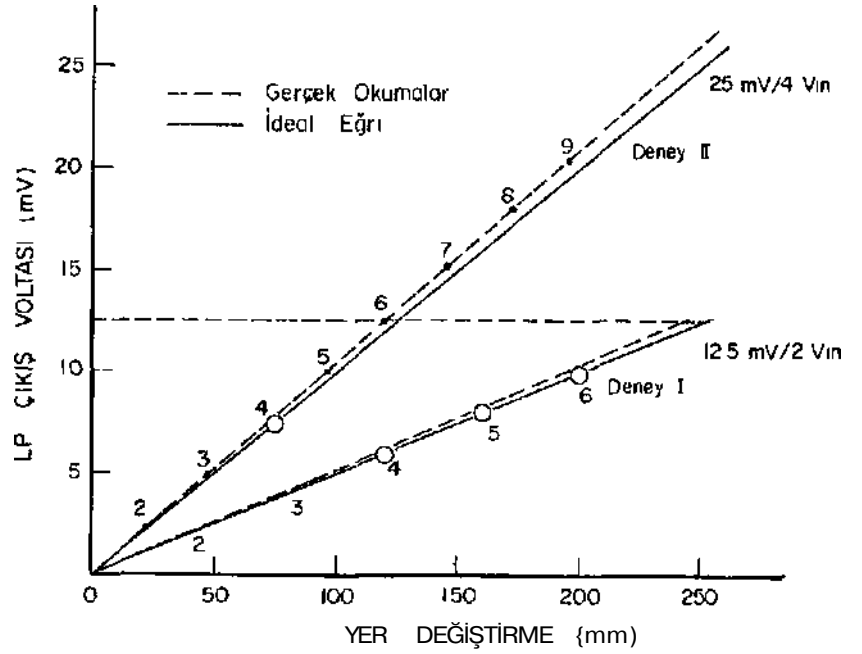
Şekil 2. Tamburlu Konverjans Ölçerin Şematik Görünümü

- (iii) hidrolik presin çalıştırılması ve platenlerinin oldukça yavaş bir hızla kontrollü olarak hareket ettirilerek potansiyometre ve konverjans ölçerde temasının sağlanması
- (iv) bu ünitelerle platenin teması sağlanır sağlanmaz ünitelerin sıfır ayarlarının yapılması
- (v) hidrolik press platenleri basmaya devam ederken oluşan düşey hareketlerin potansiyometre ve konverjans ölçer üniteleri tarafından kaydedilmesi. (Not: Lineer potansiyometre tarafından algılanan mekanik hareketler bu alıcı (transducer) tarafından elektrik sinyallerine dönüştürülmekte ve daha sonra çıkış voltajları sinyal ayarlama ünitesinde yükseltilerek döner tamburlu elektronik kaydediciye (strip-chart recorder) gönderilerek burada analog olarak kaydedilmektedir. Konverjans ölçer tarafından da algılanan aynı hareketler dişli sistemi tarafından 10 kat büyütülerek, mekanik olarak bu ölçerin tamburu üzerine kaydedilmektedir).

Kalibrasyon için kullanılan sistemin şematik diagramı Şekil 3, kalibrasyon sonucu elde edilen eğriler ise Şekil 4'de verilmektedir.



Şekil 3. Tamburlu Konverjans Ölçerinin Kalibrasyonu İçin Kullanılan Düzenin Blok Diagramı

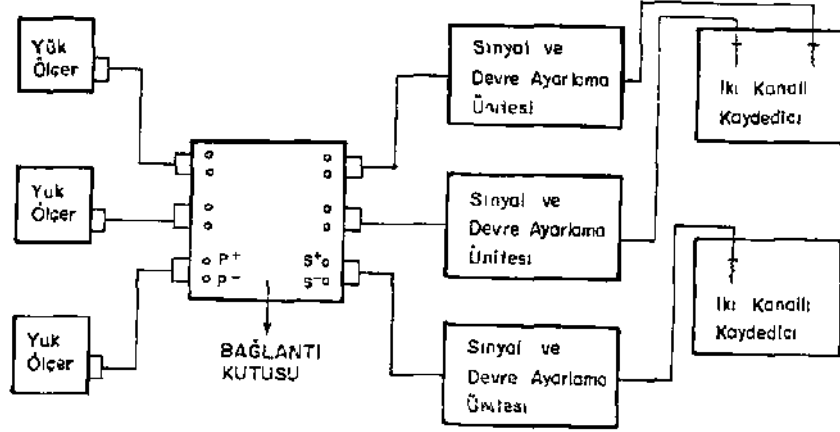


Şekil h. Tamburlu Konverjans Ölçerinin, Lineer Potansiyometriye Karşı Kalibrasyondan Elde Edilen Eğriler

3. YÜK İZLEME SİSTEMİ

Ayaklarda kullanılan tahkimat elemanları üzerine gelen yüklerin ölçülmesi için analog bir yük izleme sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemin blok diagram Şekil 5'de gösterilmektedir. İzleme sistemi üç adet yük ölçer, üç giriş ve üç çıkış terminali olan bir bağlantı kutusu, üç adet sinyal ve devre ayarlama ünitesi, iki adet çift kanallı kaydediciden oluşmaktadır.

Yük ölçerler BLH firması yapımı olup, kapasiteleri 70 tondur. Yük ölçme hücreleri silindirik şekilde, yüksek kapasiteli paslanmaz çelik üzerine düşey ve yatay olarak yapıştırılmış birim deformasyon dirençlerinden oluşmaktadır. Bu dirençler birbirine "Wheatstone köprüsü" devresi şeklinde bağlanmaktadır. Devreye sabit bir doğru akım verilmekte, devreden hücre üzerinde oluşan yük ile lineer olarak değişen mV seviyesinde sinyaller alınmaktadır.



Şekil 5. Yük İzleme Sisteminin Blok Diagramı

Bağlantı kutusu, yük ölçerlerle sinyal ve devre ayarlama üniteleri arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. Kutu üzerinde Üç giriş ve üç çıkış terminali bulunmaktadır. Sinyal ve devre ayarlama ünitesinden gelip, yük-ölçer elektrik devresini besleyen giriş Voltajı (P^+ ve P^-) ile yük ölçer devresinin çıkış voltajı (S^+ ve S^-), bir multi-metre vasıtasıyla bu terminallerden kontrol edilebilmektedir.

Sinyal ve devre ayarlama ünitesinin üç fonksiyonu vardır. Bunlardan birincisi, bu ünite kullanılarak yük hücresi devresine istenilen miktarda giriş voltajı sağlanmaktadır. İkincisi, ünite ile Wheatstone-Köprüsü devresinin balans (sıfır yükte, sıfır çıkış voltajı) ayarı yapılabilmektedir. Üçüncüsü ise ünite sinyal güçlendirici (anfi) olarak kullanılmaktadır. Normalde çıkış voltajları küçük olduğundan (mv seviyesinde) bunlar güçlendirildiği takdirde (volt seviyesinde) hem okumalar daha hassas olmakta hem de kaydediciler büyük voltajlarda daha iyi kayıt yapabilmektedir.

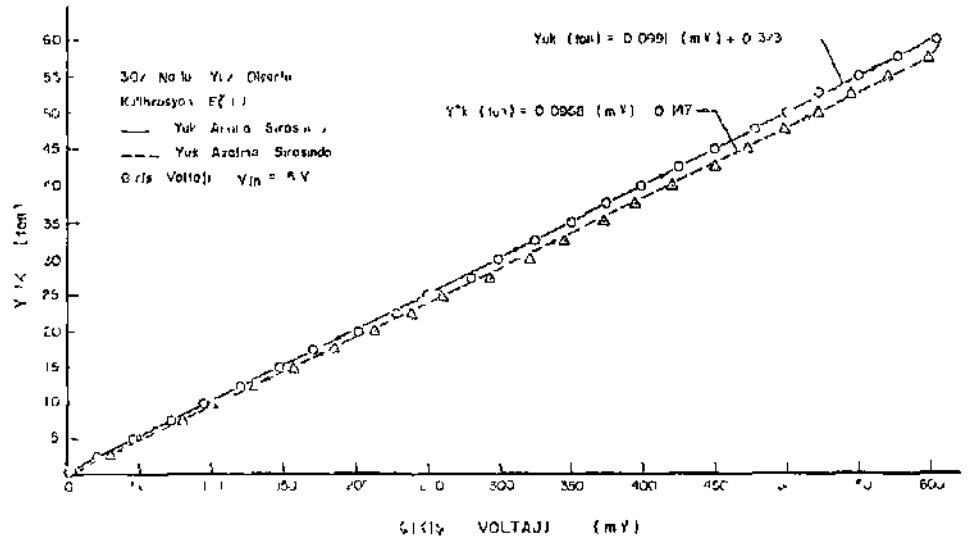
Kaydediciler iki kalemli ve döner tamburlu olup sistemdeki çıkış voltajlarını devamlı olarak kaydedebilmektedirler. Kalibrasyon eğrilerinden bu voltajlara karşı gelen yük bilindiğinden, tahkimatlar üzerine gelen yükleri devamlı olarak izlemek mümkün olmaktadır.

Elektronik yük izleme sistemi geliştirildikten sonra, yük hücrelerinin kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon işleminin detayları literatürde verilmektedir (2,3). Örnek bir kalibrasyon eğrisi Şekil 6'da sunulmaktadır.

Elektronik yük izleme sistemi Etibank'a ait Simav yeraltı ocağında bagarı ile kullanılmıştır (3,4). Bu Türkiye'de bir yeraltı ocağında kullanılan ilk elektronik (analog) yük izleme sistemidir.

KAYNAKLAR•

1. BAUER, E.R., Ground Control Instrumentation. A Manual for the Mining Industry. USBM Information Circular No.9053, 1985 pp.1-20.
2. VURAL, D., Design of a Convergence Recorder and Improvement of a Load Monitoring System for Measurements in Underground Mines, A Master Thesis in Mining Engineering, METU-Ankara, 1988, 95 p.
3. ÖZEL, R., Load and Convergence Measurements in Longwall Faces at Bigadiç-Simav Mine and Recommendations for Hydraulic Face Props, A Master Thesis in Mining Engineering, METU-Ankara, 1988, 160 p.
4. PAŞAMEHMETOĞLU, A.G., ÜNAL, E. ve TUTLUOĞLU, L., Etibank Bigadiç İşletmeleri Müessese Müdürlüğü, Simav Yeraltı Ocağı Kaya Mekaniği Etüdüleri, Son Rapor, Proje Kod No:86-03-05-01-06, Mayıs 1988.



Şekil 6. 307 No'lu Yük Ölçerinin Kalibrasyon Eğrisi

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The sixth coal congress of TURKEY

AMASRA KARBONİFER HAVZASINDAKİ DAMARLARIN MEKANİK DAYANIMURI
ACISINDAN SINIFLANDIRILMASI

THE CLASSIFICATION OF COAL SEAMS IN AMASRA COALFIELD ACCORDING
TO THEIR MECHANICAL STRENGTH

Nuh BİLGİN *
irfan S.AKGÜN**
Kourosh SHAHRIAR***

ÖZET

Bu çalışmada ilk olarak Amasra Karbonifer Havzasındaki damarlardan kısaca bahsedilmiş/ bunlar üzerinde yapılan basınç dayanımı, koni delici, darbe dayanımı ve Schmidt Çekici deney sonuçları özetlenmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak damarlar yerinde ve parça dayanımı açısından sınıflandırılmış ve Zonguldak Taşkömürü havzasındaki diğer bazı damarlar da göz önüne alınarak bir genelleştirilmeye gidilmeye çalışılmıştır.

ABSTRACT

In this article, the coal seams in Amasra Coalfield are first briefly described and the compressive strength, cone indenter, impact strength and Schmidt Hammer tests results are summarized. The coal seams in Amasra are later classified according to these mechanical tests and the results are generalized if some of the other coal seams in Zonguldak Coalfield are taken account.

* Doç.Dr. Maden Muh. I.T.Ü. Maden Fak.Maden İşletme Anabil im
Dali
** Maden Muh. Serbest çal işiyor.
*** Maden Yuk.Muh. I.T-Ü. Maden Fakültesi, Doktorant

1. GİRİŞ

Kömür madenciliğinin, enerji politikamız içersindeki yeri büyüktür. Son yıllarda projelendirilmesi düşünülen termik santrallerin veya devreye yeni giren ünitelerin sayısındaki artış bu görüşü doğrulamaktadır. Ayrıca kömürün ev yakıtı olarak tüketimi, nüfusun artışına paralel olarak hızla artmaktadır. Bilinen yataklarımızın sınırlı oluşu, bunların en verimli olarak istihsalı ve kullanımı konusunda bizi çok dikkatli olmaya mecbur tutmaktadır. Bu rasyonel kullanım hiç şüphesiz ki, tüm kömür damarlarının bütün özelliklerini en iyi şekilde araştırma ve sonuçları en iyi şekilde pratiğe aktarmakla olacaktır. Biraz geriye dönüp baktığımızda Zonguldak Kömür Havzasındaki damarların mekanik özellikleri hakkında çok az çalışma yapıldığını ve bu çalışmaların birbirinden kopuk olduğunu görürüz, işte burada verilen bu tebliğ daha evvelki çalışmaları birleştirici, ilerki çalışmalara ışık tutucu olarak düşünülmüştür ve yazarlar işin çok daha başlangıçta olduğumuz görüşündedirler.

2. HAVZANIN VE DAMARLARIN KISA TANITIMI

Bartın-Amasra Taşkömür Havzası, Karadeniz Ereğlisi'nden inebolu'ya kadar uzanan Türkiye Taşkömür havzasının doğu kanadını teşkil etmektedir. Halen bu sahanın kuzey kısmında Amasra'da kurulu tesisten günde 1400 t üretim yapılmaktadır ve üretimin arttırılması için hazırlıklar tamamlanmak üzere dir. A ve B bölgelerinde mümkün, muhtemel ve görünür olarak 420.10 ton kömür vardır. Bölge'de Paleozoik, Mezozoyik, Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı çökeller yer almaktadır. Westfalien yaşlı Kozlu-karadon serileri işletilmeye elverişli kömür damarlarını içermektedir. Bu seriler ve içerdikleri kömür damarları aşağıdaki gibidir.

Westfalien D: Westfalien C üzerine çökelmiştir. Siltaşı, Kiltaşı, ince taneli kumtaşı ve çok az konglomera içerir. Burada Altkurudere, üstkurudere ve bir çok ince kömür damarları bulunur.

Westfalien C: Westfalien B formasyonunun üzerinde oluşmuştur. Tektonik hareketler ve çökelme şartları neticesi Westfalien A üzerinde de görülebilmektedir. Westfalien C'nin tabanında şiferton oluşmuştur. Litolojik olarak açık gri kumtaşı, siyahımsı silttaşı ve kilttaşları bulunur. Kömür damarlarının dağılımı ise şöyledir. Tavan damar, kalınlığı 1 m.den 3 m.ye kadar değişmektedir. Damarda 25 cm.ye kadar şist ara kesmeleri vardır. Kalın damar, ortalama 3 m. kalınlığındadır, ana tavan kumtaşından oluşur. Taşlı damar, kalınlığı 1 m. ile 3 m. arasındadır, damarda 45cm'yi bulan şist ara kesmeleri vardır. Bu damar zaman zaman çatallanmaktadır.

Westfalien B: Westfalien A ile litolojik olarak çok benzer- Çakıltaşları A serisine göre daha iri ve yuvarlaktır. Kalınlığı 1 m.yi nadiren geçen, birkaç kömür damarı içeren bir seviyedir.

Westfalien A: Kozlu serisine aittir. Litolojik olarak gri renkli çakıltaşı, kumtaşı, siyahımsı silttaşı ve kilttaşlarından oluşur. Belli başlı içerdiği kömür damarı Çınarlı,

3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Amasra Taşkömürü işletmesi'ne ait değişik üretim yerlerinde 15.7.1985 ile 30.8 1985 tarihleri arasında bazı çalışmalar yapılmış, buralardan alınan numuneler T.T.Ü. Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne ait laboratuvarlarda bir seri deneye tabi tutulmuştur. Numunelerin, özellikle tüm damarı temsil edecek şekilde alınmasına özen gösterilmiştir. Diğer bir deyişle eğer damardajvitren, klaren, düren ve fügen bantları mevcutsa, bunların temsil ettiği oranda numuneler alınmıştır. Yapılan deneyler aşağıda kısaca özetlenmiştir, neticeler ise çizelge 1 de verilmektedir.

3.1. Basınç Dayanımı Deneyi

Alınan blok numunelerin çok kırıklı, çatlaklı ve tabakalı oluşundan karot almak mümkün olmamıştır. Bu nedenle Evans/in (1) tarif ettiği şekilde 5 x 5 x 5 cm. boyutlarında küp numu-

neler çıkarılmış ve tabakalaşma yönüne dik olacak şekilde basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Küp numunelerin çıkarılması sırasında da çoğu numune dağılmış, numune hazırlamada büyük zorluk çekilmiştir ve bu nedenle deneyler ancak 3 defa tekrar edilebilmiştir.

Basınç dayanımı, kazı sistemlerinin seçiminde, damarların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında, keza topuk tasarımında olduğu gibi bazı parametrelerinin tespitinde çok kullanılan bir değerdir, fakat numune hazırlamadaki zorluklar, zayıflık düzlemlerinin bulunmadığı sağlam parçalar üzerinde deney yapılmasını gerektirmektedir. Bu nedenle bir çok jeolojik süreksizliklere sahip kırıklı ve çatlaklı damarların yerinde dayanımını tespit etmek amacıyla ampirik neticeler veren ve daha kolay yapılabilen başka deneyler geliştirilmiştir. Bu deneylerden bazıları aşağıda ve sonraki bölümlerde geniş olarak tartışılacaktır.

3.2. Schmidt Çekici Deneyi

Yerinde yapılan ölçümlerde taşınabilir N tipi Schmidt Çekici kullanılmıştır. Kolay netice alınabilir oluşundan dolayı birçok araştırmacı tarafından tercih edilir (2,3). Cihazda mevcut çelik uç bir yay vasıtasıyla kurulmakta ve bir tetik aracılığıyla Ölçü yapılacak yüzeyde zıplatılmaktadır.. Zıplama mesafesi yüzeyin sertliğine bağlı olarak çekicinin üzerindeki kardan okunur. Yüzeyin çok pürüzsüz ve temiz olması gerekir, ölçümler sırasında aynı noktada 20 Ölçü alınmalıdır, zira genelde ilk değerden sonraki değerler yükselmekte ve belirli bir noktadan sonra sabit kalmaktadır (4). Sertlik değeri olarak 20 ci ölçü alınır. Kayacın plastisite değeri ise 20 ci değer ile ilk değer arasındaki yüzde farkdır ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$P.D. = \frac{\$.D20 - \$.D1}{\$.D20} \times 100 \quad [1]$$

Burada:

P.D. : Kayacın plastisite değeri,

\$.D1 : Birinci ölçmedeki Schmidt değeri

\$.D20: Yirminci ölçmedeki Schmidt değeridir.

Sağlam bloklar Üzerinde daha önce yapılan çalışmalar Schmidt çekici sertliği ile basınç dayanımı arasında yakın ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur (3). Fakat burada dikkat edilecek husus, Schmidt çekici tipine ve formasyonların yerindeki özelliklerine bağlı olarak değişik ampirik neticeler elde edilmiştir. Ayrıca Schmidt çekici değerleri ile kömür damarlarının ani gaz püskürmelerine karşı eğilimleri arasında yakın ilişkiler kurulmuştur (5).

3.3y Koni Delici Deneyi

Koni delici, konik şekilli bir ucun batma prensibi ile çalışan basit bir statik sertlik ölçme aletidir. Aletin ana yapısı 175 mm. uzunluğunda çelik bir çerçeve, mikrometre ve mikrometreye bağlı olarak da 40° uç açılı tungesden karbid deliciden ibarettir. 12 x 12 x 6 mm. boyutlarına kesilmiş numune, konik uç ve levha kiriş arasına yerleştirilir, komparatörden sıfır ayarı yapılır ve buna karşı gelen değer mikrometreden okunur. Sonra komparatörden 0.635 mm. değeri okunana kadar mikrometre döndürülür. Bu değer 40 N.luk bir batırma kuvvetine eşdeğerdir. Koni delici değeri ise aşağıda verilen formülden hesap edilir (6).

$$I_s = \frac{0,635}{(m_2 - m_1) - 0,635} \quad [1]$$

Bu formülde,

m_1 : İlk mikrometre okuması

m_2 : Son mikrometre okuması

İngiliz kömür idarelerinde, kömür ve kömür yan kayaçları üzerine koni delici ile yapılan uzun çalışmalar, koni delici ile basınç dayanımı arasında aşağıdaki lineer ilişkinin bulunduğunu göstermiştir.

$$a_c = I_s \times 24.8 \quad (\text{MPa}) \quad [3]$$

Deney, değişik araştırmacılar tarafından, tünel ve galeri açma makinelerinin seçiminde güvenilir olarak nitelendirilmektedir (7,8,9) .

Stimpson ise, basınç dayanımının hesaplanmasında kullanılan (3) nolu bağıntıya ihtiyatla bakılması gerektiğini, değişik bölgelerde değişik yapıdaki kayaçlarda bu denklemin daha farklı olacağını önemle vurgulamaktadır (10). Kendisinin Batı Kanada'daki sedimanter kayaçlar için elde ettiği bağıntı (3) no.lu bağıntıdan farklıdır.

3,4. Darbe Dayanım Deneyi

Deney ilk olarak Rus araştırmacı Protodyakanov tarafından geliştirilmiş, daha sonraları Evans tarafından İngiltere'deki kömür damarlarının sınıflandırılmasında kullanılmıştır. (1). Ökten ise "Zonguldak Taş Kömürü Havzasındaki Ani Gaz ve Kömür Püskürmesi Olaylarının incelenmesinde veya Olaya Eğilimli Zonların Belirlenebilirliğinin Araştırılması" adlı eserinde olayların meydana geldiği kesimlerden alınan kömürlerde saptanan darbe dayanımı değerlerinin 30 un altında olduğunu, buna karşı Kozlu'daki farklı damarlara ait kömürlerde, bu değerlerin özellikle 35-58 arasında yoğunlaşmış olduğunu vurgulamaktadır (1).

Sözü edilen deneyde 1.8 kg. ağırlığında ve 4.45 cm çapında bir silindir, 30.5 cm yükseklikten aynı çaptaki içi delik başka bir silindir içerisine düşürülmektedir. Deney yapımı sırasında numuneler çekiçle parçalara ayrılmakta ve 9,5-3,2 mm. ebadındaki iki elekten elenmekte, elek arasında kalan numune tartılmakta, bunun 100 gramı deney silindirinin içine koyulmakta ve yukarıda bahsedilen ağırlık, numune üzerine 20 defa düşürülmektedir. Silindirlerden boşaltılan numune tekrar elenmekte ve 3.2 mm elek üstü darbe dayanım sayısı olarak tanımlanmaktadır. Bazı araştırmacılar değişik boyutlarda deney cihazı kullanarak bu yöntemi formasyonların delmebilirliklerinin tayini için uygulamışlardır (12). Aşağıda neticeleri tartışılacak deneyler için Evans'ın belirlediği boyutlardaki cihaz kullanılmıştır (1) .

Çizelge: 1a. Amasra Karbonifer Havzasındaki Kömür Damarları Üzerinde Yapılan Deneylerin Sonuçları

DAMAR	NUMUNENİN ALINDIĞI YER	TARİH	SAYIMIN ÇİC. DEĞERİ	PLASTİSİTE DEĞERİ	UREN DİYAKİM DEĞERİ	KORU DELİCİ DEĞERİ	ANISİM DİYAKİMİ (%)
TAŞLI DAMAR	+4C B1 Rekubu Sol Taban	26.7.85	31	13	10.1 ± 1.4	1.33 ± 0.1	
	+4D B1 Rekubu +72 Ayak	20.7.85	46	24	5.0 ± 1.2		
	+4D B1 Rekubu +72 Ayak	20.7.85	37	14	4.7 ± 0.7	0.70 ± 0.1	
	+4D B1 Rekubu +40/-30 Kacamak	1.9.85	32	13	7.1 ± 1.0	1.00 ± 0.1	
	2.Ocak Dağı Rekubu	1.9.85	38	21	7.1 ± 1.3	1.00 ± 0.1	14.01
	3.Kartıye E1182 Baca	3.9.85	42	5	78.5 ± 13.1	1.43 ± 0.2	
	3.Kartıye E1183 Baca	3.9.85	40	20			
	3.Kartıye E1185 Baca	3.9.85	43	13	78.5 ± 0.1	1.43 ± 0.2	26.11
	1.Kartıye Ayak	3.9.85	3	2			
	1.Kartıye Ayak	3.9.85	34	12			
	2.Kartıye +40/-30 Ayak	3.9.85	54	13	82.2 ± 13.1	1.54 ± 0.2	17.43
	4.Kar. 61120 Kuz. Lağ. -30 Sağ Tab.	7.8.85	38	14	3.2 ± 1.3	1.51 ± 0.2	
	4.Kar. 61120 Kuz. Lağ. -30 Sağ Tab.	7.8.85	42	14	3.2 ± 1.3	1.51 ± 0.2	
	1.Kar. +72 Ayak Göçük Önü	13.8.85	56	7	74.5 ± 7.0	1.05 ± 0.1	
	1.Kar. +72 Ayak	13.8.85	57	7	70.6 ± 11.8	1.07 ± 0.1	
3.Kartıye Ayak	20.7.85			60.4 ± 0.6	1.10 ± 0.1		
ORTALAMA DEĞERLER			42 ± 8	15 ± 8	69.4 ± 11	1.19 ± 0.3	25.81 ± 14
TAVAN DAMAR	+10/61120 Kuzey Lağ. Sol Tab.	29.7.85	36	20	65.2 ± 2.5		
	1.Kartıye Ayak	14.9.85	44		73.0 ± 1.9	1.55 ± 1.0	
	1.Kartıye Ayak	16.8.85	46		77.5 ± 2.0	1.64 ± 0.1	
	1.Kartıye Tavan Ayak	16.8.85	54	24	76.4 ± 0.7	1.47 ± 0.3	1.56
ORTALAMA DEĞERLER			45 ± 5	22 ± 1	73.0 ± 4.8	1.55 ± 0.1	1.56
ALT KURUDERE DAMAR	+10/61120 Kuzey Lağ. Sol Taban	29.7.85	40	20	60.2 ± 2.8	1.14 ± 0.1	
	+30/61120 Kuzey Lağ. Sol Taban	29.7.85	50	1			
	+10/61120 Kuzey Lağ. Sol Taban	31.7.85	44	13			
	+30/61120 Kuzey Lağ. Sol Taban	31.7.85	48	17			
ORTALAMA DEĞERLER			45 ± 4	18 ± 2	62.2 ± 2.8	1.14 ± 0.1	

Çizelge 1b. Amasra Karbonifer Havzasındaki Kömür Damarları Üzerinde Yapılan Deneylerin Sonuçları

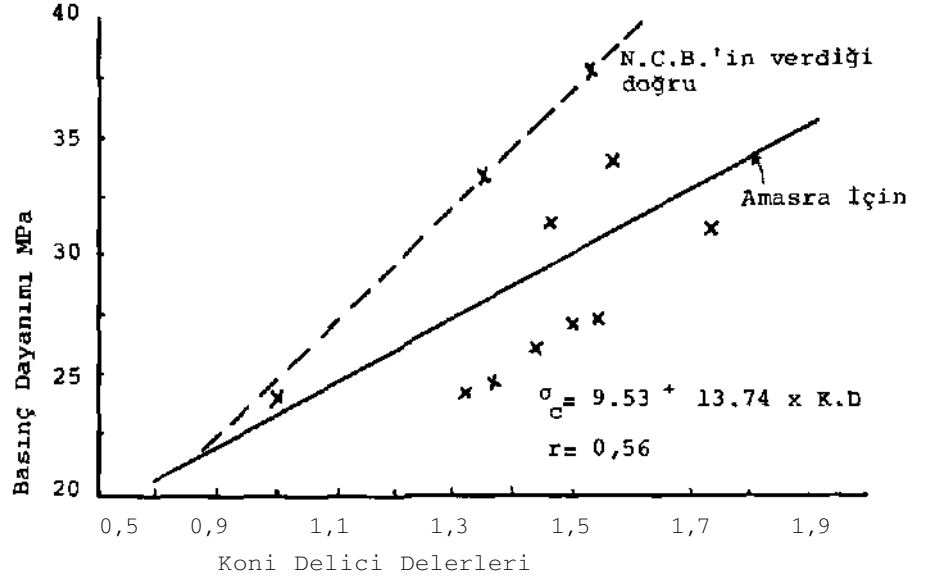
NUMARANIN	MİMLİNİN	TARİHİ	SİHMİDİ	PLASTİSİTE	DARBE	KONİ	DAYANIM	ORANIN
	AL NOĞİ YER		DEĞERİ	DEĞERİ	SAĞIYI	DEĞERİ	SAĞIYI	DEĞERİ (%)
MALIN DAMAR	+40 Rkubu Sol Taban	26.7.85	41	12	64.5 ± 0.8	1.36 ± 0.1		
	+40 Rkubu Sol Taban	26.7.85	56	13				28.06
	2.Kartıya 1 Doğu Re. +35 Ayak	1.8.85			64.9 ± 1.4			
	2.Kartıya 1 Doğu Re. +35 Ayak	1.8.85	4	21				
	2.Kartıya 1 Doğu Re. +35 Ayak	1.8.85	31	6				
	2.Kartıya 1 Doğu Re. +35 Ayak	1.8.85	38	24	51.6 ± 0.6	1.2 ± 0.1		
	15.Kartıya Ayak	1.8.85	40	10				
	15.Kartıya Ayak	1.8.85	47	15	78.3 ± 1.7	1.32 ± 0.1		24.17
	4.Kartıya 61120 Kuzey Lağ.-30 Sol Taban	2.8.85	27	19				
	-30 Sol Taban	2.8.85			80.4 ± 0.6	1.35 ± 0.1		33.46
	15.Kartıya +30 Ayak	20.8.85	46		73.2 ± 1.7	1.34 ± 0.1		
	2.Kartıya	19.8.85			80.0 ± 2.4	1.50 ± 0.1		27.2
	11.Doğu Rkubu	19.8.85			82.0 ± 0.9	1.54 ± 0.1		33.2
	Ayak	20.8.85			76.6 ± 1.2			
	16.Ocak 5. Doğu Rkubu	29.8.85			67.5 ± 0.8	1.36 ± 0.1		
15.Kartıya 61103 Ayak	10.8.85	44	11					
15.Kartıya 61103 Ayak	20.8.85	46	4					
ORTALAMA DEĞERLER			41 ± 6	14 ± 6	72.3 ± 7.6	1.35 ± 0.1	30.21 ± 50	
CINARLI DAMAR	84 Rkubu +100 Taban	26.7.85	10					
	+100 4 Doğu Rkubu	26.7.85	43		76.0 ± 1.6	1.73 ± 0.1		31.2
	-30 Sol Taban	7.8.85	34	12	76.8 ± 0.6	1.36 ± 0.3		24.56
	-30 Sağ Taban	7.8.85			76.8 ± 1.1	1.56 ± 0.1		34.08
	40/100 Doğu Baca	20.8.85			69.2 ± 2.6			
6.Kartıya +40 100 Baca	23.8.85	32	28					
ORTALAMA DEĞERLER			32 ± 9	20 ± 8	74.7 ± 3.6	1.55 ± 0.2	29.95 ± 40	

4. SONUÇLARIN İRDELENMESİ VE DAMARLARIN MEKANİK DAYANIMLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMALARI

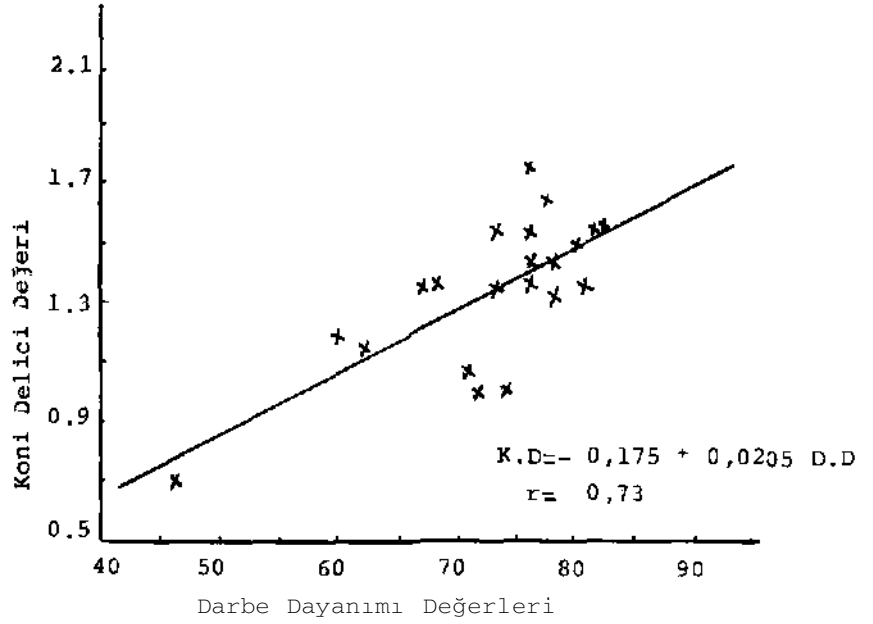
Mekanik deneylerin sonuçları çizelge 1'de özetlenmiştir. Bu neticeler kullanılarak deneylerin kritiği yapılmış ve damarlar mekanik dayanımlarına göre sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Şekil 1'de koni delici ile basınç dayanımı arasındaki ilişki verilmektedir. Görüldüğü gibi bağıntının korelasyon katsayısı düşüktür ve güvenilebilirlik yönünden şüpheyle bakılmaktadır. Aynı şekil üzerinde İngiliz Kömürler idaresi (N.C.B) araştırma elemanlarınca oldukça güvenilir olarak önerilen bağıntı da gösterilmiştir. İki doğrunun eğimi birbirinden farklıdır. Bunun sebebi İngiliz araştırmacıların bu bağıntıyı çoğunlukla silindirik kayaç numuneleri kullanarak elde etmeleridir. Su numuneler yapıları yönünden zayıflık düzlemleri içermezler ve elde edilen basınç dayanım değerleri bu özelliğe bağlı olarak daha büyük çıkmaktadır. Küp şeklindeki kömür numuneleri ise muhakkak zayıflık düzlemleri ihtiva edecektir. 1 no.lu şekil, koni delici deneyinin kömürün basınç dayanımını gerçekçi olarak yansıtmadığının tipik bir delilidir. Aynı durum basınç dayanımı ile darbe dayanımı arasındaki ilişki için de söz konusudur, bu değişkenler arasında Amasra kömür damarları için elde edilen istatistiksel bağıntının korelasyon katsayısı 0.35 dir.

Yöntem itibari ile, üzerlerinde koni delici ve darbe dayanımı deneylerinin yapıldığı numuneler, basınç dayanımı deneylerinin yapıldığı kübik numunelere nazaran çok daha az kırık ve çatlaklar içereceğinden, iki değişken arasındaki istatistiksel bağıntının çok daha güvenilebilir olacağı düşünülebilir. Nitekim bu düşüncüyü Şekil 2'de verilen bağıntı doğrulamaktadır.

Schmidt Çekici ile yerinde (in situ) deneyler yapılabildiğinden sonuçların jeolojik süreksizliklerden etkileneceği, bu nedenle deney sonuçlarının damarların veya formasyonların yerindeki dayanımlarını daha gerçekçi yansıtacağı uzun zamandır ileri sürülmektedir (13) . Bu görüş ışığında, yapılan bir



Şekil 1. Koni Delici İle Basiñ Dayanımı Arasındaki İlişki



Şekil 2. Darbe Dayanımı ile Koni Delici Değerleri Arasındaki İlişki

seri istatistiksel analiz, Amasra Kömür Damarları için, Schmidt çekici deney sonuçları ile basınç dayanımı ve koni delici değerleri arasında anlamlı korelasyonların mevcut olmadığını göstermiştir. Schmidt çekici ile darbe darbe dayanımı değerleri arasındaki ilişki ise aşağıdaki gibidir ve korelasyon katsayısının düşük oluşu, bağıntıyı ihtiyatla kullanma gereğini vurgulamaktadır.

$$D.D = 44.06 + 0,639 \times S.Ç. \quad r = 0,5 \quad [4]$$

Yukarıda açıklanan tüm hususlar göz önüne alındığında kömür damarlarının yerindeki dayanımlarının belirlenmesi için Schmidt çekici deneylerinin güvenilebilir olduğu, parça dayanımının belirlenmesinde ise darbe dayanımı ve koni delici deneylerinin kullanılabilmesi söylenebilir. Kırık ve çatlakların çok az olduğu masif formasyonlarda ise durum daha değişik olabilmektedir. Bu görüşler ışığında Amasra Karbonifer Havzasındaki Kömür Damarlarını Çizelge 2' de verildiği gibi sınıflamak mümkündür. Bu sınıflama yapılırken Schmidt Çekici Değerleri 45 'den büyük ise damarlar aşırı sert, 45 ile 40 arasında ise çok sert, 40 ile 30 arasında sert, 30 ile 20 arasında ise orta sert, 20 den küçük ise yumuşak, olarak adlandırılmıştır. Parça dayanımlarına göre sınıflandırma yapılırken ise darbe dayanımı 75 den büyük ise damar aşırı sert 75 ile 70 arasında çok sert, 60 ile 40 arasında orta sert 40 dan ufak ise yumuşak olarak sınıflandırılmıştır. Parça dayanımına göre sınıflama, koni delici değerleri esas alınarak da yapılabilir. Bu durumda numunelerin darbe dayanımı değerlerinin koni delici değerleri açısından karşılıkları 75 - 1,4 j 70 - 1.3 \ 60 - 1.1; 40 - 0.7 dir.

Sınıflama yapılırken, Jeremic'in basınç dayanımlarını esas alarak yaptığı sınıflama kabul edilmiş ve bu değerlere karşılık gelen koni delici, darbe dayanımı ve Schmidt çekici değerleri kullanılmıştır (14). Çizelge 2'de dikkat edilecek önemli bir husus yerindeki dayanımı açısından çok sert sınıfa giren bir damarın parça dayanımı açısından çok daha alt gruplara girebildiğidir.

Çizelge: 2. Amasra Karbonifer Havzasındaki Damarların Mekanik Dayanımları Açısından Sınıflandırılması

Damar	Yerindeki Dayanım ¹		Parça Dayanımı		
	Schmidt Çekici D.	Sınıflama	Damar	Darbe Dayanım D.	Sınıflama
Tavan Damar	45	Çok Sert	Çınarlı	75	Çok Sert
Alt Kurudere	45	Çok Sert	Tavan Damar	73	çok Sert
Taşlı Damar	42	Çok Sert	Kalın Damar	72	ÇOK Sert
Kalın Damar,	41	Çok Sert	Taşlı Damar	69	Sert
Çınarlı	32	Sert	Altkurudere	52	Sert

Yukarıda verilen sonuçlar, bazı araştırmacıların Zonguldak Kömür Havzasındaki diğer üretim yerlerinde yaptığı çalışmalarında göz önüne alınarak tekrar gözden geçirilmiştir (15,16). Karşılaştırılmalı değerler Çizelge 3' de Özetlenmektedir. Buradan da görüldüğü gibi Zonguldak Taşkömürü Havzasında gerek parça gerekse de yerinde dayanım açısından en sert damarlar Amasra'dadır. Havza çapındaki bir değerlendirmede bu hususun muhakkak göz önüne alınması gerekir.

5. SONUÇLAR

Kömür numuneleri üzerinde yapılan Schmidt Çekici, Darbe Dayanımı, Koni Delici ve Basınç Dayanımı deneylerinin kritiği yapılmış, bu parametreler arasındaki istatistiksel ilişkiler araştırılmıştır. Sonuç olarak kömür damarları mekanik dayanımları açısından sınıflandırılırken yerindeki dayanım ve parça dayanımlarının ayrı ayrı ele alınması gereği vurgulanmış ve Amasra Karbonifer Havzasındaki Kömür damarları bu kriterler göz önüne alınarak sınıflandırılmıştır. Yerinde dayanımlarına göre bu damarların çok sertten serte doğru Tavan Damar, Alt Kurudere, Taşlı Damar, Kalın Damar ve Çınarlı Damar olarak; parça dayanımlarına ise yine çok sertten serte doğru, Çınarlı, Tavan Damar, Kalın Damar, Taşlı Damar ve Altkurudere Damar olarak sınıflandırılabilceği görülmüştür. Zonguldak Taşkömürü Havzası tümüyle ele alındığında ise Amasra'daki kömür damarlarının diğer damarlara nazaran çok sert oldukları bulunmuştur.

çizelge: 3. Amasra üretim Bölgesindeki Kömür Damarlarının Bazı Mekanik Özellikleri Açısından Diğer Bölgelerdeki Damarlarla Karşılaştırılması

üretim Bölgesi ve içerdüğü Damarlar	Schmidt Çekici Değerleri	Piastisite İndeksi	Koni İndeksi [Değeri	Darbet Dayanımı Değeri
AMASRA-Taşlı,Kalın,Tavan Kuru-dere ve Çınarlı Damarları	41 ± 9 36 Değerin Ort.	15 ± 7 32 Değerin Ort.	1.33 ± 0.24 25 Değerin Ort.	71.7 ± 8.7 31 Değerin Ort.
ARMUTCUK-Bayük Damar	-	~	1.15 ± 0.3 8 Değerin Ort.	60.3 ± 4.4 4 Değerin Ort.
ASMA-Sulu,Domu2;cu,Lui, Çay, Acılık Damarları	18.3 i 6 16 Değerin Ort.	17 ± 6 16 Değerin Ort.	0.87 ± 0.19 25 Değerin Ort.	53.9 ± 7.6 15 Değerin Ort.
ÇAYDAMAR-Acılık ve çay Damarları	20 ± 8.5 4 Değerin Ort.	15 ± 3 4 Değerin ört.	1.09 ± 0.35 12 Değerin Ort.	53.9 ± 10.1 7 Değerin Ort.
DİLAVER - B.Kılç, PİC-2, Lui ve Noemi Damarları	19.7 ± 8.4 10 Değerin Ort.	20 ± 5 10 Değerin Ort.	***	54.9 ± 13 10 Değerin Ort.
K02LU-Acılık,sulu, çay-3, Çay-5 ve Hacı Petro Damarları	-	-		41.3 i 8.9 19. Değerin Ort.

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma "Madenlerde Mekanize Kazı İçin Bir Ölçme Sisteminin Geliştirilmesi ve T.T.K.Amasra Kömür Bölgesi'ne Uygulanışı" adlı TÜBİTAK M.A.G. 674 nolu projenin bir bölümünü teşkil etmektedir. Yazarlar kendilerine bu imkânı tanıyan İ.T.U. Maden Fakültesi Dekanlığına, Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi Müdürü Sayın Basri Çatma, Etüd Tesis Şube Müdürü Sayın Erol Yamak'a ve diğer yetkililere teşekkürü bir borç bilmektedirler.

KAYNAKLAR

1. EVANS, I. POMEROY, C.O., The Strength, Fracture and Workability of Coal, Pergamon Press, 1966, London, 256 p.
2. JANACH, W.- MERMINOD, A., Rock Abrasivity Test With a Modified Schmidt Hammer, Int. J. Rock. mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr. Vol. 19, 1982, pp.43-45.
5. HARAMY, K.Y., DeMARCO, M.J., Use of the Schmidt Hammer for Rock and Coal Testing, 26 U.S. Symposium on Rock Mechanics, 1985, pp.545-555.
4. BİLGİN, N., Zonguldak Kömür Havzasında Burgu Davranışlarının Etüdü, TÜBİTAK MAG-548 Nolu Proje, 1982, s.67.
5. LAMA, R.D., MITCHELL, G.W., Investigations on Geomechanical Parameters in Relation to Outbursts of Gas and Coal at Leichardt Colliery, CSIRO-DAG-9, Australia, June 1930,79 p.
6. BİLGİN, N., SHAHRİAR, K., Kayaçların ve Kömür Damarlarının Bazı Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Doğaylı Yöntemlerin Değerlendirilmesi, 1. ulusal Kaya Mekaniği Kongresi, 13-15 Ekim 1986, Ankara, s.127-137.
7. McFEAT, S.- FOWELL, R.J., The Selection and Application of Roadheaders for Rock Tunnelling. Proceedings of Rapid Excavation and Tunnelling Conference, U.S.A., Vol.1, 1979, pp. 261-279.
8. McFEAT, S.- TARKOY, P.J., Assessment of Tunnel Boring Machine Performance. Tunnels and Tunnelling, Decemoer, 1979, pp.33-37.
9. McFEAT-SMITH., Site Investigation for Machine Tunnelling Contracts, Tunnels and Tunnelling, March, Vol.12, No. 2, "1.980, pp. 36-39.

10. STIMPSON, B.-ADOTT, C.P., Application of the NCB Cone Indenter to Strength Index Testing of Sedimentary Rocks From Western Canada, Can. Geotech. J. Vol. 20, 1983, pp.532-535.
11. ÖKTEN,G., Zonguldak Taşkömür Havzasındaki Anı Gaz ve Kömür Püskürmesi Olaylarının İncelenmesi ve Olaya Eğilimli Zonların Belirlenebilirliğinin Araştırması, İ.T.U. Maden Fakültesi, Doktora Tezi, 1983, s.97.
12. TANTANAND, S.-UNGER, H.F. , Drillability Determination, a Drillability Index for Percussive Drills. U.S. Bureau of Mines, R.I. 8073, 1975, pp.20
13. KIDYBINSK, A., Rebound Number and the Quality of Mine Roof Strata, Int. J. Rock Mech.Min.Sec'. Vol.5, 1968, pp.283-292.
14. JEREMIC, M.L., Elements of Hydraulic Coal Mine Design, Trans Tech. Publication, Claustal, 1982.
15. AKÇIN, N.A., Batı Karadeniz Taşkömürü Havzasında Hidrolik Kömür Madenciliğinin Uygulanabilirliği, Türkiye 5. Kömür Kongresi, Zonguldak, 1986, s.13-31.
16. EYİÜPOĞLU, E.M., T.T.K. Üzülmaz Bölgesi Çaydamar ve Dilâver Bölümlerinde Çalışan Damarların Mühendislik Özelliklerinin Etüdü, Hacettepe üniversitesi Zonguldak Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Bitirme Ödevi, Haziran 1984 , s.106.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The sixth coal congress of TURKEY

UZUNYAYAK KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE
TABAN YOLLARININ DURAYLILIK ÜZERİNE BİR
İNCELEME

AN INVESTIGATION INTO THE STABILITY
OF GATE ROADWAYS IN LONG-ALL MINING

Dinger ERER (x)

ÖZET

Bu makalede Cotgrave yeraltı kömür ocağının taban yollarındaki rijit tipteki çelik bağların performansı ile ilgili gözlemler verilmiştir. Çelik tahkimat üzerine gelen düşey yöndeki arazi yükünün hesaplanması için DLM.ÜC adı ile bilinen birim deformasyon ölçme cihazından faydalanılmıştır. Bağların üzerindeki yükün ayak ileledikçe değişimi ve dağılımını ölçmek için hidrolik yük ölçerler kullanılmış ayrıca test istasyonlarındaki bağların bulunduğu kesitlerdeki daralmalar gözlenmiştir. Sonuçlar verilmiş ve tartışması yapılmıştır.

ABSTRACT

This study aims at monitoring the performance of rigid steel arch supports in the selected gate roadways at Cotgrave Colliery, England. The total load acting on the steel supports was measured with the aid of D.C.A.C demountable strain gauge. The distribution of loads on arches and the change in their magnitude with the face distance were also measured by using hydraulic load cells. Closure measurements were carried out at the test locations. Results from the test sites are presented and discussions are given.

(x) Yard. Doç. Dr., Maden Yük. Müdü-»Hacettepe Üniversitesi,
Ankara

1. GİRİŞ

Cotgrave yeraltı kömür ocağında yapılan araştırma, taban yollarında kullanılan rijit çelik "bağların maruz kaldığı düşey yöndeki yüklerin hesaplanmasını kapsamaktadır. Üç parçalı ve I profilli bağlar İngiltere'de çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Geçme bağlar olarak adlandırılan T.H. bağlar ise Avrupa'da popüler olup özellikle Almanya'daki taban yollarında kullanılmaktadır. Bu iki bağ sisteminin yararlı ve sakıncalı yönleri konusundaki araştırmalar günümüzde de devam etmektedir.

Rijit çelik bağların performansı üzerine laboratuvar- da ve yerinde yapılan testler taban yollarının duraylılığı üzerine sürdürülen araştırmaların bir bölümünü meydana getirmektedir. Yerinde (in-situ) testlerin yapıldığı Cotgrave ocağında ilerletimli uzun ayak metodu kullanılmaktadır, ölçmeler için "BIACC" adı ile bilinen birim deformasyon Ölçer (strain gauge) ile Hidrolik yük ölçerler (Load cell) kullanılmıştır. Bu aletlere ait teknik bilgilere de makalede yer verilmiştir. Demir diskleri ve yük ölçerlerin yerleşimi çelik bağlar üzerine yerleştirilmeleri gerektiğinden oldukça kritik bir yerde çalışılması zorunlu olmuş, bu nedenle ocak idaresinden izin alınmıştır. Ocakta farklı derinliklerdeki panolarda üretim yapıldığından üretim yerlerinin birbirine etkilerini de gözlemek fırsatı olmuştur.

Araştırmanın ana amaçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

(1) Farklı derinliklerdeki taban yollarındaki çelik tahkimat üzerine gelen düşey yöndeki yükün yaklaşık olarak hesaplanması.

(2) Aynı damarda bulunan bir üretim panosunun taban yolları ile bir hazırlık galerisinin karşılaştırılması.

(3) Rijit çelik bağların üzerine gelen yüklerin dağılımı, ayak ilerlerken bağlar üzerine gelen yükün belli bir noktada değişiminin gözlenmesi.

(4) *BMZG* aleti ve atelyede imal edilen hidrolik yük ölçerinin in-situ testlerdeki performansının saptanması.

(5) Test istasyonlarındaki galeri kesitlerinde kapanmanın

ölçülmesi, taban kabarmasının rolünün etüdü.

2. COTGRAVE OCAĞI Hİİ TANITIMI

İngiltere'deki yeraltı kömür ocakları içinde en fazla üretim yapan yerlerden biri yılda 1*4- milyon ton ile Cotgrave ocağıdır. Gerçek anlamdaki ilk kömür üretimine 1968 yılında 500 metredeki "Deep Hard" damarında başlanmıştır. Bu damar, 62^ metre derinlerdeki "Blackshale" damarına bir galeri ile bağlanmıştır. 1987'de her iki damarda da üretime devam edilmiştir. "Deep Hard" damarında dört, "Blackshale"de ise iki panoda üretim yapılmaktadır.

Kuzey-batıdan ^ün^y-do^uya uzanan bir fay 500 metredeki "Deep Hard" damarından geçmektedir. Kömür damarını çevreleyen tabakalarda 50 metreyi geçen ana faylar bulunmakta, ayrıca "Deep Hard" damarında 2-10 metre atımlarla daha küçük faylar bulunmaktadır. "Deep Hard" damarındaki panoları t~rtıp ederkrn birinci derecede önemli fay hatlarından uzak olmaya çalışılmış, fakat küçük faylar kömür üretiminde önemli gecikmelere n'den olmuştur. 625 metre derinlerdeki "Blackshale"de üretime geçen ilk pano olan K l'in ayağı yukarıdaki "Deep Hard" damarının etkisinde kalmıştır.

Cotgrave ocağının da bulunduğu South Nottinghamshire bölgesinde damar eğimleri çok az olduğundan aynı panodaki taban yolları hemen hemen aynı jeolojik formasyonlar içinde bulunmaktadır. Hava giriş yollarının (maingate) kesitleri daha geniş olup 150 x 125 mm lık kalın I profilli, üç parçalı rijit çelik bağlar ile tahkim edilmiştir. Çelik bağlar arasında ortalama 0.75 metre mesafe vardır. Bağların çevresi boyunca ya çelik hasır ya da ondüleli çinko plakalar konmuştur. Yedi adet boru şeklinde kama (strut) ile komşu bağların desteklenmesi sağlanmıştır. Çelik bağların düşey düzlem içinde kalmasında bu demir kamaların rolü çok büyüktür.

Kömür damarlarının tpk eksenli basınç dayanımı ortalama 250 kg/cm' C 25 HPa) olup kalınlıkları yaklaşık 2 metre kadardır. Kömürün t«banında çamurt^şı (mudstone) bulunmaktadır.

Tavanda yaklaşık olarak 20 cm kadar kömürün bırakıldığı yerler bulunmaktadır. Tamburlu kesiciler ile kazılan kömür, zincirli konvpyörler ile hava giriş yolundaki (M/G) bant konveyöre taşınmakta ve buradan da ana yeraltı silosuna nakledilmektedir.

3. YERİNDÜ TİSTLJ^RİN YAPILDIĞI TABAN YOLLAEI

Yerinde testlerin yapıldığı taban yollarının seçiminde ocak idaresinin de görüşleri alınmıştır. Cotgrave ocağına ait plan Şekil 1'de görülmektedir. Testlerin yapıldığı H 65 ve H 75 panoları "Deep Hard" damarmdadır. Araştırmaların yapıldığı günlerde H 25 panosu henüz hazırlık aşamasında olduğundan buradaki taban yolu (M/G) henüz aşırı basınçlara maruz değildi. H 65 panosunun hava dönüş yolu (T/G) ise panoya paralel olan 2 metre atıralı bir faydan dolayı çok ciddi duraysızlık problemlerine maruz kalmıştır. Bu fayın etkisini minimuma indirmek için ayak uzunluğunu azaltmak zorunlu olmuş, ve topuk tarafına takviyenin yapılmasından vazgeçilmiştir. Bu önleme rağmen ayağın taban yoluna birleştiği bölgede sık sık tavan göçmeleri meydana gelmiş, bunun üzerine ağaç kazıklar kullanılarak tavan taşıyı sağlamlaştırma yoluna gidilmiştir. H 65 panosunun hava giriş yoluna da test istasyonları kurulmuştur.

Blackshale damarının ilk panosu olan K-1 'in taban yollarına da aletler yerleştirilerek tahkimat ünitelerinin performansı gözlenmiştir. Deep Hard damarındaki H-11 panosu çalışılırken bırakılan topuklar yüzünden tam onun altına rastlayan K-1 hava dönüş yolu (T/G) ile ayağın orta hattı arasındaki alanda çok önemli tavan duraysızlığı sorunları meydana gelmiştir.

Her iki damara ait kesitler Şekil 2'de verilmiştir. Deep Hard kömür damarının tek eksenli basma dayanımı oldukça fazladır. Testlerin yapıldığı beş taban yoluna ait detaylar Çizelge 1'de verilmiştir.

ÇI^Lu i, -!COTGiAV-. OCAĞINDA ÖLÇÜMLERİN YAPILDIĞI
TABAN YOLLARINA AİT BİLGİLER

(1) H 65 DAPOSU -DESEP HARD

Derinlik:510 m.
Kazılan damar kalınlığı:1.9 m.
Tavan taşı:Silttaşı. Yaklaşık 2 metre kalınlıkta,
üstünde sağlam çamurtaşı var.
Taban taşı:Çamurtaşı. 2 metre kalınlıkta, dayanımı
30-40 MPa. Üstünde silttaşı var.
Hava giriş Kesiti 4.80 x 3.60 m.
yolu (M/G) " Çelik bağ profili ISO x 125 mm.
Hava dönüş Kesiti 4.20 x 3.00 m.
yolu (T/G) _ Çelik bağ profili 114 x 114 mm.

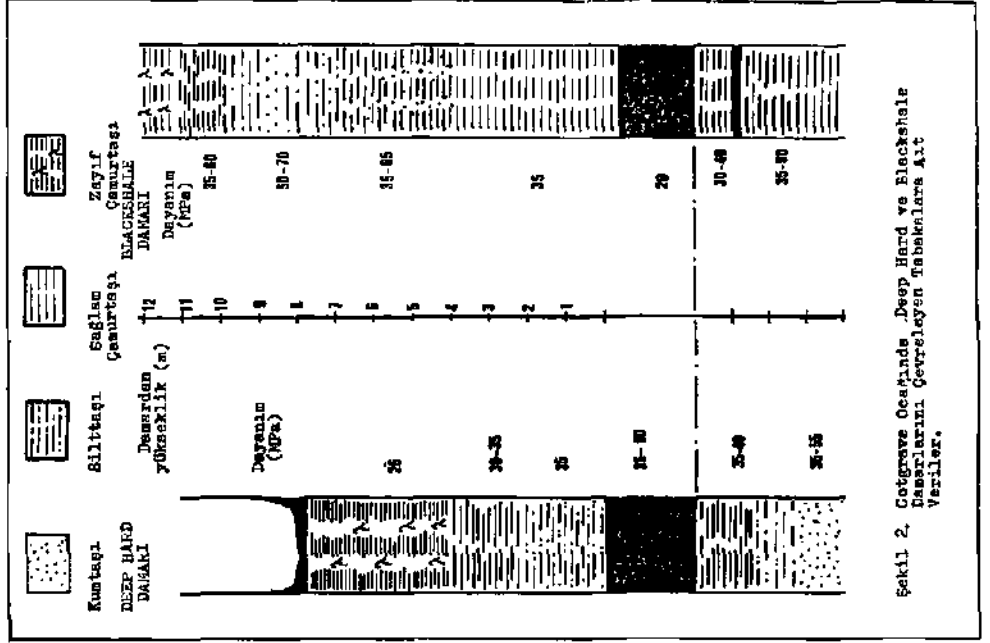
(2) K 1 PANOSU -BLACKSHALI

Derinlik:650 m.
Kazılan damar kalınlığı:1.7 m.
Tavan taşı:Zayıf çamurtaşı (35 MPa dan az).
Üstünde kalın ve savlam çamurtaşı var.
Taban taşı:Sağlam çamurtaşı (30-40 MPa), en az
6 m. kalınlıkta.
Kava giriş Kesiti 4.80 x 3.60 m.
yolu (M/G) ~ Çelik bağ profili 150 x 125 mm.
Hava dönüş Kesiti 4.20 x 3.60 m.
yolu (T/G) ' Çelik bağ profili 125 x 114 mm.

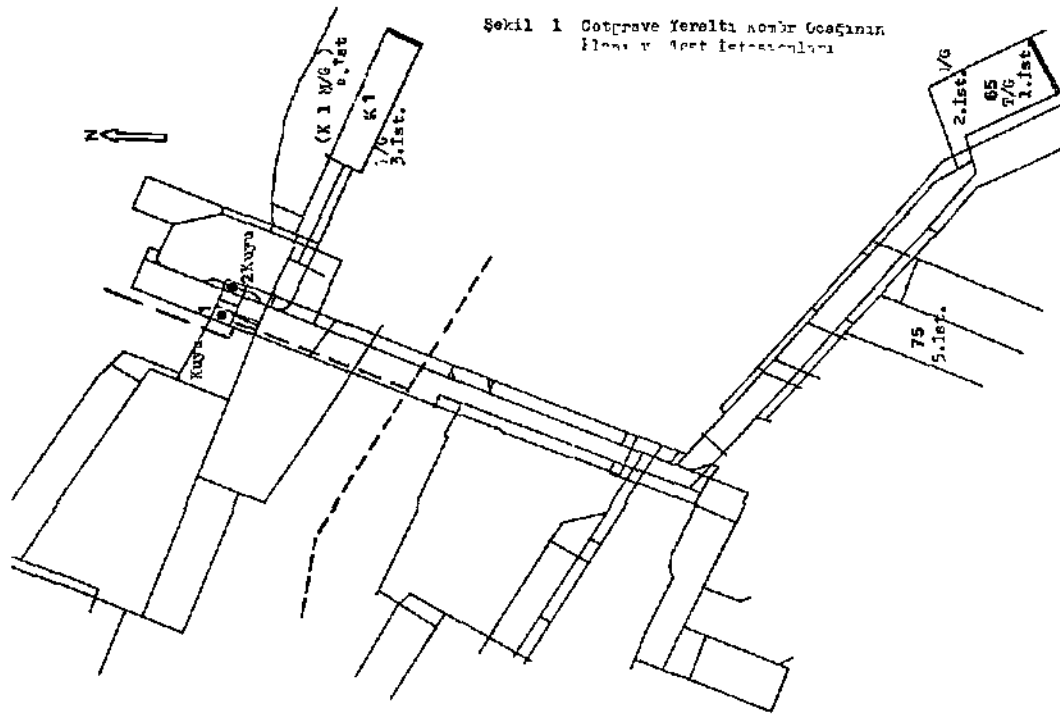
(3) H 75 PANOSU -DU^P HARD

Derinlik:500 m.
Ayak başlanrıç hattına kadar sürülen hava
giriş yolu (M/G): Kesiti 4.20 X 3.00 m.
Çelik bağ profili 125 x 114 mm,

Damarı çevreleyen tabakaların
özellikleri H 65 panosununki
gibi.



Şekil 2. Cöğreve Ocağında Deep Hard ve Blackhale Deneçerlerini Çöçreleyen Tabakalara Ait Veriler.



Şekil 1 Cöğreve Yeraltı Akömr Cöçerinin Plan ve İst. İstasyonları

4. OLCM-i-CKD-i. KOLLANILAN AL^TLJR

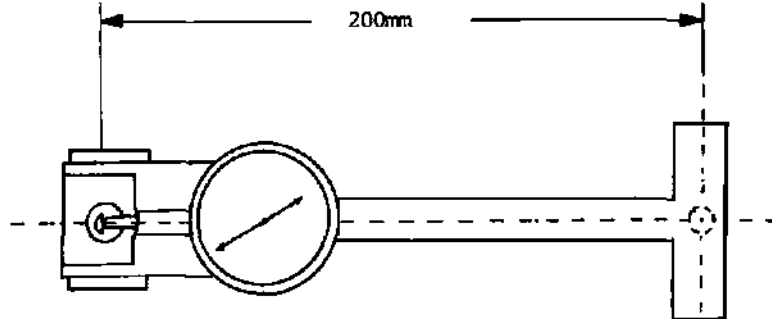
Yerind⁰ ölçmelerde kullanılan aleti r:

- (a) "DEMiC" adı ile bilinen birim d-formasyon ölçer.
- (b) Hidrolik yük ölçer.

Test istasyonlarındaki galeri kesitlerinde kapanmayı (closure) ölçmek için de özel bir yöntem kullanılmıştır.

4.1 "DEMEÇ" Birim Deformasyon Ölçer

Bu alet ilk defa inşaat mühendisliğindeki beton yapıların davranışları ile ilgili deneyler yapmak için 'Cement and Concrete Association' tarafından kullanılmıştır (Morice ve Base, 1953). Aletin şematik bir görüntüsü Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Demeç Birim Deformasyon Ölçerinin Şematik Resmî

Bir çift paslanmaz çelik disk hareketini ölçmek için Demeç aletinden faydalanılır. Mercimek büyüklüğündeki bu pinler 5 mm kalınlığında ve 6.5 mm çapında olup Demeç aletinin sivri uçlarının girdili konik şekilli bir delik içerirler. Bu diskler, beton veya çelik yapıların üzerlerine yapıştırılırlar. İki disk arasındaki mesafedeki değişim önceden saptanmış periyotlarda ölçülmektedir, ölçüm yapılacak yapının elastik özellikleri ve boyutları bilindiğinde birim deformasyonun gerçek değerleri hesaplanabilir.

Bu aletin piyasadan temin edilebilecek uzunlukları 50 ile 2000 mm arasında değişmektedir. Özellikle ocağındaki testlerde 200 mm uzunluğundaki bir DEMEÇ aletinden faydalanılmıştır.

Bu birim deformasyonlar ortalama birim d-fomasyonları hesaplamakta çullanılırlar ve sonra çelik bağın ayazma ^elen yükün düşey yöndeki bileşimi hesaplanabilir. Diskler,Çelik bağların ayaklarına yerleştirilirken taban kabarmasından etkilenmeyecek bir u^; aklıca, y ani tabandan yaklaşık 80-?0 cm. yükseklice yapıştırılmalıdır. Bu yöntem oldukça ekonomik olup çok sayıda ba*ın gözlemlenmesine de olanak kılar.

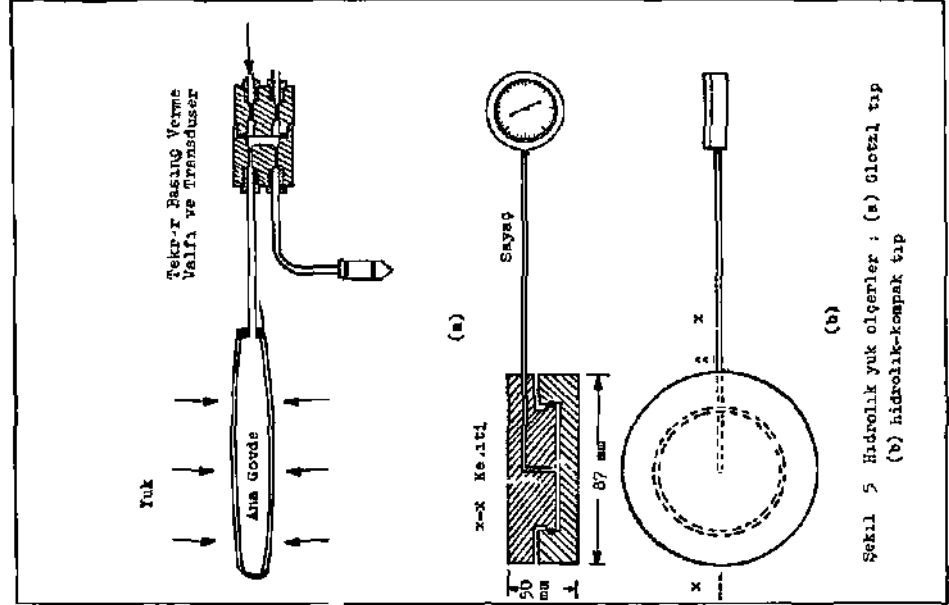
Kullanılacak Demeç aletinin laboratuvardaki kalibrasyonu için farklı profillerdeki çelik bag ayaklarından faydalanılmıştır (Şekil 4) ,

4.2 Hidrolik Yük Ölçer (Load Cell)

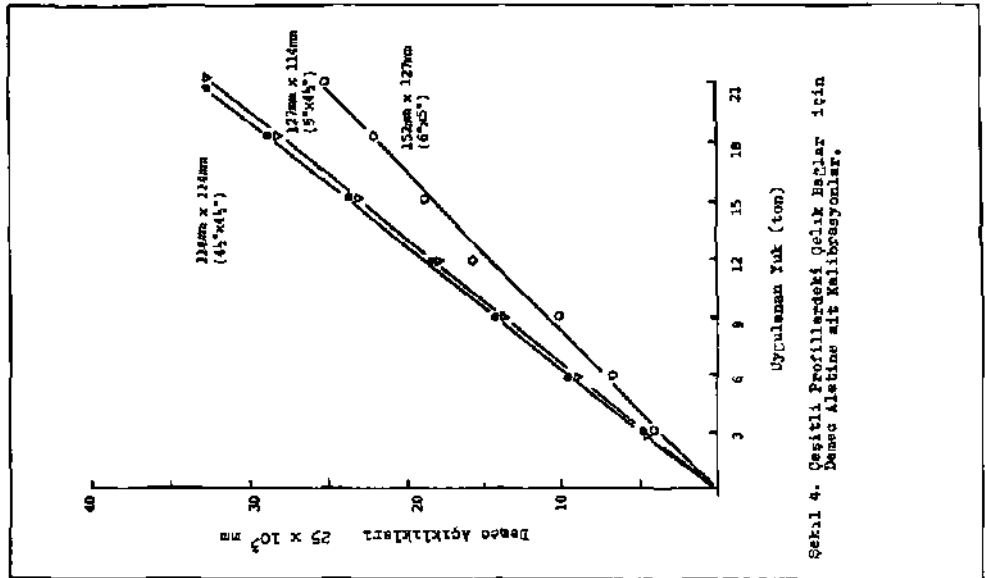
Uzunayak madenciliği açısından hidrolik yük ölçerler hem emniyetli oluşlarınınım de sağlamlıkları nedeni ile tercih edilmektedirler. Elektrikli birim dfformasyon ölçme tekniği ile çalışan yük ölçerlerin kalınlıkları bazan 20 mm.ye yakın olduğundan çelik bağ ile tavan taşı arasına yerleştirmek için uysun değildir.

GLÖTZL adı ile bilinen aletler gaz içeren kömür ocaklarında çok Dopüler olup elde edilen sonuçlar da oldukça güvenilirdir (Şekil 5-a). Tek bir çelik ba* etrafındaki yük dağılımını ölçmek için en az 7-8 alet gerekmekte ve bunun maliyeti de çok fazla olmaktadır. Ot* yandan bir taban yo-1 jıda birkaç ad-t çelik ba^m yük ölçerler ile donatılması tavsiye edilir, Nottingham Univers tesi'nin ately^sinde imal edilen hidrolik yuk ölçerler hem ekonomik hem de^güvenilir "ldu^undan bu makaledeki araştırmada kullanılmışlardır. Bu aletin şeması Şekil 5-b'de görölmektedir. Aletin başlıca parçaları:(a) Yassı hücre, (b)yükün okunduğu sayaç, (c) hücre ile sayacı birleştiren çelik bir borudur.

Hidrolik yük ölçer tahkimat ile tavan taşı arasına yerleştirildiğinde yassı hücre üzerine gelen arazi yükü buradaki sıvının sıkışmasına neden olmakta,yer değiştir'n sıvının miktarı çelik ba^ın o bölgesine gelen yükün bir ölçüsü olmaktadır. Taban yollarında kullanılacak olan tüm yük ölçerler laboratuvarında kalibre edilmişlerdir (jfrer,1936).



Sekil 5 Hidrolik yük ölçerler : (a) Gletzl tip
(b) hidrolik-kompak tip



4.3 Test istasyonlarındaki Tahkikatların Bulunduğu Kesitlerdeki Kapanmaların Gözlenmesi

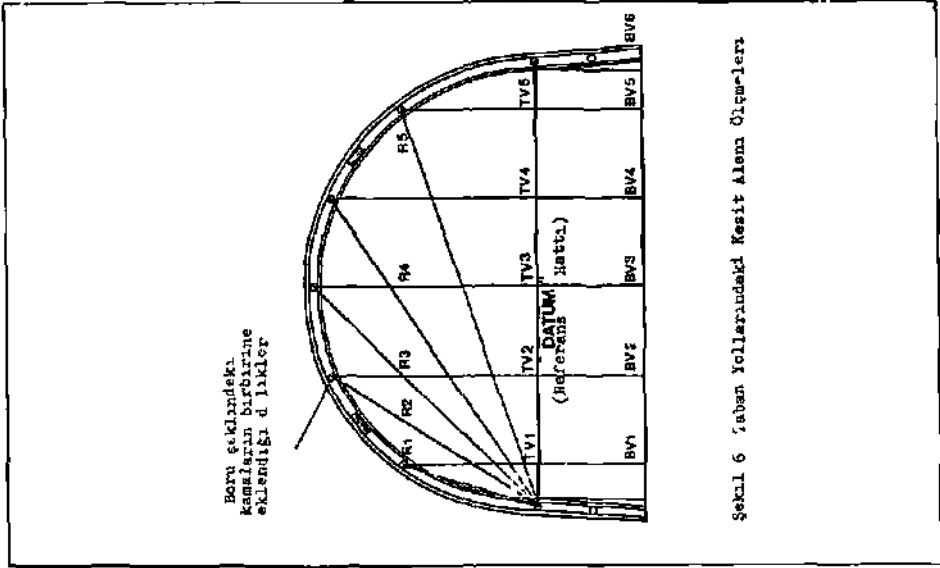
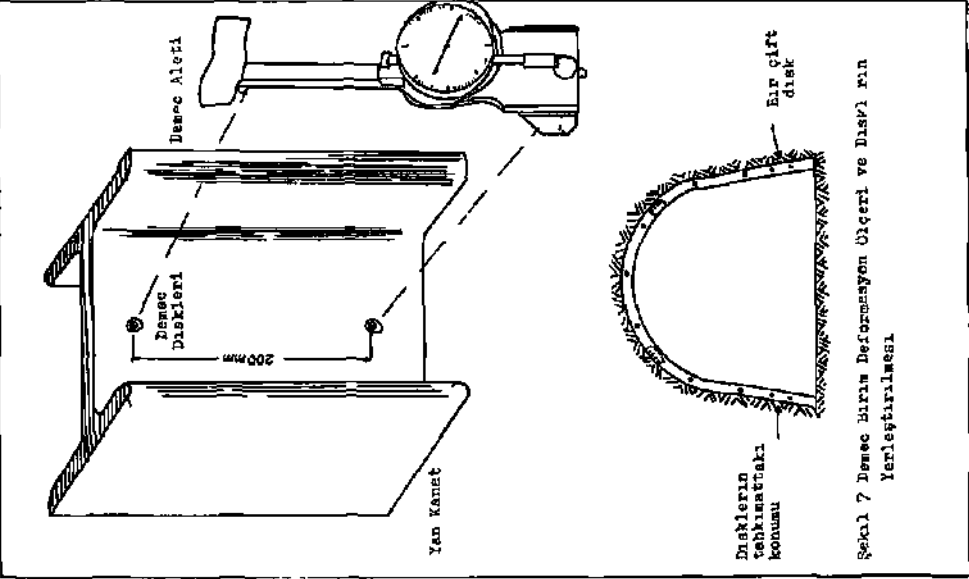
Yük ölçümlerinin yapıldığı rinit çelik batlar kuruldukları ilk günden itibaren periyodik olarak incelenirken galeri kesitlerindeki kapanmalar (closures') yatay ve düşey yönde ölçmeler yapılarak kaydedilmiş, sonuçların tümü bilgisayara yüklenerek analiz edilmiştir. Jiçme tekniğı için çullanılan yöntem şekil 6'da görülmektedir (Stace,1955)-

Ayrıca b ş taban yol nda da ^enel durumu biliriDræk için hør 10 metrode bir yükseklik v<~ jenişlik ölçmeleri yapılmıştır.

5. TEST İSTASYONLARININ OLUŞTURULMASI

Çelik bağlar üzerine etkiyen yüklerin saptanması, ayakların tabana yakın düz kısımlarının her iki yüzüne referans disklerinin tam 200 mm. aralıkla yapıştırılması ve bunların Demeç birim deformasyon aleti ölçülmesi ile yapılmıştır (Şekil 7) . Birim deformasyon okumalarına başlamadan Önce sıcaklıktan meydana gelen değişimleri saptamak için aletin kutusunda bulunan referans çubuğı ile ilk okumalar alınır. 0 taban yolundaki tüm istasyonlardaki ölçümler bittikten sonra Demeç aletinin sivri uçları tekrar referans çubuğundaki deliklere sokularak sıcaklıktan dolayı meydana çelen birim deformasyon okuması farkı not edilir.

Bir taban yolundaki ardışık üç ba^ın bir 'test istasyonu * meydana getirmesi düşünölmüştür. Aynı taban ayaktaki iki komşu test istasyonu arasında 10 metreye kadar bir uzaklık bırakılmıştır. Her taban yolunda en az yedi adet test yeri meydana getirilmiştir. Oca^a her gidildiğinde bu istasyonlardaki birim deformasyon ölçümleri ve galeri kesitindeki daralmaların şerit metre ile ölçümleri birbirini takiben yapılmıştır.



Tahkimat ünitesinin üzerine pelen arazi basıncının karakteristiğini "bulmak için bazı çelik balların etrafına hidrolik yük ölçerler yerleştirilmiştir. Bir bag için sayıları sekizden az olmayan yük ölçer kullanılmış, bunlar bag ile tavan arasına konurken tavanda boşluk kalmamasına dikkat edilmiştir.

6. ÇELİK BAĞLARIN AYAKLARINA GELEN YÜKLERİN TAYİNİ

Taban yollarındaki test istasyonlarından çok sayıda okuma alınmıştır. Daha sonra test bölgelerindeki çelik bağların ayaklarına gelen yükler ile pano ayarındaki ilerleme arasındaki grafikler çizilmiştir. Orijinal verilerle ilgili örneklerden biri İİK-1'de görülmektedir. Bu bölümde verilen grafikler, test istasyonlarından alınan tüm sonuçların değerlendirilmesi ile hazırlanmış ve bu verilerin ışığında h'r taban yolundaki tahkimatın nasıl performans gösterdiği saptanmıştır. Genel eğilimi ortaya çıkarırken anormal görünen birim deformasyon okumaları çıkarılmıştır. Taban yollarının h.3r iki ayanına gelen yükler toplu bir halde Şekil 8'de görülmektedir, flu şekilde iki önemli eğilim göze çarpmaktadır:

(1) Göçük tarafındaki bağların ayaklardaki yük, özellikle 10 metrelik ilerlemeye kadar hızla artmıştır. H 65 panosunun hava giriş yolu (H/G) hariç tutulursa 15-20 metrelik ayak ilerlemesine kadar bağların göçük tarafındaki ayaklar maksimum yüke ulaşmıştır. Maksimum yükler, ayak ilerledikçe belli bir değere kadar azalarak nihaye-tinef¹ sabit kalmıştır.

(2) H 65 panosunun hava giriş yolundaki aşırı yüksek yükler haricinde bağların topuk tarafındaki ayaklara gelen yüklerdeki artışın hızı oldukça yavaş olup ayak 20-50 metre ilerlediğinde maksimuma ulaşmaktadır.

6.1 d 65 hava Giriş Yolu (M/G)

Bu taban yolundaki tahkimatın ayaklarına gelen aşırı yük

genel sonuçlar içinde en çok göze çarpan kısım dır. Burada, göçük ve tnpuk tarafındaki b*ğ ayaklarında sırasıyla «4 ye 74- tonluk maksimum yükler ölçülmüştür. Bu taban yolundaki bağların böylesine aşırı yüklere Tiaruz kalmasının nedenleri şunlardır:

(1) Taban taşı 30-40 MPa dayanımı olan orta derecede sağlam çamurta^ıdır. Böyle bir tabanın varlığı, ayakların tabana gömülmelerini önemli ölçüde engellemiştir» Burada, tahkimat ayaklarının altına yerleştirilen tahta takozlar da ayakların tabana gömülmesini azaltmada önemli rol oynayabilir.

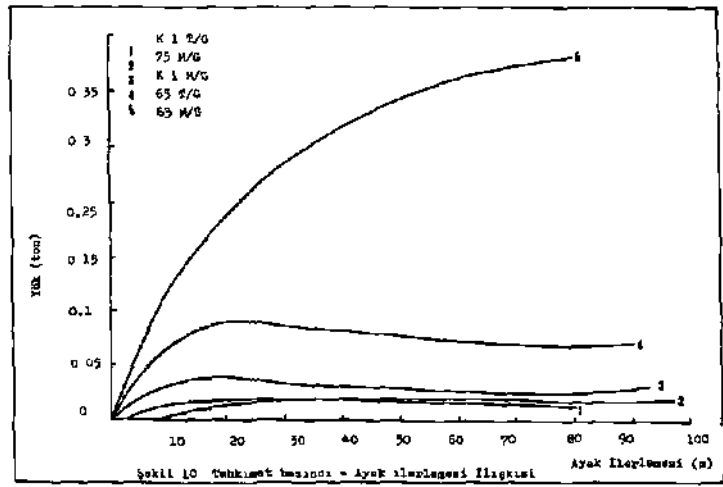
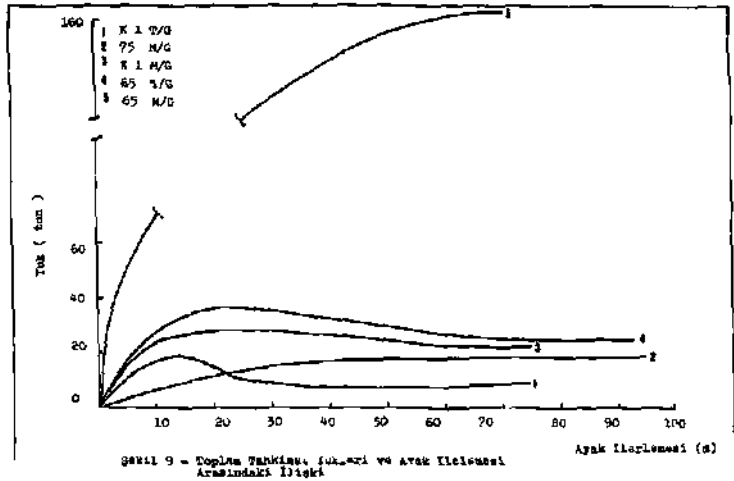
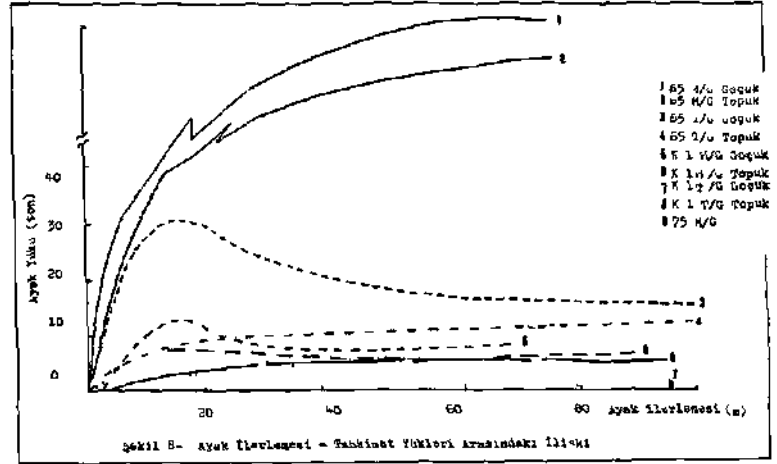
(2) Göçük tarafındaki takviye (packing) için "aquapak" adı verilen çok etkili bir yöntem uygulanması, ayrıca kamalamanm çok iyi yapılması buradaki çelik balların çok duraylı kalmasını sağlamıştır (Johnson ,1980).

6.2 H 65 Hava Dönüş Yolu (T/G)

Göçük tarafındaki ayaklarda yük 28 tona ulaşmış, daha sonra azalarak 65 metre ilerlemenin yapıldığı noktada 20 tona düşmüştür (Şekil 8) . Topuk tarafındaki ayaklarda yük artışı 10 tonu bulmuş, daha sonra ilerleme ile sabit kalmıştır. Taban yolu boyunca 5.5 m atımlı bir fayın varlığı galeri üzerindeki yükün kemerleşmesini oldukça karmaşık bir hale getirmiştir.

6.3 K 1 Panosunun Taban Yolları

PC 1 panosunda üretimin yapıldığı ayak H 65 panosundan 140 metre daha derinde olmasına rağmen K 1 deki bağların ayaklarında ölçülen yükler, H 65'in taban yollarındaki bağların üzerindikilerden daha azdır. Her iki damarın jeolojik kesitlerinin verildiği Şekil 2'den görüldüğü gibi K 1 panosunun üzerindeki formasyon sağlam bir siltli çaururtaşıdır. Siltli çamurtışmdan silttaşma geçilirken dayanım da 65 MPa'ya çıkmaktadır. 20 MPa dayanımındaki kömür damarının hemen tabanında orta derecede sağlam çamurtaşı bulunmaktadır.



Hava giriş yolundaki (M/G)tahkimatın göçük tarafındaki ayaklarında 20 metrelik ilerlemede 16 tonluk bir maksimum yük ölçülmüş ve daha sonra bu yük 50 metre içinde 8 tona düşmüştür, topuk tarafındaki yük artışı ise yavaş yavaş olmuştur. Hava dönüş yolundaki (T/G) test istasyonlarının bulunduğu yerdeki çelik bağların ayaklarından hesaplanan yük artışı,hava giriş yolundakilerden (M/G) daha azdır.

K 1 panosunun taban yollarının takviyesi için "TEKPACK xx" olarak adlandırılan oldukça yeni bir sistem ile dolgu yapılmıştır. Göçertmeli uzunayaklarda uygulanan böyle bir takviye (packing) sistemi,mevcut olan sağlam tavan şartları ile birlikte taban yolunun duraylı kalmasında etkili olmuştur.

6.4 E 75 Panosunun Hava Giriş Yolu

Ölçmelerin yapıldığı çelik bağların her iki ayağında da ancak 7 tona varan yükler hesaplanmıştır. İşletme halindeki bir ayağın ve basınç zonunun yokluğu nedeniyle tahkimat üniteleri üzerindeki yükün artışı oldukça yavaş şekilde olmuştur.

6.5 Bir Çelik Bağa Etkiyen Toplam Yük

Gözlemlerin yapıldığı çelik bağların üzerlerine etkiyen düşey yöndeki toplam yük,her iki ayağa gelen yüklerin toplanması ile bulunmuştur. Her taban yolu için toplam tahkimat yükleri -ayakilerlemesi esrileri Şekil 9'da görülmektedir. H 65 panosu hava giriş yolundaki tahkimat önemli ölçüde arazi yüklerine maruz kalmıştır. Ote yandan H 65'in hava dönüş yolundaki bir bağın yaklaşık 40 ton yüke dayanabildiği gözlenmiştir. Uç parçalı,I profilli rijit çelik bağlar üzerinde 25 tondan fazla yük gelmemesinin arzu edildiği bilindiğinden çok aşırı yüklerin tahmin edildiği bölgelerde tahkimatın çok dikkatli yapılması şarttır. H 6Ş panosunun hava giriş yolundaki bağların aldığı anormal yüklerin özel bir durum olduğu açıktır. h 75 hazırlık panosundaki bağlara ^elen toplan yük

yaklaşık 20 tona ulaşır sonra sabit kalmıştır.

6.6 Tahkimat Basıncının Hesaplanması

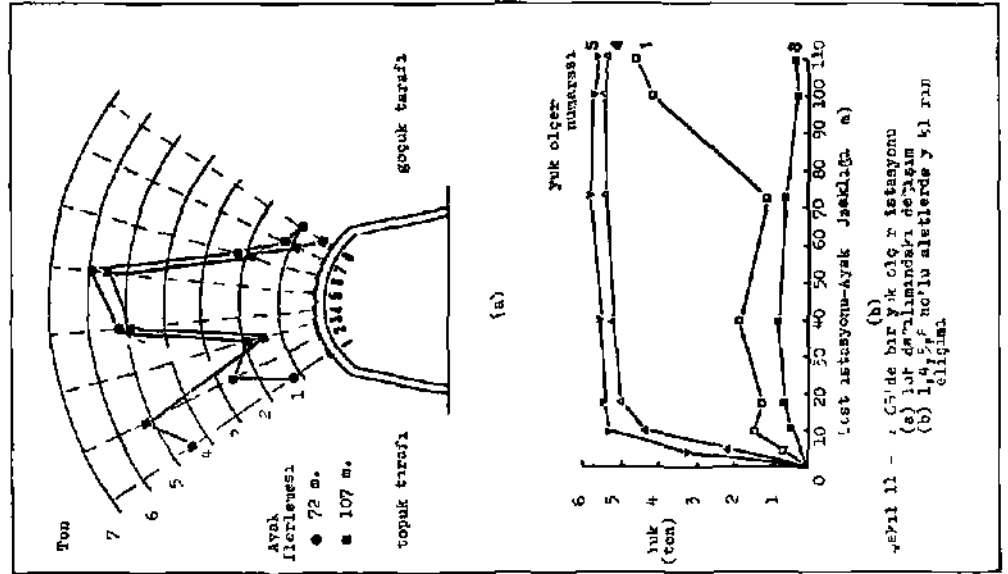
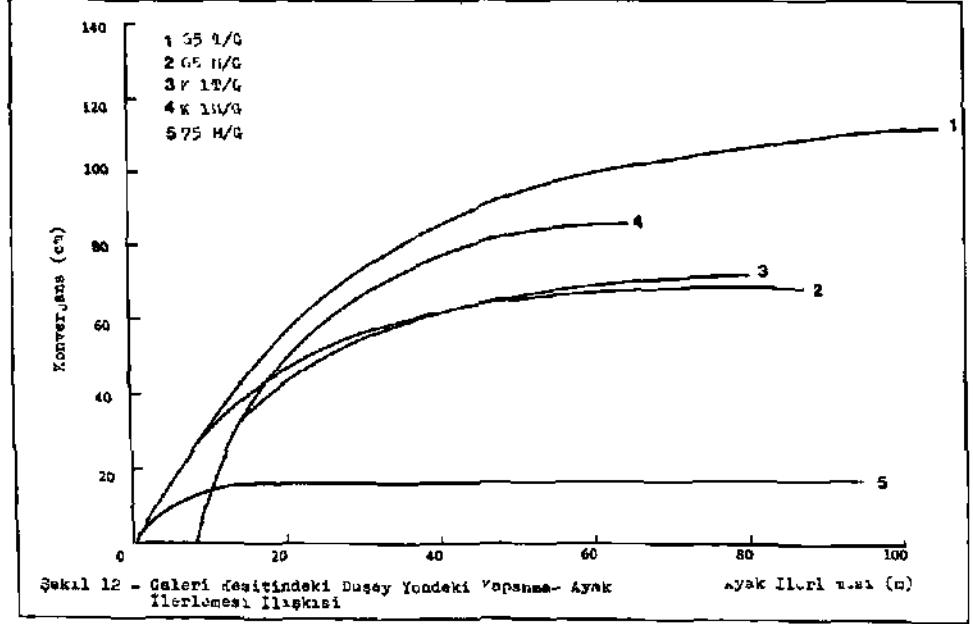
Her test istasyonu için tahkimat basıncı (Equivalent Support Resistance) bağlara gelen toplam yük delerlerini kullanarak tayin edilmiştir. Yük bilindiğinde ve tahkimat üzerindeki yükün etkidiği alan da yaklaşık olarak hesaplandığında tahkimat basıncını bulmak mümkündür. Bu alan, bir ba^ın çevresel uzunluğu ile komşu iki bağı arasında-ki mesafe çarpılarak hesaplanabilir. Cotgrave ocağı için ba^ın çevresel uzunluğu 9-4-10-1 metre, iki bağı arasındaki mesafe 0.7 metre olduğundan söz konusu alan 6 m^2 alınmıştır.

Ölçme yapılan taban yollarına ait tahkimat basıncı-ayak ilerlemesi eğrileri Şekil 10'da görülmektedir. H 65 panosunun hava giriş yolunda 0.35 gibi çok yüksek tahkimat basınçları, buradaki çelik bağların çok iyi bir işçilik ile yapılmasına bağlıdır, öyle ki bu taban yolundaki bağlar ölçmeler boyunca ve sonrasında aynı düşey düzlem içinde kalmışlar yani one veya arkaya doğru edilmemişlerdir.

Daha derindeki "Blackshale" damarındaki K 1 panosunun taban yolları ile "Deep Hard"daki H 65'in hava çıkış yolunda (\hat{i}/G) 0.03-0.09 arasında değişen tahkimat basınçları hesaplanmıştır. İngiltere'deki uzunayak panolarının taban yollarında en çok rastlanılan tahkimat basıncı değerleri, bu belirtilen sınırlar içindedir.

7. HİDROLİK YÜK ÖLÇÜLER İLE ÇELİK BAĞLARIN ÜZERİNDEKİ YÜK DAĞILIMININ İNCELENMESİ

Bu araştırmada kullanılan hidrolik yük ölçer ile ilgili teknik bilgi 4.2'de verilmiştir. H 65'in hava çıkış yolunda (\hat{i}/\hat{u}) hidrolik yük ölçerler ile donatılmış bir çelik bağa ait sonuçlar Şekil 11'de görülmektedir. Ba^m üst kısmına yerleştirilen (4) ve (5) no'lu yük ölçerler



ayak 72 m²te ilerlediğinde sırasıyla 5.2 ve 5.9 ton büyüklüğünde yükler göstermişlerdir (Şekil 11 a). Ayağın test yerinden olan uzaklığı 107 metre olduğunda topuk tarafındaki (1) ve (2) no'lu yük ölçerler de sırasıyla 4.6 ve 5.2 ton göstermişlerdir. Tavan taşının kınîma ve deformasyon^öaelliği *yük hücrelerinin yerleştirildiği bag üzerindeki yükün dağılımını belli bir süre sonra değiştirmişlerdir. Kırılmış tavanın kompaklaşması ile beraber tahkimatın tepesi ile göçük tarafındaki pabuçların bulunduğu bölgedeki yükün bir kısmı göçük içine ve ba'nın topuk tarafındaki yarısına transfer olmuştur.

Ayamın ilerlemesi ile tahkimat üzerindeki yükün değişimi Şekil 11 b'de verilmiştir. Başın tepe kısmında bulunan (4-) ve (5) no'lu yük ölçerlerinde ilk 10 metrelik ayak ilerlemesinde gözlenen ani yük artışı, 70 metrelik bir test yeri-ayak hattı mesafesinden sonra biraz azalmıştır.

Hidrolik yük ölçerlerin etkili bir şekilde kullanılması bir deneyim gerektirmektedir. Her yerleştirilen aletten olumlu sonuç alınması beklenemez« Bu tip aletlerden alman # 65'lik bir verim yeterli sayılmalıdır. Bir bağ etrafına konan 10-12 yük ölçerden 5 veya 6 adetinden tatmin edici sonuç alındığı pratikte çok kereler görülmüştür. İncelemeler bittikten sonra aletlerin yerinden alınıp tekrar kullanılması oldukça zordur.

8. TEST İSTASYONLARINDAKİ KESİTLERDE KAPANMA (CLOSURE)

Çelik bağların üzerlerindeki yüklerin ölçüldüğü test istasyonlarındaki kesit alanlarda dayanmanın gözlenmesinin sağlayacağı faydalardan biri, taban kabarmasının duraylılığına ölçüde etkileyeceğinin belirlenmesidir, ölçmelerin başlayacağı ilk gün yerden yaklaşık 1 m. yukarıdan tabana paralel bir referans hattının işaretlenmesi yapılmıştır. Böylece galeri kesiti ikiye ayrılır ve bag üzerinde önceden işaretlenen noktalardan faydalanarak bir dizi uzunluk ölçümleri yapılar (Şekil 6). Tavan alçalması ve taban kabarmasının kesit daralmasına hangi oranlarda neden olduğu saptanabilmiştir.

8.1 Düşey Yöndeki Kapanma (Konverjans)

Taban yollarındaki test istasyonları için hesaplanan düşey yöndeki kapanmalar Şekil 12'dedir. Burada dikkati çeken nokta, H 65 panosunun taban yolları ile K 1'in hava dönüş yolunda düşey yöndeki kapanmaların 50' si test istasyonu ayak hattının 0 metre -erişinde kalana kadar geçen sürede meydana gelmiştir. H 65'in hava dönüş yolunda (T/ü) 59'a varan bir kapanma hesaplanırken K 1 panosunun taban yollarında 20-35 arası bir kapanma meydana gelmiştir. Jte yandan 75 fi/G girişinde yaklaşık 19 ka anma vardır.

H 65 hava dönüş yolundaki (T/G) aşırı kapanmanın nedeni burada yolu takip eden fayı topuk içinde bırakmak için topuk tarafında herhangi bir çeşit takviyenin yapılamamasıdır. Ayağın taban yoluna bağlandığı bölgedeki tavanın kontrolünde karşılaşılan zorluklar düşey yöndeki kapanmanın aşırı derecede artmasına sebep olmuştur. Aslında gözlem yapılan tüm yollardaki düşey kapanmanın başlıca nedeni taban kabarmasıdır. Ayak 100 m. ilerlediğinde referans hattının altında kalan galeri kesitinde % 90'lık bir azalma olduğu hesaplanmıştır. Bu oran, hattın yukarısı için sadece % 4 kadardır.

Yazar tarafından yapılan fiziksel model deneylerinde Cotgrave ocağının taban yolları örnek alınmış, ve sonuç olarak taban kabarmasının düşey yöndeki kapanmada (vertical closure) ana etken olduğu saptanmıştır (Erer, 1986).

8.2 Yanal Kapanma

Yanal kapanmalar düşey yöndeki kapanmalara göre oldukça azdır. K 1'in taban yollarında 10'a varan yanal kapanmalar hesaplanmıştır. Modern bir takviye metodunun uygulandığı bu yollarda çelik hasırlar ve ondüleli çinko levhalar kullanılmış, ayrıca iyi kamalama yapılmıştır. Yanal kapanmanın ana kaynağı, zamanla yük alan takviye sisteminin galeriye doğru çıkıntı yapmasıdır.

9.SONUÇLAR

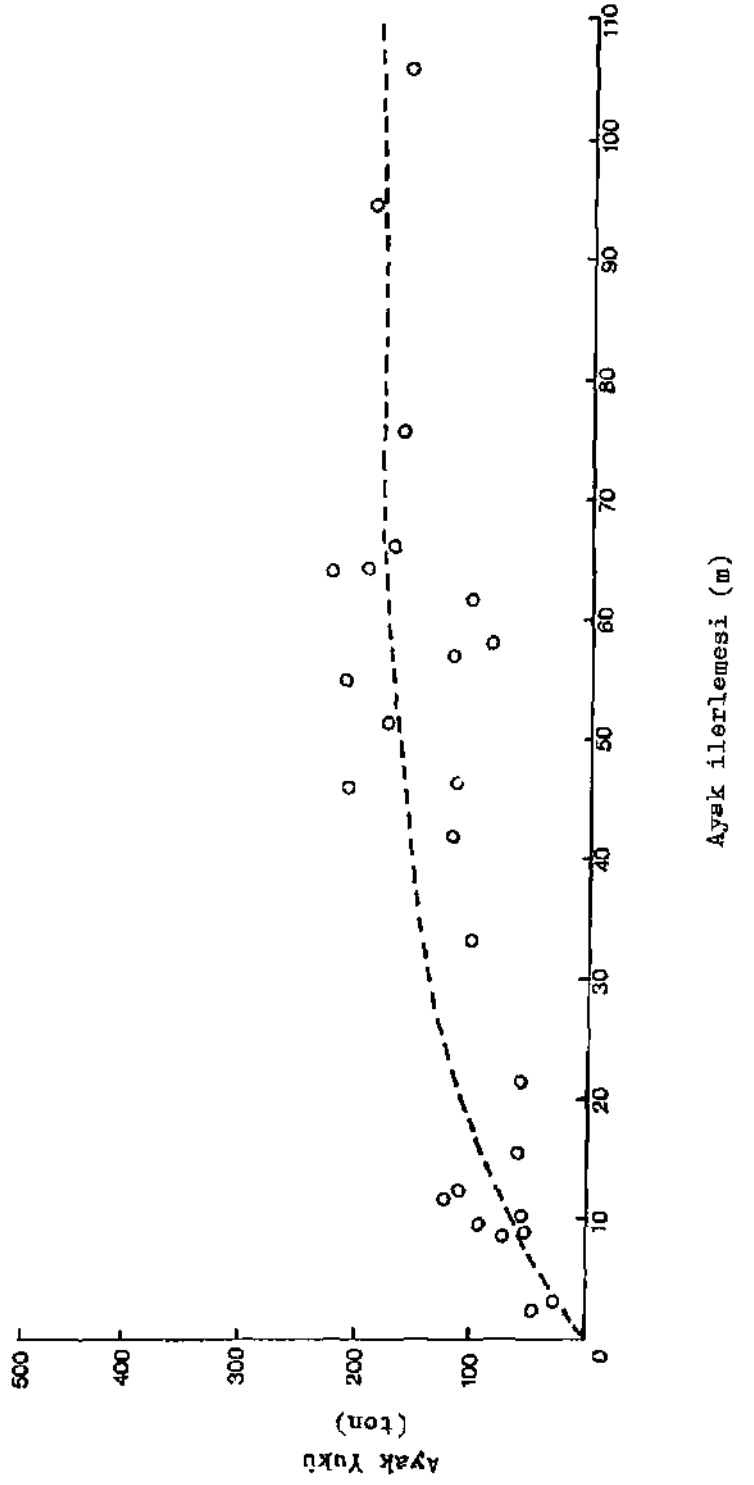
Cotgrave yeraltı ocağında taban yollarının duraylılığı lazerine yapılan bu araştırma,çelik bağlara gelen arazi yüklerinin Demeç birim defonnasyon ölçer ile güvenli bir şekilde tayin edilebileceğini kanıtlamıştır« Hidrolik yük Ölçerler, bağa etkiyen yüklerin ayak ilerlemesiyle değişimini gözlemekte kullanılabilirler fakat yerleştirilmeleri büyük bir dikkat gerektirmektedir.

Eijit bağlar iyi bir şekilde kurulduklarında arazi yüklerine karşı koyabilmektedirler. Kamalamanın ihmal edilmesi ve yetersiz takviye taban yollarının duraylılığını ciddi biçimde etkilemektedir. Taban kabarması bu ocaktaki taban yollarının kapanmasındaki birincil etken olmuştur.

KAYNAKLAR :

1. MORIOK P.B. »BASE, D.G., The Design and Use of a Demountable Mechanical Strain Gauge for Concrete Structures. Magazine of Concrete Research, Vol.5» No. 13, August 1953.
2. ERER, K.D., Rock Stress and Deformation Studies Around Longwall Face-ends and Roadways. Ph.D thesis, University of Nottingham, England, 1986.
- 3» STACE, L.R., A Study of Interaction Problems in Roadways Associated with Longwall Coal Mining., Ph.D thesis, University of Newcastle Upon Tyne .England, 1955.
4. JOHNSON, G., KELLETT, W.H. and MILLS, P.S., Aquapaci A Cementitious Pack Material with High Water Content. 7 th* Int. Strata Control Conf. , Liege, Belgium, 1982.
5. ERER, K.D., GOSHTASBI, K.G., TERESOPOULOS, N.» Scale Model Studies to Investigate the Effects of Packs and Stress Field on Roadway Stability. 5.th. Coal Congress of Turkey, Zonguldak, 1986.

65 t/g
Topuk Tarafı



TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth Coal congress of TURKEY

PATLAYICI MADDELERİN KULLANIM SONUCU OLUŞAN
TİTREŞİMLER VE YAPILARDA MEYDANA GELEN HASARLAR

VIBRATIONS GENERATED BY BLASTING AND THEIR
DAMAGING EFFECT ON STRUCTURES

Seyfi KULAKSIZ*

ÖZET

Maden ocakları (yeraltı ve yerüstü), inşaat şantiyeleri, yol, kanal, boru hattı gibi yerlerde *patlatmalar sonucu kazı alan* çevresindeki yapılar özelliklerine göre az veya çok hasara uğramaktadır. Bu bildiride kullanılan patlayıcı madde miktarı, yapıların patlatma noktasına olan mesafesi, yapıların özellikleri arasındaki ilişkiler ülkemiz yapı teknikleri ve malzeme cinsi ve kullanımını açısından incelenmiş ve sonuçları tartışılmıştır.

ABSTRACT

In open pit and underground mining, quarrying, civil engineering projects et al., in/on their environmental structures more or less will be damaged by blast vibration according to some criteria. In this paper, the relation between quantity of explosive, the distance from the blast, civil structures was investigated and discussed from the points of structure techniques, applying material technique and their types at local areas in our country.

(*) Doç.Dr. H.Ü. Muh. Fak., Maden Müh. Bolum, ANKARA

1. GİRİŞ

Patlayıcı maddeler kullanımı sonucunda oluşan titreşimler ve hava şokları, madencilik alanları veya diğer tür kazı sahalarına yakın yerlerde yerleşik halkın şikayetlerine konu olmaktadır. Yaptığımız istatistikî kayıtlara göre, ülkemizin çeşitli mahkemelerinde konuya ilişkin (1000) binin üstünde mahkeme dosyası bulunmaktadır.

Patlamalar sonucu oluşan sarsıntı ve hava şoklarından civardaki yapıların (bina, tarihi binalar, harabeler, boru, boru hatları vb) korunması ve bu tür şikayetlerin en aza indirilmesi gerekir, öte yandan bu tür çalışmalar hem hasarları hem de fazla patlayıcı kullanımını önlemiş olacaktır.

Bu araştırmanın bir amacı da, ülkemiz için geçerli bir standardın oluşturulmaya çalışılmasıdır.

Bu konuyla ilgili olarak diğer ülkelerde oldukça yoğun bir araştırma ve yayın yapılmaktadır (1,2,3). Ülkemizde ise bu konuda kaynak taramasında ancak bir yayın bulabildiğimiz (4J).

2. PATLAMALAR SONUCU OLUŞAN SİSMİK DALGALAR

Patlama sonucunda oluşan basınç dalgaları, daha sonra sismik dalgalarına dönüşmektedir. Bu sismik dalgaların titreşim kayıtlarının yapılması ve incelenmesi gerekir. Bu ise sismograf ve titreşim ölçer cihazlarla yapılmaktadır. Vibrometreler ile parçacıkların titreşim genliği, tepe hızı, ivmesi, frekansı ölçülebilir.

Patlamalar sonucu oluşan titreşimlerin tespiti ve hasar parametresinin bulunması için tanecik hızı, tanecik evmesi, üçüncü parametre olarak da genlik kullanılmıştır, özellikle Duvall et al., 1963; Devine et al., 1966; Oriard 1970., gibi araştırmacılar hasar parametresinin tespitinde kriter olarak tanecik hızlarının daha kullanışlı ve korelasyon yönünden daha uygun olduğunu belirtmektedirler. U.S. Bureau Mines'in araştırma ve yayınlarına göre partikül hızları hasar limitlerinin tespitine daha uygundur (5,6,7). Buna karşılık İngiltere'de hasar tespiti limitleri için kriter olarak genlik esas alınmaktadır.

Bir kısım araştırmacılar tarafından tanecik hızının hesaplanmasında deneysel çalışmalar ve uygulamalar sonucu, önerilen çeşitli formüller, aşağıda verilmiştir (8,9,10,11,12).

$$V = K.W.^b.D^{-n} \quad [1] \text{ (Duvall et al., 1963)}$$

$$V = \text{Tanecik hızı mm/sn}$$

$$W = \text{Gecikme periyodu başına düşen patlayıcı madde miktarı, kg.}$$

$$D = \text{Atım noktası ile ölçüm yapılan yer arasındaki mesafe, m.}$$

$$b = \text{Patlayıcı miktarı için üslü katsayısı}$$

$$n = \text{(Regresyon katsayısı) Çizgi doğrultusu çizgisinin eğimi}$$

$$K = \text{Arazinin jeolojik yapısına bağlı katsayı.}$$

Burada b katsayısının değişik oranlara göre hız değerleride değişecektir. Tanecik hızına karşı ölçülmüş mesafe grafiğinde, bazı araştırmacılara göre küpkök, bazılarına göre ise karekök değişik yerlerde arazi uygulamaları formülerte uyum sağlamıştır.

$$V = k \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right) - B \quad [2] \quad (\text{USBM}) \quad V = k \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{\beta} \quad [3] \quad (\text{Hoek \& Bray 1981})$$

Formül ikide k ve B sabit değerleri ancak aletli Ölçümlerle tespit edilmektedir. Formül üç de ise k değeri 200-800 arasında β değeri ise -1.1 ile -1.6 arasında arazi yapısı ve patlatma tipine (açık veya kapalı ocak, serbest yüzey durumuna göre) göre değişmektedir.

$$V = 1409 \left(\frac{D}{3\sqrt{W}} \right)^{-1.6} \quad [4] \quad (\text{İsaac et al., 1981})$$

$$V = K \left(\frac{D}{\sqrt{W^3}} \right)^{-1.6} \quad [5] \quad \text{Projede önerilen ve bu araştırmada kullanılan formül.}$$

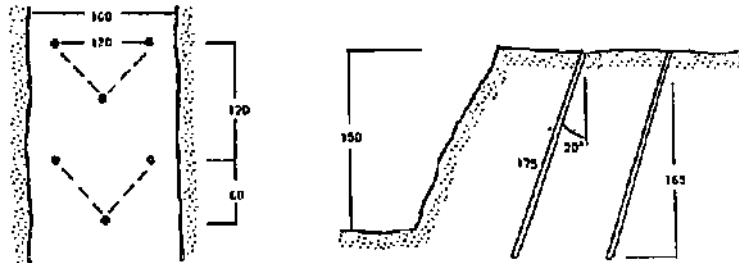
2.1. Titreşime Etki Eden Faktörler

Patlatmalar sonucu oluşan titreşimlere etki eden 1. faktörleri şöyle sıralayabiliriz: Mesafe, delik geometrisi, her deliğe konulan patlayıcı miktarı her gecikme periyodu için, jeolojik yapı ve çevrede bulunan yapıların özellikleri. Diğer yönden kayıt cihazlarının özellikleri ve hangi frekans aralıklarında kayıtların yapıldığı patlayıcının tipi, deliklerde patlayıcının dağılımı, serbest yüzey sayısı ikinci grup etken faktörleri oluştururlar.

3. UYGULAMALI ÇALIŞMALAR

Çalışma yapılan yerler ülkemizin değişik yörelerinde yer alan açık, kapalı maden ocakları (davalar devam ettiği için isimler verilemedi), alt yapı yapımları taşocakları boru hatları olup, bu yerler değişik jeolojik yapılara, kayaç türlerine sahiptirler. Aynı zamanda bölgede bulunan farklılıklar arz etmektedir.

Burada örnek olarak verilen sahada kayaçlar kireçtaşı, marn ve yer yer kıltaşı ardalanması göstermektedir. Tabaka kalınlıkları ise 1-50 cm arasında değişmektedir. Çalışmalarda kullanılan delik geometrisi Şekil 1. de verilmiştir. Patlatma delikleri ve patlayıcı maddeler ile ilgili bilgiler ise Çizelge 1. de verilmiştir. Çizelge 2. de ise yerinde yapılan ölçümlerde tanecik hızları verilmiştir.



Şekil 1. Uygulanan Delik Geometrisi

4. Nolu formüle göre

$$V = 121.1 \text{ mm/sn}$$

5. Nolu formüle göre

$$K = 200 \text{ için } V \text{ s } 81.6 \text{ mm/sn}$$

Formüllere göre hesaplanan tanecik hızlarına karşın yerinde ölçümleme ise $V = 71 \text{ mm/sn}$ - Eğer K katsayısı ölçümlere göre hesaplanan $K = 174$ değerleri alındığında hızın ölçümleme hızları ile uyumluluk içinde olduğu görülmektedir, üç No'lu formülde ön çatlatma da önerilen $K = 800$ değeri alındığında karekökü formül değerleri ölçüm değerlerine yakın değerler almaktadır. Burada formül (3) projede uygulanan formül (5) ölçüm değerlerine yakın değerler vermektedir. Uygulamadan da görüldüğü gibi teorik formüllerle hesaplanan tanecik hızı ile, yerinde yapılan ölçümler sonucu tespit edilen hızlar arasında 5-10 mm/sn. farklar bulunmakta ve patlayıcı miktarı $3/2$ üslü değeri yerinde ölçümlere daha yakın değerler vermektedir.

Patlamalar sonucu oluşan titreşimin tespit olunan ve hesaplanan bu tanecik hızlarında hasarlar meydana gelebileceği bir çok araştırmacı tarafından belirtilerek hasar alt limit *hızı* 50 mm/sn kabul edilmiştir (1,9,11, 12).

Fakat yapılan gözlemler sonucu 25-30 mm/sn tanecik hızlarında yapılar da hasarlar gözlenmiştir. Bazendé iki bitişik binanın bir tanesinde hasarlar gözlenmiştir. Bu ise: Bölgedeki binaların, yaşı (eskiliği) bakımsızlığı, kullanılan harç malzemesine (çamur, samanlı-çamur, kireç-kum, çimento-kum, bozunmuş kireçtaşı-çitnento) yapı malzemesine (taş, terpiç, tuğla, briket, ahşap), yapı tipine bağlı olarak kirişlerde hatalı malzeme yerleştirilmesi ve kullanılmasına,

- Yapılarda kuşak (hatıUtapan) tabir edilen elemanların bulunup, bulunmamasına,

- Çok katlı binalarda, birinci kat üstüne farklı malzemeden ikinci kat yapılması (taştan yapılmış kat üstüne, briket kat yapılması gibi)

- Yapı tekniğine, yağma taş, yağma kargir (taş veya tuğla), betonarme vb.

- Tavanlarının, ahşap, betonarme, toprak olması

- Bina zeminin sert ve yumuşak olmasına (jeolojik yapı) bağlı olduğu görülmüştür.

- Dünya standartlarına göre tanecik hızının 50 mm/sn altında zarar verme olasılığının çok az olarak nitelendirilen limit hızı, ülkemizde çamur harçlı, taş veya kerpiç yapı elemanlı eski binalarda 25-30 mm/sn olması gerekmektedir. Bu limitlerde binalarda sıva dökülmeleri bazen binanın eskiliğine bağlı olarak köşelerde ve özellikle atım yönüne yönelik cephe duvarında hava şok etkisi ile birlikte yeni çatlakların oluşması veya eski çatlakların genişlemesi görülmektedir (özellikle gecikmeli periyodik atımlarda).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Kazı öncesinde mümkün olduğu kadar kabul edilebilir bir hasar seviyesi için titreşim parametreleri tespit edilmelidir. Çalışmaların ilerlemesi esnasında ilk tespit parametreleri şartlara göre optimize edilmelidir.

Çizelge 1. Çalışmalarda uygulanan patlatma delikleri boyutları ve patlayıcı maddenin özellikleri

Delik çapı	40 mm
Delik boyu	175 cm
Delikler arası mesafe	130 cm
Delik sıraları mesafesi	120 cm
Bir sıradaki delik sayısı	2 1
Bir delikteki patlayıcı miktarı	1.085 kgr.
Kullanılan patlayıcı cinsi	% 70 jelatin dinamit (MKE)
Gecikmeli kapsül zaman aralığı	20-50 milisaniye

Sahada titreşim sonucu oluşan tanecik nızları VİBRAMETER 1101 (5-500Hz) ile ölçülmüştür.

Çizelge 2. Ölçülen tanecik hızları mm/sn

	Gecikmeli atım başına patlayıcı miktarı (kg)	Mesafe (m)	k katsayı	Tanecik hızı (ölçülen mm/sn)
1.	0.92	5.0	188	54
2.	1.38	5.0	216	76
3.	1.84	5.0	113	46
4.	1.38	5.0	190	67
5.	1.61	5.0	216	82
6.	5.52	15.0	157	46
7.	5.52	16.0	167	49
8.	2.30	7.0	130	46
9.	1.61	5.0	124	47
10.	1.38	5.0	194	68
11.	2.30	6.0	141	56
12.	2.30	6.0	152	60
13.	3.45	6.0	131	78
14.	3.78	5.50	155	84
15.	3.78	5.50	140	76
16.	3.68	6.50	134	73
17.	2.76	6.50	174	71
18.	2.76	6.00	150	65
19.	2.76	6.50	181	74
20.	2.76	6.50	203	83

Tanecik hızlarının hesaplanması için önerilen formüllere göre (kullanılan patlayıcı madde miktarı ve ölçüm yapılan mesafelere göre)

Veriler:

$$K = 200$$

$$R = 6,5 \text{ m}$$

$$Q = 2,76 \text{ kgr}$$

$$3. \text{ Nolu formüle göre} \quad V = 22.54 \text{ mm/sn}$$

$$\text{Eğer } K = 800 \text{ alınırsa} \quad V = 90.1 \text{ mm/sn}$$

2. Titreşim ölçer kayıt cihazları 0-500 Hz frekansında olmalı, maksimum tanecik genliği ve hızını ölçebilmeli.
3. Uzun madencilik faaliyetleri esnasında atımlar sonucu hasara konu olabilecek yapı tip ve türleri incelenerek kaçınılmaz olan minimum hasar limitleri tespit edilmeli.
4. Yeraltı madenciliğinde aynı önlemler, kuyu, desandre ve ana nakliye galerisi için de yapılarak bu gibi yerlerdeki tahkimatın ve madenin ana elemanlarının titreşimlerden hasar görmemesi sağlanarak emniyetli şekilde tutulması gerekir.

KAYNAKLAR

1. DUVALL, W.I. et al., Vibrations from instantenous and Milisecond-Delayed Quarry Blast RI 6151 U.S. Bureau of Mines, 1963.
2. DEVİNE, J.F., et al., Effect of Charge Weight on Vibration Levels from Quarry Blasting. RI, 6774 U.S. Bureau of Mines, 1966.
3. ORIARD, L.L., Blasting Operations in the Urban Environment, Association of Engineering Geologist Vol.9, No 1, 1972.
4. ÖZDOĞAN, M., Açıkocaklarda Dinamitleme Sonucu Oluşan Titreşimler Hava Şokları ve yerleşim Bölgelerinde Alınacak Önlemler Madencilik, Cilt XVII, Sayı 3, 1978, 7-16 s.
5. NICHOLLS, H.R., JOHNSON, C.F., and DUVALL, W.I., Blastign Vibrations and Their effects on Structures Bu Mines Bull. 656, 1971, 105 pp.
6. OLSON, J.J., FOGELSON, D.E., DICK, R.A. and HENDRICKSON- A.D., Ground Vibrations from Tunnel Blasting in Granite. Bu Mines, RI 7563, 1972, 25 pp.
7. **STAGG, S. and SISKIND, D.E., Effects of Blast Vibration on Construction Material Cracking in Residential Structures Bu Mines IC 9135, 1987, 33-45 p.**
8. KOPP, J.W. and SISKIND, E.D., Effects of Milisecond-delay Intervals on Vibration and Airblast from Surface Coal Mine Blasting, Bu Mines, RI 9026, 1986, 44 pp.
9. NOBEL'S EXPLOSIVE COMPANY LIMITED., Excavating with Explosives, Scotland Ref. No. NDP 316/2.Ed/23/173. 12 p.
10. ISAAC- I.D., and BUBB, C, A Study of Blast Vibrations Part 2. Tunnels and Tunneling 1981, 61-65.
11. BERGLING, J.', EKLAND, K., SJÖBERG, C, An Investigation of Damages at Different Vibration Levels' Nitro Consult AB, 1978.
12. ORIARD, L.L., Underground Mining Methods Handbook, Ed. Hustrulid SME, 1982, 1590-1603 pp.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal Congress of TURKEY

GLİ TUNÇBİLEK BÖLGESİ AÇIK OCAK PATLATMALARININ ÇEVRE
KÖYLERE ETKİSİ

EFFECT OF BLASTING OPERATIONS AT THE GLI TUNÇBİLEK OPEN
PIT MINES ON THE NEARBY VILLAGES

Celal KARPUZ*
A.Günhan PAŞAMEHMETOĞLU*
Aydın BİLGİN**

ÖZET

Bu bildiride, GLİ Tunçbilek Bölgesi açık ocaklarındaki patlatmaların çevre köylerdeki evlere etkisi üzerine yapılan araştırmanın sonuçları sunulmuştur. Köylerden gelen şikayetlerin artması üzerine GLİ patlatmaların etkisinin araştırılmasını istemiştir. Bu amaçla, patlatmalardan dolayı oluşan yer sarsıntılarının hızı frekansı, ivme ve deplasmanlar ölçülmüştür. Arazi sabiteleri de çıkartılmıştır. Ölçüm sonuçları değişik ülkelerde önerilen hasar kriterleri ile karşılaştırılmış, patlatma tesirinin evlere zarar verecek ölçüde olmadığı tesbit edilmiştir.

ABSTRACT

In this paper, the findings of investigation concerned with the effect of blasting on the nearby houses at surface coal mines in Tunçbilek are presented. The increase in complaints of villagers forced GLİ to look for the effect of their blasting operations to the neighbouring villages. Peak particle velocity measurements were conducted to find out the particle velocity, frequency, acceleration and displacement values of ground motions due to blasting. From the results of measurements field parameters are also determined. It is found that when compared to the blasting damage threshold values, there should not be significant effect of the ground vibrations due to blasting.

(*) Doç.Dr. Maden Yük. Müh., ODTÜ Maden Müh.Böl. ANKARA
(**) öşr.Gör.Maden Yük. Müh., ODTÜ Maden Müh.Böl. ANKARA

1. GİRİŞ

Bilindiği gibi, GLİ Müessesesi- Tunçbilek Bölgesi'nde hem yeraltından hem de açık ocaklardan üretim yapılmaktadır. Açık ocaklarda, dekapaj sırasında bölgedeki formasyonların özellikleri nedeniyle delme-patlatma gerekmektedir, özellikle son yıllarda daha derinlerden üretim yapma zorunluğu dekapaj miktarını artırmakta, gerekli dekapajı yapabilmek için harcanan patlayıcı miktarı ve/veya patlatmanın sayısı artmaktadır. Dekapaj amacıyla yapılan patlatmaların çevre köylerdeki evlere zarar verdiği hususunda şikayetler yoğunlaştığından, GLİ halihazırda uygulanan patlatma uygulamalarından dolayı oluşan yer sarsıntılarının bu evlerde herhangi bir hasara neden olup olamayacağının araştırılmasını istemiştir. Bu araştırma, evlerdeki söz konusu hasarların deprem, evlerin yapısal özellikleri gibi başka nedenlere bağlı olup olamayacağının araştırılmasını da kapsamaktaydı. Bu bildiriye, sadece bölgedeki mevcut uygulamada patlatmalardan dolayı oluşan yer sarsıntılarının şiddet ölçümleri, arazi parametreleri ile hasar limitlerinin tesbitine yönelik çalışmaların sonuçları sunulmuştur.

2. ZARAR LİMİTLERİ

Patlatma sırasında patlayıcının enerjisinin bir kısmı kaya kütlelerinin kırılarak serbest yüzeye doğru hareketini sağlarken bir kısımda çevrede kalan kaya kütlesi içerisinde harekete (sarsıntıya) neden olmaktadır. Patlatmanın yer sarsıntısı dışında, fırlayan kaya, hava şoku, gürültü gibi etkilerini de saymak mümkündür. Ancak, bu bildiride yer hareketlerinin yapılara etkisi inceleneceği için bu konuya ilişkin literatüre değinilmekle yetinilecektir. Öncelikle, yer sarsıntılarının etkilerini inceleyebilmek için "sarsıntı şiddeti", ölçüsünü saptamak gerekir. Bunlar, deplasman, hız, ivme ve frekans'dır.

Patlatma sonrası yer hareketleriyle ilgili yoğun çalışmaların ilkinden birine 1930 yıllarında A.B.D. Maden Bürosu (USBM) tarafından başlanmıştır (1). USBM'in ilk yaklaşımları, yerleşim yapılarına hangi yer hareket parametrelerinin doğrudan ilişkili olduğunun tesbiti ve sonra da bu yapılara en düşük zarar olasılığını verebilecek seviyesinin saptanmasına dönüktür.

Duvall ve Fogelson (2) yaptıkları literatür taramasında, yer hareketlerinin yapılara zarar derecelerinin saptanmasında yer hareketinin hızının diğer parametrelere oranla daha temsili olduğu kanaatına varmışlardır. Duvall ve Fogelson bu yorumlarını Thoenen ve Windes (3)'ün Amerika Birleşik Devletleri'ndeki, Langefors ve diğerleri (4)'ün İsveç'teki ve Edwards ve Northwood (5)'ün Kanada'daki çalışmalarının istatistiksel olarak değerlendirilmelerine dayandırmışlar ve patlatma sonrasında maksimum hızların 51 mm/sn (2 inç/sn) den az olması halinde çok düşük olasılıkla yapılarda bir zarara neden olabileceği kriterini getirmişlerdir. Ayrıca,

bu sınır değerinin yaygın bir uygulama alanı bulabileceğini kuvvetle vurgulamışlardır. Nitekim, Hoek ve Bray (6) Langefors ve Kihlstrom (7)un ve Ouvall ve Fogelson (2)un çalışmalarından yaptığı derlemelerinde 51 mm/sn baz alındığında, eski binalarda bile olabilecek maksimum hasarın %5'den fazla olamayacağını belirtmişlerdir. Ayrıca, değişik hız değerleri ile yapılardaki hasar ilişkisini bir çizelge halinde sunmuşlardır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Maksimum hız-yapılara hasar ilişkisi (6)

Sarsıntı Hızı

ınc/sanı.ye	mm/saniye	Hasar Tanımı
2	51	Zarar alt sınırı veya yapılara, hatta eski binalara bile çok az hasar '% 5'den az)
5	127	Hafif hasarlar, sıva çatlaması veya dökülmesi, ciddi şikayet başlangıcı
12	305	Tahkim edilmemiş tünellerden kaya düşmeleri
25	635	Kayada çatlamaların başlangıcı
100	2540	Kayanın tamamının kırılıp parçalanması

A.B.D.'de değişik eyaletlerde getirilen kriterler de yine 51 mm/sn sınır değerine çok yakın değerlerdir. Pennsylvania eyaleti zarar sınırını deplasman cinsinden 0.76 mm olarak vermektedir (8). 0.76 mm deplasman, $f=10$ devir/saniye frekans değeri içm 51 mm/sn sınır değerine karşı gelir. Benzer şekilde New Jersey eyaleti tüzükleri $f=60$ devir/sn, Massachusettes tüzükleri ise $f=80$ devir/sn frekans değerlerini limit değer olarak kabul etmişlerdir ki bunlarda hız bazında değerlendirildiklerinde 48.8 mm/sn (1.92 ınc/sn) hız değerine eşdeğerdir (8).

Sıskınd ve diğerleri (9) yer hareketlerinin frekansa da bağımlı olduğuna işaret etmişler ve maksimum müsaade edilebilir hasar ust limitlerini:

1 - 2.8	devir/sn frekans için max. deplasmanın 0.76 mm
2.8 - 10	devir/sn frekans içm max. hızın 12.7 mm/sn
10 - 40	devir/sn frekans için max. deplasmanın 0.2 mm
> 40	devir/sn frekans içm max. hızın 50.8 mm/sn

olması şeklinde sınıflamışlardır. Bunun sadece hız şeklinde ifade edildiğinde müsaade edilebilir maksimum hızların

$f = 1$	devir/sn frekans içm 4.8 mm/sn
$f = 15$	devir/sn frekans için 18.8 mm/sn
$f = 20$	devir/sn frekans içm 25.1 mm/sn
$f = 40$	devir/sn frekans için 50.8 mm/sn

şeklinde olacağını belirtmişler ve genelde uygulanan kriterin ise; düşük frekanslarda yeni yapılar için 19 mm/sn, eski evler için 12.7 mm/sn, yüksek frekanslarda ise tüm yapılar için 51 mm/sn olduğunu vurgulamışlardır.

Alman standartlarına göre (DİN 4150) yapı tipi, hız-frekans ilişkisi Çizelge 2 ve Şekil 1'de verilmiştir (10). Ayrıca, İsveç (4) ve USBM (9) limitleride kıyaslama açısından aynı şekil üzerinde gösterilmiştir.

Nicholls ve arkadaşı (1)'nin belirttiği üzere Çekoslovakya'da araştırmacılar zarar limitinin başlangıcında hızın 10.2 mm/sn -30.5 mm/sn arasında olacağı kriterini getirmişler ve diğer araştırmacılara göre emniyetli tarafta kaldıklarını da belirtmişlerdir.

Avustralya standartlarında (CA 23-1967), 15 devir/sn'den az frekanslar için 0.2 mm minimum deplasman, 15 devir/sn'den büyük frekanslar için ise 19 mm/sn hız hasar limiti olarak kabul edilmiştir (9).

İngiltere'de A.B.D.'deki standartlara paralel değerler kullanılmakta olup 19-50 mm/sn değerleri yapının durumuna bağlı olarak kritik değerler olarak kabul edilmektedir.

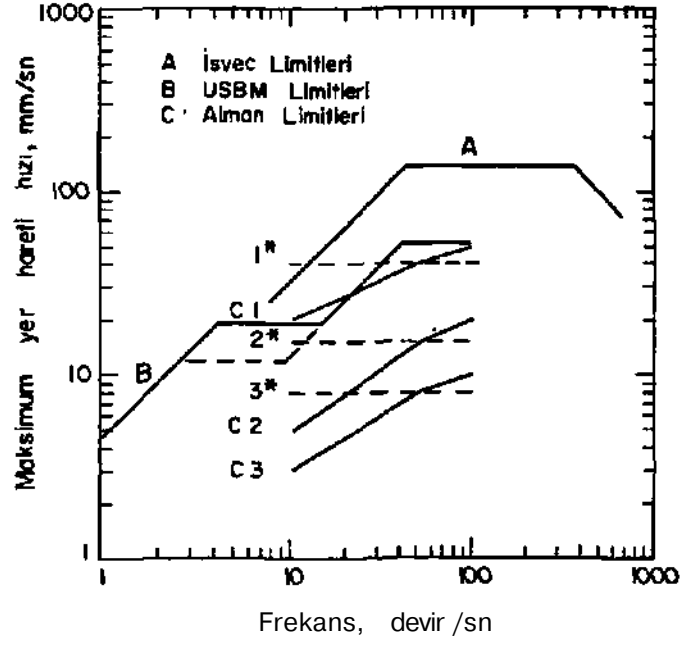
USBM araştırmacıları deplasman frekans ve hız zarar sınırları ile ilgili verileri değerlendirirken, ivmeye dayalı zarar kriteri de önermişlerdir, ivmenin 0.1 g'den küçük olması halinde zarar oluşmadığını saptamışlar ve bu değeri zarar alt sınırı olarak önermişlerdir (1).

Çizelge 2. Alman Standartlarına Göre (DİN 4150) Yapı Tipi, Hız-Frekans İlişkisi (10)

Yapı Tipi	Binaların Temelinde Maksimum Sarsıntı			Tüm Frekanslar İçin En Üst Katın Tabanında**
	göre, f=10	f=10-50	f=50-100*	
1) Büro ve Endüstri Binaları	20	20-40	40-50	'40
2) Oturulan Evler ve/veya ilgili konstrüksiyonlar, sıvalı yapılar	5	5-15	15-20	15
3) Sarsıntıya duyarlılıkları nedeniyle (1) ve (2) nm dışında kalan binalar	3	3-8	8-10	8

100 Devir/sn büyük frekanslar için, büyük sarsıntı seviyesine izin verilebilir.

** Birden fazla katlı binalar için, ölçümlerin hem binaların temelinde hem de en üst katın tabanında alınması gerekir.



Şekil. 1 Alman standartlarına (DIN 4150) göre hasar Ümitleri (10)

- 1 Ofis binaları
- 2 Oturma yapıları (Evler J
3. Diğer hassas yapılar

Çıplak rakamlar temelde, yıldızlı rakamlar en üst katın tabanında ölçülen değerler için

3. YER HAREKETİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Patlatma sonrası herhangi bir noktadaki yer hareketinin büyüklüğünü etkileyen faktörlerin başında, bir gecikmeli atımda çatlatılabilen patlayıcı miktarı ve atım yapılan yerin yapıya (etkilenen yere) olan uzaklığı gelmektedir. Beklendiği gibi, sarsıntı seviyesi patlayıcı miktarının artmasıyla artacak, mesafenin artmasıyla azalacaktır. Patlatma yapılan yerin jeolojik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri, topografya gibi faktörler sarsıntı derecesini etkilemekte ve arazi faktörü olarak nitelenen bu faktörlerin etkisi atım sırasında arazide yapılan hız ölçümleriyle tesbit edilebilmektedir. Bu amaçla, sarsıntı hızı ile patlayıcı miktarı-mesafe ilişkisi aranmaktadır. Yapılan yoğun araştırmalar sonucunda maksimum sarsıntı hızı "mesafe/ patlayıcı miktarı"nm bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir:

$$v = M^{-\alpha} \cdot D^{-\beta}$$

Burada, v = maksimum yer sarsıntı hızı

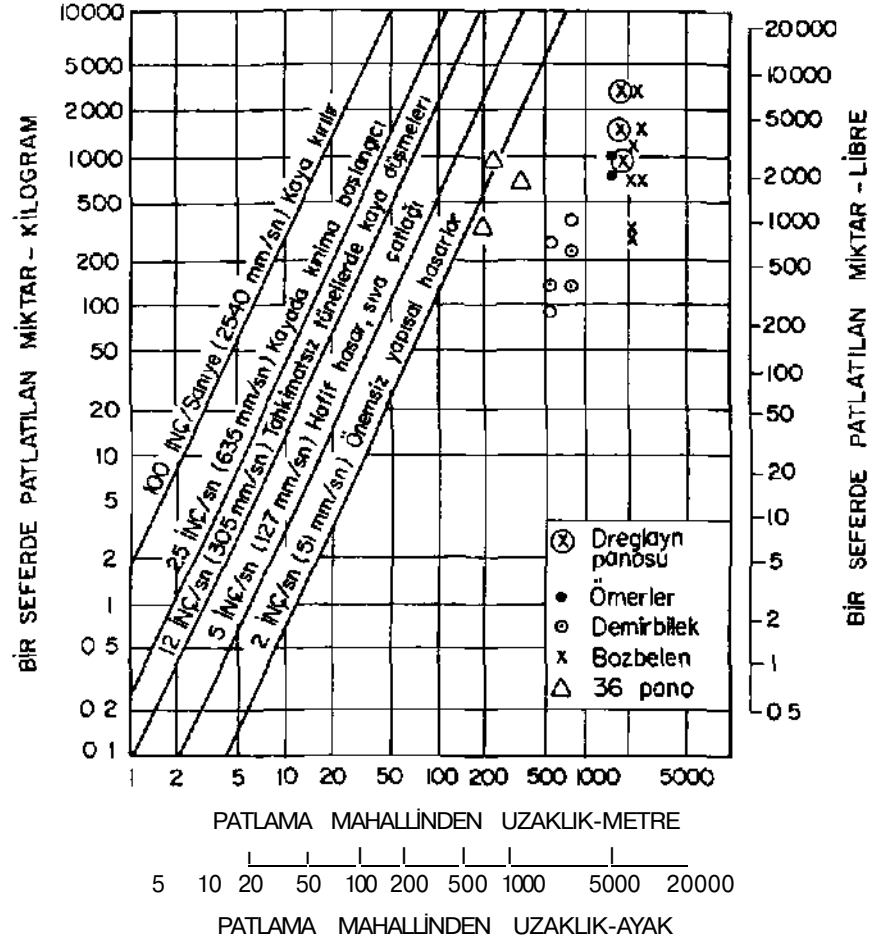
D = mesafe

w = herbir gecikmeli atımdaki patlayıcı miktarı

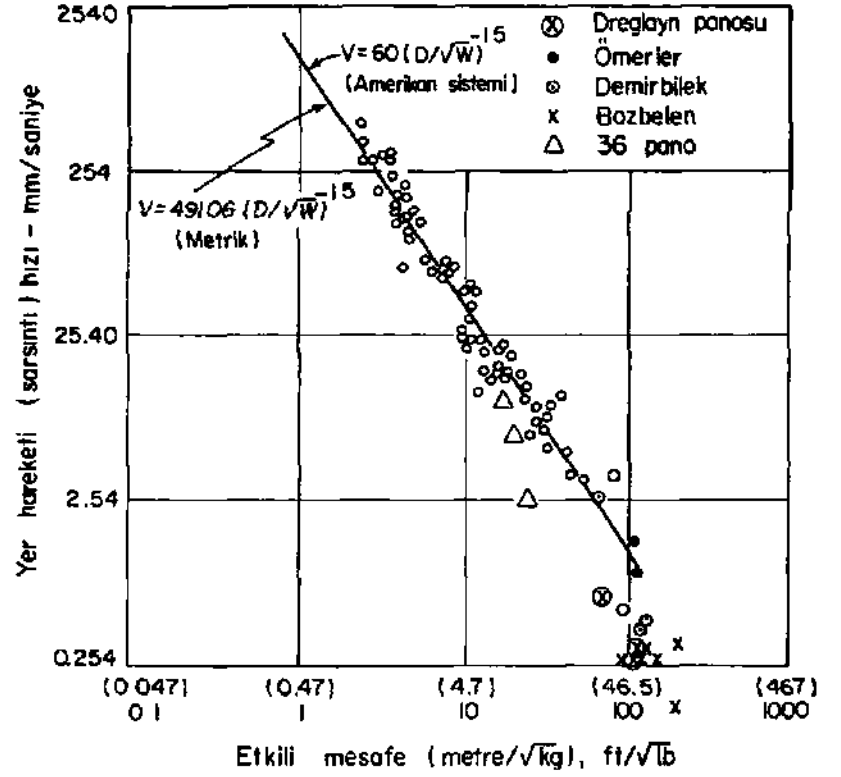
k ve β ise arazi sabitleri

dir. Bu bağlantıda, D/(W) parametresi "etkili mesafe" (scaled distance) olarak adlandırılmaktadır. Genellikle, k ve β arazi parametreleri değişim göstermekte ve söz konusu yerde sarsıntı hızı ölçümleriyle tesbit edilmesi gerekmektedir.

Devin ve arkadaşları (11) çalışmalarında 51 mm/sn (2 inç/sn) hız hasar limitini 2.4-9.4 m/(kg)^{1/2} (5-20 ft/(lb)^{1/2}) arasında değişen "etkili mesafe" değerlerinde oluştuğunu bulmalarına rağmen, arazi parametrelerinin tesbit edilmediği durumlarda, hasar açısından daha emniyetli tarafta kalmak için 21 m/(tkg)^{1/2} (50 ft/(lb)^{1/2}) değerinin kullanılmasını önermişlerdir. Benzer bir öneri de Siskind ve arkadaşları (9) tarafından yapılmıştır. Çok daha tutucu tarafta kalan bu öneri ise 34 m/(Kg)^{1/2} değerini önerir. Hoek ve Bray (6) literatürden derledikleri hız, mesafe ve patlayıcı miktarı ilişkilerini logaritmik olarak vermişlerdir (Şekil 2 ve 3) ve arazi parametrelerinin ölçümlerle bulunmadığı durumlarda ilk yaklaşım olarak kullanabileceklerini belirtmişlerdir. Şekil 3'e Oriard (12) tarafından derlenen arazi parametreleri k ve β 'nin değerleri de fikir vermesi açısından eklenmiştir. Diğer taraftan, Ball (13) İngiltere'de 2700 civarında patlatma sırasında alman etkili mesafe-hız sonuçlarını doğrudan değişim ek ~linde göstermiştir. Bu şekilde bir gösterim, logaritmik gösterime göre daha iyi korelasyon katsayısı vermiştir (14). Şekil 4'de bu araştırmanın kö-ür ocakları sonuçları verilmiştir (13).



Şekil 2 Belirli miktardaki patlayıcıların belirli mesafelerde yarattığı yer hareketi (sarsıntı) hızları (6)

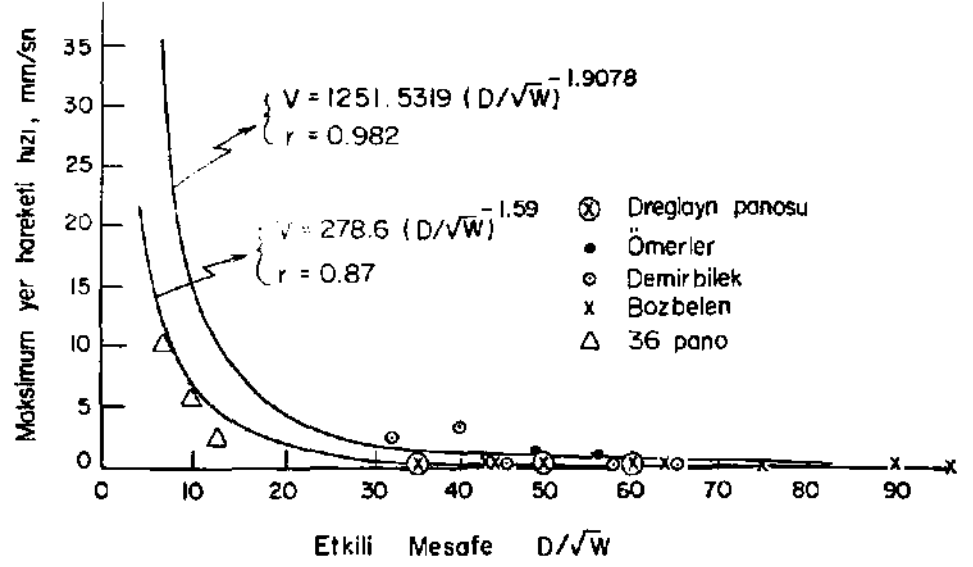


Şekil 3 Patlamada etkili mesafeye karşılık ölçülen yer hareketi (sarsıntı) hızları (6)

Oriard (12) tarafından verilen k ve f_i değerleri

Açık inletmede delik patlatması • $k = 26$ to 260 $\rho > -1.6$
Açık isletmede galeri patlatması $k = 5$ to 20 , $f_i = -1.1$
Açık inletmede ön-çatlatma $k = 800$, $\beta = -16$

Amerikan
Sistemi İçin



Şekil . 4 Kömür açık ocakları için etkili mesafe- Hız ilişkisi (12)
(589 ölçüm sonucuna göre J

Literatürde verilen kriterler (hasar limitleri) oldukça değişim göstermektedir. Bu değerlerin dağılım göstermelerinin bir nedeni arazi faktörü olabileceği gibi bir nedeni de yapıların sarsıntıya tepkisiyle açıklanabilir.

4. ARAZİ ÖLÇÜMLERİ

Şikayetlerin öncelikle yoğunlaştığı köyler; Ömerler, Bozbelenvve Demirbilek köyleridir. Bu köylere en yakın mesafede faaliyette olan GLİ Tunçbilek Bölgesi panoları ise Ömerler BY 8, Beke BY. 5A ve Kuşpınar 3-E'dir. Ömerler panosunun Ömerler'e uzaklığı 1600 metre, Beke panosunun Bozbelen'e uzaklığı 2000-2500 metre ve Kuşpınar panosunun Demirbilek'e uzaklığı 500-800 metre'dir. Köylerin ilgili panolara en yakın evlerinde istasyonlar kurulmuş, panolardan uzaklığı sabit tutularak bir defada (gecikmede) patlatılan patlayıcı (ANFO) miktarı arttırılmak suretiyle atışlar tekrar edilmiş ve oluşan sarsıntıların kayıtları alınmıştır. Herbir panoda bir gecikmede denenen maksimum patlayıcı miktarları, halihazırdaki uygulamada söz konusu panolarda herbir gecikmeli atımda kullanılan patlayıcı miktarlarının üzerinde *olacak* şekilde alınmıştır. Ayrıca, arazi faktörlerini tesbit amacıyla 3[^] panoda da ölçümler yapılmıştır.

Araştırmada VS-1200 Sprengnether marka mühendislik sismografı (hız ölçeri) kullanılmıştır. Yer sarsıntısı hızı ve frekans direkt olarak kayıtlardan bulunmu, ivme ve deplasman ise hareketin karakterine uygun olarak (genellikle sinusoidal) hesap edilmiştir. Hesaplama yöntemlerinin ayrıntısı ilgili kaynaklarda (8, 15, 16) verilmiştir. Burada onlara atıf yapılmakla yetinilecektir.

Ölçüm sonucu bulunan hız, ivme, deplasman, frekans ve arazi parametreleri Çizelge 3'de sunulmuştur. Çizelgenin incelenmesinden görüleceği gibi, patlatma sırasında ölçülen yer hareketi parametreleri, diğer bir deyişle hız, ivme ve deplasman değerlerinin herbirinin, daha önceki bölümlerde belirtilen dünya standartlarında önerilen en düşük değerlere eşit veya daha büyük olmadığı görülmektedir. Standartların en emniyetli tarafta kalanı (tutucusu) Alman standartlarıyla karşılaştırıldığında bile, ölçülebilen en büyük hız değerleri adı geçen standart'da önerilen alt sınırlardan en az iki kat daha aşağıda, diğer bir deyişle iki kat emniyetli tarafta bulunmaktadır (Şekil 1, Çizelge 2). Demirbilek* te ölçülen en yüksek iki hız (2.72 mm/sn ve 3.53 mm/sn) değerime karşı, bu hızlarda ölçülen sırasıyla 7 devir/sn ve 28 devir/sn frekans değerleri de gözönüne alındığında, adı geçen standartda önerilen kritik değer limitleri sırasıyla 5 mm/sn ve 5-15 mm/sn'dir (Şekil 1). Diğer taraftan, yukarıda da belirtildiği üzere ölçülen ivme ve deplasman değerleri de çok düşük olduğundan, bu açıdan da herhangi bir zararın söz konusu olması mümkün değildir.

Tüm hız değerleri köy bazında Şekil 2, 3 ve 4'de kıyas-

Çizelge 3. Hızölçer Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Yeri Adı	Patlatmadan Uzaklık, D (metre)	Patlayıcı Miktarı w, (kg-ANFO)	D N/W"	Sonuçlar			
				Hız (mm/sn)	ivme (mm/sır) (g)	Deplasman (mm)	Frekans (Devir/sn)
Ömerler Köyü	1578	750	57.6	0.98	23-5 (0.Ü024g)	0.071	3
	1578	<i>ıCDO</i>	48.7	1.45	18 (0.0018g)	0.051	2.8
Demırbılek Koyu	550	300	31.8	2.72	157 (0.016g)	0.038	7
	550	150	44.9	0.60	35 (0.0036g)	0.001	48
	550	90	58.0	0.42	-	0.001	34
	800	400 (8'lı atış)	40.0	3.530	123 (0.0125g)	0.012	28
	800	250 (5'lı atış)	-	-	-	-	-
	800	150 (3'lu atış)	65.3	0.475	55 (0.0056g)	0.0022	25
36 Pano içi	240	1000	7.6	4.5(10.2)	210 (0.0214g)	0.060	25
	200	375	10.3	3.1(6.0)	93 (0.0095g>	0.015	12
	350	750	12.3	2.55	18 (0.00018g)	0.019	5

Çizelge 3. (Devam)

ölçüm Yeri Adı	Patlatmadan Uzaklık, D (metre)	Patlayıcı Miktarı W, (kg-ANPO)	D \sqrt{W}	Sonuçlar			
				Hız (mm/sn)	ivme, (mm/sn ² (g))	Deplasman (mm)	Frekans (Devir/sn)
Bozbelen Köyü	2040	300	118.0	Hissedilmedi, kayıt alınamadı			
	2040	375	105.3	0.106	-	-	-
	2040	750	74.5	0.27	8 (0.0008g)	0.004	8
	2040	1125	60.8	0.45	48 (0.0049g)	0.0042	17
	2500	750 (5'li atış)	91.3	0.190	22.7 (0.0023g)	0.0011	22
	2500	1500 (10'lu atış)	64.5	0.326	26.4 (0.0027g)	0.0016	20
	2500	3150 (21'li atış)	44.5	0.270	9.05 (0.0009g)	0.0036	8
Dreglayn Bakım yeri (Beke pano- Bozdelen Köyü hattın- dan 25 ka- rter rltf)1ş4lc bir hat	1900	1000	60	0.349	13.3 (0.0013g)	0.0047	8
	1900	1500	49	0.269	11.6 (0.0012g)	0.0026	11
	1900	3000	34.7	0.689	56.5 (0.0058g)	0.0036	20

lama amacı ile işaretlenmiştir. Şekil 4'den görüldüğü gibi, Ölçülen değerler Ball'm İngiltere'de kömür ocaklarında bulunduğu değerlerle büyük bir uyum içerisindedir. Aynı uyum Şekil 3'de de görülmektedir. Şekil 2'de ise ölçülen tüm değerler alt hasar limitinin çok altında kalmaktadır.

Ayrıca, GLİ'de halihazırda uygulanan etkili mesafe değerlerinin literatürde hiç ölçme alınmadığı yerler için önerilen değerlerden en tutucu tarafta olan $34 \text{ m/(kg)}^{1/2}$ değerinden çok olduğu da çizelge 3'de görülmektedir.

Ölçülen hız değerleri karşılaştırıldığında üç köy yönünde farklılıklar göstermiştir. Demirbilek ve Ömer'ler yönlerinde aynı etkili mesafe değerlerinde Bozbelen yönüne kıyasla daha yüksek hız değerleri elde edilmiştir. Bunun nedeninin Bozbelen yönünde eski yıllardaki dekapaj faaliyetlerinden dolayı alınan kısımların olması, patlatma yapılan yer ile köy arasında büyük bir dere yatağı ile dökü harmanının bulunması olduğu kanaatındayız.

Tüm ölçüm değerleri gözönüne alınarak irdeleme yapıldığında k ve β arazi sabiteleri sırasıyla 278.6 ve -1.59 olarak tesbit edilmiştir. Diğer bir deyişle, genelleme yapıldığında sarsıntı hızı ile "etkili mesafe" ilişkisi söz konusu panolar ile köyler arasında

$$v = 278.6 \cdot f^{-0.5} \text{ mm/sn}, r=0.87$$

şeklinde olur.

4. SONUÇLAR

GLİ Tunçbilek Bölgesi açıkocak lağımlarının çevre köylerde hasara neden olup olmadığı konusu yazarlar tarafından araştırılmıştır, patlatmanın yapılara hasar verecek derecede etkili olmadığı saptanmış; binalarda görülen çatlakların, binaların yönetmelik hükümlerine uyulmadan inşa edilmelerinden meydana geldiği tesbit edilmiştir (17). Bölgenin deprem riski gözönüne alınırca, bu tip yapıların ileride büyük can ve mal kaybına neden olabileceğini söylemek mümkündür.

Arazide yapılacak ayrıntılı ölçümlerle patlatma uygulamalarından dolayı oluşan yer sarsıntılarının özellikleri ile patlatma ve arazi parametrelerinin önceden elde edilmelerinin yararları çok açıktır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmayı destekleyen GLİ Müessesesi Müdürlüğü ile GLİ Tunçbilek Bölge Müdürlüğü'ne teşekkürü bir borç biliriz. Burada yazılanlar yazarların kendi kanaatları olup hiçbir şekilde Müesseseyi bağlamaz.

KAYNAKLAR

1. Nicholls, R.H., Johnson, C.P., Duvall, W.I., *Blasting Vibrations and Their Effects on structures*. National Technical Information Service, U.S. Department of Commerce, 1971, 105 p.
2. Duvall, W.I., Fogelson, D.E., *Review of Criteria for Estimating Damage to Residences from Blasting Vibrations*, U.S.B.M. Report of Invest. 5968, 1962, 19 p.
3. Thoenen, J.R., Windes, S.L., *Seismic Effects of Quarry Blasting*, U.S.B.M. Bull. 442, 1932, 83 p.
4. Langefors, U., Kihlstrom, B., Westerberg, H., *Ground Vibrations in Blasting Water Power*, 1958, pp. 335-338, 390-395.
5. Edwards, A.T., Northwood, T.D., *Experimental Studies of the Effects of Blasting on Structures*, *The Engineer*, 1960, pp. 538-546.
6. Hoek, E., Bray, J., *Rock Slope Engineering*, The Inst, of Mining and Metallurgy, London, 3rd Edition, 1981, 358 p.
7. Langefors, U., Kihlstrom, B., *The Modern Technique of Rock Blasting*, John Wiley and Sons, New York, Second Edition, 1973, 405 p.
8. McEvelly, T.V., *Interpretation of Vibration Records interms of Building Damage*, W.F. Sprengnether Instrument Co. Inc., Missouri, 1960, 3p.
9. Sinskind, D.E., Stagg, M.S., Stagg, Koop, J.W., Dowding C.H., *Response and Damage Produced by Ground Vibration From Surface Mine Blasting*, U.S.B.M. Report of Invest. 8507, 1980, 74 p.
10. Broadhurst, K.A., Wilton, T.J., Higgings, J.P., *Review of Current Standards and Recommendations for Vibration and Noise*, *Trans, of Inst, of Mining and Metallurgy*, Part A, 1984, pp. 210-213.
11. Devine, J.R., Beck, R.H., Meyer, A.V.C., Duvall, W.I., *Effect of Gharge Weight on Vibration Levels from Quarry Blasting*, U.S.B.M. Report of Invest. 6774, 1966, 37 p.
12. Oriard, L.L., *Blasting Effects and Their Control in Open Pit Mining*, *Proc. and Int. Conf. on Stability in Open Pit Mining*, Vancour, 1971, pp. 197-222.
13. Ball, M.J., *The Prediction of Blasting Vibrations*, Internal Company Document, Nobel's Explosives Company Limited, 1981.
14. Mather, W., *Factors Affecting Magnitude and Frequency of Blast-Induced Ground and Air Vibrations*, *Trans, of Inst, of Mining and Metallurgy*, part A, 1984, pp. 173-198.
15. Ballinger, G.A., *Blast Vibration Analysis*, Southern Illinois University Press, Reffer and Siomons, Inc., London, 1971, 132 p.
16. *Instruction Manual, VS-1200 Engineering Seismograph*, W.F. Sprengnether instrument Co.Inc., Missouri, 1970.
17. Paşamehmetogiu, A.G., Erdik, M., Yılmaz ç.. Karpuz, C., Bilgin, A., *Tunçbilek Bölgesi Açık İşletmelerindeki Lağım Atımlarının Yerleşim Merkezlerine Tesir Derecesinin Tesbiti*, ODTÜ, Ankara, 1987, 47 sayfa.-

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth Coal congress of TURKEY

KAYAÇLARIN SÖKÜLEBİLİRLİĞİ VE AÇIK İŞLETME MADENCİLİĞİNDEKİ ÖNEMİ

ROCK RIPPABILITY AND ITS USE IN OPEN PIT MINING

Şinasi ESKİKAYA*
R.Mete GÜKTAN**

ÖZET

Bu makalede, açık işletmecilikte delme-patlatma yöntemine bir alternatif olarak sökme yöntemi tanıtılmış ve sökülebilirlik belirleme yöntemleri kısaca tartışılmıştır. Sökücü makina seçimi ve üretim hızlarının kestirimi ile ilgili bazı yönlendirici bilgiler verilmiştir. Yöntemin Türkiye'deki uygulama alanlarına ve günümüzdeki durumuna ana hatlarıyla değinilmiştir.

ABSTRACT

In this paper, ripping as an alternative excavation method to drilling and blasting in open pit mining is introduced and the main assesment methods of rock rippability are briefly discussed. Some guides for ripping machine selection and ripping performance prediction are given. The current use and general application results of ripper tractors in Turkey are outlined.

(*) Prof.Dr., İTÜ Maden Fak., Maden Müh.Böl., İSTANBUL

(**) Maden Yük. Müh., A.Ü. Maden Muh.Bölümü, ESKİŞEHİR

1. GİRİŞ

Kayaçları ilk kazma aracı olan söküçüler uzun bir geçmişe sahiptir. Bununla beraber, bugün bildiğimiz anlamdaki söküçüler 1930'lu yıllarda ortaya çıkmıştır. Sonraki yıllarda söküçü-traktörlerin ağırlık ve güçlerinin sürekli olarak artması, Örtü kazı işlerinde delme-patlatma yöntemiyle giderek daha fazla rekabet edebilir duruma gelmelerini sağlamıştır.

İlk modern söküçülerin ortaya çıktığı 1950'li yıllara kadar "zemin" kolayca kazılabilen bir malzeme, "kayaç" ise kazıdan önce patlatılarak gevşetilmesi gerekli bir malzeme olarak kabul edilmiştir. Sökücü-traktör uygulamalarının yaygınlaşması zemin-kayaç sınıflama anlayışına da yenilik getirmiş ve "sökülebilir kayaç" kavramı doğmuştur.

2. DELME-PATLATMA YERİF SÖKME YÖNTEMİ

Sökme yönteminin uygulamada getirdiği en önemli avantaj, malzemenin sökülebilir özellikler göstermesi durumunda, delme-patlatma yöntemine göre % 30-80 daha düşük bir maliyetle gevşetme yapma olanağının bulunmasıdır (1, 2, 3, 4, 5). Diğer avantajları ise :

a) Açık işletmelerde dinamitleme sonucu oluşan titreşimler, şev açılarının denge durumuna yakın olması halinde şev kaymalarına yol açabilmektedir. Sökme yönteminde arazi rahatsız edilmekte, basamak ve aynalar daha düzgün bir şekilde oluşturulabilmektedir.

b) Delme-patlatma yönteminde, istenilen parça büyüklüğünü elde etmek zor almakta ve bazı durumlarda ikinci bir patlatmanın yapılması zorunlu olmaktadır. Sökme yönteminde ise geçişler arasındaki uzaklığı, sökme derinliğini veya sökme yönünü değiştirerek genellikle parça boyutları kontrol edilebilmektedir.

c) Patlatma yapılmadan önce emniyet bakımından işçi ve makinelerin sahadan uzaklaştırılmaları gerekmektedir. Bu işe, işçi ve makinadan yararlanma zamanını azaltmaktadır.

d) Patlatma sonrası oluşan çatlaklar, özellikle killi formasyonlarda şev problemleri yaratabilmektedir.

e) Yerleşim alanlarının yakınlarında yapılacak kazılarda, zemin titreşimlerinden ve hava şoklarından çevrenin olumsuz yönde etkilenmesini önlemek amacıyla, delme-patlatma yöntemine izin verilmemekte veya ancak bazı önlemler alınarak uygulanabilmektedir.

f) Patlayıcı maddelerin temininde ve korunmasında karşılaşılan güçlükler, bazı durumlarda sökme yönteminin tercih edilmesini gerektirmektedir.

g) Sökücü-traktörler açık işletmelerde çok maksatlı olarak kullanılabilen makinalardır. Nakliyat yollarının yapımı, küreme, şev ayna ve basamaklarının düzenlenmesi gibi diğer yan görevleri de üstlenebilmektedirler.

Sökme ile delme-patlatma arasında bir tercih yapılırken, birçok durumda öncelikle maliyetler göz önünde bulundurulmaktadır. Ancak her iki yöntemin maliyet karşılaştırmasını sıhhatli bir şekilde gerçekleştirmek oldukça zordur. Zira, her iki yöntem bir işletmenin aynı bölümünde çok ender olarak birlikte uygulanmaktadır. Dolayısıyla, bu tip maliyet karşılaştırmaları doğrudan ölçme ve gözlemlerden çok, bazı kabullere dayanmaktadır.

Sökme maliyetlerinin hesaplanmasında dikkate alınması gerekli bazı özel hususlar vardır. Amortisman süresi daha kısa, bakım ve onarım masrafları ise daha yüksektir. Sürekli olarak sökme işlerinde çalışan sökücü-traktörler için, aşırı yıpranma nedeniyle bakım ve onarım masraflarının amortisman payının % 80-130'unu bulduğu, güç çalışma şartlarında ise bu miktarın daha da arttığı bildirilmektedir (1, 6, 7). Endüstri ülkeleri için geçerli olan bu rakamlar imalatçı servislerin yetersizliği, yedek parça teminindeki güçlükler, operator ve bakım personeli kalitesinin düşüklüğü gibi nedenlerden dolayı, gelişmekte olan ülkelerde daha yüksek olmaktadır.

Delme-patlatma yönteminde ise delik makinası, matkap ve tijler ile patlayıcı maddelerin satın alınması, depolanması ve taşınmasıyla ilgili maliyetleri etkileyen tüm faktörler dikkate alınmalıdır.

Çizelge-1 : Sismik Hız-Sökme Kolaylığı İlintileri (9).

Sismik Dalga Hızı (m/s)	Sökülebilirlik Derecesi
300-600	Çok Kolay
600-900	Kolay
900-1500	Orta
1500-2100	Zor
2100-2400	Çok Zor
2400-2700	Son Derece Zor

Sismik yöntem, sondaj yöntemine göre geniş alanları süratle inceleme olanağı sağlamaktadır. Vöntemin başarısı, sismik profillerin ve aralıklarının uygun bir şekilde belirlenmesi, beliflgin karakterdeki jeolojik katmanlar ve ölçmelerin yorumunu yapabilecek deneyimli personel gibi faktörlere bağlıdır.

Oldukça yaygın bir yöntem olmasına rağmen, sismik yöntemle kayaların sökülebilirlik koşullarının kestirimi her zaman güvenilir sonuçlar verememektedir. Mekanik dayanımları ve süreksizlik miktarları eşit olan, aynı sökölme kolaylığına sahip olması gereken benzer iki kayaç kütlesi ele alındığında; kayaç kütlelerinden bir tanesinin süreksizliklerinde su bulunması, diğerinin süreksizlik yüzeylerinin ise kuru olması halinde, bu iki kayaç kütlelerinin ölçülen sismik dalga hızları farklı olacaktır. Zira, nemli-sulu ortamlarda sismik dalga hızları çok daha hızlı bir şekilde hareket etmektedir. Çok yüksek poraziteli malzemeler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, % 50-70 mertebesinde poroziteli bir malzemede kuru iken ölçülen sismik hız 300 m/s, boşlukların suyla dolmuş olması halinde ise 1350 m/s civarında değerler aldığı bildirilmektedir (10).

Uygulamada suyun varlığı malzemenin sökülebilirliğini güçleştirici bir rol oynamamasına rağmen, sulu malzemelerde sismik dalga hızlarının daha yüksek olması nedeniyle, malzeme abaklarda olduğundan daha güç sökülebilir veya sökülemez sınıfa dahil edilebilmektedir. Bu tip yanlışlıklarını önlemek amacıyla, sismik hızların ölçümünden Önce sahanın yeraltı

3. SÖKÜLEBİLİRLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Sokülebilirlik Kavramı

Sokülebilirlik, bir malzemenin sokucu-traktor tarafından taşıyıcılarla ekonomik bir şekilde taşınabilir parça boyutlarında gevşetilmesi işleminde karşılaşılan kolaylık veya güçlüğü ölçüsü olarak tanımlanabilir. Kayaç kütleindeki süreksizlikler, kayaç malzemesinin mekanik dayanımı ve ayrışma gibi faktörler sokülebilirliği yakından etkilemektedir.

3.2. Sokülebilirlik Belirleme Yöntemleri

3.2.1. Sismik Yöntem

Kayaçların sokülebilirliği ile ilgili ilk araştırmalar 1958 yılında Caterpillar Tractor Company tarafından başlatılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, kayaçların sismik hız değerleriyle sokucu makina tiplerine bağlı olarak sokülebilirlik abakları yayınlanmıştır (6, 8).

Yöntemin esası, sismik dalgaların kayaçlardan geçebilmesi için gerekli zamanın kaydedilmesi prensibine dayanmaktadır. Ses dalgalarının kayaçlardan geçiş hızları kayaçların fiziksel özelliklerine bağlıdır. Sismik dalgaların genellikle elastik oldukları ve bu nedenle hızlarının kayaçların elastik sabitlerine bağlı olduğu kabul edilmektedir. Primer bir sismik dalganın hızı (V).

$$V_p = \left[\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)} \right]^{1/2} \quad (1)$$

bağıntısı ile verilmektedir. Burada ;

E : Elastisite (Young) Modulu

ν : Poisson Oranı

ρ : Yoğunluk

tur.

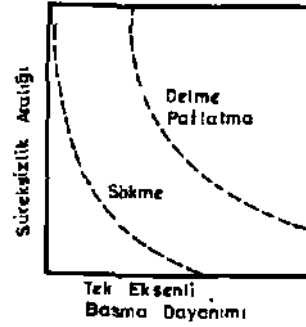
Dalga hızının düşük veya yüksek olması, incelenen kayaç kütlelerinin kalitesi hakkında bilgi vermektedir. Çizelge-1'de ağır sınıf sokucu-traktorlar için, kayaç sokülebilirliği ile sismik hızlar arasındaki ilintiler verilmiştir.

su tablasının diğer yöntemlerle belirlenmesi gerekmektedir.

5.2.2. Kayaç Sınıflama Sistemi

Son yıllarda sondaj ve mostralardan elde edilen jeoteknik bulgulardan yararlanılarak, kayaçların sökülebilirlik özelliklerinin belirlenmesi konusunda çalışmalar yapılmaktadır.

Franklin tarafından, uygulanması basit ve pratik olan bir kayaç sınıflama sistemi önerilmiştir. Buna göre, mühendislik uygulamaları bakımından en önemli kayaç parametrelerinin "Tek Eksenli Basma Dayanımı" ile "Süreksizlik Aralığı" olduğu düşünülmüştür (11). Bu iki parametreyi esas alacak geliştirilen eğrilerden, kayaçların sökülebilirlik sınırlarının kestirilebileceği bildirilmektedir (Şekil 1).

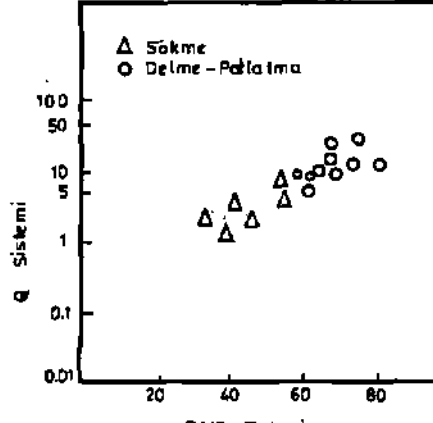


Şekil 1 : Kazı Kolaylığına Göre Sınıflama Eğrileri (11).

3.2.3. Kayaç Kütleli Sınıflama Sistemleri

Abdullatif ve Cruden, son yıllarda oldukça ilgi gören ve esas olarak tünelcilik tasarımında kullanılmak üzere geliştirilmiş olan Sieniawski (12)'nin Jeomekanik Sınıflama Sistemi (RMR) ile Barton ve arkadaşlarının (13) Kayaç Kütleli Niteliği (Q) sistemlerinin kazılabilirliğe uygulanabilirliklerini araştırmışlardır (14).

Sonuçta, RMR sistemiyle kayaçların kazılabilirlik özelliklerinin daha iyi belirlenebildiği ve RMR değerleri 60'a kadar olan kayaç kütlelerinin "sökülebilir" kabul edilebileceği ileri sürülmüştür (Şekil 2).



Şekil- 2 : Kazı Yöntemlerinin RMR ve Q Sistemlerine Uygulaması (14).

RMR sisteminde alrı temel parametre kullanılmıştır, bunlar; Tek eksenli hasma dayanımı, kaya niteliği belirteci (RQD), süreksizlik aralığı, süreksizlik pürüzlüğü ve ayırımı, yeraltı suyu durumu ve süreksizliklerin yönlenimidir.

Q sistemini oluşturan parametreler ise; Kaya niteliği belirteci, süreksizlik takımı sayısı, süreksizlik pürüzlülük sayısı, süreksizlik alterasyon sayısı, süreksizlik suyu indirgeme faktörü, gerileme indirgeme faktörüdür.

Yukarıda değinilen sınıflama sistemlerinde yer alan pürüzlülük, su geliri, süreksizlik suyu indirgeme faktörü ile gerilme indirgeme faktörünün kazılabilirlik uygulamalarında oynadıkları rollerin önemi veya ihmal edilecek mertebede olup olmadıkları tartışılabilir konulardır.

Müftüoğlu ve Scoble, ayrışma derecesi, tek eksenli basma dayanımı, çatlaklar arası mesafe ve katmanlaşma kalınlığı parametrelerinin kazıcı performansına etkilerini ağırlıklı puanlama sistemiyle saptayarak bir kazılabilirlik sınıflandırması geliştirmişlerdir (15). Sökücüler için, toplam kazılabilirlik puanlarına göre kazı kolaylığı ve makina tipleri önerilmiştir.

4. SÖKÜCÜ MAKİNA SEÇİMİ VE ÜRETİM

Örtü kazı işlerinde, kayaçların kazılabilirlik özelliklerinin önceden saptanarak gerekli kazı makinası parkının kurulması ve birim kazı fiyatının belirlenmesi iş ilkelerinden biridir.

Madencilikle ilgili örtü kazı işlerinde genellikle paletli tip sökücü -traktörler kullanılmaktadır. Paletli tip sökücü-traktörler ağırlık, güç veya çeki kuvvetlerine göre sınıflandırılmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge-2 : Paletli Sökücü-Traktör Karakteristikleri (16).

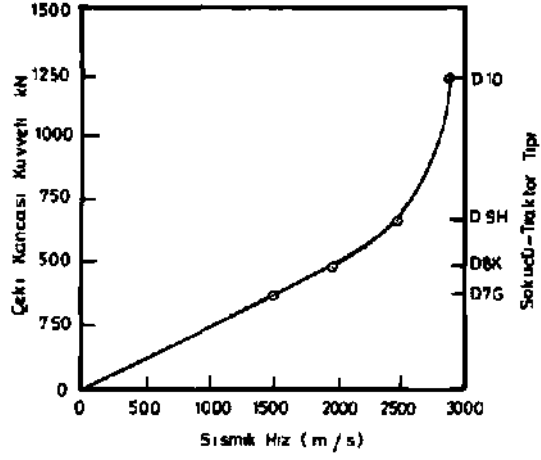
Sınıfı	Toplam Ağırlık (kg)	Güç (kw)	Teorik Çeki Kuvveti (kN) Hız = 0 km/h
Hafif	23 392	149	375
Orta	37 240	224	500
Ağır	48 765	306	670
Çok Ağır	97 346	522	1230

Birçok faktöre bağlı olması nedeniyle, sökücülerin üretim hızlarının önceden kestirimi çok zordur. Bununla beraber, saha ölçme ve gözlemlerden elde edilen deneyimlerden yararlanılarak, sökücü makina tipleri ile üretim hızları arasında bazı ilintiler teklif edilmektedir.

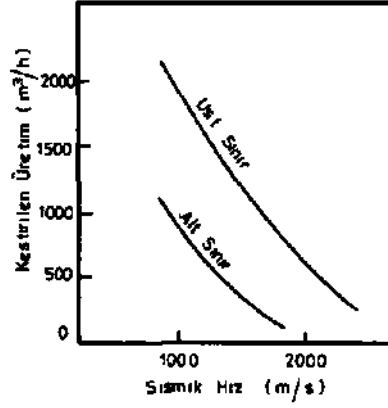
Caterpillar tarafından, malzemenin sismik hız değerlerine göre seçilmesi önerilen sökücü-traktör tipleri Şekil 3'te verilmiştir.

Aynı kaynak, yine sismik hız değerlerine bağlı olarak sökücü makina tipi ile üretim hızları arasında bazı ampirik ilintiler teklif etmektedir (Şekil 4).

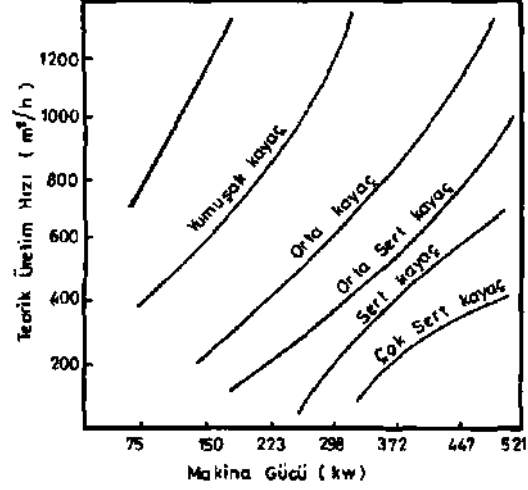
Pohle (17), sökülebilir özellikler gösteren kayaçlardaki uygulama verilerini değerlendirerek, tek eksenli basma dayanımı ile teorik üretim hızı ve makina tipi arasındaki ilintileri çok genel bir kılavuz olarak



Şekil 3 : Sismik Hız-Sokucu Makına Tıplı ilintileri (16).



Şekil 4 : D9H Tıplı Sokucu Makınalar için Sismik Hız-Teorik Üretim Hızı ilintileri (16)



Şekil 5 : Sökülebilir Özellikteki Kayaçlar İçin Teorik Üretim Hızı-Sökücü Makina Tipi İlintileri (17).

5. TÜRKİYEDE SÖKÜCÜ-TRAKTÖR UYGULAMALARI

Ülkemiz madenciliği örtü kazı işlerinde, sökme yönteminin nicel olarak değerlendirilmesine ait pek az veri bulunmaktadır. Yöntemin uygulanabilirliği birçok durumda görsel olarak saptanılmaya çalışılmakta veya dış ülkelerdeki uygulamalar bir rehber olarak alınmaktadır.

Sökücü-traktörler ülkemizde özellikle karayolu, kanal ve baraj işlen olmak üzere bazı açık işletmelerde örtü kazı aracı olarak kullanılmaktadır. G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi açık işletmelerinde yüklenici firmalar tarafından gerçekleştirilen örtü kazı işlerinde, sökme yöntemi bilhassa yüzeye yakın yumuşak veya altere olmuş formasyonlarda başarıyla uygulanmıştır. Bölgede sert ve masif formasyonlardaki sökme uygulamaları ise, malzemenin önce hafif patlatılarak sökümler için uygun duruma getirilmesiyle mümkün olmuştur.

Son yıllarda hidrolik ekskavatörlerde gerçekleştirilen teknolojik gelişmeler, ülkemiz açık işletmeciliğinde sökümlerin birincil kazı aracı olarak daha az kullanılır duruma gelmelerine yol açmıştır.

6. GENEL SONUÇLAR

Açık işletmecilikte maliyetlerin yanısıra, gerçekleştirilecek ortu kazı miktarı, eldeki makınaların üretim kapasiteleri, yükleme ve taşıma sistemleri, gevşetilecek formasyonların jeoteknik özellikleri ve çevre şartları gibi faktörler gözden geçirilmeden sökme ile delme-patlatma yöntemi arasında bir tercih yapılmamalıdır.

Son yıllarda bazı ülkeler sismik hız verilerinden veya diğer kazılabilirlik sınıflama sistemlerinden kazı yönteminin seçiminde ve iş öncesi birim fiyatların belirlenmesinde yararlanmaktadır. Bu tip bir çalışma tekniğinin ülkemiz madencilik koşullarına uygun olarak geliştirilip yerleştirilmesi, sektöre önemli katkılarda bulunacaktır.

Gönümüzde sökme yönteminin uygulama alanı orta sertlikteki kayalarla sınırlıdır. Açık işletmecilikte, kayaların sökülebirlilik sınırlarının genişletilmesi ancak sokucu-traktorler üzerinde yapılacak yeni tasarım değişiklikleriyle olacaktır.

KAYNAKLAR:

1. JACKSON - D., Rip Instead of Drilling and Blasting, Coal Age, Aug., 1979, pp.64-70.
2. ATKINSON, T., Ground Preparation by Ripping in Open Pit Mining, Mining Magazine, June 1970, pp.458-469.
3. ANON., How to Rip Economically, Roads and Streets, Vol.107, December 1964, pp.43-52.
4. HARRIS, F., Excavating and Materials Handling Equipment and Methods, 1981, p.4B.
5. ANAN., Ripping Tools, Techniques and Applications, Mining Engineering, January 1983, p.16.
6. CATERPILLAR TRACTOR COMPANY., Handbook of Ripping, 6 th Edition, June 1978, p.23.
7. ANON., Ripping and Blasting in Open Pits, Mining Magazine, Vol.125, No.3, September 1971, p.207.
8. CATERPILLAR PERFORMANCE HANDBOOK., 1980, 516 p.
9. ÖNCEL, K., Zeminlerin Sökülebilirliği ile P Tipi Dalga Hızları Arasındaki ilişki, Karayolları Teknik Bülteni, Ekim 1975, pp.347-387.
10. GRIFFITHS, D.H., KING, R.F., Applied Geophysics, 1976.
11. FRANKLIN, J.A., Observations and Tests for Engineering Description and Mapping of Rocks, 2nd Int. Congr. of Rock Mechanics, Belgrade, 1970, pp.11-16.
12. BIENIAWSKI, Z.T., Engineering Classification of Jointed Rock Masses, The Civil Engineer in South Africa, December 1973, pp.335-343.
13. BARTON, N., LIEN, R., LUNDE, J., Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support, Rock Mechanics, Vol.6, No.4,1974, pp.189-236.
14. ABDULLATIF, O.M., CRUDEN, D.M., The Relationship between Rock Mass Quality and Ease of Excavation, Bulletin of the Int. Assc. of Engng. Geo., No.28, 19B3, pp.183-187.
15. MÜFTÜOĞLU, Y.V., SCOBLE, M.J., Kömür Açık İşletmeciliğinde Kazılabilirliği Belirleme Yöntemleri, Mad.9.Kong. 1985, p.29-37.
16. CATERPILLAR TRACTOR COMPANY., Caterpillar Performance Handbook, 1980, 516 p.
17. POHLE, G., In "Construction Plant" by F.HARRIS, Granada Publishing limited, 1981, p.48..

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ The Sixth Coal congress of TURKEY

KUZEY-BATI ANADOLU TAŞKÖMÜR HAVZASI KARADON BÖLGESİNDE BAZI KÖMÜR DAMAR
KALINLIKLARININ JEOİSTATİSTİKSEL İRDELENMESİ

GEOSTATISTICAL INVESTIGATION OF THE THICKNESSES OF SOME COAL SEAMS
LOCATED IN KARADON DISTRICT OF THE NORTHWESTERN ANATOLIAN HARDCOAL BASIN

Ibrahim BLEKAN*

ÖZET

Jeoistatistiğin temeli, 1960'larda Güney Afrika altın madenlerinin değerlendirilmesi sırasında atılmıştır. Daha sonra bu konu metalik mineral yataklarının değerlendirilmesine uygulanmıştır. Günümüzde, jeoistatistik sedimanter maden yataklarının, özellikle kömürün, değerlendirilmesinde (damar kalınlığının, rezervin, tenorun, gang minerallerinin, v.s. dağılımının incelenmesinde) ve selektif madencilik amaçlarıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu bildiride, Karadon Bölgesi Kozlu Formasyonunda yer alan bazı damarların (Akalm, Acılık, Nasıfoğlu, Sulu, Kurul, Domuzcu ve Unudulmuş) boyutsal değişimi jeoistatistiksel yöntemlerle irdelenmiştir.

ABSTRACT

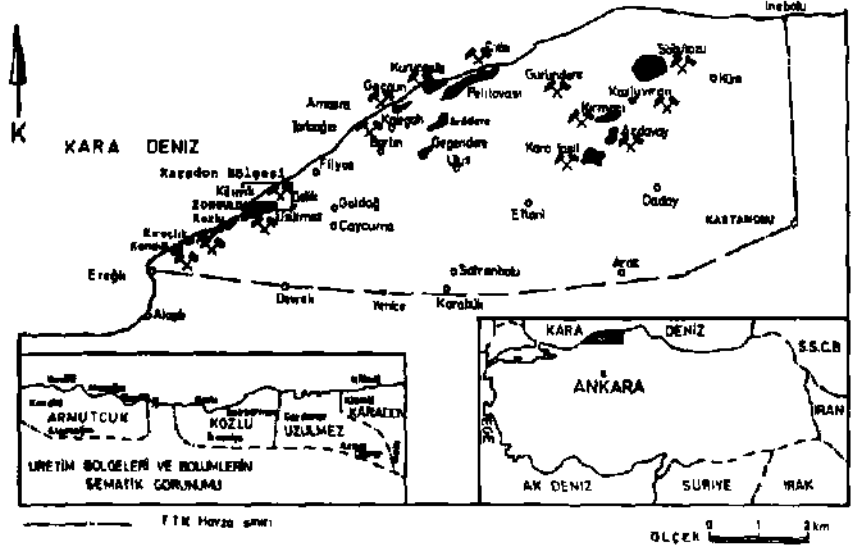
The foundation of geostatistics was established in South Africa during the evaluation of gold mines in 1960's. Later, this subject was applied to the evaluation of metallic mineral deposits. Today, geostatistics is being widely used for the assessment of sedimentary, especially coal, deposits (i.e. for the investigation of seam thickness, reserve, grade, gang mineral, etc. distribution) and for selective mining purposes.

In this paper, the dimensional variation of some coal seams (i.e. Akalm, Acılık, Nasıfoğlu, Sulu, Kurul, Domuzcu and Unudulmuş) located in the Kozlu Formation of Karadon Production District has been investigated by geostatistical methods.

(*) Araş.Gdr., HÜ Zonguldak Müh.Fak., Maden Müh.Böl., ZONGULDAK

GİRİŞ

Zonguldak Taşkömürü Havzası, Kuzey-batı Anadolu Karadeniz sahilinde Ereğli-İnebolu arasında yaklaşık 160 km doğu-hatı yönünde yayılım göstermektedir. Havza Amasra'nın doğusundan geçen bir hatla ikiye ayrılmaktadır. Batı'da Kandilli, Catakderesi, Suzekderesi, Zonguldak ve Amasra, doğuda Geçgün-Kalaycı, Pelitovası, Azdavay, Maksut, Karafasıl, Kozluveren, Doğnuç ve Söğütözü Karbonifer Oluşumları yer almaktadır (1).



Şekil 1. Kuzey-batı Anadolu Taşkömürü Havzası sınırları ve üretim bölgeleri.

Havza Pontid yarımadasının sahil turbalıklarında otokton ve paralik olarak oluşmuş olup benzer paleontolojik ve palinolojik seviyelerle Avrupa Havzaları grubuna dahil edilmektedir (2).

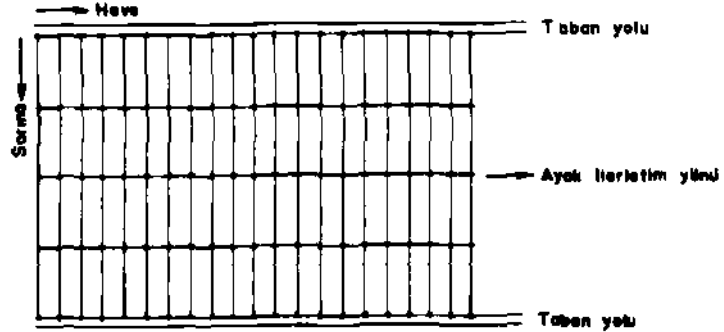
Kuzey-batı Anadolu Taşkömür Havzası, Alp orojenik kuşağının Alpin kanadının Türkiye üzerindeki uzantısı olan Pontitlerin batı kesiminde yer almaktadır. Bu nedenle jeolojik açıdan çok karışık bir durum göstermektedir. Havzada Hersiniyen orojenik hareketlerden etkilenmiş Paleozoyik yaşlı ve Alpin orojenik hareketleri ile genel yapısını kazanmış Mesozoyik-Senozoyik yaşlı kaya birimleri bulunmaktadır. Hersiniyen ve Erken Kimmerik orojenik hareketlerle, Üst Jura öncesi tektonik evrimini tamamlayarak ilewi derecede kıvrımlı ve kırıklı yapı kazanmış olan havza, Üst Jura sonrası yakınsayan Avrasya ve Anadolu kıvrımları arasında yer almıştır. Bu sırada kuzey-güney yönlü sıkışma tektoniğine bağlı olarak doğu-batı doğrultu eksenli kıvrımlar ve kırılmalar gelişmiştir. Bunun yanısıra, sıkışma tektoniğinin son evrelerinde havzanın bindirme fayları oluşmuştur (3).

Havzanın kaya birimleri; temel birimler, kömürlü birimler ve örtü birimleri olmak üzere Üç grup altında toplanmaktadır. Temel birimler genelde kristalen seri, kumtaşı ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kömürlü birimler Alacağzı Formasyonu (Narmıriyen) ile başlar. Kılıç Formasyonu (Alt Vestfaliyen A), Kozlu Formasyonu (Üst Vestfaliyen A), Karadon Formasyonu (Vestfaliyen B-C-D) ve Çapakdere Formasyonu (Vestfaliyen E-Stefaniyen) ile devam eder. Formasyonlar litolojik olarak kömür, kıltaşı, silttaşı, şeyi, kumtaşı ve konglomera ardalanmasından oluşurlar. Bunların üzerine Permiyen, Jura, Kretase ve Tersiyer yaşlı tortul kayalardan oluşan örtü formasyonları gelmektedir (1,4,5).

Bu çalışma, Zonguldak Karbonifer Penceresi Karadon Bölgesinde havzanın en verimli kömür damarlarını (koklaşır nitelikli) içeren Kozlu Formasyonunda gerçekleştirilmiştir. Formasyonun içerdiği 21 adet kömür damarından bölge üretimine büyük katkısı olan Akalın (Hacıpetro)*, Acılık, Masıfoğlu (Lui)*, Sulu, Kurul (Milopera)*, Domuzcu ve Unudulmuş kömür damar kalınlıklarının boyutsal değişimleri çalışmaya konu olmuştur.

1. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Yukarıda sözü edilen kömür damarları üretim panolarında, güvenilir boyutsal değişimleri hesaplamaya yeterli sayıda damar kalınlık ölçümleri yapılabilmektedir. Kalınlık ölçümleri üretim panolarında ilerletin boyunca 1.20 m'lik haveler ve buna dik yönde 4,00 m'lik sarmalardan oluşan düzenli dikdörtgenler ağının düğüm noktalarında yapılmıştır (Şekil 2).



Kalınlık Ölçüm noktası.

Şekil 2. Kömür damarları üretim panosunda kalınlık ölçüm ağı.

Bu şekilde Akalın damarından 1288, Acılık'tan 1265, Nasıfoğlu'ndan 4322, Sulu'dan 1370, Kurul'dan 3533, Domuzcu'dan 1109 ve *Umdulmuş*'tan 160 adet olmak üzere toplam 13.067 adet kalınlık ölçümü, kömür üretim panolarında yapılmıştır-. Ölçülen değerler yönlere bağlı olarak ha-

Damarın eski adı

zırlanan semi-variyoqram bilgisayar programı ile T.T.K Otomasyon Dai-resinde bilgisayar ile 2,5 aylık bir surede değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre uzaklık (h(m)) ve semi-variyoqram (Y(h)) fonksiyonu olarak semi-variyoqram grafikleri çizilerek bunların üzerine ortalama ve model semi-variyoqramları belirlenmiştir,

2. BOYUTSAL DEğİŞİM

Maden yataklarının rezervleri aşağıdaki yöntemlerle hesaplanmaktadır (6,7);

- Klasik yöntemler: Geometrik (çgen, kare, dikdörtgen, çokgen bloklar ve kesit), izopak (eş kalınlık eğrileri), uzaklık ağırlıklı (uzaklığın tersi ve uzaklığın tersinin karesi) yöntemler.
- Jeostatistik yöntemler: Global hesaplama (maden yataklarının tümünün hesaplandığı) ve maden işletme bloklarının hesaplandığı yerel hesaplama (kriging) yöntemleridir. Bu yöntemlerde maden yatağındaki boyutsal değişimler irdelenmektedir.

Bir maden yatağındaki boyutsal değişim korelogram» kovariyoqram ve semi-variyoqram gibi fonksiyonlarla ifade edilebilir. Jeostatistiksel olarak, korelogram ve kovariyoqramlar hesaplanmış istatistiklere bağlı olduğundan belirli sakıncaları vardır. Bu nedenle semi-variyoqramlar, yalnız örnek değerleri arasındaki farka bağlı olduklarından tercih edilirler. Semi-variyoqram; belirli düzende ki örnek çiftleri arasında beklenen farkın bir formül veya grafik tanımıdır (8).

Jeolojik parametrelerin nicelik kazanmasını sağlayan semi-variyoqramlar jeostatistik analizlerin ilk basamağını oluştururlar. Sürekli bir maden yatağında belirli aralıktaki örnek değerleri arasında var olan varyasyon onların uzaysal korelasyonunun bir ölçüsü olmaktadır. rnek değerleri arasındaki mesafe büyüdükçe değerler arasındaki farkta ortalama olarak artacaktır (9).

Teorik olarak variyoqram, X ve X+h gibi iki noktadan alınan değerler arasındaki farkın karesi olarak tanımlanır.

$$2 Y Ch) - \sum |x - (X+h)|^2 \quad \{1\}$$

$$2 Y (h) - \frac{\sum x - (x+h) t^2}{N(X, X+h)} \quad \{2\}$$

N(X,X+h), birbirinden h vektörü ile ayrılan çift sayısıdır. Yani 2y(h), h vektörünün bir fonksiyonudur. Pratikte variyoqramın sayısal değerinin yarısı olan semi-variyoqramlar (Y(0)) kullanılmaktadır (10).

Variyoqram süreklilik (parabolik, lineer, külçe ve rastgele tipte) göstermektedir. Değişik yönlerde farklı sınır değerlerine (a) sahip olabilmektedir. Sınır değerine kadar variyoqram değerleri h vektörü ile artar, sili değere ulaştığında sabit kalır. Geçiş olayı (transition phenomea) olarak ifade edilen bu durum genellikle sedimanter yataklarda gözlenir ve boyutları jeolojik yapı ile ilgilidir. İdeal bir semi-variyoqram için aynı hacimde en az 50 adet

değer kullanılmalıdır. Bunianrr-şekil -ve biçimleri düzenli aralıklarla belirli doğrultularda olmalıdır. Böylece dört ayrı yönde varyogram hesaplanabilir (6,11).

Daha önceleri yapılan çalışmalarda, jeostatistik metalik maden yataklarının rezervlerinin geliştirilmesinde büyük faydalar saklanmaktaydı. Oysa günümüzde kömür rezervlerinin kalitatif ve kantitatif değerlendirilmelerinde daha faydalı olduğu görülmektedir (12).

2.1 Model Seçimi

Deneyssel varyogramın bu konuda belirlenmiş bir modele uygunluğu sağlanmakta ve model varyogram verileri daha sonra hesaplamalarda kullanılmaktadır. Genel olarak Sekil 3'te görüldüğü gibi 4 tur varyogram modeli mevcuttur (6,8,10).

2.1.1 Küresel (Spherical/Matheron) Model

Geçiş olayı ile karakterize edilir,

$$\gamma(h) = c_0 + c_1 \left| \frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right| \quad h < a \quad (3)$$

$$\gamma(h) = c_0 + c_1 \dots \dots \dots \quad h > a \quad (4)$$

$$\epsilon = \frac{c_0}{c_1} \quad \{5\} \text{ olmaktadır.}$$

2.1.2 De Wijsian Model

Bu model $\gamma(h) = 3\alpha \log h$ ile ifade edilir. Burada α sapma katsayısıdır. Cevher kütlesinin kalınlığı 1 olduğunda,

$$\gamma(h) = 3\alpha \left| \log \frac{h}{1} + \frac{3}{2} \right| \quad h > 1 \quad (6)$$

$$\gamma(h) = 3\alpha \frac{h}{1} \quad h < 1 \quad (7)$$

2.1.3 üssel (Exponential) Model

$$\gamma(h) = c_0 + c_1 (1 - e^{-\alpha h}) \quad (8)$$

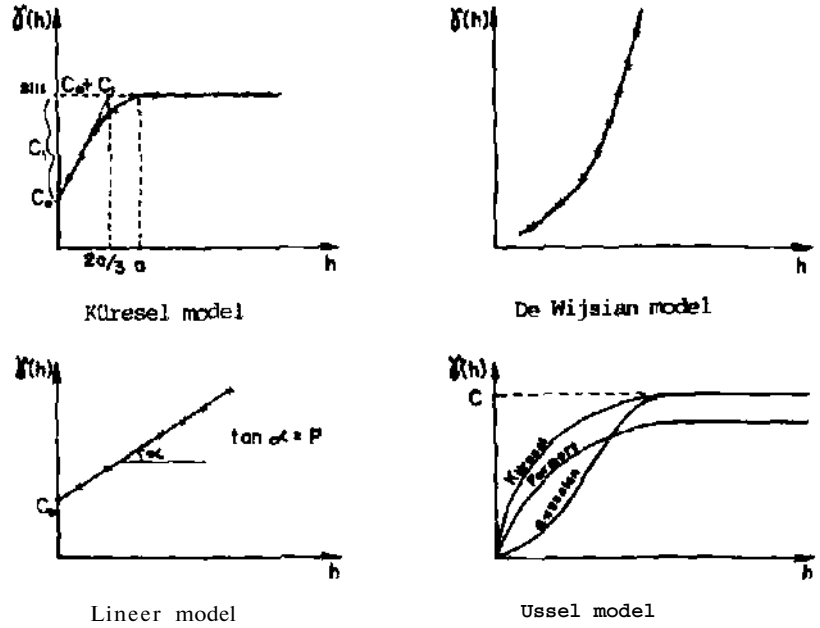
α , h ve a 'nın bir fonksiyonudur, α değerine bağlı iki farklı üssel model vardır, h aralığında varyogram değerleri yavaş artarken (istatistiksel varyansa ulaşmaksızın), orijinde oblik tanjant olduğunda $\alpha = h/a$ kullanılır (Formery model). Varyogram orijinde parabolik davrandığında {9} olur (Gaussian model).

$$\alpha = \frac{h^2}{2a^2} \quad (9)$$

2.1.4 Lineer Model

$\gamma(b) = plh$ veya daha genel olarak $\gamma(h) = plh^\lambda$, $0 < \lambda < 2$ şeklinde ifade edilir. Burada p doğrunun derecesidir.

$$\gamma(h) = p|h|^\lambda \text{ ise, } \log \gamma(h) = \log p + \lambda \log |h| \quad (10)$$



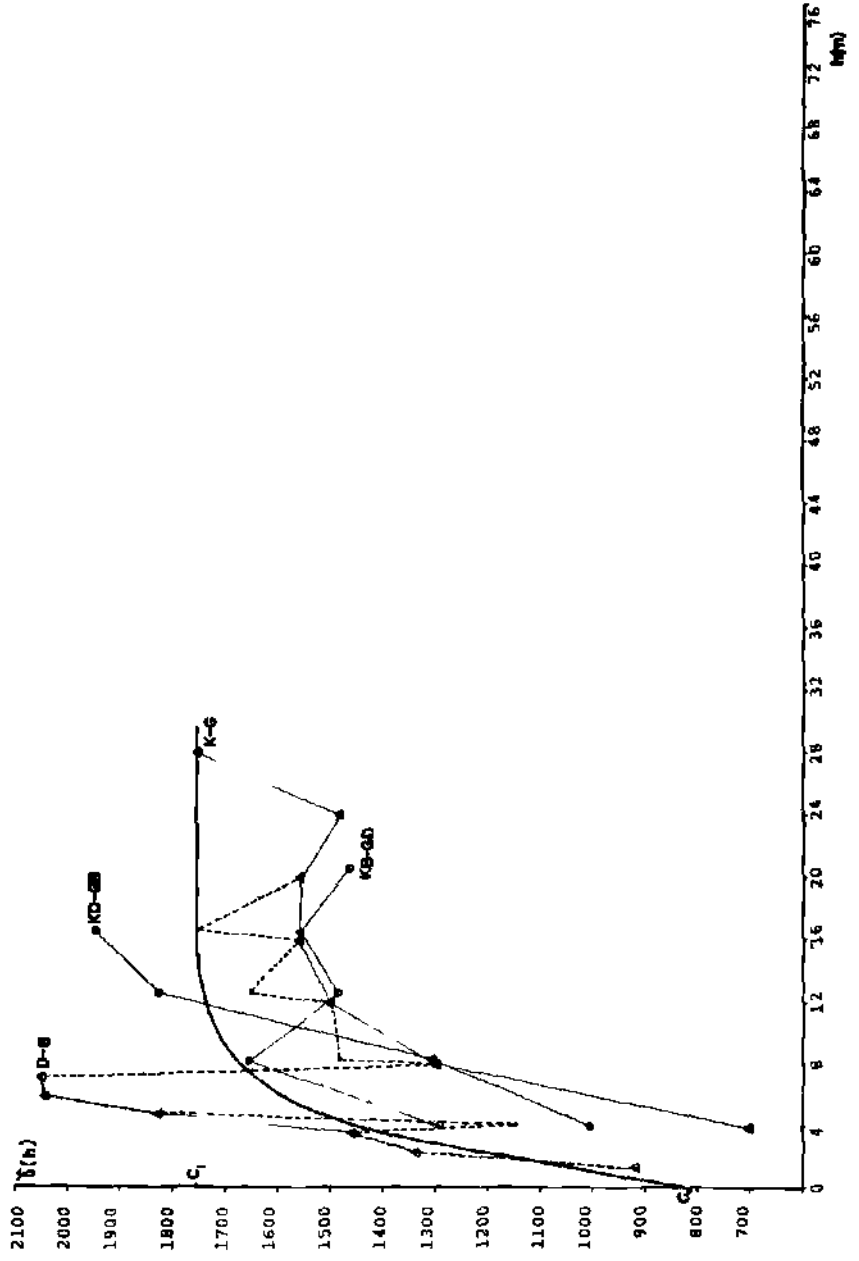
Şekil 3. Varyogramın model türleri (6,8,10).

3. KARADON BÖLGESİNDE BAZI KÖMÜR DAMAR KALINLIKLARININ BOYUTSAL DEĞİŞİMİ

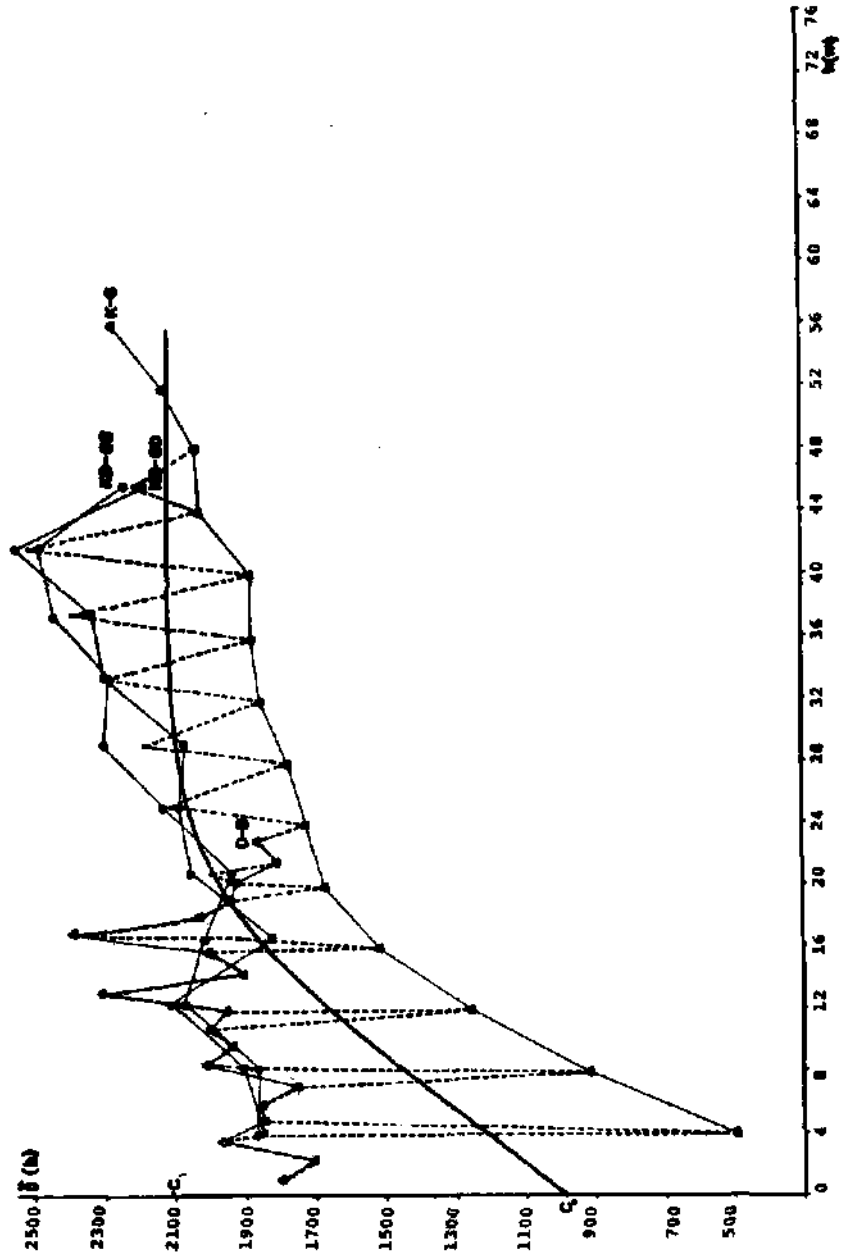
Karadon bölgesi Kozlu Formasyonunda 0/-260 kotları arasında üretim çalışmaları yapılan panolarda Akalın, Acılık, Nasıfoğlu, Sulu, Kurul, Bomuzcu ve Unutulmuş kömür damarlarından toplam 13.067 adet (n) kalınlık ölçümü sistematik olarak doğu-batı, kuzey-güney yönlerine bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçülen kalınlık değerlerinin normal dağılıma uydukları gözlenmiştir. Bunların ortalama kalınlık (X), varyans (O) ve standart sapmaları (a) hesaplanmıştır (Çizelge 1). Bu kömür damarlarında ortalama kalınlıkların değişimine paralel olarak varyanslarda değişmektedir.

Üretim yapan her kömür damarı için bu verilerle K-G, D-B, KB-GD ve KD-GB yönlerinde semi-varyogramlar bilgisayar yardımıyla hesaplanmıştır. Daha sonrada bunların grafikleri çizilmiştir (Şekil 4-10). Grafiklerden semi-varyogramların genel şekillerinin küresel modele uydukları belirlenmiştir. Dört ayrı yarıya bağlı olarak çizilen semi-varyogramların ortalamaları alınmış ve bunların uygun teorik modelleri,

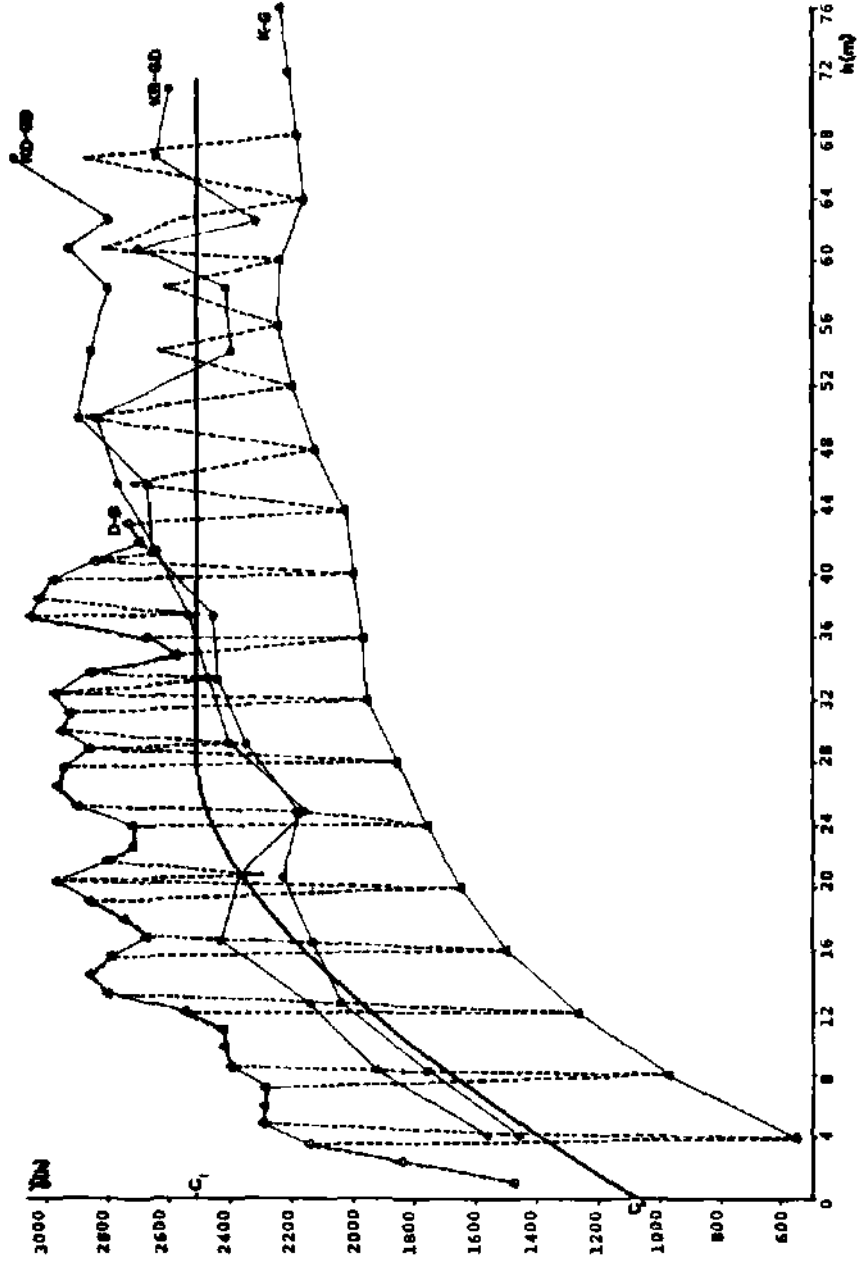
$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left| \frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right|, \text{ ile belirlenmiştir.} \quad \{11\}$$



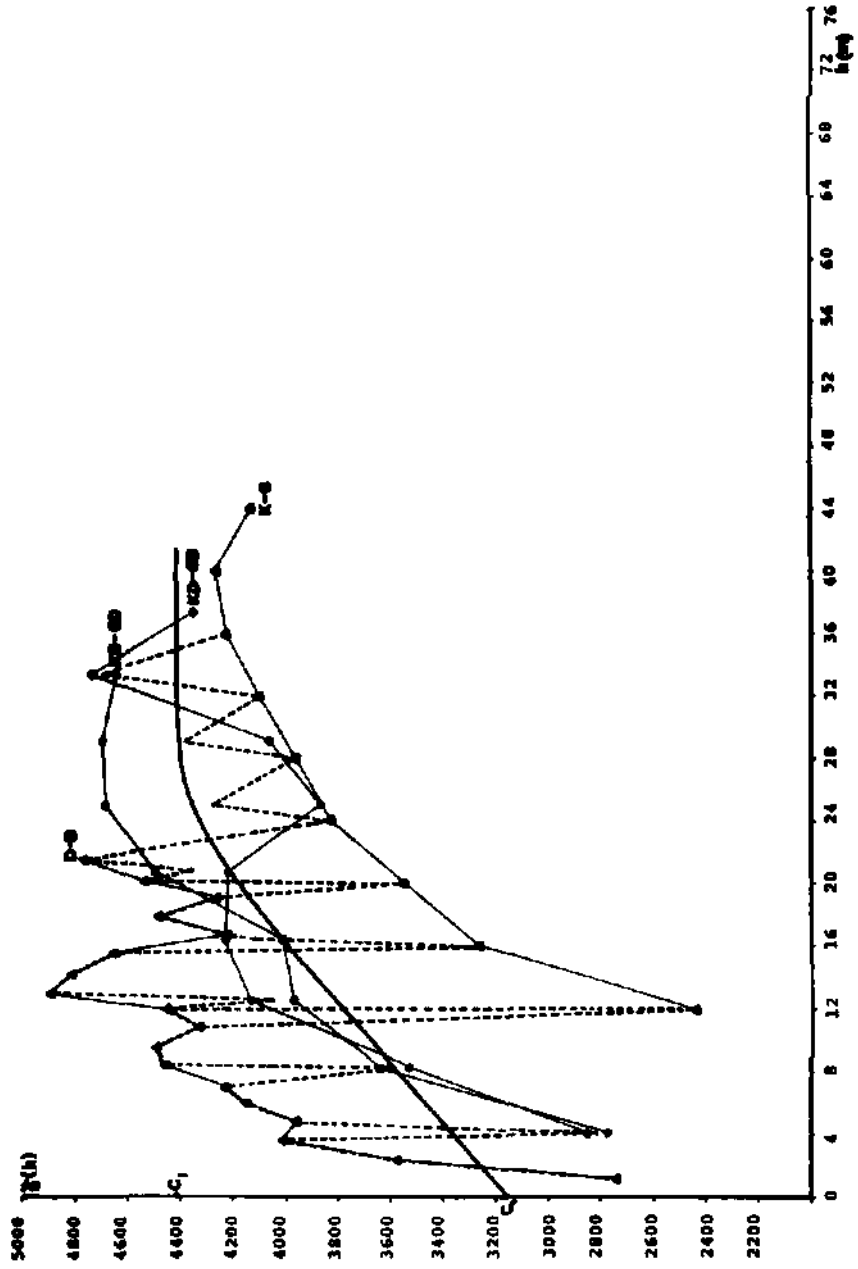
Sekil 4. Urudulmuş damarı kalınlık semi-variogramı.



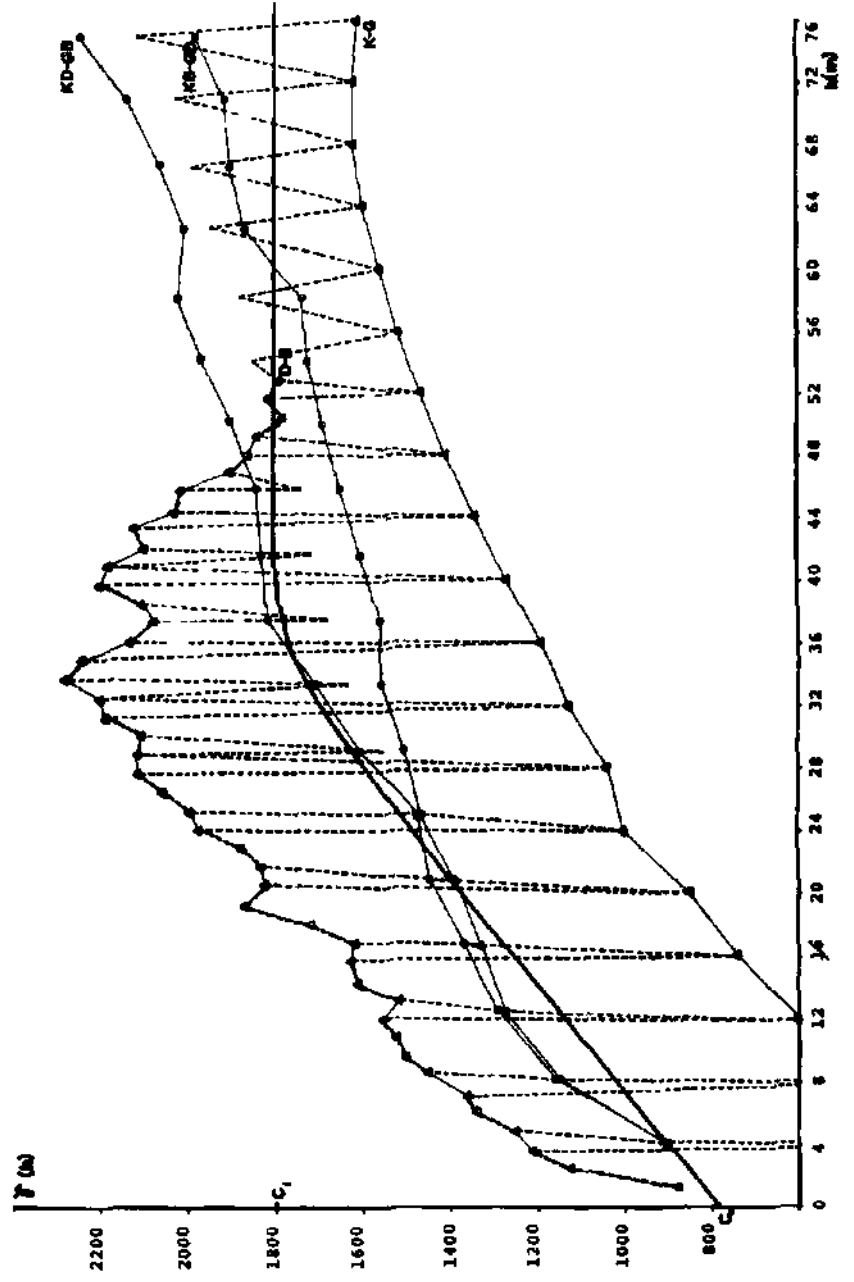
Şil 5. Demuzcu damarı kalınlık kalınlık semi-variogramı.



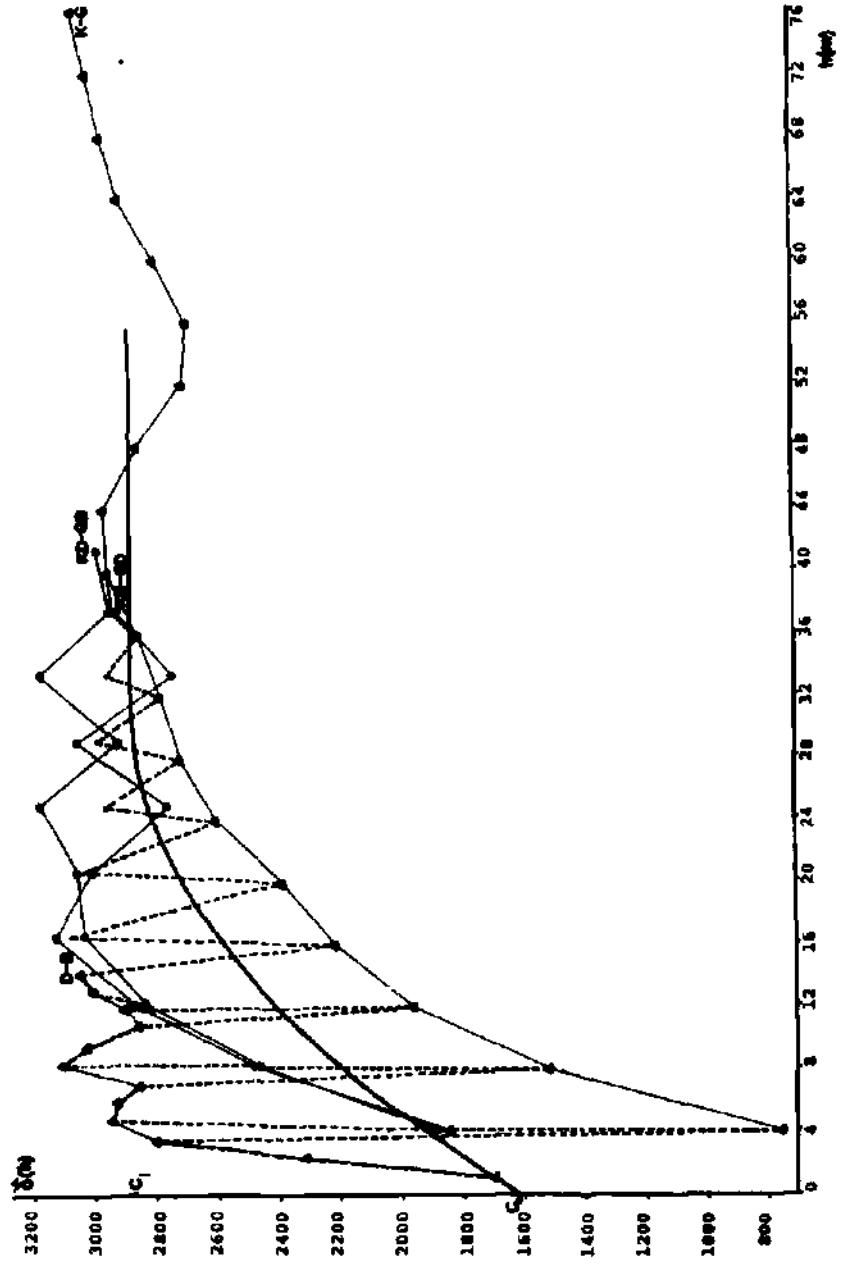
Şekil 6. Kurul damarı kalınlık semi-variyoqramı.



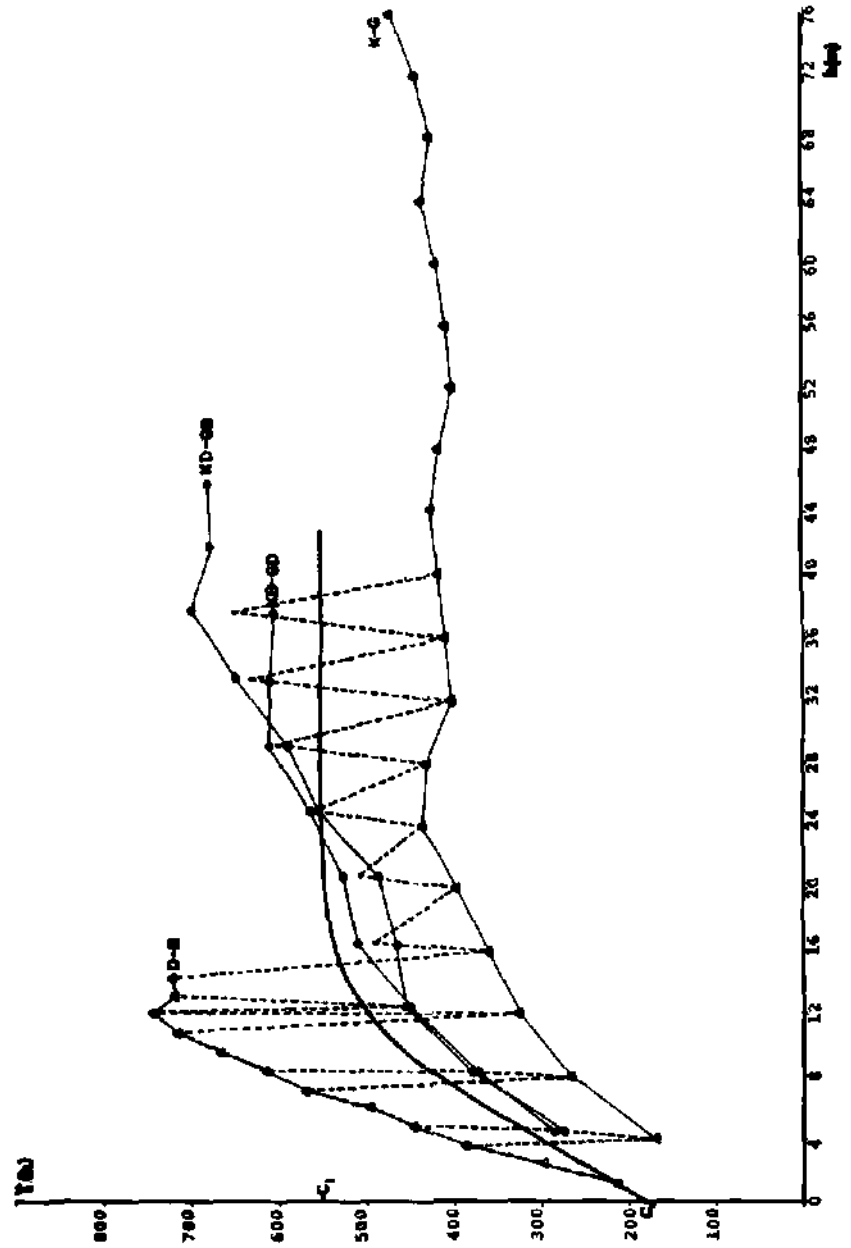
Sekil 7. Sulu damarı kalınlık semi-variogramı.



Şekil 8. Nasıfoğlu damarı kalınlık semi-variyoqramı.



Sekil 9. Acıllık damarı kalınlık semi-variyoqramı.



Şekil 10. Akalin damarı kalınlık semi-variogramı.

4. SONUÇLAR

Jeoistatistiksel olarak incelenen kömür damarlarında kalınlıklar küresel modele uymakta olup yönlere bağlı olarak çok büyük değişkenlik göstermektedirler. İncelenen dört yönde birbirinden farklı kalınlık değişimi gözlenmektedir. Genel olarak en büyük değişim aralığı D-B yönünde, en küçük ise K-Q yönü doğrultusundadır. Değişim aralığı KD-GB, KB-GD yönlerinde birbirine ve ortalamaya yakındır. Geoistatistiksel varyans değerine (ortalama) Unudulmuş kömür damarında 17 m gibi bir sınır değer ile ulaşılırken, Nasıfoğlu'nda bu sınır değer 40 m olmaktadır (Çizelge 2). % 95 güven aralığında Akalın'da 89-181 cm, Acılık'ta 163-375 cm, Nasıfoğlu'nda 157-325 cm, Sulu'da 123-387 cm, Kurul'da 90-290 cm, Domuzcu'da 97-277 cm ve Unudulmuş'da 52-216 cm arasında değişen ortalama kalınlık değişimi saptanmıştır. Bu güven aralığında ortalama damar kalınlıklarından şenel olarak % -34-61 sapma sözkonusudur.

Elde edilen bulgulara damarların üretime hazırlanmasında (özellikle mekanize kazıda ve rezervlerin değerlendirilmesinde) dikkat edilmesi gerekir. Belirlenen damar kalınlık değişimine kolay uyarlanabilecek kazı sistemlerinin uygulanması daha verimli olacaktır.

KAYNAKLAR:

1. ÖZKOÇAK, O., KONYALI, Y., ŞENTÜRK, İ., Kuzey-Batı Anadolu Taşkömür Havzasına Genel Bakış. Türkiye I.Kömür Kongresi, Zonguldak, 1978, s.167-190.
2. NAKÖMAN, E., Kömür. M.T.A.Enst.Yayıncı, Eğitim Serisi No.8, Ankara, 1971.
3. SANER, S., Batı Pontitlerin ve Komşu Havzaların Oluşumlarının Levha Tektoniği Kuralı ile Açıklanması, Kuzey-Batı Türkiye. M.T.A.Enst. Dergisi 93/94, Ankara, 1980, s.1-20.
4. GÖK, M.Ş., Kuzey Anadolu Taşkömür Havzası. T.J.K.Bülteni, C 13, s 1, 1970, s.120-139.
5. M.T.A. EHST., Zonguldak ve Dolayının Genelleştirilmiş Kolon Kesiti. M.T.A.Enst. Batı Karadeniz Böl.Müd., Zonguldak, 1984.
6. DAVID, M., Geoistatistical Ore Reserve Estimation. Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 1977,
7. ROYLE, A.G.» Estimating Global Ore Reserves in a Single Deposit. Mineral Sei. Engng, vol. 12, No. 1, January, 1980.
8. CLARK, I., Practical Geoistatistics. Applied Science Publishers LTD., London, 1979.
9. NASUF, E., Geoistatistik Yöntem ile Rezerv Hesaplama Seminer Notları, i.T.Ü.Maden Fakültesi, Etibank Matbaası, Ankara, 1987.
10. CLARK, I., The Semivariogram-Part 1. Engineering and Mining Journal, Mc.Graw Hill, New York, 1979.
11. JOURNAL, A.G., HUTJBREGTS, CH.J., Mining Geoistatistics. Academic Press, London, 1978.
12. ROYAL, A.G., Using Geoistatistics to Estimate Coal Reserves. World Coal, Semtember/October, 1982, pp.93-94.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ The Sixth coal congress of TURKEY

ALACAAGZI (ARMUTÇUK-ZONGULDAK) KÖMÜRLÜ ALANIN ORTAMSAL ÖZELLİKLERİ VE
KOMUR VARLIĞI

ENVIRONMENTAL PROPERTIES AND COAL POTENTIAL OF THE COAL BEARING ALACAAĞZI
DISTRICT. (ARMUTÇUK-ZONGULDAK) NW TURKEY

Erol ORHAN *

Nevzat CANCA **

ÖZET

Kömür içeren çökeller, yukarı delta ve menderesli akarsu sistemlerinin taşkın evrelerinde, fiziko-kımyasal koşulların elverişli olduğu yerlerde oluşmuştur. Bu ortamın çökelleri çakıлтаşı-kumтаşı-çamurтаşı ve kömür damarlarının ardalanmasından oluşmaktadır.

Kömür damarlarının çeşitli parametreler göstermesi (kalınlık, devamlılık tavan ve taban kayacı, sulfur ve iz elementler % sı) çökel ortamlarına ve çökelme zamanındaki tektonizmaya bağlıdır.

Golbaşı-16A-17A-18A-K1 ve 14A sondajları alanı içinde küçük damar için 10.634.000 ton işletilebilir rezerv hesaplanmıştır.

ABSTRACT

The deposits containing coalseams were developed in the systems of upper delta and meandering river which were formed during the flood stage. The deposition were formed in the place where suitable physico-chemical condition. These environment deposits consist of alternating conglomerate, sandstone, mudstone and coalseams.

The coalseams have various parameters as continuation, width, thickness, trace elements and S %. These parameters were connected with the condition of deposition environment and tectonic emplacement of during the sedimentation.

In the drilling area of Gölbaşı, 16A-17A-18A-K1 and 14A *for small seam* the reserves are 10.634.000 tons of coal.

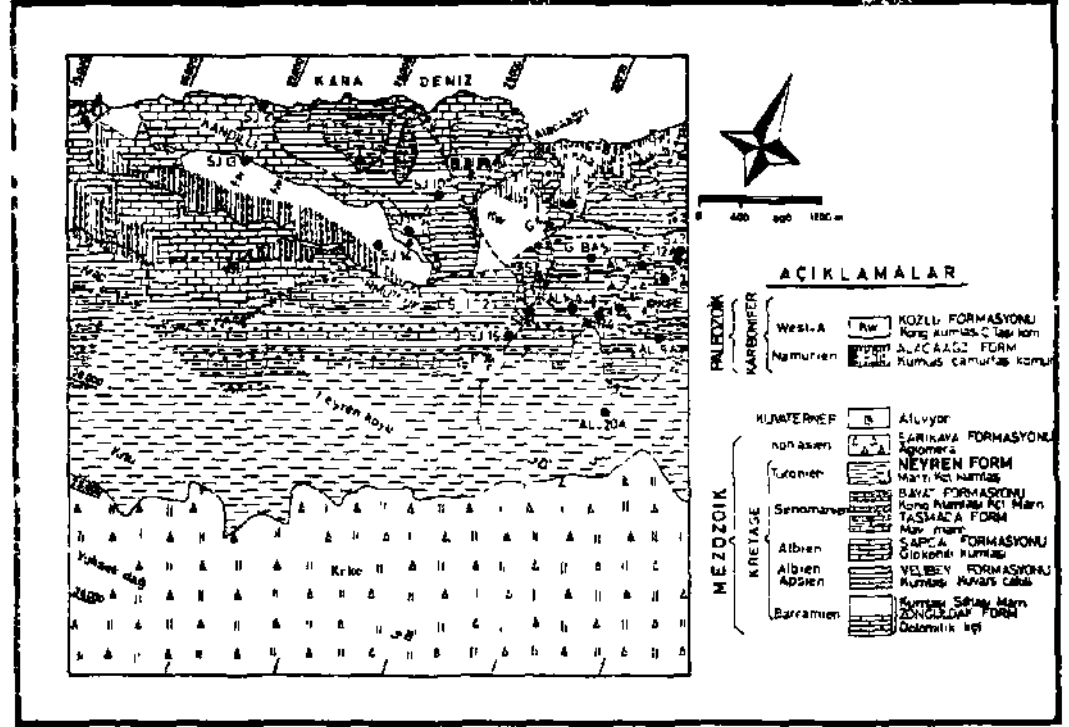
(*) Jeo.Yuk.Muh. MTA Batı Karadeniz Bölge Müdürlüğü /ZONGULDAK

(**) Geo.Muh. MTA Batı Karadeniz Bölge Müdürlüğü /ZONGULDAK

1. GİRİŞ

Kuzey-Batı Anadolu Taşkömürü Havzası batısında yer alan Alacaağzı yöresinde, 1982-1986 yılları arasında 8 adet karotlu, 1 adet kırıntılı olmak üzere toplam 9 adet sondaj yapılmıştır.

Yapılan 9 adet sondaj ve detay jeolojik etudlerle ortu altındaki Karboniferi konumu ve komur damarlarının varlığı saptanmıştır. (Şek. 1)



Sekilli Armutçuk-Alacaagzı yöresinin jeoloji haritası

2.STRATİGRAFİ

Bölgenin stratigrafik birimleri, Paleozoyik yaşlı kömürlü birimler ve MesDzoyJK **yaşlı** örtü birimleri olmak üzere iki gurupta toplanmışlardır.

Kömürlü birimler , Namuriyen yaşlı Alacaağzı Formasyonu ve Westfaliyen-A yaşlı Kozlu Formasyonlarıdır. Örtü birimleri ise kömürlü birimler üzerine uyumsuzlukla gelen Barremien-Koniasien yaşlı denizel tortul kesit içerirler. Topluluk çok sayıda stratigrafi kesiklikleri ile ardalanmıştır.

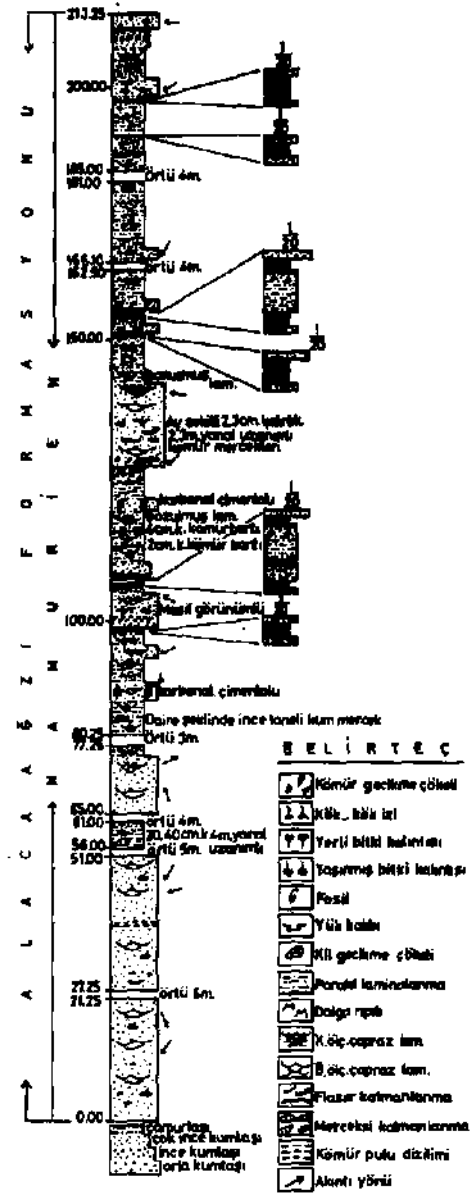
Barremien-Koniasien; kireçtaşı,epiklastik kırıntılar volkanoklastik kırıntılar ile simgelenir. Kaya birimlerini konum ve dokanak ilişkilerini gösteren jeoloji haritası (Şekil... 1) verilmiştir. Bu bildiride Mesozoyik yaşlı örtü birimlerinin tanımına değinilmemiştir.

2.1. Alacaağzı Formasyonu (Namurien)

Batıdan Doğuya doğru Çamlı.Armuççuk,Alacaağzı.Teflerini, Kirenlik,Kireçlikağzı.Çavuşağzı,yörelereinde yüzeylenir.Çökeller genelde kumtaşı-silttaşı-kiltaşı ve kömür ardalanmasından oluşur.Alt kesimlerde kumtaşı-çamurtaşı ardalanmasından oluşan birimin, bazı kumtaşı seviyeleri içersinde akıntı rıpilları ve rıpıl çapraz laminalanmalarına rastlanmıştır.Çamurtaşı seviyeleri ise çoğunlukla paralel laminalı merceksel tüysü ve flaser katmanlıdır.Kumtaşı seviyelerinin tabanları bazen aşınmalı keskin sınırlı olmakla birlikte alt yüzeylerinde bariz taban yapıları görülmemiştir.

Orta ve Üst seviyelerde ise, Kumtaşı-Çamurtaşı ve kömür ardalanmalı olup, kumtaşları genelde çok iyi boylanmalıdır.Aşınmalı tabanları ve bariz taban yapıları gözlenir. İki seviye halinde fosilli düzeyin bulunması, ortamın zaman zaman deniz etkinliğinde kaldığını işaret etmektedir. Orta ve Üst kesimlerde 15-20 adet 0,10 metre-0,50 metre kalınlığına erişebilen merceksel kömür damarları vardır.Bu kömürler işletilebilir kömürler açısından herhangi bir önem taşımadıklarından işletilmeleri bu gün için ekonomik değildir.

Gözlenen sedimanter yapılar ise,çapraz laminalanma ve katmanlanma,**paralel laminalanma ve katmanlanma, merceksel ve flaser katmanlanma, dalga rıpıl çapraz laminalanma ve katmanlanma,konvolüt katmanlanma, teknesel katmanlanma,kaval yapısı,yük kalıbı.siderit konkresyonları, organizma yaşam izi, bitki-kok izi,gecikme çökelleri, v.s. gibi Fasiyes özellikleri ile belirtilen Alacaağzı Formasyonu (lagün,delta,gel-git düzlüğü) ortamlarında çökeltmiştir.**



\$*Ulla;Alacaog» yÖrMridtn oknan dtkfl* kMK

2.2 Kozlu Formasyonu (Westfalıyen-A)

Çamllı .Armutçuk ve Alacaağzmda yüzeyler. Çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı ve komur ardalanmasından oluşur. Kozlu Formasyonunda çakıltaşı ve kumtaşı egemen unsur niteliğindedir. Soz konusu kumtaşı ve çakıltaşlarının taban kısmı, üzerinde yer aldıkları sathı parçalamış olmakla beraber, yanal olarak özellikle ust kısımlarda gri renkli çamurtaşı ve komur tabakaları ile griftleşmiş olarak bulunurlar.

Mendereslı nehir çökellerde herbır donemin tabanında kanal dolgusu çökelleri olarak çakıltaşı ve çakıllı kumtaşı bulunmaktadır. Tabandan yukarıya doğru tane boyu küçülmektedir. Kumtaşı govdesindeki tabakaları masif olup, alt kısımlarda kaim ve tekne şeklindeki çapraz tabakalar gorulur. Bu tıp istiflenme çok kez tekrarlanır.

Toplam 6 kadar donemi korunmuş olan Mendereslı nehir çökellerın kalınlıkları (Şekil...2 J) alt seviyelerde 15-20 metre iken ust seviyelerde 40-70 metreye ulasmaki.adir.Buna bağlı olarak taşkın ovası as fasıyesının kalınlıklarında yukarıya doğru artmaktadır.

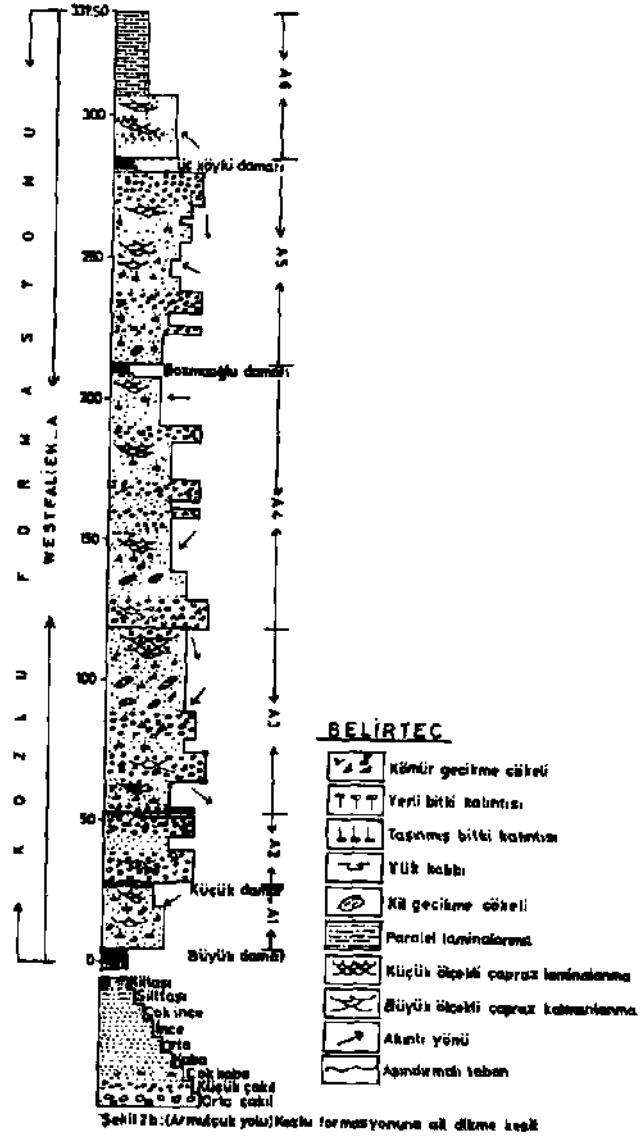
Genelde herbır donemin tabanını oluşturan aşınmalı bir yüzey üzerinde gelişmiş olan kanal dolgusu as fasıyesleri tekne şeklinde çapraz katmanlı orta boylanmalı, çakıltaşı-çakıllı kumtaşı-kumtaşı yapıllıdır. Kanal tabanına yakın yerlerde bazen çökme yapıları (Dal parçaları) bulunmaktadır. Çakıllı kumtaşmda aşınma yüzeyi üzerinde gelişmiş gecikme çökelleri ile yanal yığışım yüzeyleri bulunmaktadır. Taban kanalını teşkil eden çakıllar; kuvars, kuvarsıt, kireçtaşı, dolomit, kumtaşı, mağmatik, metamorfik öğelerden oluşmuş olup, 4-5 Cm. boya kadar erişmektedir.

Nokta barı as fasıyesi ise başlıca kaba -orta taneli kumtaşmda oluşmaktadır. Yer yer çamur topakcıkları sunan nokta barı çökelleri keskin tabanlı, orta -ıyı boylanmalı. küçük açılı teknesı çapraz katmanlı olup. yukarıya doğru tane boyu incelerek siltli düzeylere geçmektedir. Nokta barı as fasıyesını oluşturan kırıntılı bileşenler, kanal dolgusu as fasıyesını oluşturan çökeller ile *benzerlidir*.

Taşkın ovası as fasıyesını oluşturan çökeller ise sıyahımsı-gri renkli çamurtaşından oluşmaktadır. Silttaşı genelde paralel lamalıdır.

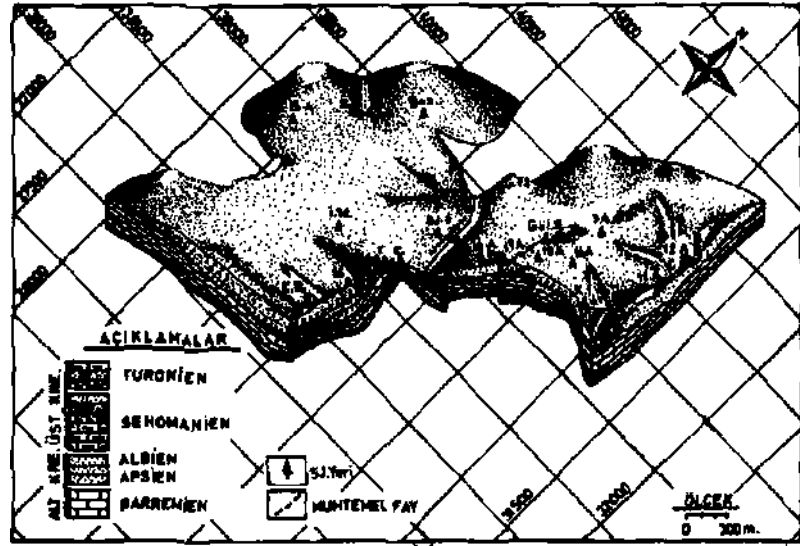
Gözlenen en belirgin sedımanter yapıları teknesı çapraz katmanlanma, paralel lamınalanma ve katmanlanma, aşındırmalı taban, derecelenme .konvolut katmanlanma, kıl ve komur gecikme çokeli, bıtıkı-kok izi v.s.gibi fasıyes özellikleri ile belirlenen Kozlu Formasyonunda Mendereslı Akarsu sisteminin egemen olduğu gorulur.

Kozlu Formasyonunda tabandan tavana doğru Büyük damar, Küçük damar, Bozmaoglu.Üçköylü oln.ak üzere 4 adet işletilebilir kömür damarı vardır. (Şekil...2.b)

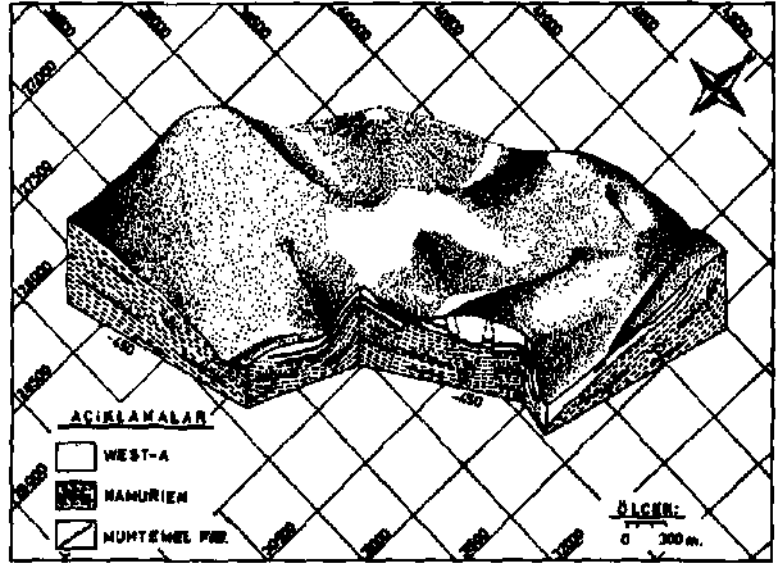


3. YAPISAL KONUM

Yöre Hersiniyen ve Alpin orojenezlerin etkisinde kalmıştır. Hersiniyen orojenezinde genellikle tansiyon kuvvetlerinin etkinliği ile gravite fayları oluşmuştur, Alpin orojenezini ile havza kıvrılmış ve kırılmıştır. Kıvrım eksenlerinin yönü genellikle E-W yönlü olup, Paleozoyik birirallerle. Mesozoyik birimlerinin kıvrımlanmalarında büyük benzerlikler vardır. (şekl..3 a- Şekil ..3 î)



Şekil 3.3. Muntel fay hattına ait tectonic diyagramı

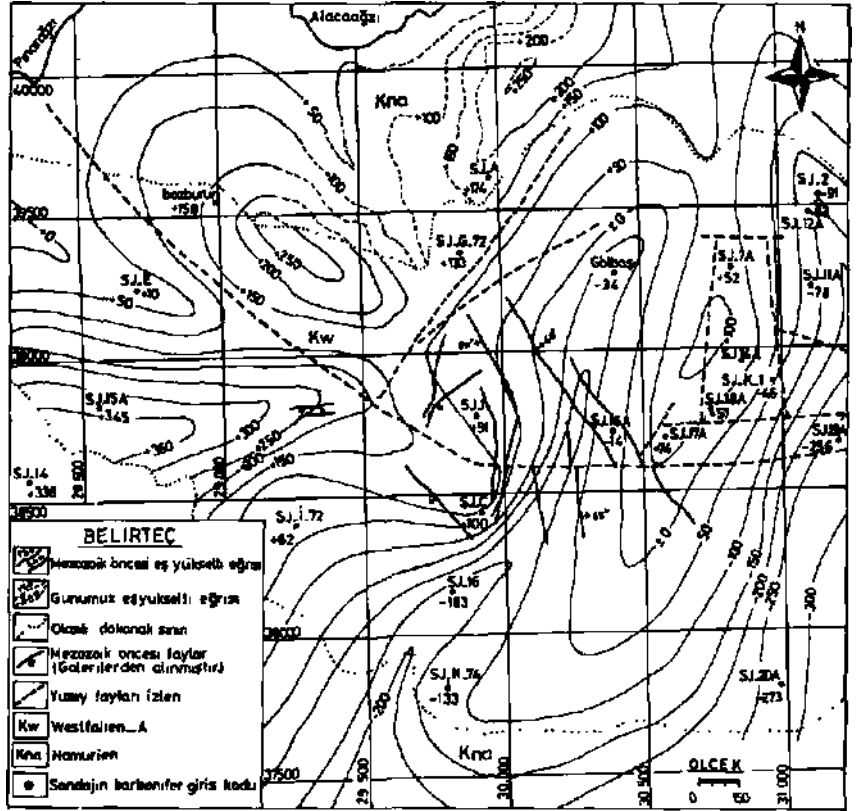


Setül3b:Alacağazı yöresinin mesozoik öncesi paleotopografya blok diyagramı

Yörede çok sayıda gravite fayı oluşmuş,kuzeyden güneye,Batıdan Doğuya doğru Kozlu Formasyonunun (Westfalien .A.Jaşınarak inceldiği görülür, (şekil...4)

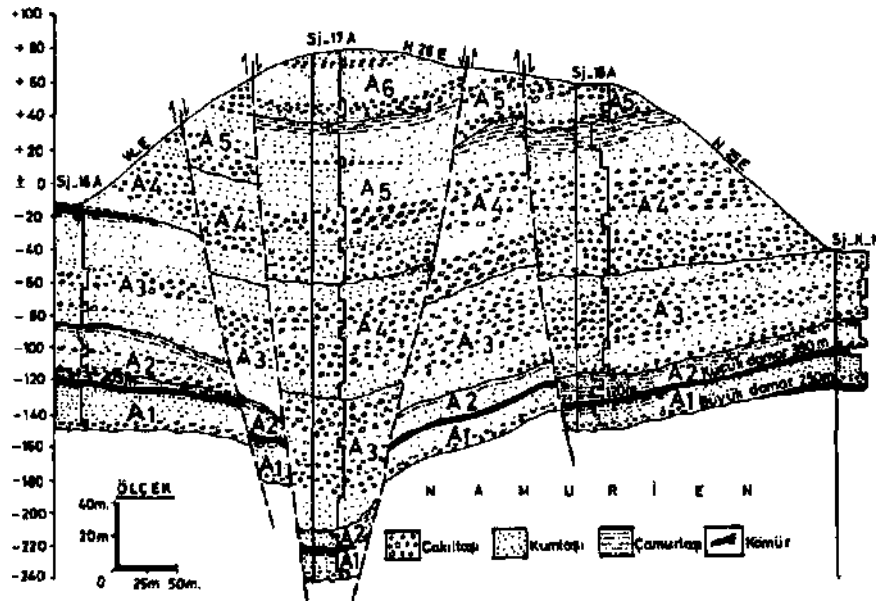
4. YÖREDE YAPILAN SONDAJLAR

Alacaazğızı deresi doğusunda Karboniferin devamlılığı ve kömür varlığını araştırmak amacıyla 1982-1986 yıllarında 8 adet karotlu, 1 adet kırıntılı, olmak üzere toplam 9 adet sondaj yapılmıştır. Yapılan sondajlarla örtü altındaki Karboniferin devamlılığı ve kömür varlığı ortaya konmuştur. (şekil...5.)



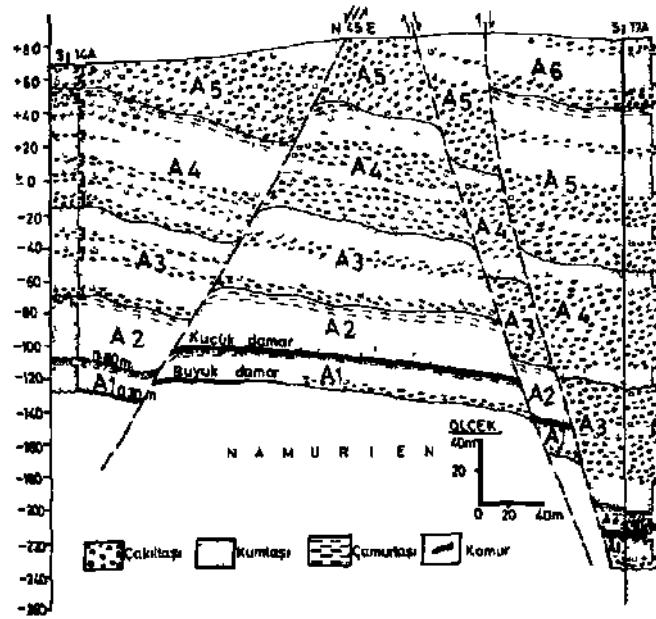
şekil 5 Alacaazğızı yöresinin mesozoik öncesi yapı kontur haritası

K-J sondajında kesilen 2.50m. kalınlığındaki kömür damarının diğer sondajlarda kesilmediği belirlenmiş olup, işletme adlandırmasına göre Büyük damar olduğu saptanmıştır. K-1 sondajında kesilen 3.90 metre kalınlığındaki damarın 18A sondajında 1.20 m, 1/-A Sondajında 1.90m, 16A sondajında 2.05 m kesilen kömür damarına karşılık geldiği ve işletme adlandırmasına göre Küçük damar olduğu belirlenmiştir. 16A sondajında 3.45m kesilen damarın diğer sondajlarda kesilmediği görülür. (Şekil.. 6)



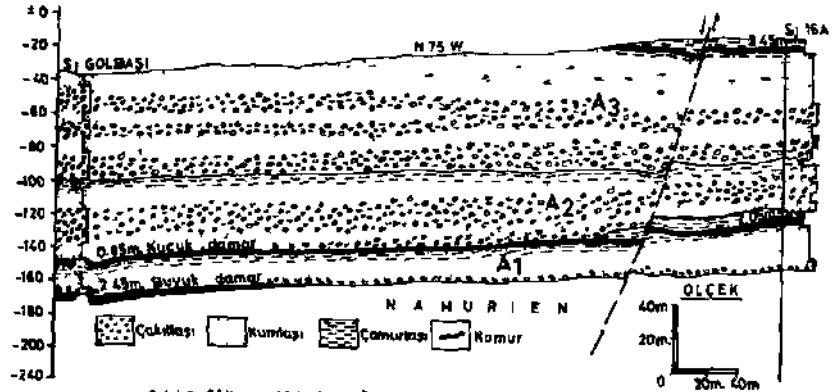
9*kit t: KA-1?A-1tA_K1 Sondajlarının korciayonu

14A sondajında 0.60m kalınlığındaki küçük damarın 17 A sondajında 1.90m kalınlıkta kesildiği görülür. (Şekil.7)



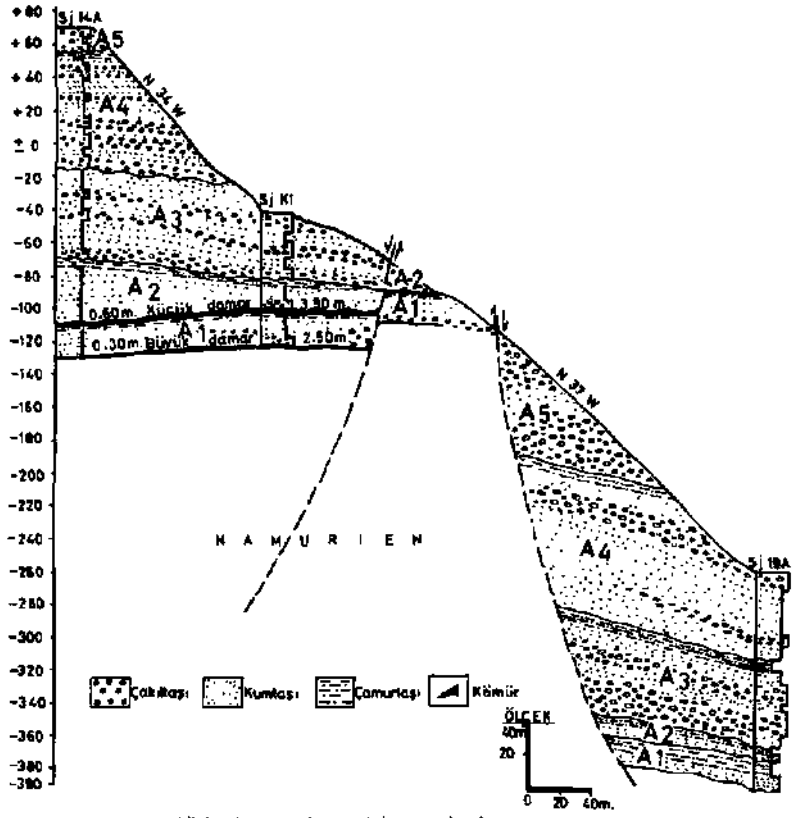
Şekil 7 14A-17A Sondajlarının korelasyonu

Gölbaşı sondajında 2.45m kalınlıktaki Büyük daman 16A sondajında kesilmediği, buna karşın Gölbaşı Sondajındaki 0.85m kalınlıktaki Kuçuk damarın 16A sondajında 2.05m kesildiği, 16A sondajındaki 3.45m kesilen damarın aşınma nedeniyle yanal yayılımını fazla olamayacağı görür.(Şekil.8)

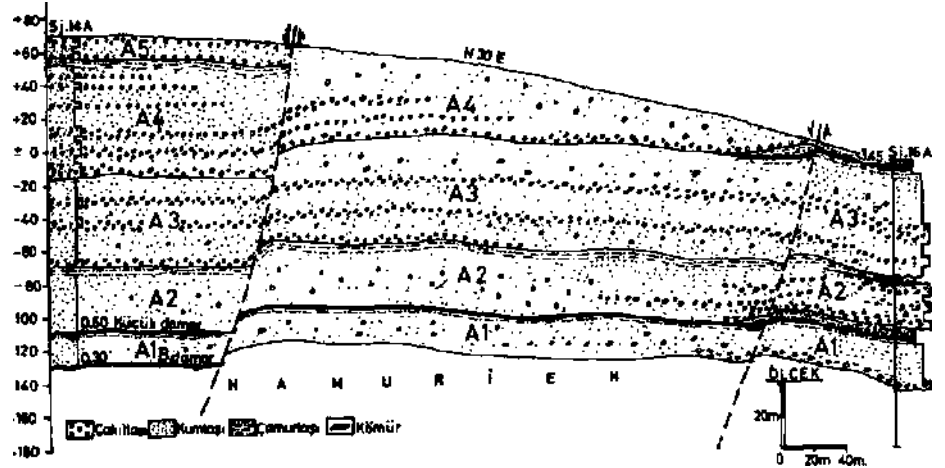


Şekil 8 Gölbaşı-16A Sondajlarının korelasyonu

14A Sondajında kesilen 0.30m kalınlıktaki Büyük damar ile 0.60 m kalınlıktaki Küçük damar, K-1 sondajında 2.50 m Büyük,3.90m Küçük damar olarak kesilmiş olup, 19A sondajında kesilmemiştir.(Şekil 9)

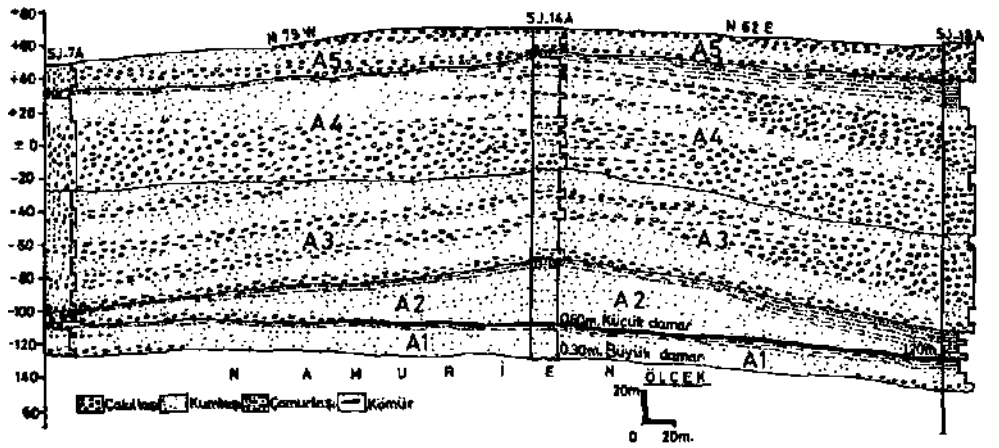


16A Sondajında 2.05 m. kesilen Küçük damarın 14A sondajında 0.60m. kesildiği, 14A sondajında 0.30 m. kesilen Büyük damarın ise 16A sondajında kesilmediği görülür. (Şekil 10)



5-kil to: KA-KA Sondajlarının kor-lajyonu

14A Sondajında 0.30m. kesilen Büyük damarın 18A ve 7A sondajlarında kesilmediği, 18A sondajında 1.20m. kesilen Küçük damarı 14A sondajında 0.60m, 7A sondajında ise kesilmediği görülür. (Şekil.11.)



Şekil 11: 7A -14A -18A Sondajlarının korelasyonu.

5. SONUÇ

Yörede işletilen kömürler, Menderesli akarsu sistemlerinin taşkın evrelerinde, fiziko-kımyasal koşulların elverişli olduğu yerlerde oluşmuştur.

Bu tip bir ortamda teşekkül etmiş olan kömürler kalınlık bakımından kısa mesafeler içinde anı değişmeler göstermekte, ayrıca çökel sonrası teşekkül etmiş olan yarıntılar damarların yanal sürekliliğini bozmaktadır.

Bu nedenle işletme planlama ve geliştirme safhalarında çökel ortamlarının, kömür kalınlığındaki değişimler üzerinde oluşturdukları etkilerin ayrıntılı olarak bilinmesi zorunludur. Söz konusu çökel modeller, kömür arama çalışmalarının özellikle başlangıç safhasında yarar sağlarlar. Ayrıca yerel olarak kömür kalınlığındaki ve yanal süreksizliğindeki değişimlerin ayrıntılı düzeyde bilinmesi, yeraltı ve yerüstü jeolojik etudlerle sağlanabilmir.

KAYNAKLAR

1. J.C.HORNE, J.C.FERM, F.T. CARUCCIO and B.P.BAGANZ Depositional Models in Coal Exploration and Mine planning in Appalachian region
2. WALKER R.G, CANT, D.J. Sandy Fluvial Facies Models.
3. ROGER G. WALKER Facies Models.
4. Dr.P.ARNI Kuzey Batı Anadolu Taşkömürü Havzasının Batı Bölgesi jeolojisi Hakkındaki Rapor.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ

The Sixth coal Congress of TURKEY

KOVATAŞ KÖMÜR SAHASINDA YENİ KÖMÜR DAMARLARININ JEOFİZİK YÖNTEMLERLE SAPTANMASI

THE DETERMINATION OF THE NEW COAL SEAMS OF KOVATAŞ COAL MINE BY MEANS OF
THE GEOPHYSICAL METHODS

Zfiheyr KAMAFI*
D.Aix KÇÇELİ**
A.Erqun TÜRKFP
M.Ali KAYA^TM*

ÖZET

Kovada kömür sahasının jeolojik ve jeofizik etüdüleri daha önceleri çeşitli kurum ve kişilerce yapılmıştır. Sahada yapılmış jeolojik etüdülere göre açılan araştırmaya galerileri ve sondajlarda kömüre rastlayamamışlardır.

Böyle bir sahada jeofizik arama yöntemlerinden jeoelektrik çalışmalar yapılmıştır. Bölgenin tektonizması sonucunda düşeye yakın eğim kazanmış kömür zonu dayk olarak düşünülerek jeoelektrik Ölçme yöntemlerinden Wenner sabit elektrot açılımla Elektrik Özdirenç (Resistivity) kaydırma çalışmasının yanısıra Etkisel Kutuplaştırma (Induced Polarization-IP) yüzde Frekans Etkisi ve Doğal Elektrik Gerilim (Self-Potential-SP) yöntemleri uygulanmıştır. Böylece anılan sahada kömür içeren formasyonun taban ve tavan çakıldaşlarından oluşan kılavuz seviyelerini 5P,IP ve Rezistivite çalışmaları ile ayırmak mümkün olmuştur. Bu arama yöntemleriyle elde edilen ölçülerin değerlendirilmesi ve yorumu sonucu kömür zonunun dayk modeliyle uyum sağladığı görülmüştür. Buna göre verilen araştırma galerilerinin koordinatları tespit edilerek anılan jeofizik yöntemlerle saptanan yeni kömür damarlarına rastlanılmış ve işletmeye başlanılmıştır.

ABSTRACT

In last decade, Kovataş coal mine area, which is just about to be closed, has been explored geologically by private and state sector. But they could not find out any new coal seam although they made a number of drillings.

In order to solve this problem, geoelectric methods, such as D.C, Electrical Resistivity, Induced polarization and Self potential, have been applied for the mine area. Because, it is observed that coal seams can have approximately vertical dip in result of structural effects, coal zone has been thought as a resistive dyke. For that reason, in order to get a dyke anomaly, Resistivity and Induced polarization methods are used by Wenner electrode array which is slide horizontally in several constant intervals. In these measurements, resistive and polarizable dyke anomalies could have been obtained by using a suitable current and frequency band only. The magnitudes of self potential data are obtained in quite low values. The new coal zone can be defined clearly by using the combination of the Resistivity and Induced polarization methods.

(*) Araş.Gör., A.U.İsparta Müh.Fak.Jeoloji Müh.Böl., İSPARTA
(**) Prof.Dr., A.Ü.İsparta Mühendislik Fak.Dekanı, İSPARTA
(**>) Üqr.Gör., A.Ü.İsparta Müh.Fak.Jeoloji Müh.Böl., İSPARTA
1****) Araş.Onr. ,A.Ü.İsparta Müh. Fak. Jeoloji Müh.Böl. İSPARTA

1.GİRİŞ

Isparta-Eğirdir Akbelenli (Haymana) Knyü Kovataş Kömür İşletmesinde işletilen kömür damarları tektonik olaylar sonucunda oluşan faylar yüzünden kaybedilmiştir.Feşitli kurum ve yabancı şahıslara yaptırılan çalışmalar sonucunda verilen sondajlar kömür kesmemiştir. Kömür bitti diye işletme kapanma aşamasına qelmistir. Ru durumda işletme yetkilileri Akdeniz üniversitesi İsparta Mühendislik Fakültesi Dekanlığından jeofizik çalışma istemişlerdir. Bunun üzerine jeofizik arama yöntemlerinden jeoelektrik ölçme yöntemleriyle (Mzdirenç,Ftkisel Kutuplaştırma ve Doğal Elektrik Gerilim) yeni knmür damarları saptanmaya çalışılmıştır.

Bilindiği gibi elektrik özdirenç yöntemleri sığ ve derin zonlardaki kömür damarlarını saptamak için kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemin başarılı bir şekilde kullanılabilmesi için kömür damarı civarına göre etkin bir elektrik Özdirenç farkına sahip olması gerekir.

Kuramsal ve uygulamalı araştırmalarda kontakt, fay ve dayk nibi yapısal durumların saptanmasında (1,2,3,4) ve kömür damarlarının saptanmasında da (5,6,7,8) özdirenç yöntemlerinin etkinliğini ve uygunluğunu göstermişlerdir. Kömür damarlarının ve kömür yatağındaki diğer jeolojik birimlerin çok değışken özdirenç değerleri qöstermeleri durumunda yöntemin kullanımı sınırlı olmakta ve zaman zaman başarısızlıklara neden olabilmektedir. Bu nedenle de memleketimizde özdirenç yöntemleri, daha çok knmür yataklarındaki yapısal sorunların çözümlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bunun yanısıra jeoelektrik yÖnkemlerinden Etkisel Kutuplaştırma (İP) yüzde Frekans Etkisi (?»FF), Faz Açısı Spektrumu (0) ve Doğal Elektrik Gerilim (SP)'nin kullanılmasındaki yararlar tartışılmıştır.

2. KHMÜR YATAKLARINDA FİZDİRENÇ, İP VE SP OLAYLARININ KAYNACI

Bilindiği gibi, kömür damarlarının taban ve tavanları kil bantlı olup içlerinde çok az da olsa bir miktar ince kum taneleri bulunur.Kil bantı ile kaplanmış kömür damarı % 30'a varan gözeneklik içerebilir.Bu gözenekler içlerinde yeraltı suyu seviyesine bağlı olarak bir miktar su taşır ve doygun (saturated) olabilir. Bu koşullar altında kömür damarının karbonizasyon yüzdesi de gözönünde alındığında özdirençleri 2×10^{-2} - 2×10^{-1} Ohm-metreler arasında yüksek değerlere sahip olabilir(6).Tektonik olarak yüksek dereceli metamorfizmaya uğramış kuru kömürlerin özdirenç değerleri, düşük dereceli metamorfizmaya uğramış ıslak kömürlerin özdirenç değerlerinden daha büyük olmaktadır.Yani metamorfizme derecesi arttıkça

öz direnç değeri yükselir. Kıl bantlarının öz dirençleri ise içlerindeki kumun cinsine ve miktarına bağlı olarak komur damarınınmkinin 4-5 katı kadar daha düşük olmaktadır.

Komur damarında İP olayı ise; bilindiği gibi içinde çözülmüş iyonlar içeren bir sıvıyı taşıyan gozuneklı ortamdan bir elektrik akımı geçirildiğinde metalik mineral onunde iyonik iletkenlik, elektronik iletkenliğe dönüşürken veya iç yüzeyi ıslak kille kaplı gözeneklerin dar geçitleri onunde bir takım iyon yığılmaları gibi kutuplaşma (polarization) şeklindeki oluşuma etkisel kutuplaştırma CİP) olayı denir. Bu kutuplaşmış iyon yığılmaları uygulanan elektrik gerilimin bir kısmını depolar ve ek bir gerilim (overvoltage) gerektirir. Uygulanan gerilimin kaldırılmasıyla, daha önce yığılmış olan iyonlar ilk konumlarını almaya çalışırlar. Bu esnada depolanmış ek gerilim boşalır, Hurada anlatılan olaya zar polarizasyonu denir. İP olayı daha açık bir şekilde tanımlanacak olursa; kayacın iletkenliğine , dokusuna ve kimyasal özelliklerine, onun içindeki **çözülmüş iyon** miktarına ve **cinsine bağlı** olarak değişen bir **olaydır**. Komur damarlarının çakıllı kıl, kıltası ve kıllı formasyonlarla ardalanması, komur zonunun büyük İP parametre değeren kazanmasına neden olmaktadır. Komur zonunun kile göre daha şiddetli IP'ye sahip olmasının nedeni, komur zonundaki zâr polarizasyonun şiddetli olmasından ileri gelmektedir.

Komur damarlarının saptanmasında SP, ancak yüzeeye yakın ve meyilli olan dtjmar tiplerinde ve ayrıca bu damarların yapısal sorunlarının (fay, kontakt, vb.) çözümünde kullanılabilir.

3. SAHANIN JEOLJİK YAPISININ ÖZETİ

Kovada golünün güneyinde yer alan (Şekil 1) Neojen öncesi temel kaya birimleri jura ile Eosen zaman aralığı içinde yer almaktadır. Bölgede geniş yayılım sunan Jura-Kretase yaşlı kireçtaşı, Beydağı otoktonu alarak bilinen karbonat platformuna ait bileşenleri temsil etmektedir. Yöredeki allokton birimler, ofoyolit karmaşığı ile karakterize edilir. Ofıyolitler egemen olarak serpantin ve diyabaz bileşenleri ile, bunun içerisinde bulunan değişik boyutlardaki kireçtaşı, çort ve çortlu kireçtaşı bloklarından yapılandır.

Neojen kaya birimleri alttan üste doğru, çakıltası, çamurtaşı ve golsel kireçtaşı birimlerinden yapılandır. Neojen tortulları alttaki temel kayaları aşınmalı uyumsuz bir dokanakla üstler. Bölgenin tektonik olayları sonucunda tabakalar düşeye yakın eğim kazanmışlardır(9).(İÜ)

4. UYGULAMALAR

Fay ve bindirmelerin etkisinde kalan ve kömür içerdiği tahmin edilen formasyonun yapısını çözmek için (Şekil 1) de işaretlenen 10 profilde öz-direnç, İP, faz açısı spektrumu ve SP ölçüleri alınmış ve çalışmada sadece 6 profil sunulmuş ve tartışılmıştır. Jeoelektrik ölçü yöntemlerinde, riuşey veya düşeye yakın eğim kazanmış tabakaların aydınlatılmasında en hassas elektrot açılımlardan olan Wenner sabit elektrot açılımı kaydırılarak kullanılmıştır. Profillerde ölçü alınırken, profil boyunca yatay olarak 25 metre aralıklarla kaydırılan Wenner sabit elektrot dizilimi ve dolayısıyla a-dizilimdeki elektrot aralığına karşılık gelen a=25,50,100,150 ve 200 derinlikteki metreler taranarak, her bir profilin anomalileri, literatürdeki teorik ve uygulamalardan bilinen dayk anomalileriyle uygunluk gösterdikleri görülmüştür.

4.1. Jeoelektrik Ölçü Profillerinin Değerlendirmesi

Profil 2.

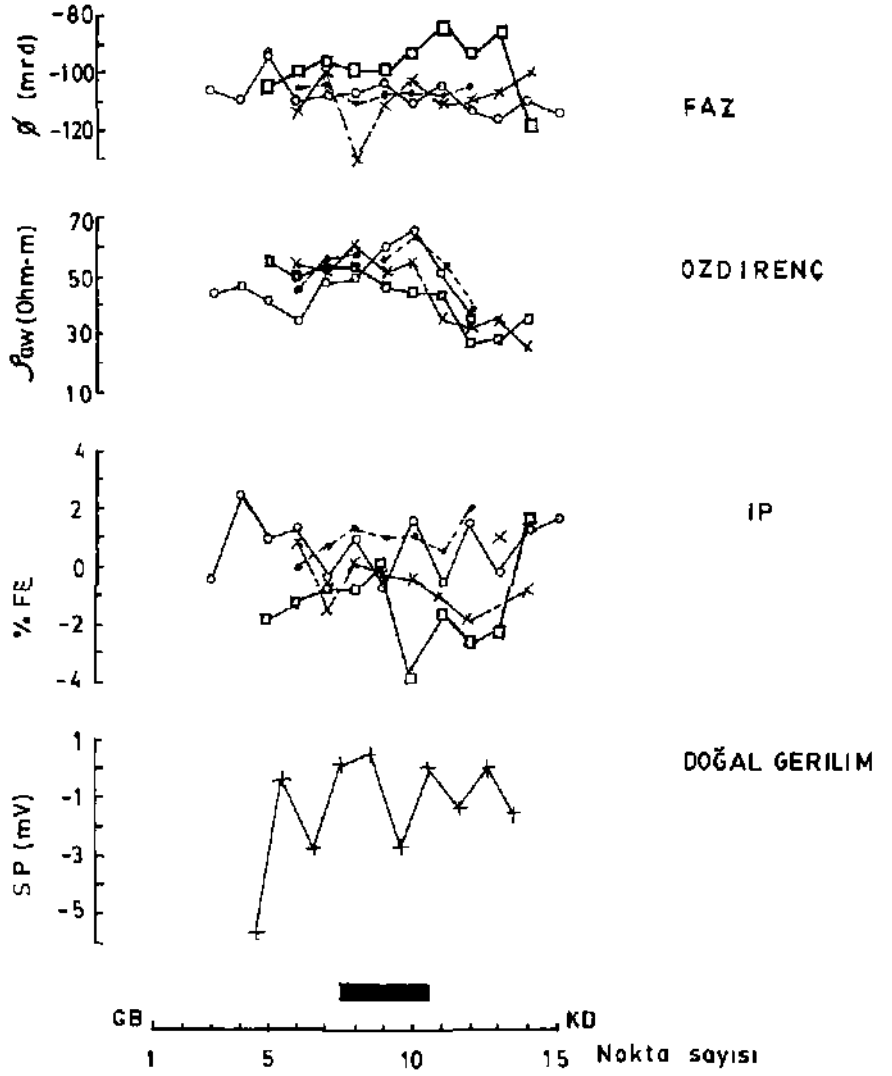
Bu profilde (Şekil 2) a=50 m. ve a= 100 m. açılımları için yapılan Wenner kaydırma öz-direnç eğrileri 10 numaralı noktada en yüksek (maksimum) değere ulaşmaktadır. Burada kömür içeren formasyonun dikleştiği düşünülmektedir, 7 FF eğrileri de aynı noktada yüksek değerler almaktadır. SP eğrisi kömür içeren formasyonun taban ve tavanında daha yüksek değerler göstererek kömür zonunu ayırt etmektedir.

Profil 5.

Bu profilde (Şekil 3) gerek öz-direnç gerekse % FE eğrileri dayk anomalisi veren klasik model eğrilerine benzemektedir. 4 numaralı nokta kömür zonunu göstermektedir. Ayrıca SP eğrisi kömür içeren formasyonun yüzey izdüşümünü ve eğimini göstermektedir.

Profil 6.,7.,9.

Bu profillerde de (Şekil 4.,Şekil 5.,Şekil 6.) kömürlü zonu ve kömür içeren formasyonun taban ve tavanındaki kılavuz çakıлтаşı seviyeleri ayırması yoluna gidilmiştir. 6,ve 7* profillerin uzanımlarının arasına düşen K-3 sondajı kılıç damar tipi kömür kestiğine göre kömürün taban ile tavan çakıлтаşlarının arasındaki zonda olması ihtimalini kuvvetlendirmektedir. Bu profillerde öz-direnç anomali genliklerinin yüksek olması yer-altı suyu seviyesinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır.



AÇIKLAMALAR

P. 2 Wenner sabit elektrot açıklı

+—+ a= 25 m

•---• a= 50 m

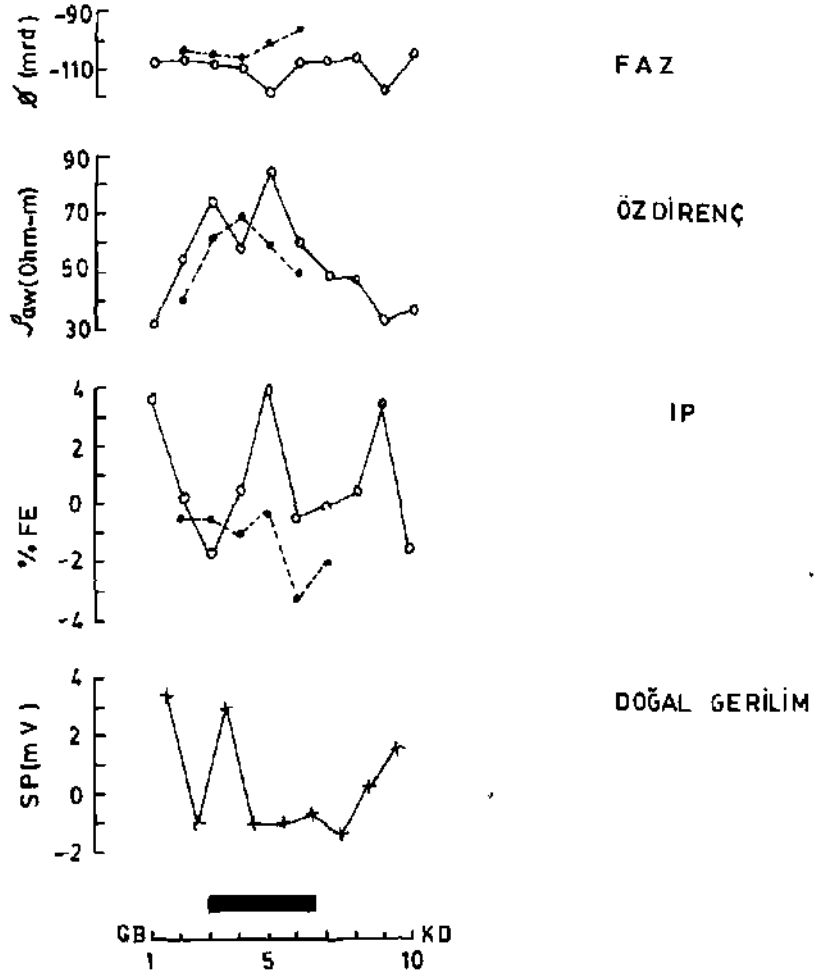
●—● a= 100 m

×—× a= 150 m

□—□ a= 200 m

■ Kömür oluşum zonu

Yatay ölçek :- 1/5000



AÇIKLAMALAR

P. 5 Wenner sabit elektrot açıklımlı

+ —+ a= 25 m

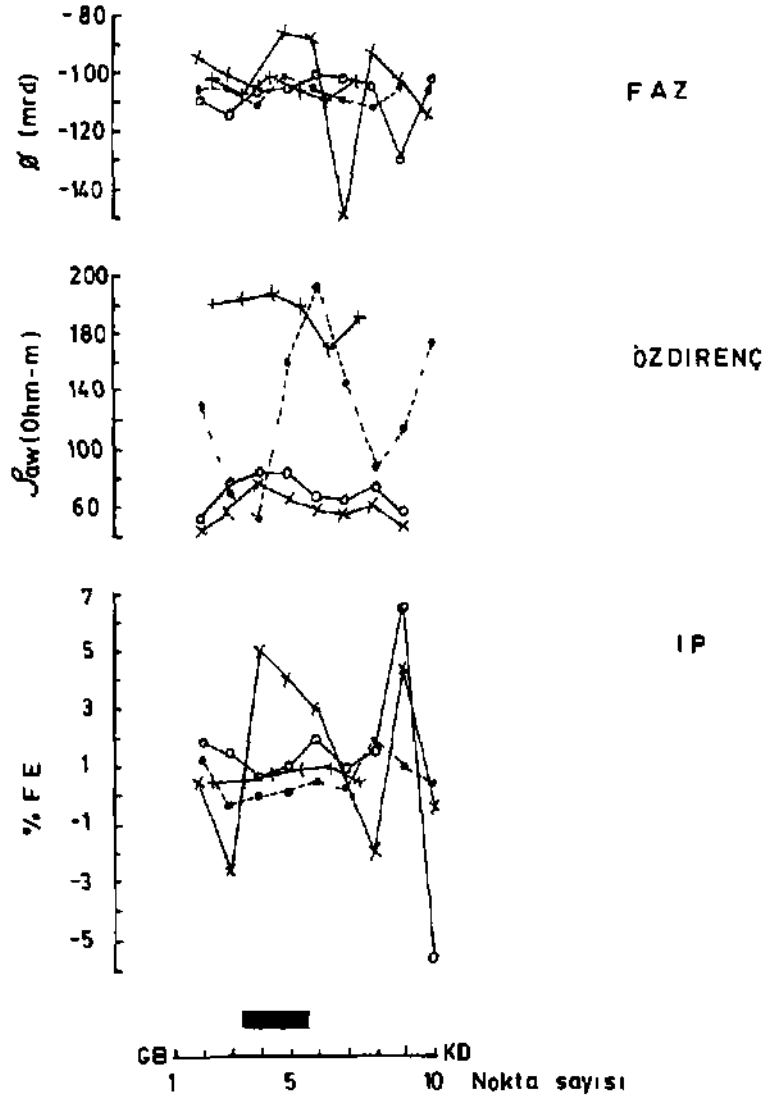
v — v a= 50 m

o — o a= 100 m

■ Kömür oluşum zonu

Yatay Ölçek: 1/5000

Şekil 3.JE0ELEKTRİK ÖLÇÜSÜ-P.5

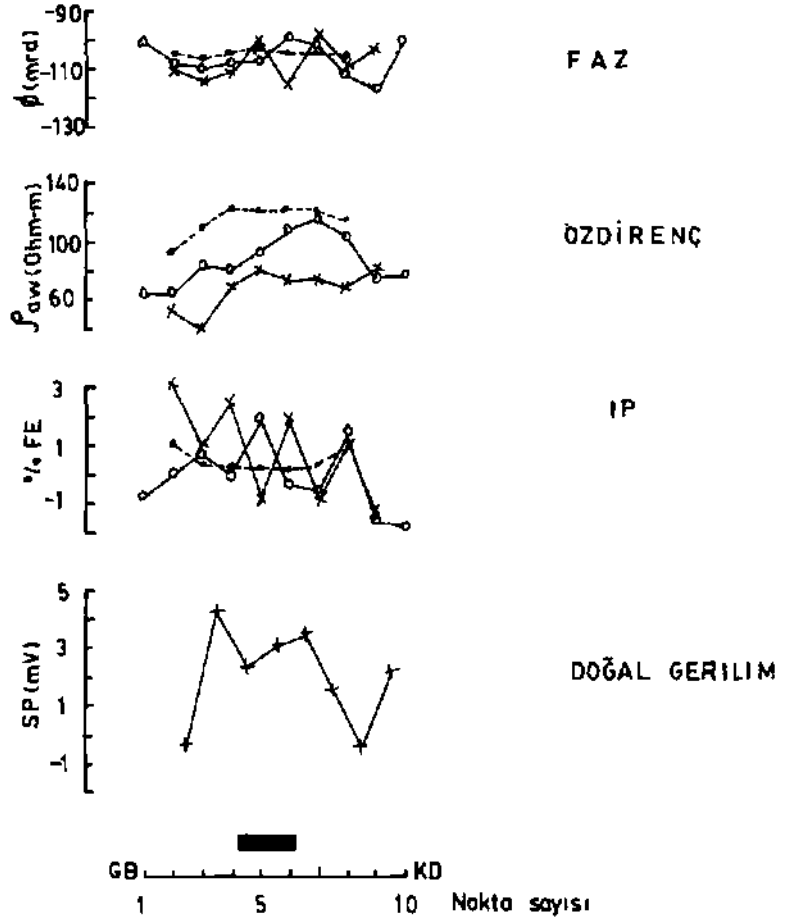


AÇIKLAMALAR

P. 6 Wenner sabit elektrot açılımlı

- +—+ a* 25 m
- a = 50 m
- o—o a=100 m
- x—x a = 150 m
- Komur eluşum zonu

Yatay ölçek 1/5000



AÇIKLAMALAR

P 7 Wenner sabit elektrot açılımı

+—+ a 25 m

•---• a 50 m

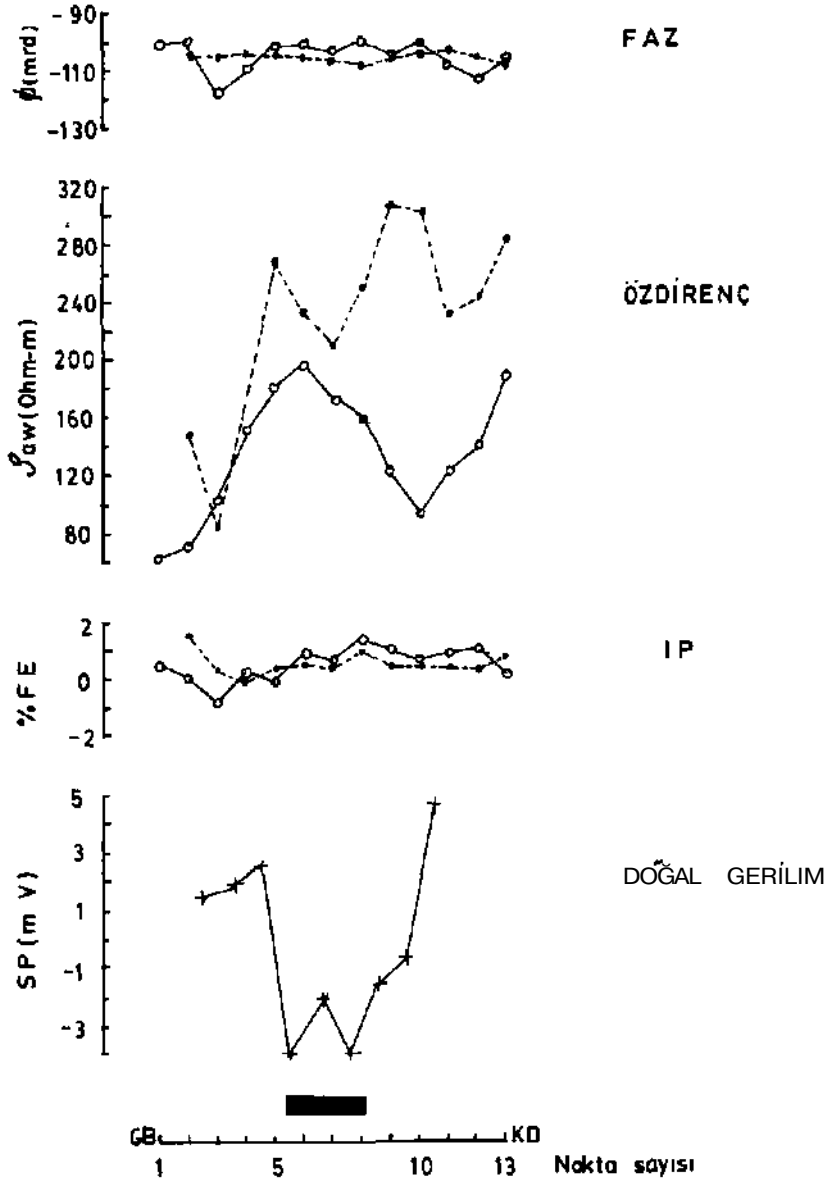
○—○ a 100 m

X—X a 150 m

■ Komür oluşum zonu

Yatay ölçek "1 /500 0

Şekil 5.JEOELEKTRİ-K OLCUSU-P7



AÇIKLAMALAR

P.9 Wenner sabit elektrot açılı mil

+—+ a= 25 m

•---• a= 50 m

o—o a= 100 m

■ Kömür oluşum zonu

Yatay ölçek : 1/5000

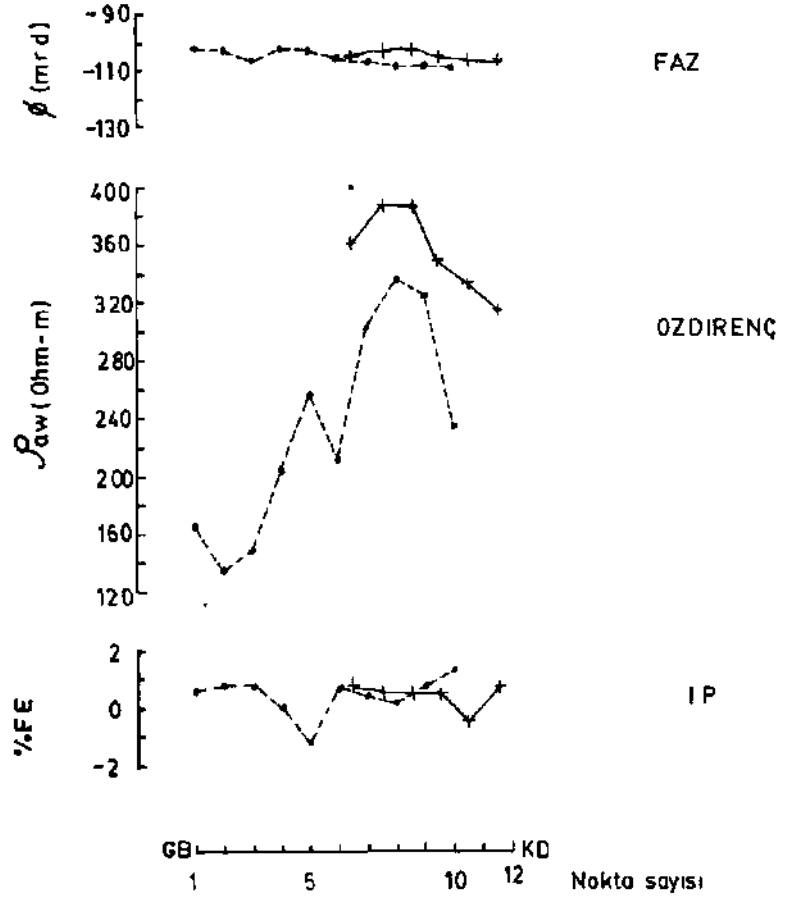
Sekil 6. JEEOLEKTRİK ÖLÇÜSÜ-P 9

Profil 10.

Bu profilde (Şekil 7) topofrafik koşulların uygun olmaması nedeniyle kömürlü zonu, öz direnc ve ρ_i FE eşitleninde izlemek güçlük yaratmıştır. Böylelikle burada kömürlü zonu incelendiği yorumuna gidilmiştir. Esasen 10. profilin yaklaşık 100 metre derinliğinde taban ve tavan çakıldaşı üstünde bulunan kireçtaşının dokanak halinde bulunduğu yüzeyden de açıkça izlenebilmektedir. Yukarıda açıklanan profillerde ek olarak faz açısı Spektrum çalışmaları yapılmıştır. Faz spektrumu mevcut kömürlü seviyelerle yine etüd alanındakiyle hemen hemen benzer elde edilmiştir. Bu da kömür oluşum zonu etüd profilleri boyunca devam ettiğini göstermektedir. Mevcut kömür damarlarının derinlere doğru devam edip etmediği, daha büyük elektrot açıklımlı ($a=150, 200$ m.) çalışma ile profil 2., 6., 7. deki anomalilerden kolayca anlaşılabilir. Bu anomalilere göre kömür damarları genişleyerek ve kavisli bir eğim yaparak 200 m. civarında derinliklere kadar devam etmektedir (Şekil 8). Ayrıca bütün bu çalışmaların sonucunda sahanın daha ayrıntılı bir şekilde yapısal durumu açığa çıkarılmıştır. (Şekil 9).

5.SONUÇLAR

Bu çalışmalarla kömür içeren formasyonun taban ve tavan çakıldaşlarından oluşan kılavuz seviyelerini öz direnc, İP ve 5P Ölçüleriyle ayırmak mümkün olmuştur. Bu arama yöntemleriyle elde edilen ölçülerin değerlendirilmesi ve yorumu sonucunda, kömür zonu düşeye çok yakın olduğu ve dolayısıyla dayk modeliyle uyum sağladığı görülmüştür. Kömür zonu daha önceleri yapılmış çalışmalara göre sahanın kuzey-güneyinde yer alabileceği düşünülmüş ve bu yerde 3-4 sondaj açılmıştır. Ancak bu sondajların bazılarında sadece kılıç damar tipi kömürler kesilebilmiştir. Bazılarında ise hiç kömür kesilmemiştir. Yaptığımız bu çalışmayla kömür zonu sahanın kuzey-batı mevkiinde olacağı sonucuna varılmıştır. Bu kömür zonu jeo-elektrik kesitlerde (Şekil 8) görüldüğü gibi 150-200 m. derinliklere kadar uzandığı, bilahare kıvrımla sondaj mevkiilerine kadar uzandığı ortaya çıkarılmıştır.



AÇIKLAMALAR

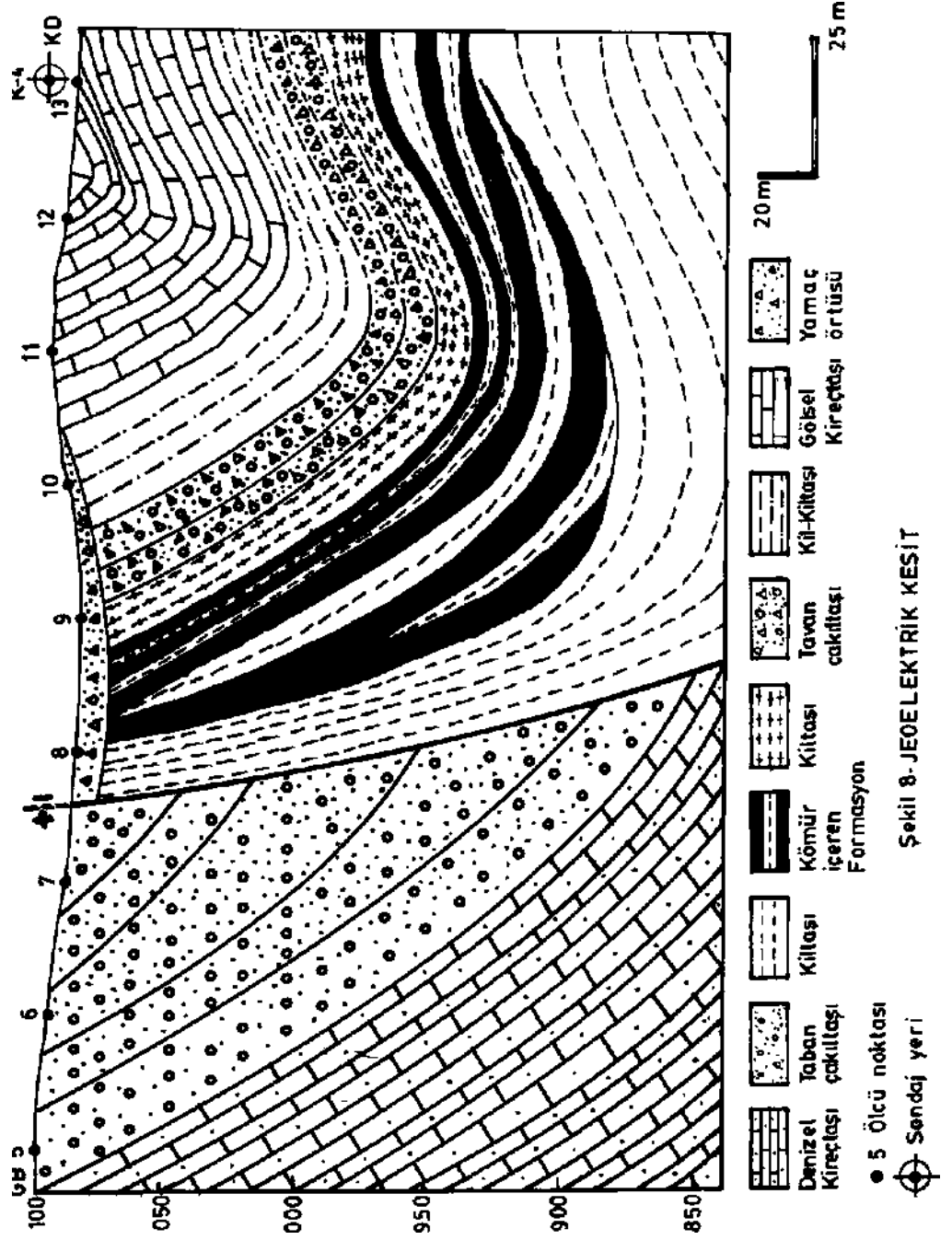
P.10 Wenner sabit Elektrot açılımı

+—+ a : 25 m

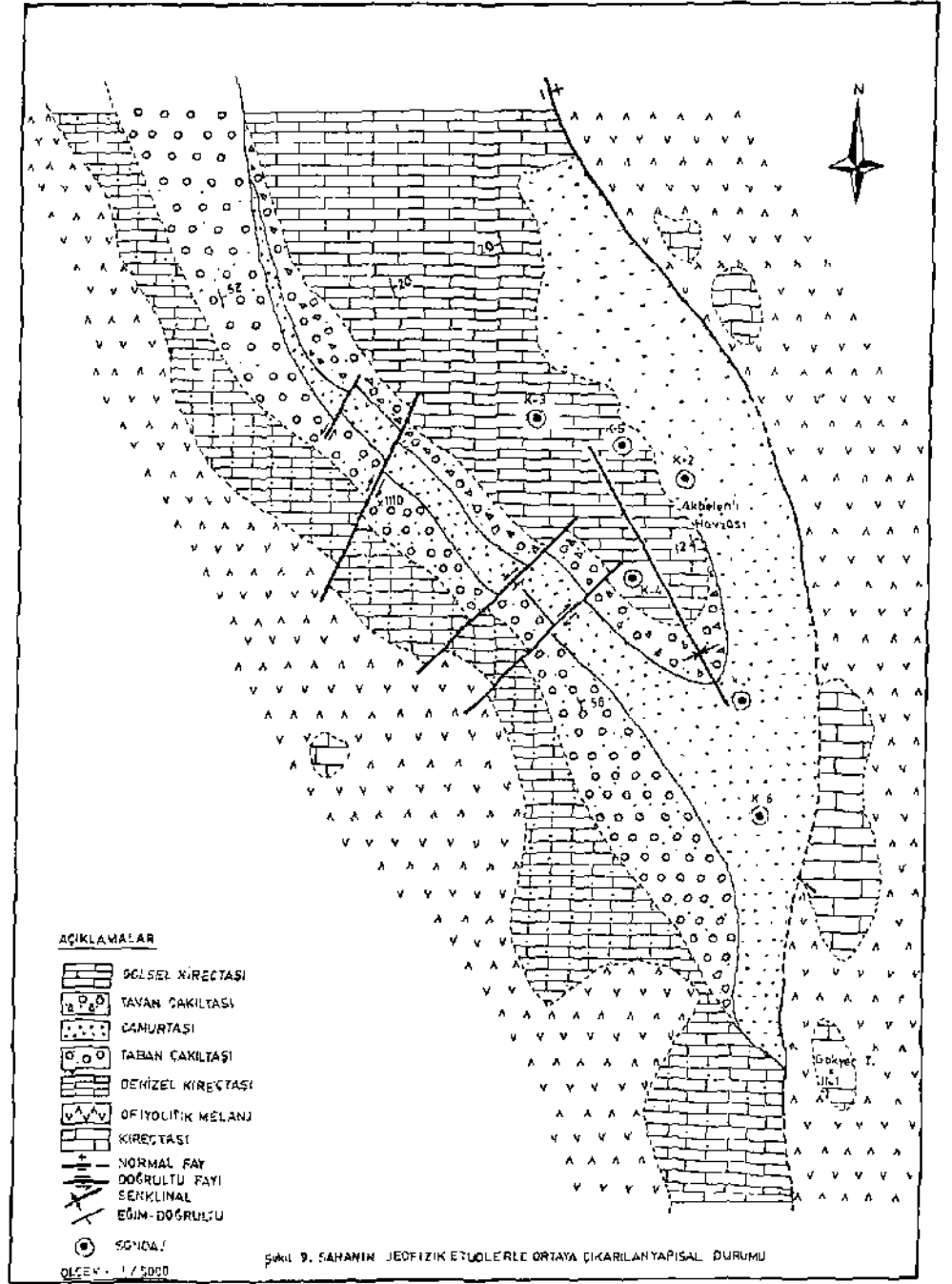
•-•••• a= 50 m

Yatay ölçek M/5000

Şekil 7. JEOELEKTRİK OLÇUSU-P10



(UJ) HHNiAAA



KAYNAKLAR :

1. LONG, Q.,(1954), Mapping Nearly Vertical Discontinuities by Earth Resistivities : Geophysics, 1?, 739-760.
2. VAN NOSTRANT, R.G. and COOK, K.L.,(1966), Interpretation of Resistivity Data : Geophysics.
3. APPTRA, A. and ROY, A.,(1971), Resistivity Model Experiment Geoexploration,7,45-54.
4. KEÇELİ, A.,(1978), Vertical frequency Effect Sounding in Induced Polarization and Galvanic Resistivity Methods : Geoph.prosp., 26,1,202-213
5. BHATTACHARYA, P.K. and PATRA, H.P.,(1968), Direct Current Geoelectrical Sounding, Elsevier.
6. VERMA R.K. and BRUİN N.C.,(1979), Use of Electrical Resistivity Methods for Study of Coal Seams In Part of The Jharia Coalfield, India : Geoexploration 17,163-176.
7. VERMA, R.K., BANDOPADHYAY and BRUİN N.C.,(1982), Use of Electrical Resistivity Methods for The Study of Coal Seams in Parts of The Reninganz Coalfield (India) : Geoexploration3G,1,115-127.
8. KEÇELİ, A., ve ERDOĞAN, A.,(1985), Kömür Damarlarının Saptanmasında Etkisel Kutuplaştırma (İP) yönteminin Kullanımı. Jeofizik 25.yıl özel Sayısı. 132 - 137.
9. YAĞMURLU, F., ve KARAMAN, M.E.,(1987), Kovada Güneyinde Yeralan Linyit İçerikli Dağarası Neojen Havzalarının Jeoloji özellikleri. A.ü. İsparta Müh.Fak.Dergisi Şayi : 3 No.3
- 10.SÜH, A.,(1981), Isparta-İnir-kbelenli Haymana Koyu, Kova taş Linyit işlet/nesi, Linyit Sahasına Ait Jeolojik Rapor, KTA.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ

Tfte Sixth coal congress of TURKEY

BEYPAZARI LİNYİT YATAKLARININ JEOLJİK KONUMU VE GEOMETRY ÖZELLİKLERİ

GEOLOGICAL SETTING AND GEOMETRIC FEATURES OF THE BEYPAZARI LIGNITE DEPOSITS, CENTRAL ANATOLIA

Fuzuli YAÇMURLU*

Cahit HELVACI**

Uğur İNCİ***

ÖZET

Beypazarı Neojen havzası yaklaşık 600 milyon, tona ulaşan linyit rezervi ile Orta Anadolu'nun önemli kömür havzalarından biridir. Yöredeki linyit yatakları, havzanın Gayırhan ve Koyunağlı bölümlerinde yer almaktadır. Çayırhan kömür sahası alt ve üst linyit düzeylerinin her ikisini içermesine karşın, Koyunağlı yöresinde yalnızca üst linyit düzeyi bulunmaktadır. Bölgedeki linyitler akarsu tortullarından oluşan Orta-Üst Miyosen yaşlı Çoraklar Formasyonu içinde yer alır ve başlıca gölsel tortullardan oluşan Hırka Formasyonu tarafından üstlenir.

Yüzeyde mostra vermeyen alt linyit düzeyi, yanal yöndeki süreksizliği, düşük kükürt içeriği ve eşlik eden tortulların,, stratigrafik ve sedimentolojik özellikleri ile akarsu ortamında oluşmuş bir kömür yatağını simgeler. Alt linyit yatağının yayılımı ve geometrisi, akarsu sistemini oluşturan kanal ve iyi drene olmuş bataklıklarla denetlenmiştir. Üst linyit düzeyinin bir örnek stratigrafisi ve sedimentoloji özellikleri, geniş yayılımı ve yüksek kükürt içeriği, bunların playa tipi sığ göl kıyısı çamur düzlüğü ortamında oluştuğunu yansıtır.

ABSTRACT

Beypazarı Neogene basin is one of the important coal district of the Central Anatolia with approximately 600 million short tons lignite reserves. The lignite deposits were occurred in the Çayırhan and Koyunağlı parts of the Beypazarı basin. The Çayırhan coal field consists of lower and upper lignite seams, thus the Koyunağlı field consists only of upper lignite seam. The lignite deposits in the region, occur in the Çoraklar Formation (Middle-Upper Miocene), which is fluvial in origin and overlies by the lacustrine sediments of the Hırka Formation.

(*) Y.Doç.Dr., Akdeniz Üniv.Müh.Fak., Jeoloji Müh.Böl., İSPARTA

(**) Doç.Dr., D.E.Ü.Müh.Mira.Fak., Jeoloji Müh.Böl., İZMİR

(***) Dr., D.E.Ü. Müh.Mim.Fak., Jeoloji Müh.Böl., İZMİR

The lower lignite seam which does not outcrop at the surface indicates a fluvial originated lignite deposit, due to the lateral discontinuity and the less sulphur content of the lower lignite seam, and the stratigraphic and sedimentologic features of the associated sediments. The lateral spreading and geometry of the lower lignite deposits were controlled by the channel, and well-drained swamps of the fluvial system. The uniform stratigraphic and sedimentologic features, high sulphur content and wide-spread of the upper lignite Seam indicates that the upper lignites were deposited probably in a mudflat facies of playa-lake environment.

1. GİRİŞ

Beypazarı Neojen havzası içinde egemen olarak fluviyal, gölsel ve volkanosedimenter kaya birimleri yer almaktadır. Linyit, bitümlü şeyi ve trona gibi ekonomik kaynaklar içeren bu kaya birimleri Beypazarı'ndan Nallıhan'a dek geniş bir yayılıra gösterir. 1982 yılında MTA tarafından yapılan üst linyit düzeyinin araştırılmasına dönük sondajlar sırasında, bölgedeki trona (doğal soda) varlığı raslantı sonucu ortaya çıkarılmıştır. Diğer taraftan bu çalışmanın konusunu oluşturan alt linyit *âuzeyide* aynı yıl içinde Orta Anadolu Linyitleri İşletmesi (OAL) tarafından yeraltı ana nakliyat galerisinin açılması sırasında yine raslantı sonucu keşfedilmiştir. Kısa aralıklarla iki önemli yatağın bulunması sayesinde Beypazarı havzasının önemi daha da artmış ve yer bilimcilerin bu bölgeye olan ilgisi giderek yoğunlaşmıştır. Yeni bulunan alt linyit düzeyi, işletilmekte olan üst linyit düzeyinin yaklaşık 150 m altında ve fluviyal tortullar içinde yer almaktadır.

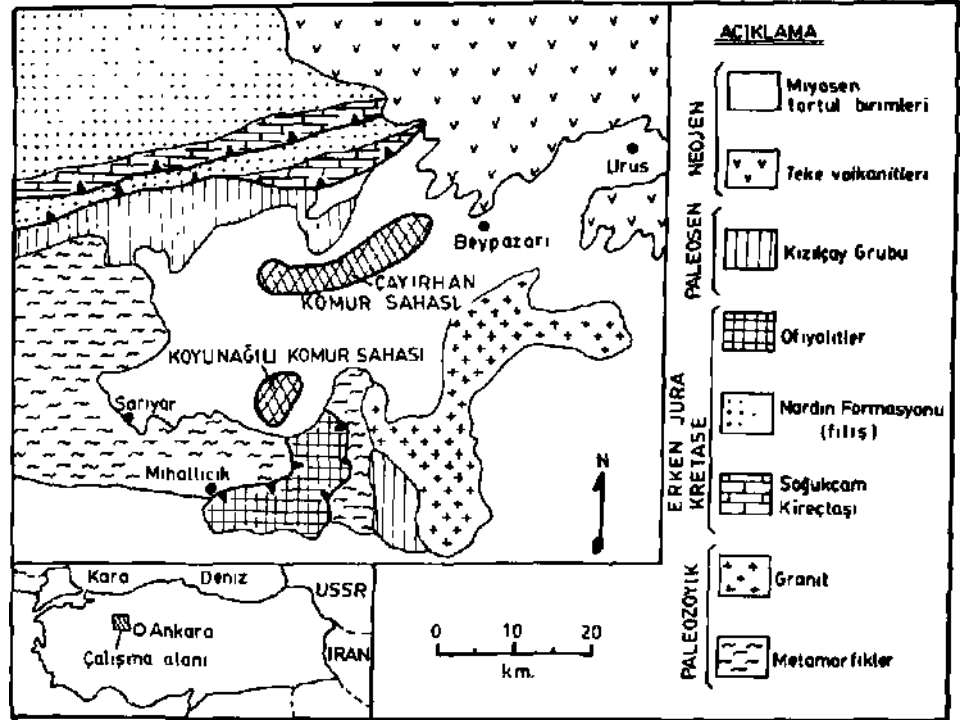
Beypazarı havzası, içerdiği önemli ekonomik kaynaklar nedeniyle uzun yıllardan buyana birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Bunlardan Ziegler ve Önen (1), Stephenisky ve Gökışık (2), Öz (3,4) ve Narin (5) gibi araştırmacılar, havzanın jeolojisiyle ilgili çalışmaların yanısıra, bu bölgedeki linyitlerin ve bitümlü şeyllerin değerlendirilmesine dönük araştırmalar yapmışlardır. Diğer taraftan, Kayakıran ve dig. (6) ile Helvacı ve dig. (7), bölgedeki trona yataklarına ait özellikleri belirlemek amacı ile araştırmalar yapmışlardır. Beypazarı, Çağırhan ve Koyunagılı yöresindeki linyit yatakları ile bunların rezerv durumlarına ilişkin bir rapor Siyako (8) tarafından ortaya konmuştur.

Bu çalışma, yörede yeni bulunan alt linyit yatağı ile işletilmekte olan üst linyit düzeyinin havza içindeki jeolojik konumunun ortaya çıkarılmasını ve ayırtman özelliklerinin belirlenmesini amaçlar. Bu nedenle Beypazarı havzasında 1500 km² lik bir sahanın 1/25000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası yapılmış, ayırd edilen kaya birimlerinin yanal ve düşey

yöndeki stratigrafi ilgileri saptanmış, değişik noktalarda açılan sondajlara ait karotlar incelenerek, taunların eşleştirmeleri yapılmıştır.

2. BÖLGESEL JEOLJİ

Beypazarı'ndan Nallıhan'a dez uzanım gösteren Neojen havzası, kuzeyden Batı Pontidleri oluşturan dağ kuşağı ile çevrilidir. Pontidlerin bu bölümü, yaşları Paleozoyik ile Tersiyer arasında değişen metamorfik, volkanik ve tortul kaya birimlerinden yapıldır (9,10,11). Başlıca metamorfik, asit-plutonik ve ultrabazik kayalardan oluşan ve Orta Sakarya Kıtası olarak adlandırılan (11), masif kütle havzayı güneyden kuşatır. Havza kuzeydoğudan geniş yayıllımlı Tersiyer volkanik kayaları, batıdan ise Paleosen kırıntılı kayaları ile sınırlanır (Şekil I).



Şekil 1: Beypazarı Neojen havzasının bölgesel jeoloji içindeki konumu ve havza içinde yer alan linyit yataklarının yerleri.

3. STRATİGRAFİ

Beypazarı-Nallıhan havzasında yapılımlı gösteren Neojen tortulları Orta-Üst Miyosen zaman aralığı içinde olup, toplam kalınlığı 1200 metreye

dek ulaşır. Havzayı dolduran Miyosen tortulları yaşları Paleozoyik ile Eosen arasında değişen temel kayalarını uyumsuz olarak üstler.

Bölgedeki Neojen öncesi temel kayaları başlıca metamorfik, granitik ve ultrabazik kayalar ile karbonatlı ve kırıntılı tortullardan yapıldır. Metamorfikler olasılıkla Permiyen öncesine ait olup (12,13), egemen olarak mikaşist, klorit-şist, fillit, amfibolit, kuvarsit ve mermer ara katkılardan oluşur. Granitler plüton şeklinde bulunurlar ve Paleosen yaşlı tortullar tarafından uyumsuz olarak üstlenirler. Yöredeki granitik kayalar genellikle Beypazarı güneyinde geniş yayılım gösterirler.

Havzanın kuzey bölümlerinde yeralan Jura-Alt Kretase yaşlı karbonat kayaları Altınlı (13) tarafından Soğukçam Kireçtaşı olarak, Üst Kretase yaşlı filiş topluluğu ise Nardin Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Kızılcay Grubu olarak tanımlanan (13), ve Paleosen olarak yaşlandırılan kaya topluluğu egemen olarak kırmızımsı çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı, jipsli kiltası, kireçtaşı, tuf ve bazaltik lavlardan yapıldır. Eosen, yaşlı kırıntılı tortullar çalışma bölgesinde yalnızca Hırka ve Dudaş köyleri ve çevresinde sınırlı bir yayılım gösterirler.

Bölgedeki Miyosen tortulları yansıttıkları egemen litoloji özelliklerine dayanılarak formasyon aşamasında 8 ayrı kaya birimine bölünmüştür (14). Bunlar alttan üste doğru Çoraklar, Hırka, Akpınar, Çayırhan, Bozbelen ve Kirmir formasyonları ile Sarıyar Kireçtaşı ile Teke volkanitlerinden oluşur (Şekil 2). Belirtilen bu kaya birimleri alüvyonal ve gölsel ortamlarda depolanmış olup, yersel olarak volkano-klastik arakatkılar içerir.

Beypazarı havzasındaki linyit yatakları başlıca alüvyonal tortullardan oluşan Çoraklar Formasyonunun alt ve üst bölümlerinde olmak üzere başlıca iki farklı seviyede yer alır. Bölgenin diğer önemli ekonomik potansiyelini oluşturan trona yatakları, Hırka Formasyonunun en alt bölümünde ve bitümlü şeyllerle ardalanmalı olarak bulunur. Beypazarı havzasında yeralan Miyosen yaşlı kaya birimleri batıdan doğuya doğru, değişen litofasiyes koşullarına bağlı olarak, yan ve düşey yönde girik olabilen zaman-aşmalı sınırlarla birbirlerinden ayrılmışlardır. Miyosen birimlerinin büyük bölümü havzanın kuzeydoğusuna doğru Teke volkanitlerine derecelenir (Şekil 3).

Çoraklar Formasyonu fluviyal kökenli ve çapraz katmanlı çakıltası, kumtaşı, siltaşı, çamurtaşı ile yersel kireçtaşı ara katkılarında ve iki değişik linyit düzeylerinden yapıldır. Alttaki tüm yaşlı birimleri uyumsuzlukla üstleyen Çoraklar Formasyonunun kalınlığı 80-237 m arasındadır.

YAŞ	FORMASYON	LİTOLOJİ
ÜST MİYOSEN	SARIYAR KİREÇTAŞI	Kireçtaşı Kiltası, çamurtaşı ve jips Çakıtaşı, kumtaşı
	KIRMIR FORMASYONU BÜZBELEN FORMASYONU	
ORTA MİYOSEN	ÇAYIRHAN FORMASYONU	Kiltası, çamurtaşı, ince taneli kumtaşı
	AKPINAR FM.	Silileşmiş kiltası ve kireçtaşı, çört
	HIRKA FORMASYONU Üst linyit düzeyi	Şeyl, bitümlü-şeyl, trona, ve tuf
	ÇORAKLAR FORMASYONU trona	çapraz katmanlı çakıtaşı, kumtaşı ve çamurtaşı
NEOLİT ÖNCESİ	TEME L KAYALARI	metamorfik, diyorit, granit, kireçtaşı ve kırıntılı tortular

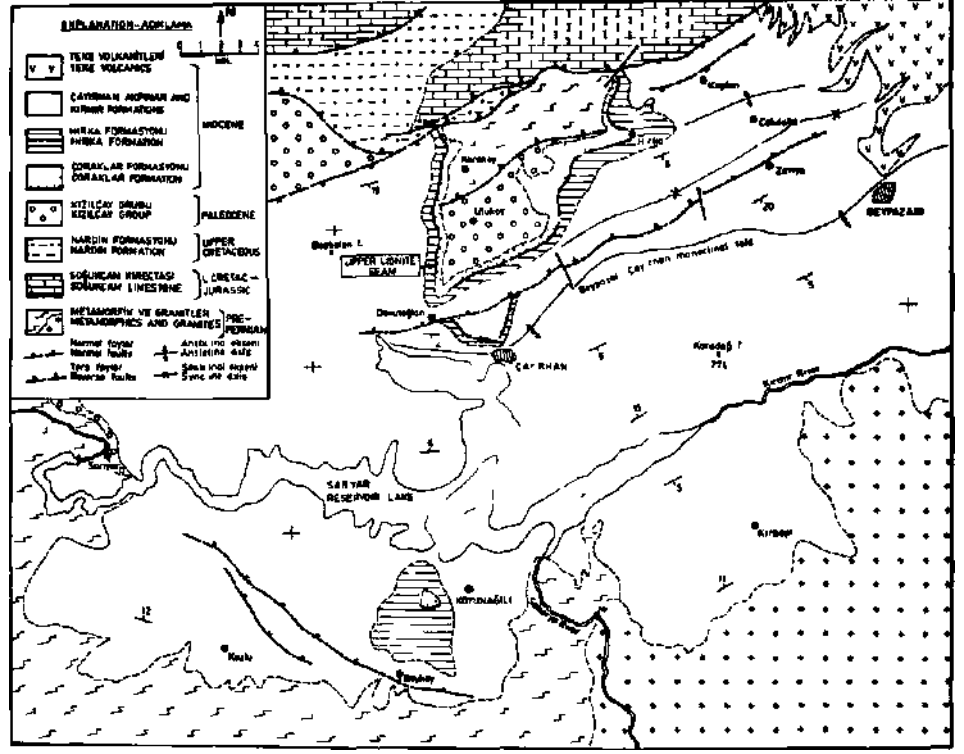
Şekil 2: Beypazarı, havzasının genelleştirilmiş stratigrafi istifi

Hırka Formasyonu başlıca ince düğün laminalı çamurtaşı, kiltası, bitümlü şeyi, kalkerli şeyi, dolomitik kireçtaşı, tuf, trona ve yersel olarak intraformasyonel breşten yapılandır. Havza içinde 300 m kalınlığa ulaşan Hırka Formasyonu, yansıttığı bileşim ve litoloji özelliklerine göre playa-tipi gösel bir ortamda depolanmıştır.

Akpınar Formasyonu, altta ve üstte iki ayrı silileşmiş kireçtaşı düzeyi ile katmanlı çörtlerdetv ve orta bölümlerde yeşilimsi kiltası-çört araldanmasından oluşur.

Teke volkanitleri, Kızılcahamam (Ankara) yöresindeki volkanitlerin güneybatıdaki uzantısıdır. Bu volkanitler Erken Eosen ile Geç Miyosen zaman aralığı içinde yer alıp, başlıca piroklastik breş, tuf ve bazaltik lav araldanmasından yapılandır.

Çayırhan Formasyonu başlıca yeşilimsi jipsli kiltası, çamurtaşı, marn, ince taneli kumtaşı ve çakıtaşı bileşenlerinden yapılandır. Beypazarı ile Çayırhan arasında geniş bir yayılım gösteren birim, 170-340 m arasında



Şekil 3: Beypazarı, havzasının basitleştirilmiş jeoloji haritası.

değişen kalınlığa sahiptir.

Bozbelen Formasyonu, alüvyonal yelpaze ve akarsu kökenli kırmızımsı çakıltası ile kumtaşı ve çamurtaşı arakatkılarından yapıldır. Formasyonun kalınlığı tipik kesit yerinde 100 m kadar olup, kalınlık havza kenarından havza içine doğru azalır.

Kinnir Formasyonu, Beypazarı yöresindeki Miyosen istifinin en gene (Ponsiyen) birimi olup, çok geniş bir alanda yayılım gösterir. Birim, çoğunlukla zayıf pekleşmiş jipsli kiltası ile kalın jips katmanlarından yapıldır.

Havzanın güneybatısında geniş yayılıra gösteren Sarıyar Kireçtaşı, Bozbelen ve Kinnir Formasyonları ile yanıl yönde geçişlidir. Birimin kalınlığı doğudan batıya doğru artarak, Sarıyar çevresinde 150 metreye dek ulaşır.

4. KÖMÜR JEOLJİSİ

Beypazarı Neojen havzasında bulunan linyit yatakları, havzanın Çayırhan ve Koyunağılı bölümlerinde yer alır. Havza içindeki linyitler Çoraklar Formasyonunun alt ve üst bölümlerinde olmak üzere iki farklı seviyede oluşmuştur. Koyunağılı kömür sahası sadece üst linyit düzeyini içermesine karşın, Çayırhan yöresinde alt ve üst düzeyleri birlikte bulunur.

4.1, Çayırhan kömür sahası

Yöredeki kömür potansiyelinin önemli bir bölümünü içeren Çayırhan kömür sahasının D-B yönündeki uzanımı yaklaşık 20 km dir. Bu alanda yer alan alt linyit düzeyi yüzeyde mostra vermediği için, varlığı uzun yıllar saptanamamıştır. Ancak 1982 yılında Orta Anadolu Linyitleri İşletmesi tarafından yeraltı maden galerilerinin açılması sırasında rastlantı sonucu keşfedilmiştir. Alt linyit düzeyi, işletilmekte olan üst linyit düzeyinin 150 m altında olup, dar sayılabilecek bir alanda yayılım gösterir.

Çayırhan yöresinde yeni bulunan alt linyit düzeyinin ve işletilmekte olan üst linyitin yayılma ve rezervinin saptanabilmesi için, MTA ve OAL tarafından önceki yıllarda bir çok sondaj yapılmıştır. Günümüze dek Çayırhan yöresinde yapılan sondaj sonuçlarına göre, yöredeki alt linyitlerin yaklaşık 90 milyon ton, üst linyitlerin ise 450 milyon tonluk bir toplam rezerve sahip oldukları belirlenmiştir. Bunlardan yeni bulunan alt linyit düzeyi işletilmeye açılmamış olmasına karşın, üst linyit düzeyi 1966 yılından buyana Orta Anadolu Linyitleri İşletmesi tarafından işletilmektedir.

4.1,1, Alt linyit düzeyi

Alt linyit düzeyini oluşturan kömürler genellikle siyahımsı, yersel düzenli bantlı olup yumuşak linyit özelliğinde ve mat renklidir. İkincil mineraller çok seyrek olarak bulunur. Alt linyit düzeyi Çoraklar Formasyonunun en alt bölümünde yer alır, ve saptanabilen kalınlığı en fazla 9 metreye dek ulaşır. Fiziksel özelliklerine göre yumuşak kahverengi kömür olarak isimlendirilen bu kömürler, yüksek kül (%52), alçak sayılabilecek kükürt (% 2), düşük karbon (X 14) içeriği ile ortaçağ düzeyde kalorifik değere (1700 kcal/kg) sahiptirler. Ancak değişik sondajlara ait incelenen karotlar, bu değerlerin yanal yönde çok hızlı sayılabilecek değişimler gösterdiğini yansıtmaktadır.

Alt linyit düzeyi genellikle iki veya üç kömür katmanından yapılı

olup, bunlar ince taneli kumtaşı ve silttaşından oluşan arakatkılarla birbirlerinden ayrılır. Alt linyit düzeyine ait kömür katmanları kısa sayılabilecek uzaklıklar içinde yanal yönde silttaşı, ince taneli kumtaşı ve çamurtaşına derecelenir (Şekil 4). Alt linyit düzeyi genellikle Orta Miyosen'e ait spor ve pollen toplulukları içerir.

4.1.2. Üst linyit düzeyi

Üst linyit düzeyi Çoraklar Formasyonunun en üst bölümünde yer alır. Üst linyit düzeyine ait kömürler genellikle koyu kahve ile siyahımsı, düzensiz bantlı, yarı parlak ve orta düzeyde serttir. Bu kömürler çoğunlukla dissémine halde saçınmış pirit ve markasit ile çatlak dolgusu şeklinde bulunabilen jips, kalsit, epsomit ve hexahydrit mineralleri içerir. Üst linyitlerin toplam kalınlığı 3.40 ile 5.50 m arasında değişir ve genellikle iki ayrı katmandan oluşur. Alt ve Üst kömür katmanları, Çayırhan sahasının hemen her yerinde silttaşından oluşan bir aradüzeyle birbirinden ayrılır (Şekil 4). Üst linyit düzeyine ait kömür katmanlarının kalınlığı, sondaj ve yüzey verilerine göre, 1.40 ile 2.10 arasında değişmektedir.

Çayırhan'ın kuzeydoğu kesimlerinde, volkanoklastik çakıltaşından yapıllı döküntü akması (debris-flow) oluşukları üst linyit düzeyini aşıtımalı bir dokanakla üstler. Özellikle Hırka güneyindeki linyit işletmelerinde bu durum açık olarak gözlenmektedir. Çayırhan kömür sahasının diğer kesimlerinde, Hırka Formasyonuna ait gölsel tortullar üst linyit düzeyini uyumlu ve ani bir dokanakla üstler.

Üst linyit düzeyi, Çayırhan yöresinin hemen her yerinde benzer stratigrafik ve sedimentolojik özellikler gösterir. Alt linyit düzeyinde gözlenen yanal yöndeki hızlı stratigrafik ve kalite (rank) değişimleri, üst linyitlerde görülmemektedir. Üst linyitlerin Çayırhan sahası içindeki kalorifik değerleri 2700-3000 kcal/kg arasında değişir. Kükürt ve kül içeriği genellikle yüksek olup, ortalama kükürt Z 5, kül % 41 düzeyindedir. Üst linyit düzeyi Orta-Üst Miyosen yaşını simgeleyen ve alt linyit düzeyine benzeyen spor ve pollen türleri içerir.

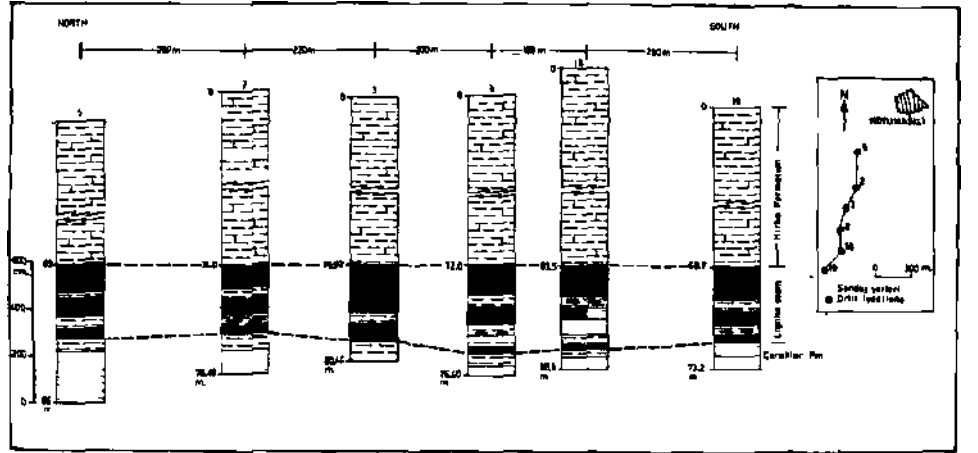
4.2. Koyunağıllı kömür sahası

Koyunağıllı sahası, Beypazarı havzasının güney bölümünde yer alır. Bu alanın doğu-batı yönündeki uzanımı 7.5 km, kuzey-güney yönündeki uzanımı ise 8 km'dir. Üst linyit düzeyinin bu alan içindeki rezervi, yapılmış son-

daj sonuçlarına göre, yaklaşık olarak 60 milyon tondur. Yöredeki en fazla kömür kalınlığı toplam 5.80 m olup, bu alandaki linyit düzeyi iki veya üç katmandan yapıldır (Şekil 5). Linyit katmanları çamurtaşı, silttaşı ve kiltası aradüzeyleri ile birbirlerinden ayrılmışlardır. Bu turtul aradüzeyler genellikle ince-düzgün laminalı olup, yersel olarak kırışıklı ve kömürleşmiş bitki kalıntılıdır.

Koyunagılı yöresindeki linyit düzeyi, Çayırhan sahasında olduğu gibi. Çoraklar Formasyonunun en üst bölümünde yer alır, ve Hırka Formasyonu tarafından uyumlu olarak üstlenir. Ancak bu bölgede yer alan Hırka Formasyonu, egemen olarak kalkerli çamurtaşı ve killi kireçtaşı bileşenlerinden yapıldır. Çayırhan yöresinde Hırka Formasyonu içinde geniş yayılım sunan bitümlü şeyi, ince-düzgün laminalı kiltası ve evaporitik oluşuklar, Koyunagılı alanında görülmezler. Bu durum, Beypazarı havzasının asimetrik bir çöküntü alanı özelliğine bağlı olarak gelişen, kuzey-güney yönlü fasiyes değişimleri ile açıklanabilir (15).

Bu alandaki linyitler genellikle siyahımsı, düzensiz bantlı, mat ile yarı-parlak özelliktedir. Koyunagılı linyitlerinin ortalama kalorifik değeri 2540 kcal/kg, kül ve kükürt içeriği %3G. 9 ile %2.51 olup, nem miktarı % 25.73 mertebesindedir. Bu değerlere göre Koyunagılı linyitleri, kömür kalitesi yönünden, Çayırhan yöresindeki üst linyitlere benzemektedir.

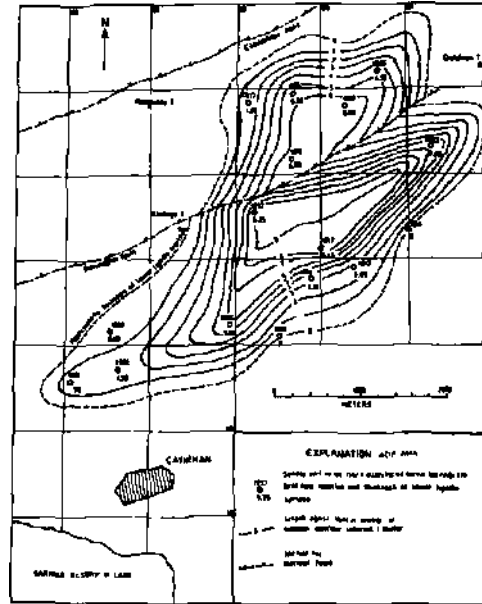


Şekil 5; Koyunagılı yöresinde yapılan sondajların eşleştirilmesi.

5. LİNYİTLERİN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ

Çayırhan sahasında yapılan sondajlara ait ayrıntılı kesitler ve bunların kuzey-güney yönündeki eşleştirilmesi, Çekil 4'de verilmiştir. Bu eşleştirmeden görüldüğü gibi, alt ve üst linyit düzeyleri Çoraklar Formasyonu içinde yer almakta, Hırka ve Akpınar Formasyonlarına ait gölgesel tortullar tarafından üstlenmektedir. Üst linyit düzeyi kesitlerin tümünde yer aldığı için, eşleştirmede klavuz seviye olarak kabul edilmiştir. Eşleştirmeden görüldüğü gibi, alt linyit düzeyi yanal yönde sürekli olmayan mercekse katmanlar şeklinde bulunmaktadır. Katman kalınlıkları kısa uzaklıklar içinde hızlı değişimler gösterir ve yanal yönde çamurtaşı, süttası ve kıtaşı gibi ince taneli tortullara derecelenir.

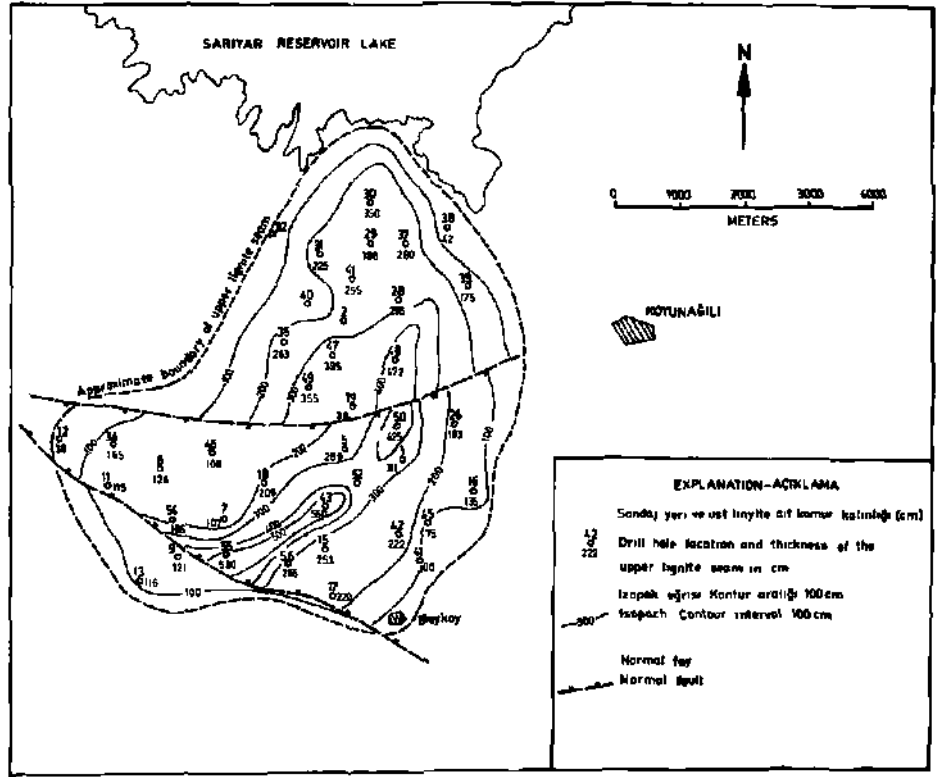
Alt linyit düzeyine ait izopak haritasında görüldüğü gibi (Şekil 6), alt linyitlerin yeraltı dağılımının kuzeydoğu uzammlı ve elips şekilli bir geometrik yapıya sahip olduğunu gösterir. Bu geometrik uzanım, Çoraklar Formasyonu içindeki akarsu kanal dolgu gidişleri ile paralellik gösterir. Diğer taraftan Çoraklar Formasyonundan ölçülen tortul yapılar, ege-men tortul taşınma yönünün güneybatıdan kuzeydoğuya doğru olduğunu belirlemektedir.



Sekil 6: Çayırhan sahasında yeraltı alt linyit düzeyinin izopak haritası

üst linyit düzeyinin geniş ve birörnek yayılımı ve yüksek orandaki kükürt içeriği ile olasılıkla göl kıyısı çamur düzlüğü (mud-plain) ortamında gelişmiş kömür yatağını simgelemektedir.

Koyunagılı sahasına ait izopak haritasında (Sekil 8), yöredeki kömürlerin kalınlaşma ekseninin yaklaşık olarak KD-gidişli olduğu görülür. Bu sahadaki en fazla kömür kalınlığı 5.80 m dir. Kömür kalınlığı sahanın kenar bölümlerinden orta kesimlere doğru dereceli olarak artar. Koyunagılı sahası güneyden bir büyüme fayı ile sınırlanır. Bu büyüme fayına bağlı olarak, kömür kalınlığı kuzeyden güneye doğru yersel ani artışlar gösterir.



Şekil 8: Koyunagılı linyit sahasının izopak haritası.

6. DEPOLANMA MODELİ

Çayırhan ve Koyunagılı yörelerinde ki kömür düzeyleri ile kömüre eşlik eden tortulların incelenmesi sonucu, akarsu sistemini oluşturan bataklık, doğal set ve kanal dolgu oluşukları ile, göl kıyısı çamur-düzlüğü ortamını simgeleyen sedimentolojik-stratigrafik veriler derlenmiştir.

iki farklı kömür seviyesinin bulunmasına karşın, Koyunağılı yöresinde yalnızca Üst linyit düzeyi yer alır. Bölgedeki linyit düzeyleri Çoraklar Formasyonunun alt ve üst bölümlerinde gelişmiştir.

Alt linyit düzeyi yanal yöndeki süreksizliği, hızlı kalınlık ve kalite değişimi ile düşük kükürt içeriği gibi belirgin özellikleri- yönünden akarsu ortamında oluşan bir kömür yatağını simgelemektedir. Öte yandan, alt linyitlerin dağılım özellikleri bunların eski akarsu kanal gidişlerine koşut bir geometrik uzanım gösterdiğini yansıtmaktadır.

Üst linyit düzeyinin yanal yönde gösterdiği bir örnek kalınlık ve kalite dağılımı ile yüksek kükürt içeriği, bunların göl kıyısı çamur düzlüğü ortamında depolanmış olduğunu yansıtır.

8. KATKI BELİRTME

Bu çalışma Tübitak tarafından desteklenen bir araştırma projesinin ürünüdür. Diğer taraftan, Orta Anadolu Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü, Türkiye Elektrik Kurumu Çayırhan İşletme Müdürlüğü ve M.T.A. Enstitüsü, sağladıkları olanaklarla çalışmanın yapılmasına önemli katkılarda bulunmuşlardır. Bu nedenle adı geçen kurum yetkililerine ve paleontolojik incelemeleri yapan E.Meriç, E.Akyol, N.Gökçen, S.Özer ve F.Akgün'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. ZIEGLER, A. ve ÖNEN, N.H., Orta Anadolu Linyit Yatakları Hakkında Rapor. MTA Rap., no.115, 1936, Ankara
2. STEPHENISKY, V., Nallıhan-Beyazarı Civarının Linyit Sahasına ait Jeolojik Rapor. MTA Rap., no.1363, 1941, Ankara.
3. ÖZ, D., 1R-247, IR-248, IR-389, IR-400 Nolu Ruhsat Sahalarının Jeolojik ve Jeofizik Etüdü, TKİ Rap., 1976, Ankara.
4. ÖZ, D., Nallıhan-Çayırhan Nahiyesi Civarındaki Neojen'de Bulunan Bitümlü Şistlerde Açık İşletme Yapılması Düşünülen Saha Hakkında Rapor. TKİ Rap., 1977, Ankara.
5. NARİN, R., Beyazarı, Beyşehir Linyit Yatakları, Orta Anadolu. Türkiye Jeoloji Kongresi Bülteni, 2, 1980, 231-239.
6. KAYAKIRAN, S., AKINCI, Ö., ÇELİK, E. ve DÜNDAR, A., Beyazarı Trona Yatağının Jeolojisi. IV. Mühendislik Haftası, 1986, Abstracts, 75-76, İsparta.
7. HELVACI, C, İNCİ, U., YAĞMURLU, F. ve YILMAZ, H., Beyazarı Trona Yatak-

- larının Jeoloji Konumu ve Minerolojisi. Türkiye Jeoloji Kongresi-1987, Bildiri Özetleri, 41-42, Ankara.
8. SİYAKO.F., Beypazarı (Ankara) Kömürlü Neojen Havzası ve Çevresinin Jeolojisi. MTA Rap., 1984, Ankara.
 9. KETİN,İ., Tectonic Units of Anatolia (Asia Minor). Bull.Min. Res. Expl. Inst. Turkey, 66, 23-34, 1966.
 - 10.KETİN,İ., Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış. İTÜ Kütüphanesi sayı. 1259, 1983, 595 s., İstanbul.
 - 11.SANER, S., Explanation of the Development of the Western Pontid Mountain and Adjacent Basins, Based on Plate-Tectonic theory, Northwestern Turkey. Min. Res. Expl. Inst. Bull., 93, 1-20, 1980, Ankara.
 - 12.ALTINLI,İ.E., Geology of the Northern Portion of the Middle Sakarya River. İstanbul Univ.Fen Fak. Mec. Section B,41(1-4), 35-56,1976 İstan.
 - 13.ALTINLI,İ.E.,Geology of the Eastern Territory of Nallıhan (Ankara Province). İstanbul üniv.Fen Fak.Mec.Section B, 42(1-2), 29-44 İstanbul.
 - 14.İNCİ, U.,HELVACI,C, ve YAĞMURLU,F. .Stratigraphy of Beypazarı Neogene Basin, Central Anatolia. Newsl. Stratig., 18(3), 165-182, 1988.
 15. YAĞMURLU, F., HELVACI, C, İNCİ, U. ve ÖNAL.M., Tectonic Characteristics and Structural Evolution of the Beypazarı-Nallıhan Neogene Basin, Central Anatolia. Melih Tokay Jeoloji Sîmpozyumu'87, Özl, 2-4, ODTÜ,Ankara.
 - 16.HORNE,J.C.,FERM,J.C.,CARUCCO,F.T. and BAGANZ, B.P..Depositional Models in Coal Exploration and Mine Planning iti Appalachion Region. Am. Assoc. Pet.Geol.Bull., 62(12), 2379-2412, 1978.
 17. FLORES,R,M. and ETHRIDGE, F.G., Nonmarine Deposits and the Search for Energy Resources and Minerals. In:Recent and Ancient Nonmarine Depositional Environments, Models for Exploration (Ed.by, Ethridge, F.G.) , Society of Economic Paleontologists and Minerologists, Spec.Pub.no.31, 198), Tulsa, Oklohoma, 349 p.
 - 18.TAYLOR,M., Preparation and Analysis of Coal Seam Data Utilizxng Paleoenvironment Modelling, Hazard 7 coal, Eastern Kentucky. Intern.Journ. of Coal Geol., 1, 213-233, 1981.
 - 19.NELSON,J.W.,EGGERT,L.D., DIMICHELE, A.W., and STECYK, A.C., Origin of Discontinuities in Coal-Bearing Strata at Roaring Creek (Basal Pennsylvanian of Indiana). Intern. Jour, of Coal Geol., 4,355-370,1985.
 - 20.MERRITT,R,D. and MCGEE.D.L-, Depositional Environments and resource potential of Cretaceous Coal-Bearing Strata at Chignic and Herenden Bay, Alaska Peninsula. Sedimentary Geol-, 49, 21-49, 1986.

21. YAĞMURLU, F., Depositional Environment and Coal Petrology of Çitak (Akhisar) Lignite Deposits, West Turkey. Intern. Jour, of Coal Geol., 6, 127-137, 1986.
22. BUDAI, C.M. and CUMMINGS, M.L., A Depositional Model of the Antelope Coal Field, Powder River Basin, Wyoming, Jour, of Sed. Petrology, 57, 30-38, 1987.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ
The Sixth coal Congress of TURKEY

GOYNUK (BOLU) LİNYİT YATAĞI DUYARLILIK ANALİZİ

SENSITIVITY ANALYSES OF GOYW3K (BOLU) LIGNITE DEPOSIT

Seyfi KULAKSIZ*
M.AİDer DEMİRBTJGAN**

Ö Z E T

Göynük (Bolu) linyitlerinin değerlendirilmesine yönelik olarak hazırlanmış bulunan yapılabirlik araştırmasındaki kârlılık ölçütlerinin, kârlılık hesaplamalarına konu olan değişkenlerdeki değişimlere olan duyarlılığı araştırılmıştır. Gerçekleştirilen duyarlılık analizinden edinilen sonuçlar, kârlılığın en çok; yıllık üretim miktarı, proje gelirleri, indirgeme oranı ve ilk yatırım tutarındaki değişimlerden etkilendiğini göstermiştir.

ABSTRACT

In a feasibility research to evaluate Göynük (Bolu) lignites, the sensitivity of the profitability measures to relevant variables are investigated. The results obtained from sensitivity analyses show that profitability is mostly effected by the changes in the amount of annual production, project revenues, discount rates and initial investment costs.

(*) Doç.Dr., H.U. Mühendislik Fak. Maden Muh. Bol., Beytepe-ANKARA

(**) Maden Yık. Müh. M.T.A. Fizibilite Etudleri D., ANKARA

1. GİRİŞ

Bu bildiride, Göynük (Bolu) linyitlerinin değerlendirilmesine yönelik olarak hazırlanan yapılabirlik araştırmasındaki kârlılık ölçütlerinin, değişkenlerdeki muhtemel değişimlere kargı duyarlılıklarının ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu amaçla önce kârlılık ölçütlerinin belirlenmesine yönelik mâli kârlılık hesaplamaları özetlenmiş daha sonra değişkenlerdeki belirli oranlardaki değişimlerin kârlılık ölçütleri üzerindeki etkileri ile duyarlı değişkenler için, projeyi marjinal noktaya getiren değişim aralıklarının belirlendiği duyarlılık analizi sonuçları sunulmuştur.

2. GENEL BİLGİLER

Duyarlılık analizine konu olan linyit yatağı, Bolu ili, Göynük ilçesinin güneybatısında, Bölücekova ve Himmetoğlu köyleri yöresinde yer almaktadır.

1-13 metreler arasında değişen kalınlıklar gösteren linyit yatağı, Üst Miyosen yaşlı Himmetoğlu formasyonu içinde yer alır. Örtü kütlesi, marn ve kumtaşlardan oluşur. Göynük linyitleri için ortalama kimyasal değerleri aşağıdaki gibidir (8),

	<u>Orijinal bazda</u>		<u>Havada kuru bazda</u>
Su (%)	22.10		13.60
Kül (%)	18.70		20.74
Uçucu madde (%)	28.93	-	32.09
Sabit Karbon (%)	30.27		33.57
Alt ısı değeri (Kcal/kg)	3462		3905

Yatağın 1/10 ton/m³ ekonomik kömür/örtü oranı esas alınarak belirlenen açık işletme bölümü için rezerv 15 764 237 ton olarak tahmin edilmiştir. Açık işletme sahasının ortalama Örtü/Kömür oranı 6.26'dır. Söz konusu rezervin, 3 yıllık yatırım dönemini takiben yılda 600 000 ton üretimle 27 yılda tüketilmesi planlanmıştır. Kömür üretimi "4 yd³'lük lastik tekerlekli yükleyici + 20 s tonluk kamyon" sistemiyle gerçekleştirirken örtü kütlesi "14 yd³'lük ekskavatör + 55 s tonluk kamyon" sistemiyle kaldırılacaktır.

Projenin faydalı ömrü boyunca 36 515 227 000 TL'sı yatırım döneminde olmak üzere 43 308 540 000 TL yatırım yapılması öngörülmüştür.

Birim kömür maliyeti 1987 fiyatları ile 17 675 TL/ton bulunmuştur.

3. MÂLİ DEĞERLENDİRME

1987 birim fiyatları ve benzer işletmelerin fiyat indeksleri kulla-

nılarak hesaplanan yatırım ve işletme giderleri, gelirler ile karşılaştırılarak projenin mâli kârlılığı incelenmiştir.

3.1. Mâli Değerlendirmede Kullanılan Kârlılık Ölçütleri .

Projede önerilen harcamalar beklenen gelirleri karşılaştırmayı esas alan Net Bugünkü Değer (NBD), İç Kârlılık Oranı (İKO) ve Fayda/Masraf oranı (F/M), kârlılık ölçütleri olarak saptanmıştır. Söz konusu ölçütlere ilişkin tanımlamalar aşağıda verilmiştir.

A. İç Kârlılık Oranı (İKO):

Bir yatırım projesinin gelecek yıllarda sağlayacağı faydaların bugünkü değerlerinin toplamını, yatırım harcamalarının bugünkü değerleri toplamına eşitleyen faiz (veya iskonto) oranıdır (k,9).

B. Net Bugünkü Değer (NBD):

Projenin sağlayacağı faydalarla yatırım giderlerinin, paranın zaman değeri dikkate alınarak indirgenmiş değerleri farkıdır (5,6).

C. Fayda Masraf Oranı (F/M):

Projenin ortaya çıkaracağı faydalarla masrafların, paranın zaman değeri dikkate alınarak indirgenmiş değerlerinin oranıdır (5,6).

3.2. Proje Kârlılığının Değişik Satış Fiyatlarına Göre İrdelenmesi.

Projenin gelir ve giderleri, DYB ölçütleri esas alınarak belirlenen %35,5 indirgeme oranı üzerinden yatırımın başlangıç yılına indirgenerek 23 750 TL/ton, 2k 000 TL/ton, 2k 250 TL/ton, 2k 500 TL/ton, 2k 750 TL/ton, 25 000 TL/ton ve 25 250 TL/ton satış fiyatları için kârlılık hesaplanmıştır. Değişik satış fiyatları için hesaplanan NBD, İKO, F/M değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'de görüldüğü üzere proje; NBD, İKO ve F/M değerlerinin sırasıyla + 203 061 000 TL, %35,83, 1,01 olarak sağlandığı 25 250 TL satış fiyatı ile kârlı olmaktadır. Bu satış fiyatı için mâli kârlılık hesaplamalarına esas gelir ve giderlerin yıllara dağılımı Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1: Değişik satış fiyatları için projenin kârlılık ölçütleri.

Satış Fiyatı (TL/ton)	Net Bugünkü Değer (NBD) (x1000 TL)	İç Kârlılık Oranı (İKO) (%)	Fayda Masraf Oranı
27 750	- 1 177 377	33.62	0.93
24 000	-947 304	33.99	0.95
2k 250	-717 230	34.36	0.96
2k 500	-487 158	34.73	0.97
2k 750	-257 085	35.09	0.98
25 000	-27 010	35.48	0.99
25 250	+203 061	35.83	1.01

Çizelge 2: 25.250 TL/ton Satış fiyatı için Mali karlılık hesaplamalarına esas gelir ve giderlerin yıllara dağılımı. (*)

VİL	YATIRIM	ISLETME	PROJE	FAJDE	ISLETME	MURDA	TOPLAM	ISLETME	ISLETME	INDÜSTRİYEL
NO	MARCAKASI	SERHAYESI	CELİRENTİ	TOPLAM	ISLETME	GRUPA	ISLETME	ISLETME	ISLETME	DEĞER
1	6059115	6059115	-	6059115	-	-	-	-	-	-6059115
2	0682759	0682759	-	0682759	-	-	-	-	-	-0682759
3	9694582	502340	-	10157422	-	-	-	-	-	-10157422
4										
5	1692182			1692182						
6	459116			459116						
7										
8										
9	1692182			1692182						
10	721716			721716						
11										
12										
13										
14	1692182			1692182						
15	459116			459116						
16										
17										
18										
19	1692182			1692182						
20	721716			721716						
21										
22										
23										
24	1692182			1692182						
25	459116			459116						
26										
27										

(*) (NBD), x 1000 TL; (R) % değerleri ifade etmektedir.

4. DUYARLILIK ANALİZİ

Madencilik yatırımları değerlendirilirken elde edilen tahmini değerler, sınırlı bilgiler yardımıyla hesaplandığından bir belirsizlik derecesini de birlikte taşımaktadır. Yatırım değerlendirme çalışmalarında belirsizliklerin kârlılık ölçütleri üzerindeki etkilerini ölçmek için kullanılan teknik, "Duyarlılık Analizi" olarak tanımlanır (2,9).

Duyarlılık analizinin birincil amacı, kârlılık hesaplamalarına giren değişkenlerdeki belirli değişikliklerin kârlılık üzerindeki etkilerinin ölçülmesi ile kârlılığın en çok duyarlı olduğu değişkenlerin belirlenmesidir (2,3).

Duyarlılık analizinin diğer bir amacı ise, belirli değişkenler için, projeyi marjinal noktaya getirecek değişim aralıklarının bulunmasıdır (1,7).

4.1. Proje Değişkenlerindeki Belirli Oranlardaki Değişimlerin Kârlılık Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması.

Proje kârlılığın en çok duyarlı olduğu değişkenlerin belirlenmesi için, aşağıda sıralanan değişkenler +%5, +%10 ve +%15 oranlarında değiştirilmiştir.

- Yıllık Üretim miktarı.
- Proje gelirleri.
- İşletme dönemi giderleri.
- İşletme sermayesi.
- İndirgeme oranı.
- İlk Yatırım tutarı.
- İlk Yatırım süresi.
- İşletme süresi.

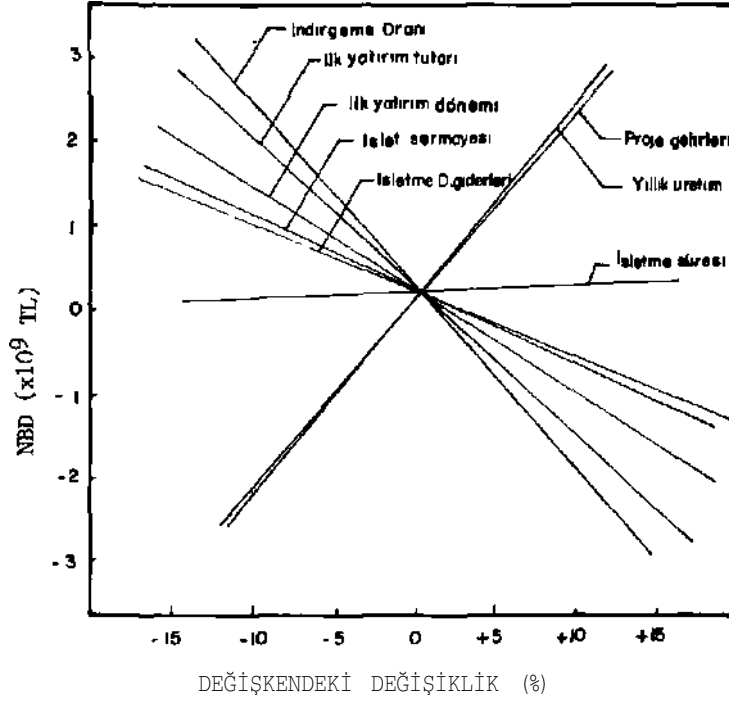
Değişimler sonunda kârlılık ölçütlerinin aldıkları değerler bilgisayar yardımıyla hesaplanmış olup Çizelge 3'de verilmiştir. Kârlılık ölçütünün (NBD) çeşitli değişkenlerdeki değişikliklere karşı olan duyarlılığının ayrı ayrı görülmesine sağlamak için Şekil 1'deki grafik hazırlanmıştır.

Çizelge 3 ve Şekil 1'de görüldüğü üzere kârlılık ölçütleri en fazla yıllık üretim miktarı, proje gelirleri, indirgeme oranı ve ilk yatırıma dönemi yatırımlarındaki değişimlerden etkilenmektedir.

Çiielee 3 Demişkenlerdeki belirli oranlardaki değimiler için karlılık ölçütleri deferleri *

Dpgiskenlpr	Karlılık Ölçütü	Değişim Oranı (X)						
		-15	-10	-5	(i	•5	*to	•15
Tutar Gelirleri	NBD	-3 283 010	-2 121 601	-959 268	203 061	1 365 390	2 527 780	3 690 109
	İKO	31 116	32 069	33 969	35 826	37 684	39 542	41 400
	F/M	0.116 321	0.881 300	0.9*6 330	1.011 361	1.176 392	1.141 121	1 206 454
Yıllık Üretim	NBD	-3 321 283	-2 159 410	-997 536	203 061	1 403 658	2 604 255	3 804 852
	İKO	30.049	32.002	33.908	35.826	35.811	37.720	39.626
	F/M	0.079 17*	0.079 105	(1.944 169	1.011 361	1 076 533	1.145 705	1 212 377
İşletme Dönem Giderleri	NBD	1 376 286	985 211	594 136	203 061	-188 006	-579 081	-970 158
	İKO	37.635	37.032	36.429	35.826	35.223	34.588	33.951
	F/M	1.076 998	1.055 119	1.033 240	1.011 361	0.989 482	0.967 705	0.945 722
İşletme Sermayesi	NBD	244 143	230 449	216 775	203 061	189 367	175 674	161 980
	İKO	35.931	35.889	35.847	35.826	35.805	35.783	35.762
	F/M	1.013 683	1.012 909	1.012 135	1.011 361	1.010 587	1.009 813	1.009 042
İndirene Oranı	NBD	2 917 479	2 012 479	1 107 770	203 061	-879 686	-1 784 395	-2 634 923
	İKO	-	-	-	-	-	-	-
	F/M	3.095 293	2.083 932	1 072 571	1.011 361	0.950 151	0.897 683	0.847 053
İlk Yatırım Süresi	NBD	2 026 980	1 419 007	811 034	203 061	-404 912	-1 012 885	-1 620 858
	İKO	39.084	37.998	36.912	35.826	34.740	33.654	32.568
	F/M	1.1 108	1.079 859	1.045 610	1.011 361	0.977 112	0 942 863	0.908 614
İşletme Süresi	NBD	195 234	197 843	200 452	203 061	205 670	208 279	210 288
	İKO	35.814	35.818	35.822	35.826	35.830	35.834	35.838
	F/M	1.010 923	1.011 069	1.011 215	1.011 361	1.011 507	1.011 653	1 011 799
	NBD	2 842 971	1 963 001	1 083 031	203 061	-676 890	-1 556 860	-2 436 827
	İKO	39.576	38.326	37.076	35 826	34 483	33.233	32.071
	F/M	3.081 538	2.070 177	1.058 816	1.011 361	0.963 906	0 920 704	0.881 208

(*) NBD. x1000 TL, İKO S değerleri ifade etmektedir.



Şekil 1: NBD'in değişkenlerdeki değişimlere olan duyarlılığı.

4.2. Değişim Limitlerinin Bulunması.

Duyarlılık analizinin ikinci aşamasında, kârlılığı en çok etkileyen değişkenler için, kârlılık ölçütlerinin geçerliliğini koruyabildiği değerlere olan değişim aralıkları hesaplanmıştır. Hesaplamalar, yıllık üretim miktarı ile proje gelirlerinin %0.80 oranlarında azalması, indirgeme oranı ve ilk yatırım tutarlarının sırasıyla %0.91 ve %3.23 oranlarında artması halinde Projenin limite ulaşacağını başka bir deyimle proje gelirleri ile giderlerinin eşitleneceğini göstermiştir.

5. SONUÇ

Göynük (Bolu) Linyit Yatağı için gerçekleştirilen duyarlılık analizi sonuçları, proje kârlılığının sırasıyla, yıllık üretim miktarı, proje gelirleri, indirgeme oranı ve ilk yatırıma dönemi yatırımlarında olabilecek değişikliklere karşı yüksek duyarlılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

1. BROWN,A.G., The evaluation of Risk in Mining Ventures, CİM Bulletin, October, 1970, pp. 1165-1171.
2. CANERJG., Madencilik Yatırım Projelerinde Belirsizlik Faktörünün Rantabilite Üzerindeki Etkilerinin Ölçülmesi, Madencilikte Risk ve Yatırım Finansmanı Konferansları Dizisi Konferans Metinleri, Ankara, 1983, 1-3 s.
3. DOUGLAS, E.J., How to Make The Most of Mining Investmentation, CIM Bulletin, July, 1982, pp. 91-98.
4. HAS,F., GÜRSOYTRAK,E., KUÇUK,Ş., DEMİROK,Y., Siirt-Şınak-Avgaroasya Filonu 1 000 000 ton/yıl Üretim Alternatifine Göre Değerlendirme Raporu. M.T.A. Genel Müdürlüğü, 1985, 188 s.
5. CHEINI.M.J., Sensitivity Analysis of Cash Flow Factors to Discounted Rate of Return - A Decision Making Tool. Society of Mining Engineers, May, 1972, pp. 52-54.
6. KIVANÇ, T., Proje Değerlendirme Teknikleri ve karşılaştırma, Proje Geliştirme ve Değerlendirme Seminer Notları, Devlet Yatırım Bankası, Ankara, 1985, 99-119 s.
7. SLAVICH, M.D., Project Evaluation - A Key Step to Implementation, CIM Bulletin, July, 1982, pp. 91-98.
8. SARI, A., Himmetoğlu Yöresinin Ekonomik Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, A.Ü. Fen Fakültesi, 1985, Ankara, 34 s.
9. UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION, Guidelines for Project Evaluation, New York, 1972, 383 p.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ The Sixth Coal Congress of TURKEY

TÜRKİYE'DE TAŞKÖMÜRÜ ÜRETİMİNİN GELİŞİMİNE GENEL BİR BAKIŞ (1973-1986)

A GENERAL VIEW TO THE DEVELOPMANT OF HARD COAL PRODUCTION
IN TURKEY (1973-1986)

Fevzi ENGİN*

ÖZET

Bu bildiride; Türkiye'de taşkömürü üretiminin 1973-1986 dönemindeki gelişimi genel hatlarıyla incelenmektedir. Bu yapılırken taşkömürü üretiminin gelişimi sektörler açısından tüketim durumu, üretim-tüketim dengesi, ithalat-ihracat durumu ve yatırım gerçekleştirmelerinin yıllar içindeki değişimleri değerlendirilmektedir.

ABSTRACT

In this paper, the development of hard coal production between 1973 and 1986 in Turkey is examined. By doing this, the development of hard coal production, comsuming situation for the sectors, the balance of production and consumption, the situations of importing and exporting and the realization of investment and their variation over the years are examined.

* Öğr.Gör. H.Ü. Zonguldak Müh.Fak.M.Y.O., ZONGULDAK

1. GİRİŞ

Türkiye taşkömürü sanayisinin 1973-1986 döneminde geçirdiği değişimi incelemeyi amaçlayan *bu yazıda genel olarak ve sektöre! düzeyde taşkömür* üretiminin, gelişimi incelenmiş olup üretim-tüketim-yatırım dengesi ve dış ticaret açısından durum ele alınmıştır.

İncelemenin başlangıç yılınının 1973 olarak seçilmesinin iki temel amacı vardır:

Birincisi; bu yılın Türkiye'de taşkömürü ithalatının başladığı yıl olması, ikincisi ise 1973 ilk petrol krizi nedeniyle enerji kaynaklarının tüketiminde petrolden diğer ikame kaynaklara geçilen yıl olmasıdır.

Bu güne dek yapılan araştırmalar ve hesaplamalara göre 1987 yılı sonu itibariyle; 21,5 milyonu hazır, 139,9 milyonu görünür, 432,6 milyonu muhtemel ve 769,4 milyonu mümkün olmak üzere 1,4 milyar ton taşkömürü rezervi belirlenmiştir.

T.T.K. 1987 yılı başı itibariyle 43676 çalışanıyla istihdam olanakları bakımından ülkemizin en büyük kuruluşlarından biridir. 1986 yılı itibariyle taşkömürü üretiminin ülke ekonomisine katkısı, 176 milyon dolar dır. (1)

2. TÜRKİYE'DE TAŞKÖMÜRÜ ÜRETİMİ

1986 yılı sonu itibariyle Türkiye'de taşkömürü Üretimi 7 milyon ton tükonan, 3,5 milyon ton satılabilir üretim olarak gerçekleşmiştir. İnceleme dönemi itibariyle (1973-1986) yılları program, tükonan ve satılabilir üretim gerçekleştirmeleri, Ek Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi 1973 yılında satılabilir Üretimin tükonan üretime oranı %59 iken, 1986 yılı için bu oran %50 olarak gerçekleşmiştir. Aynı dönem içinde programlanan üretim ile üretim gerçekleştirmeleri arasındaki farka bakıldığında, 1973 yılında programlanan üretimin %91 'i gerçekleşmiş, 1977 yılında %83 olarak en düşük gerçekleştirme oranını vererek 1986 yılında %99' la hedeflenen programa oldukça yaklaşıldığı görülmektedir. 1973 yılı temel yıl kabul edildiğinde, 1986 yılında satılabilir taşkömürü üretiminin %24 oranında azaldığı saptanmıştır. İnceleme dönemi içinde belirli yılların dışında sürekli azalan bir eğilim göstermektedir. Çizelge Ek *1'den* de anlaşılacağı gibi şu sonuç ortaya çıkmaktadır. Satılabilir üretimin programlanan hedeflerin sürekli altında gerçekleşerek yıllar itibariyle azalma göstermesidir.

Taşkömür üretimindeki bu düşüş, sanayi sektöründe özellikle Demir-Çelik sanayinde önemli bir üretim girdisi olarak kullanılan taşkömürü yıllar itibariyle artan toplam talebi karşılayamayarak ithalatın artmasına neden olmaktadır.

3. TÜRKİYE'DE TAŞKÖMÜRÜ TÜKETİMİ

Türkiye'de taşkömürü tüketiminin birincil enerji kaynakları içerisindeki payının giderek azaldığı ve 1950'de %24,8 iken 1975'de %9,1'e kadar düştüğü belirlenmiştir. (2)

1950'li yıllardan sonra Dünya enerji tüketiminde taşkömürünün payı hızla azalarak yerini ucuz ve çok kolay kullanılan petrol ve doğal gaza bırakmıştır. Türkiye'de yüksek bir oranda ithal kaynağına dayalı olan petrol tüketimi, Dünya konjoktürüne paralel olarak, 1970'li yıllardan günümüze toplam tüketimin yarısını teşkil etmiştir. Dünya petrol krizinden sonra petrol tüketimi kontrol altına alınmaya çalışılarak diğer enerji kaynaklarının ikamesi yoluna gidilmiştir.

Türkiye'de taşkömürü tüketiminin gelişimi sanayileşmeye paralel olarak gelişme göstermiştir. Taşkömürünün çeşitli sektörlerde ve sanayi sektörünün değişik alanlarında tüketimi yapıldığından bu tüketimi sektörel olarak incelemek daha yararlı olacaktır.

3.1. Türkiye'de Taşkömürü Tüketiminin Sektörel Gelişimi ve Payları

Ek Çizelge 2'de Türkiye'de sektörler itibariyle taşkömürü tüketimi ve % payları verilmektedir. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi sektörler itibariyle taşkömürü tüketimine bakıldığında, ortalama %64 ile en yüksek payı sanayi sektörü almaktadır. Başlangıç yılı olan 1973'de bu oran %49,9 iken, yıllar itibariyle sürekli artış göstererek 1986 yılında bu oran %77,4'e ulaşmıştır. Tüketim açısından ikinci büyük sektörün elektrik santralleri olduğu görülmektedir. 1973 yılında %24,2 olan bu oran yıllar itibariyle sürekli azalarak 1986 yılında %10,3 oranına düşmüştür. Başlangıç yıllarında ulaşım sektöründe de yüksek olan tüketim, yıllar itibariyle bu sektörde de azalmaktadır. 1973 yılında toplam tüketim içindeki payı %15,9 iken, 1986'da bu oran %1,5 olarak gerçekleşmiştir. Sektörel olarak tüketimin yapıldığı diğer alanlar ise konut ve gazhanelerdir. Konut sektöründe 1973 yılında %3,9 olan tüketim payı, 1986 yılında %10 olarak gerçekleşmiştir. Gazhanelerin tüketim payı ise 1973 yılında %6,1 olan bu oran yıllar itibariyle burda da azalarak 1986 yılında %2,5 oranında gerçekleşmiştir.

Sektörel tüketime genel olarak bakıldığında en yüksek tüketim payının sanayi sektöründe olduğu ve yıllar içinde artan bir eğilimle gelişme gösterdiği gelecek dönemde de sanayileşmeye paralel olarak artacağı tahmin edilmektedir. Ulaşım ve elektrik santrallerinde ise gittikçe azalmaktadır. Özellikle ulaşım sektöründeki azalıştan gelecek dönemlerde taşkömürü talebinin sektörel olarak sanayi sektöründe yoğunlaşacağı rahatlıkla tahmin edilebilir.

3.2. Türkiye'de Taşkömürün Sanayi Sektöründe Tüketimi ve Payları

1986 yılı itibariyle, Türkiye'de taşkömürü tüketiminde, en büyük paya %77,4'le sanayi sektörü sahip olmuştur. Sanayileşmeye paralel olarak sanayi sektöründeki tüketim payının gittikçe artması dolayısıyla bu sektördeki tüketimin ayrıntılı olarak incelenmesi daha anlamlı sonuçlar vermektedir.

Büyük ölçüde sanayi amaçlı olarak tüketilen taşkömüründe, inceleme dönemi içinde, programlanan üretim ile tüketim hedeflerinin sürekli altında kalındığını önceki kısımda açıklamıştık. Özellikle 1970 yılından sonra

petrol fiyatlarının artması ve belirli sanayi kuruluşlarının taşkömürü ile tüketime geçmeleri (özellikle çimento sanayi), bunun yanında 1970' den sonra büyük sanayi kuruluşlarının devreye girmesi ile sanayi sektörünün taşkömürü talebi gittikçe artmıştır.

Ek Çizelge 3'de Türkiye'de (1973-1986) sanayi sektörü taşkömürü tüketimi ve yüzde payları verilmiştir. Sanayi tüketimi içinde en önemli sektör Demir-Çelik sektörüdür. 1973 yılında sanayi sektörü içinde Demir-Çelik sektörünün payı %86,9 iken yıllar itibariyle sürekli azalma göstererek 1986 yılında %73,7'ye düşmüştür. Bu düşmeye rağmen sanayi sektörü içinde en yüksek tüketim payını yine de korumuştur. Bu düşme üretimin gittikçe artan talebi karşılayamaması ve sanayi sektörü içindeki diğer kuruluşların talebinin artmasıyla açıklanabilir. Ek Çizelge 4'de (1976-1986) yıllar arasında Demir-Çelik sektörünün taşkömürü talepleri ve alınan miktarlar verilmiştir. İnceleme dönemi içinde Demir-Çelik sektörünün taşkömürü talebinin ortalama olarak 5681,7* si karşılanabilmiştir. 1976 yılında bu oran 5669,8 iken 1981 yılında talebin üstünde üretimle 56109,1'e yükselmiş, daha sonraki yıllarda tekrar düşüş göstererek 1985'de %67,2, 1986'da ise %89,4 olarak gerçekleşmiştir. Sanayi sektörü içinde tüketim payının hızla arttığı diğer sektörde çimento sanayidir. 1973 yılında sanayi sektörü içindeki payı 961,8 iken yıllar itibariyle sürekli artış göstererek 1986 yılında 5611 olarak gerçekleşmiştir. Sanayi tüketimi içinde diğer bir sektör şeker sanayidir. İnceleme dönemi içinde bakıldığında yıllar itibariyle belli bir azalış veya artış eğilimini göstermeden ortalama 561,14 olarak gerçekleşmiştir. Bunların dışındaki diğer sanayi kuruluşları toplam tüketim içindeki payı; 1973 yılında %10,4, 1984 yılında en yüksek değerle 5619,4, 1985'de %5,9, 1986'da 5614,6 olarak yıllar itibariyle değişiklik göstermiştir. İnceleme dönemi içindeki ortalama tüketim payı 5611,8 olarak gerçekleşmiştir. Ek Çizelgede sektörel olarak yer almayan fakat tüketim payının yüksek olduğu kuruluş Çay-Kur'dur. Bu kuruluşun Tablo'da yer almamasının nedeni; inceleme döneminin başlangıç yıllarında tüketim payının olmamasıdır.

4. TÜRKİYE'DE TAŞKÖMÜRÜ ÜRETİM-TÜKETİM DENGESİ VE DIŞ TİCARET DURUMU

4.1. Türkiye'de Taşkömür Üretim-Tüketim Dengesi

Türkiye'de taşkömürü üretimi 1973 yılına kadar toplam talebi karşılamaya yetmiş, buna karşılık 1973 yılından itibaren toplam üretim toplam tüketimi karşılamayarak, üretim-tüketim dengesi bozulmuş, yıllar itibariyle üretimin tüketimi karşılayamama oranı gittikçe artmıştır. Ek Çizelge 5'de (1973-1986) yılları itibariyle üretim ve tüketim miktarları verilmektedir. 1974 yılında üretimin tüketimi karşılama oranı %98,68 iken, 1986 yılı için bu oran 5653,92 olmuştur. Özellikle son beş yılda üretim ve tüketim dengesi sürekli bozulmuş ve açık, ithalatla karşılanmıştır. İnceleme dönemi için başlangıç yılı olarak 1973'ü alırsak; üretim miktarının 1986'da 5624,05 azalmasına karşılık, aynı dönemde tüketim indeksinin 5643,39 oranında arttığını görürüz. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca

yürütülen planlama çalışmalarında Demir-Çelik sektörünün yıllar itibariyle koklaşabilir taşkömürü talepleri incelendiğinde, üretimlerin Demir-Çelik sektörüne verilmesi durumunda dahi 1990 yılının sonunda 1,8 milyon ton/yıl, **1995'de 4,9** milyon ton/yıl, **2000** yılının sonunda **6,6** milyon ton/yıl gibi açıkların olacağı tahmin edilmiştir. (2) Ek Çizelge 6'da Türkiye'de (1986-2000) yılları arasında Demir-Çelik sektörü taşkömürü talep ve üretim hedeflerinin tahminleri gösterilmiştir.

4.2. Türkiye'de Taşkömürü ithalatı ve İhracatı

Türkiye'de 1973 yılından itibaren üretimin tüketimi karşılayamaması nedeniyle ithalata başlanmıştır. Ek Çizelge 5'de ithalat ve ihracat oranları verilmiştir. İnceleme dönemine bakıldığında, 1979'dan itibaren özellikle Demir-Çelik sektörünün ihtiyacının yıldan yıla sürekli artması nedeniyle yüksek oranda bir ithalat talebi yaşandığı görülür. Sadece 1986 yılında %14.93 yıllık artış göstererek toplam tüketimin %46,48'i ithalatla karşılanmıştır. İki bin yılına kadar toplam üretim açığının 6,6 milyon tons ulaşacağı tahmin edildiğine göre, bu açığın ortaya çıkaracağı döviz talebi ise 1987 yılı ithal kömür fiyatları ile (ortalama 52 \$/ton) 343 milyon dolardır.

İnceleme dönemi içinde taşkömürü ihracatı ortalama %0,8 oranında gerçekleşmiştir. Toplam üretimin içindeki ihracatın payı oldukça düşüktür. 1979-1986 yılları arasında sadece 9,3 bin ton taşkömürü ihraç edilmiştir. İhracatın bu denli düşük olmasının nedeni; üretimin yurt içi talebi karşılayamaması ve taşkömürü fiyatlarının dış piyasada rekabet edemeyecek kadar yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. (3)

5. TÜRKİYE'DE TAŞKÖMÜRÜ YATIRIMLARI VE GERÇEKLEŞME ORANLARI

Önceki bölümlerde açıklanan üretim hedeflerine ulaşılması, planlanan yatırımların yapılması varsayımına dayanmaktadır, bu nedenle inceleme dönemi içinde programlanan ve gerçekleşen yatırıma bakarak gelecek hakkında bazı tahminler yapmak mümkündür. Ek Çizelge 7'de (1974-1986) yılları arasında programlanan ve fiilen gerçekleşen yatırım tutarları verilmiştir. **Çizelgeden de anlaşılacağı üzere, (1974-1979) yıllarında sürekli programlanan** hedefin üstünde fiilî yatırımlar gerçekleşmiştir. 1980 yılından itibaren sürekli düşme eğilimi göstererek 1986 yılında programlanan yatırımın ancak %44,18'i gerçekleşmiştir. İleriki yıllarda aynı düşme eğilimi devam ederse, tahmin edilen üretim hedeflerine ulaşamayacağı gayet açıklıkla söylenebilir. Ayrıca ülkemiz kalkınmasında önemi ve yeri tartışılmayacak kadar açık olan taşkömürünün kendi özkaynaklarımıza dayalı olarak üretim artışları sağlandığında ve bunu ekonomik yönde değerlendirdiğimizde bu artış dış ödemeler dengesini olumlu etkileyeceği gibi istihdam ve benzeri alanlarda önemli katkıları olacaktır.

6. ÖZET VE SONUÇ

Türkiye'de taşkömürü üretiminin gelişimi ve değişmelerinin ana çizgileri ile belirlendiği bu çalışmada, inceleme dönemi itibariyle, taşkömürü üretiminin sürekli düşme eğilimi gösterdiği ve artan talebi karşılayamamaya itiraz etme yoluyla talebin karşılandığı açık olarak ortaya çıkmaktadır. Sanayileşmeye paralel olarak taşkömürü talebinin gittikçe arttığı ve yapılan talep tahminleriyle gelecek yıllarda daha fazla artacağı ortaya çıkmaktadır, üretim artışını sağlayacak-yeni yatırımların yapılmadığı sürece bugünkü teknoloji ve yöntemlerle tahmin edilen üretim hedeflerine ulaşamayacağı rahatlıkla söylenebilir. Ekonomik gelişmenin temel unsuru sanayileşme olduğuna göre sanayi sektörünün ana girdisi olan taşkömürü üretimini talebi karşılayabilecek düzeye getirmek için gerekli önlemlerin fazla gecikmeden alınmasında yarar vardır.

Çizelge 1: Tüvb'nan* ve satılabilir üretim (1973-1986) (4)
(1000 TON)

Yıllar	Program	Tüvb'nan	Satılabilir	% S/P	% S/T
1973	5.100	7.842	4.642	0.91	0.59
1974	5.442	8.546	4.965	0.91	0.58
1975	5.206	8.335	4.813	0.92	0.58
1976	5.247	8.059	4.632	0.88	0.57
1977	5.247	7.666	4.405	0.83	0.57
1978	4.800	7.741	4.295	0.89	0.55
1979	4.600	7.200	4.052	0.88	0.56
1980	4.178	6.599	3.598	0.86	0.55
1981	4.500	7.388	3.970	0.88	0.54
1982	4.200	7.223	4.008	0.95	0.55
1983	4.500	6.725	3.539	0.79	0.53
1984	4.000	7.103	3.632	0.91	0.51
1985	4.000	7.260	3.605	0.90	0.50
1986	3.550	7.015	3.526	0.99	0.50

Tüvb'nan* : Yeraltı ve yerüstü ocaklarda hazırlık niteliğindeki kazılar dışında taş, toprak vb. ile karışık elde edilen ve herhangi bir işlem uygulanmamış cevher.

Çizelge 2: Türkiye'de taşkömürü aektb'rel tüketim ve payları (1973-1986) (4)
(1000 TON, 56)

Yıllar	Konut	Payı	Elk.Sant.	Payı	Sanayi	Payı	HGZ.	Payı	Ulaştırma	Payı	Toplam
1973	•180	3.9	1150	25.1	,2292	49.9	174	3.8	720	15.6	4595
1974	352	6.9	1179	23.4	2491	49.5	184	3.6	726	14.4	5031
1975	396	8.0	1071	21.6	2621	52.9	224	4.5	647	13.0	4959
1976	417	8,6	966	20.0	2610	53.9	264	5.4	587	12.1	4843
1977	315	6.2	988	19.5	3078	60.9	290	5.7	386	7.7	5057
1978	233	5.0	1026	22.1	2821	60.9	291	6.3	263	5.7	4634
1979	281	5.8	907	18.5	3205	65.4	275	5.6	231	4.7	4399
1980	191	4.3	774	17.3	3044	68.0	226	5.0	243	5.4	4478
1981	108	2.4	751	16.6	3137	69.4	233	5.2	293	6.4	4522
1982	172	3.4	760	15.3	3511	70.6	232	4.7	297	6.0	4972
1983	171	3.2	655	12.4	3931	74.6	224	4.3	287	5.5	5268
1984	318	5.6	674	11.9	4231	74.8	189	3.3	248	4.4	5678
1985	691	11.3	677	11.1	4384	71.7	184	3.0	177	2.9	6194
1986	659	10.0	697	10.3	5099	77.4	165	2.5	99	1.5	6589

Çizelge 3: Türkiye'de taşkömürü sanayi sektörü tüketim ve payları (1973-1986) (4)
(1000 TOM, %)

Yıllar	Demir Çelik	Payı	Çimento	Payı	Şeker	Payı	Diğer San.	Payı	Sanayi To
1973	1.991	86.9	42	1.8	21	0.9	238	10.4	2.292
1974	2.132	85.6	30	1.2	16	0.6	313	12.0	2.491
1375	2.270	86.6	52	2.0	25	1.0	274	10-5	2.621
1976	2.128	81.5	39	1.5	39	1.5	404	15.5	2.610
1977	2-573	83.6	62	2.0	34	1.1	409	13.3	3.078
1978	2.486	88.1	28	1.0	51	1.8	356	9.1	2.821
1979	2.860	89.2	80	2.5	67	2.1	198	6.2	3.205
1980	2.486	81.7	62	2.0	15	0.5	481	15.8	3-044
1981	2.502	79.8	62	2.0	30	1.0	543	17.3	3.137
1982	3.232	92.1	84	2.4	52	1.5	143	4.1	3.511
1983	3.344	85.1	80	2.0	51	1.3	456	11.6	3.931
1984	3.099	73.2	276	6.5	34	0.8	322	19.4	4.231
1985	3.706	84.5	375	8.6	46	1.0	257	5-9	4.384
1986	3.792	73.T	558	11.0	41	0.8	742	14.6	5.093

Çizelge 4: 1976-1985 yılları demir-çelik sektörünün taşkömürü talepleri ve alınan miktarlar tablosu (1000 TON) (3)

Yıllar	Talep	Verilen	%
1976	2973.0	2073.9	69.8
1977	2296.0	1937.8	34.4
1978	2490.0	2118.7	85-1
1979	2877.0	2084.8	72.5
1980	2264.1	1733.6	78.8
1981	2005.0	2186.6	109.1
1982	2391.8	2166.5	90.6
1983	2552.0	1745.0	63.4
1984	1930.0	1667.5	84.2
1935	2090.0	1404.0	67.2
1936	1775.0	1586	89.0

Çizelge 5: Türkiye taşkömürü Üretim/tüketim dengesi* (1973-1986) (4)
(1000 TON, %)

Yıllar	üretim	%	İthalat	%	İhracat	Tüketim	%
1973	4642	100..00	16		0,3	4595	100.,00
1974	4965	106,.95	160		0.3	5031	109..48
1975	4B13	103.,68	201		0.2	4959	107..92
1976	4632	99-.78	150		1.2	4643	105..39
1977	4405	94,.89	674		0.5	5057	110,.05
1978	4295	92,.52	475		-	4634	100,.84
1979	4052	87..28	826		2.1	4899	106,.61
1930	3598	77,.50	793		2.2	4478	97..45
1981	3970	85..52	650		1-5	4522	98..41
1982	4008	86,.34	1034	159..07	3.1	4972	108,.20
1933	3539	76,.23	1602	154..93	-	5268	114,• 64
1984	3632	78,.24	1982	123..72	-	5678	123,.56
19S5	3605	77,.66	2665	134..46	0.4	6183	134,.55
1986	3526	75..95	3063	114..93	-	6589	143,.39

Stok değişimleri tabloda gösterilmemiştir.

Çizelge 6: 1987-2000 yılları taşkömürü arz-talep durumu
tahmini değerleri (5)
(1000 TOK)

Yıllar	Demir-Çelik Sektörü Toplam Talebi	Taşkömürü Üretim Hedefleri	Park
1987	5305	3520	-1785
1988	5552	3695	-1857
1989	5732	3370	-1862
1990	5732	3960	-1772
1991	7760	4050	-3710
1992	8760	4135	-4625
1993	9100	4400	-4700
1994	9440	4840	-4600
1995	10180	5280	-4900
1996	12480	5720	-6760
1997	12480	6600	-5880
1998	12620	6600	-6020
1999	12780	6600	-6180
2000	13200	6600	-6600

NOT: Yıllar itibariyle arz-talep karşılaştırması yaparak koklaşma özelliği olmayan lavvar artığı inikat miktarları düşülerek elde edilen satılabilir değerler verilmiştir.

Çizelge 7: T.T.K. Yatırımlar ve gerçekleşme oranları (1974-1986) (5)
(Milyon TL, %)

Yıllar	Program Yatırımı (A)	Fiili Yatırım (B)	Gerçekleşme Oranı (B/A)
1974	319	364	114.11
1975	373	407	109.12
1976	373	585	156.84
1977	479	738	154.07
1978	844	1035	122.63
1979	1155	1261	109.18
1980	1478	1480	100.14
1981	4901	2801	57.16
1982	6950	2728	39.25
1983	7066	4904	69.40
1984	7692	5646	73.40
1985	11000	5723	52.05
1986	21500	9498	44.18

KAYNAKLAR

- 1- T.T.K. İstatistik Yıllığı, Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü, Zonguldak, 1986
- 2- Avrupa Enerji Ajansı Türk Milli Komitesi, "Türkiye'nin Bugünkü ve Gelecekteki Enerji Durumu". Kongre Raporu İZMİR Kasım 1986.
- 3- ZONGULDAK Dünyu Bugünü ve Yarını (Bölge Ekonomisi) Bilgi, İnceleme, Araştırma A.Ş. (Yayınlanmamış Rapor) Ankara, 22 Haziran 1986 S(3-41)
- 4- T.T.K. İstatistik Yıllıkları, Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü Zonguldak, 1973-1986.
- 6- I.E.A. Energy Prices and Taxes, First Quarter 1987 OECD, Paris 1987.

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ

The Sixth coal congress of TURKEY

YERALTI **KADEN** İŞLETMELERİNDE PERSONEL NAKLİYATI

HANRIDE IN UNDERGROUND MINING

Şinasi ESKİKAYA*

Ismail UĞUR*

ÖZET

Daha insancıl çalışma şartlarının oluşturulması, iş yeri güvenliğinin arttırılması ve personel nakliyatı ile ilgili ölü zamanların minimuma indirilmesi gibi istekler nedeniyle, yeraltı maden işletmelerinde mekanize personel nakliyatı konusu gün geçtikçe artan bir öneme sahip olmuştur. Sağlanan teknolojik gelişmeler belirtilen isteklerin makûl ölçüdeki maliyetlerle karşılanmasını mümkün kılmıştır.

Yeraltı personel nakliyatında kullanılan sistemlerin, son gelişmeleride kapsayacak şekilde incelenmesi; hız, kapasite ve diğer kullanım şartları ile tanıtılması bu tebliğin içeriğini teşkil etmektedir.

ABSTRACT

Under the demanding conditions of minimizing time-lost in men-trip, as well as to insure safety requirements and to provide more comfort in underground men transport, the subject of mechanized man-riding became more and more important. Nowadays, progress in man-riding technology will permit to realize an efficient and successful men-transport operation within reasonable cost.

In this paper, current systems in men transport, including recent development has been investigated. Speed, capacities and the other related parameters are also the subjects of the paper.

(*) Prof.Dr. Maden Yük. Müh., İ.T.U. Maden Fak., Maden Müh. Böl.,
Teşvikiye - İSTANBUL.

(**) Yard.Doç.Dr. Maden Yük. Müh., İ.T.Ü. Maden Fak., Maden Müh. Bol.,
Teşvikiye - İSTANBUL

1. GİRİŞ

Personel nakliyatı; yeraltı madenciliğinde gittikçe artan oranda uygulama alanı bulmaktadır. GÜdülen *amaç sadece* yollarda geçen ölü zamanın minimuma indirilmesi değildir. Ağır yeraltı şartlarının gerektirdiği bedensel efor'u minimuma indirmek, yani daha insancıl çalışma koşulları oluşturmak ve nakliyatta oluşan iş kazalarını önlemek, amaçlanan diğer önemli iki husustur. Nakliyat ile ilgili iş kazaları üzerinde yapılan incelemeler, yürüyerek iş yerine giderken oluşan kazaların, mekanik vasıtalarla personel nakliyatı sırasında oluşan kazalardan daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Mekanik vasıtalarla nakliyat sırasında oluşan kazalar kendi içinde incelendiğinde; kazaların çok önemli bir kısmının, personel nakliyatına göre düzenlenmemiş olan araçlarla nakliyat sırasında meydana geldiği gözlenmiştir. Bunun nedeni ise personelin; yüksek kot farkı, sıcaklık, yürümeye müsait olmayan zemin ve galeri yüksekliğinin az olması gibi ağır çalışma şartlarında kendi can güvenliğini tehlikeye atarak mevcut nakliye araçlarından kaçak olarak yararlanmak istemesidir. Gelişen teknolojinin, personel nakliyatında güdülen amaçları makul bir masraf/yarar oranı içinde gerçekleştirmeye imkan vermesi personel nakliyatının yaygınlaşmasında önemli bir etken olmuştur.

Bir maden işletmesinde, personelin ocak girişi ile çalışma yerine gidip-gelme sürelerinin toplamını basit olarak aşağıdaki şekilde formüle etmek mümkündür.

$$\sum t = Q_i \left[\frac{\text{ton}}{\text{ton}} \right] \times \frac{1}{a_i} \left[\frac{\text{kişi}}{\text{ton}} \right] \times 2 l_i \left[\frac{\text{m}}{\text{m}} \right] \times \frac{1}{v} \left[\frac{\text{B}}{\text{m}} \right]$$

- Q : Panolardaki üretim miktarı
 a_i : Panolara ait işçilik randımanı
 l_i : Panoların ocak girişine uzaklığı
 v : Personelin ortalama hareket hızı.
 t ; Personel nakliyatı toplam süresi.

Yukarıdaki bağıntı personel nakli nedeniyle oluşan ölü zamanları minimuma indirmek amacıyla incelendiğinde şu hususları tesbit etmek mümkündür :

- Bağıntıdaki ilk iki çarpan nakledilecek personel sayısını vermektedir. Amaca uygun olarak bu iki değeri yönlendirmek mümkün değildir. Çünkü,

her iki değerin kökeninde nakliyat olayının dışındaki esaslara dayanmaktadır. Nakliyat için önemli olan: Üretim miktarı ve işçilik randımanlarına bağlı olarak oluşan personel sayısına uygun nakliye kapasitelerini oluşturmaktır.

- Bağıntıdaki son iki çarpan ocak girişi ile panolar arasındaki nakliye suresini vermektedir. Nakliye mesafesi hernekadar cevherin dağılımına bağlı bir parametre ise de, planlama safhasında, ocak girişini, rezervin dağılımında göz önünde tutarak» uygun yerde seçip amaca büyük oranda katkıda bulunmak mümkündür

- Personelin ortalama hareket hızı: güzergah boyunca kullanılan nakliye araçlarının hızına, bekleme sürelerine, taşıttan taşıta yapılan aktarma noktaları adedine bağlı bir parametredir. Planlama safhasında; hızı en yüksek olan nakliye aracıyla ve aktarma yapmadan panolara mümkün olduğunca yaklaşabilmenin olanaklarını arayıp amaca bu Şekilde katkıda bulunmak mümkündür.

2. PERSONEL NAKLİYATININ KARAKTERİSTİKLERİ

Yeraltında hareket ettirilen objeler ve bunların nakliyattan beklentileri aşağıdaki çizelgede bir araya getirilmişlerdir (1).

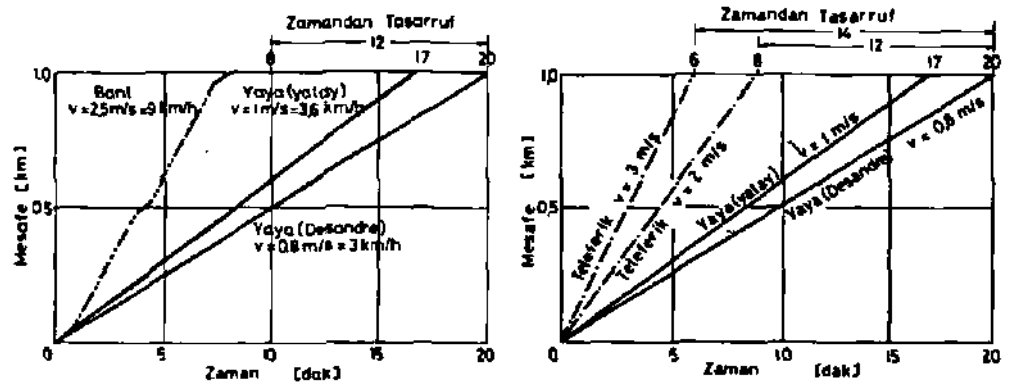
Çizelge-1 : Nakledilen Objelerin  zelliklen.

Özellikler	Nakledilen Objeler	Kömür	Taş	Yeni Malzeme	Ocaktan ıkan Malzeme	Panolar arası aktarılan Malzeme	Personel
Kalkış		+					+
varış				+			+
Yığılmaya karşı		+					+
Acıllık							+
Ocak ıkışı		+	+		+		+
Hareket Yönü	Panolarla doğruc aprazlama			+		+	+
	Aynı obje e- ř�.ii v�nlere						+
	Sürekli						
	Vsrd.birdefa		+				
Frekans	Vard.okdefa uunde birdefa			+			+
	Belirsiz				+	+	+

Personel nakli, Çizelge-Tden de görülebileceği gibi, tümünün beraberce karşılanması oldukça zor özelliklere sahip bir nakliyat şeklidir. Personel sadece gideceği yere zamanında hareket etmek istemez, ayrıca varacağı yerdede zamanında olmak ister. Nakledilen diğer hiçbir objede bu iki özellik beraberce görülmemektedir. Personel, yığılmalar olmadan, acilen nakledilmek ister. Yeraltındaki hareket yönü de çeşitlilikler gösterir. Bu belirtilen karmaşık özelliklere cevap verebilmek pek kolay değildir. Ancak personel; hedefini bilen, hareketini mevcut şartlara göre programlıyabilen ve gerekirse hedefine hiçbir nakliye aracı olmadanda ulaşabilen bir varlıktır. Bu nedendir ki personel nakliyatı küçük işletmelerde bir problem olarak görülmez.

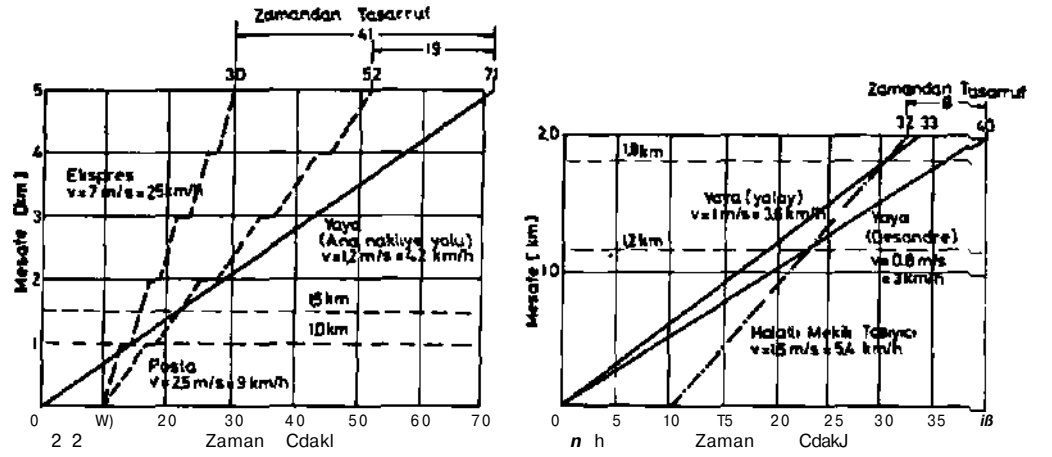
Personel naklinin, mekanik nakliye araçları ile başarılı bir şekilde yapılabilmesinin en önemli şartı, sistemin yukarıda belirtilen özelliklere uygun olmasıdır. Bedensel çaba'nın yüksek olduğu uzun yollar, dik desandrelere, yürüyüş şartlarının zor olduğu yollar; sıcaklık, rutubet gibi zor havalandırma şartlarının bulunduğu kesimler mekanik nakliyatın'tercih edileceği yerlerdir.

Yukarıda belirtildiği gibi personel, hem gideceği yere en az bedensel çaba ile ulaşmak, hemde yolda pek fazla zaman kaybetmemek ister. Mekanik taşımanın başarılı olabilmesi için kullanılacak araç hız ve kapasitelerinin bu isteğe cevap verebilmesi gerekir.



Şekil 1 : Sürekli Taşıyıcılarda Yol-Zaman Diyagramı.

Şekil-1'de sürekli nakliyat yapan bant konveyör ve teleferik sistemlerinde yol zaman-diyagramları verilmiştir. Her iki sistemde de bekleme olmadan nakliye aracına binmek ve hızla nakledilmek mümkündür. Yaya yürüyüşüne göre zamandan tasarruf oldukça yüksektir. Sistemin kapasitesi nakliye hızına bağlıdır. Bugünkü uygulama değerleriyle her iki sistemde taşıma kapasiteleri en yüksek olan taşıyıcılardır (2).



Şekil 2: Mekik Taşıyıcılarda Yol-Zaman Diyagramı.

Şekil-2'de ise mekik nakliyat yapan nakliye sistemlerine ait yol-zaman diyagramları verilmiştir. Şekil-2 a'da posta ve ekspres seferleri yapan lokomotif nakliyatı ile yaya yürüyüş karşılaştırılmıştır. Lokomotif nakliyatının yapıldığı yollar, 1.2 m/s değeriyle, yaya hızının en yüksek olduğu yollardır. Böylesi bir yolda 5 km'lık bir mesafeyi 71 dakikada yürümek mümkündür. Aynı mesafeyi posta seferi yapan bir katar 2.5 m/s'lik ortalama hızla 52 dak.'da; ekspres seferi yapan ve ortalama hızı 7 m/s olan bir katarsa 30 dakikada alabilmektedir. Hesaplamalarda; katarın 1 km'lık mesafelerle durup, yolcu indirdiği ve hareketine 10 dakikalık yolcu alma süresinden sonra başladığı kabulü yapılmıştır. Şekil-2_a'dan da izlenebileceği gibi ekspres seferi 1.0 km'lık; posta seferi ise 1.5-2 km'lık bir mesafeden sonra yaya yürüyüşüne göre zaman tasarrufu sağlamaktadır. Daha uzun mesafelerde ise posta seferiyle sağlanan zaman tasarrufu ekspres seferinkinden çok daha azdır. Bu nedenle posta seferlerinin asıl amacı personelin bedensel çabayı minimuma indirmektedir. Bu amacın yanında zamandanda tasarruf etmek isteniyorsa ekspres seferleri yapılmalıdır (2, 3).

Şekil 2-rb'de mekik nakliyatı yapan halatlı sistemlere ait (Monoray, kulibahn) yol-zaman diyagramı verilmiştir. Hareket hızlarının düşük olması nedeniyle zamandan tasarruf ancak 1.2-1.8 km'lik mesafeden sonra ortaya çıkmaktadır. Az sayıdaki personelin uzun mesafeli yatay nakliyatında veya kot farkının fazla olduğu desandre nakliyatında yahutta yürüme şartlarının *müsait olmadığı yallarda bu tip nakliyat kullanılabilir* (2).

Mekik nakliyatı yapan tüm sistemlerin en büyük eksikliği sürekli nakliyat yapamamalarıdır. Bu eksiklik sistemin esasından kaynaklandığı için giderilmeside mümkün değildir. Nakliyat kapasiteleri, nakliye mesafesindeki artışa bağlı olarak büyük oranlarda düşüşler gösterir. Lokomotif nakliyatında katar sayısını artırarak istenilen taşıma kapasitesine ulaşmak mümkündür, ancak buda ek yatırımları gerekli kılar. Mekik nakliyatı yapan halatlı sistemlerde ise böylesi bir imkanda yoktur.

Mekik nakliyatının yukarıda belirtilen eksikliği, vardiya başı ve vardiya sonunda bekleme sürelerinin doğmasına neden olmaktadır. Bu süreleri önlemek mümkün değildir, ancak iyi bir organizasyonla kısaltılabilir. İşçilerin vardiya sonunda katar'a kavuşmak için işi erken terketmeleri diğer bir olumsuz yöndür. İş yerlerine değişik zamanlarda ulaşmak isteyen nezaretçi, barutçu gibi işçiler bu nakliyat şeklinde oldukça madur olmaktadır.

3. PERSONEL NAKLİYE ARAÇLARI

Personel nakliyatında kullanılan araçlar çoğunlukla kömür ve malzeme naklinde kullanılan araçlardır. Teleferik ve kızaklı bant nakliyatı ise sadece personel nakliyatı için düşünülmüş sistemlerdir. Bir veya birkaç kişinin naklinde kullanılan bisiklet veya dekovil gibi araçlara burada değinilmeyecektir. Bunlardan başka yaya yürüyüşe yardımcı olmak amacıyla, desandre tabanına ızgara yollar döşenmesi veya gene desandrelerde mekanik sistemlerle çekilen bir halata tutunarak yürüme imkanının sağlanması yeraltı personel nakliyatında rastlanılan uygulamalardır.

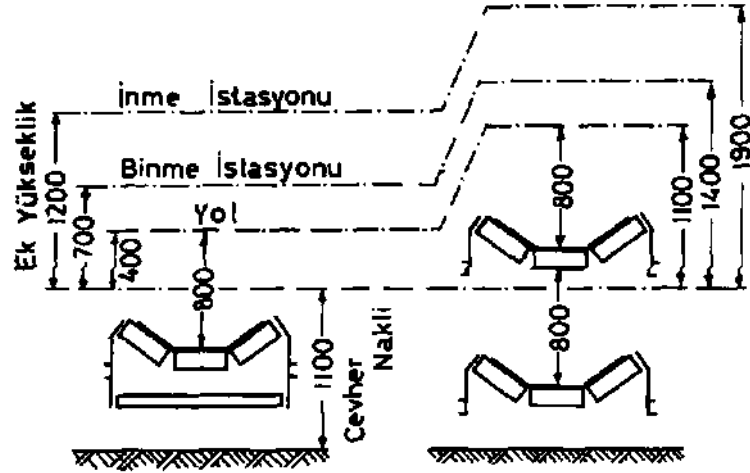
Nakliye *araçlarını* çeşitli şekillerde gruplandırmak mümkündür. Burada taşıma karakteristiğini esas alan bir gruplamaya gidilecektir.

3.1- Sürekli Taşıyıcılar

3.1,1- Bant Konveyörler

1950'li yıllardan beri kullanılan bir nakliye aracıdır. Bant konveyörlerle personel taşımacılığı yapılırken görülen en büyük dezavantaj, bu sistemle sadece bir yöne taşıma yapılabilmesiydi. Personelin aksı istikamete doğru ya yürünmesi yahutta ikinci bir nakliye sisteminin kurulması gerekiyordu. Bu dezavantaj, alt ve üst lastik bantların her ikisinde de personel taşınmasına imkan veren çift katlı bant konveyörlerin kurulmasıyla tamamen ortadan kaldırılmıştır. Bu gelişmeden sonra bantla personel taşınması giderek artan bir önem kazanmıştır.

Bantla personel taşınması eğimin -18° ile $+20^{\circ}$ arasında değiştiği, bant tesisi kurulabilen her yolda mümkündür. Galeri kesitinin yeterli olması istenilen önemli şartlardan biri olmasına rağmen bu konu gereğinden fazla abartılmamalıdır. 1000 mm genişliğindeki tek katlı bir bantın personel nakliyatında kullanılabilmesi için nakliye güzergahında



Şekil 3: Bantla Personel Nakliyatında Gerekli Serbest Yükseklikler.

40 cm, bindirme istasyonunda 70 cm ve indirme istasyonunda 120 cm'lik ek serbest yüksekliğe ihtiyaç vardır (Şekil 3). Görüleceği gibi bu serbest yükseklikler planlamada önemli bir sorun oluşturmayacaklardır. Çift katlı bantlar için gerekli serbest yükseklikler; nakliye güzergahında 110 cm, bindirme ve indirme istasyonları üst üste getirilmezse, bindirme istasyonunda 140 cm ve indirme istasyonunda 190 cm'dir (2, 5, 6).

Almanya'da yönetmeliklerin müsaade ettiği hız 1.5 m/s olmakla birlikte 2.5 m/s'lik hız daha yaygındır. Fakat bu hız ile personel taşınması ancak özel müsaadeye bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Diğer yandan bu konuda araştırmalar h m/s'lik hızların uygulanabilirliği üzerinde yoğunlaşmıştır.

Bant konveyörle personel taşımacılığı; esasen kömür nakliyatının yapıldığı sistemlerde olmaktadır. Bu nedenle personel nakliyatının olduğu ilave yatırım şarjı nisbeten küçüktür. Tek katlı bir bantın personel nakliyatına uygun hale getirilmesi için gerekli ek yatırım 1979 yılı itibariyle 13 000 DM'tir. 500 m uzunluğunda ve 1000 mm bant genişliğindeki bir tesisin personel nakliyatında yapılabileceği çift katlı bant sistemine dönüştürülmesi için gerekli ek yatırım ise 140.000 DM'tir.

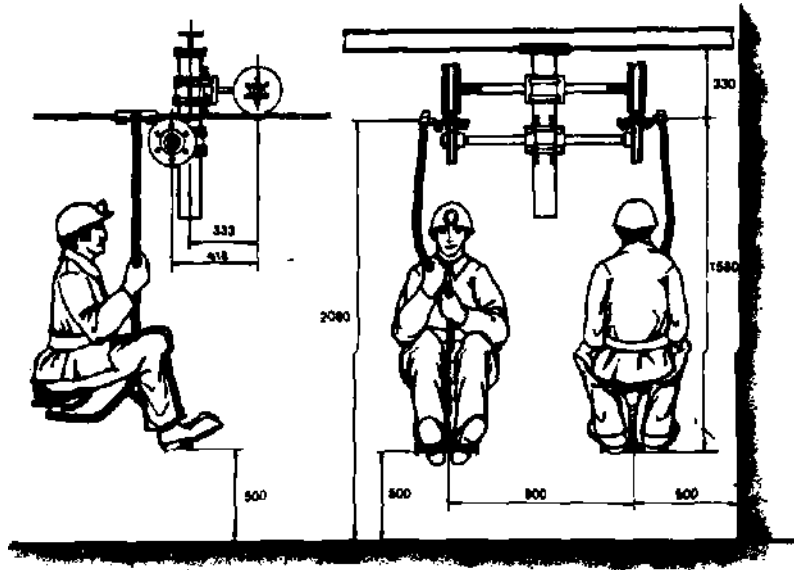
3.1.2- Teleferik

Yeraltı personel nakliyatında teleferik kullanımı, 70'li yılların ortalarında başlamış ve daha sonra hızla artmıştır. Taşıma kapasitesi oldukça yüksek ve personel nakliyatına pek iyi uyum gösteren bu sistemin yeraltı madenciliğine bu kadar geç girişinin belkide en önemli nedeni galeri kesitlerinin yeterli olmamasıdır. Ayrıca, teleferiğin kurba dönememesi ve taşıyıcı elemanlarının başka bir hatta geçiş yapamaması bu gecikme üzerinde etken olan diğer önemli iki faktördür. Teknolojideki gelişmelerle bu dezavantajların tamamen veya kısmen kaldırılmış olması, teleferik nakliyatının yaygınlaşmasında etken olmuştur.

Teleferik, sonsuz halat üzerine yerleştirilmiş taşıyıcı elemanlardan (sandalyeler) oluşan bir sistemdir. Halat, sandalye ve personelin hem ağırlık kuvvetini taşır, hamde onları nakleder. Sandalyeler halat üzerinde serbest olarak dururlar ve nakliyat, askı elemanı ile halat

arasındaki sürtünme ile gerçekleştirilir. Sabit bağlantılı teleferikler 30 derecelik serbest bağlantılı teleferikler ise 20 grad'lık eğimlerde emniyetli bir şekilde kullanılabilirler. Sandalyeler arası mesafe 12-15m olarak Öngörölmüş ve uygulamada hiçbir sakıncasına rastlanmamıştır. Sabit bağlantılı sistemlerde hareket hızı 1.5 m/s'dir. Serbest bağlantılı sistemlerde ise hareket hızı 2-3 m/s arasında değişmekte olup nakliye kapasitesi 720 kişi/saat olarak belirlenmektedir. Bu sistemde kapasite yüksek, aşınmalar az ve her türlü kurbayı dönmek mümkündür. Ancak, gelen ve giden personel sayısının denkolmaması halinde bindirme ve indirme istasyonlarında sandalye birikmesi olayı izlenmektedir (7, 8).

Şekil-4'de teleferik nakliyatı için gerekli boyutlar verilmiştir. Görüleceği gibi aynı galeride teleferikle birlikte hem bant nemde monoray nakliyatı yapmak mümkün değildir. Bir galeride teleferikle birlikte ya bant yahutta monoray nakliyatı yapılabilir. Sistem arazi hareketlerine karşı hassastır. Arazi hareketinin fazla, galeri kesitinin yetersiz



Şekil A*. Teleferikle Personel Nakliyatı.

olduğu pano yollarında teleferik nakliyatından yararlanmak şimdilik mümkün değildir. Araştırmalar tek koldan hem ilen hemde geri nakliyat yapabilen teleferik sistemleri üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Başarılı sonuçların alınması halinde teleferik pano yollarınada girebilecektir.

Teleferik sadece personel nakli için kurulan bir sistemdir. Buna karşın sistemin yatırım ve işletme maliyetleri oldukça düşüktür. 1 km uzunluğundaki teleferiğin yatırım maliyeti 1979 yılı rakamlarıyla 300.000 DM olarak verilmektedir. Özellikle kat bağlantılarını sağlayan desandre nakliyatında güvenle kullanılabilir.

3.2- Mekik Taşıyıcılar

3-2.1- Lokomotif Nakliyatı

Yeraltı yatay nakliyatında uzun yıllardan ben, yaygın bir şekilde kullanılan nakliye sistemidir. Önceleri peracnel için cevher vagonuna konan bir tahta parçası üzerinde oturma imkanı sağlanırken, bugün personel taşımak için özel olarak yaptırılmış vagonlar kullanılmaktadır. Personel naklinde musade edilen hareket hızı 3 m/s'dir. Bu hızla yapılan ve posta seferi diye isimlendirilen personel nakliyatındaki asıl amacın bedensel çaba'yi minimuma indirmek olduğu daha öncede belirtilmişti. Bunun yanında gerçek anlamda zaman tasarrufuda sağlanmak isteniyorsa hareket hızınının 6-8 m/s olduğu ekspres seferlere geçilmesi gerekir. Nakliye hızınının bu şekilde yükseltilmesi ise Almanya'da ancak özel musadeyle olabilmektedir ve bu musadede aşağıdaki şartlara bağlanmıştır (9) :

- 1) Max. hızla hareket edilirken fren yapılması halinde fren mesafesi 80 m'yi geçmemelidir.
- 2) Otomatik sinyalizasyon şebekesi ve makas tertibatlarıyla, katarların yollardaki karşılaşması, çarpışması ve tıkanıklar önlenmelidir.
- 3) Max. hareket hızında bile raydan çıkma önlenmiş olmalıdır.

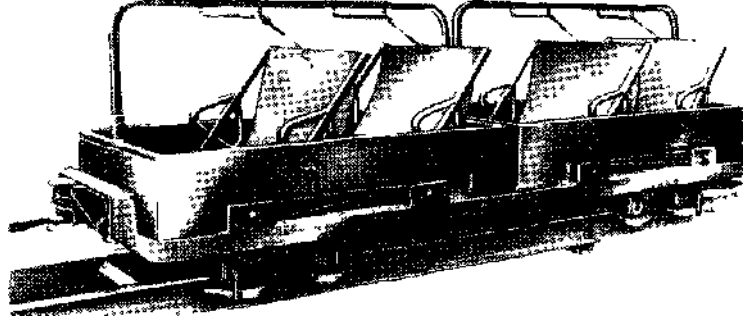
Bu şartları yerine getirebilmek için kullanılan elektronik şebeke kontrol ve sinyalizasyon cihazları, fren vagonlu lokomotifler, demiryolu güzergahını kontrol eden elektronik cihazlarla donatılmış olcu vagonları ve yüksek hızlarda hareket etmeye uygun personel vagonları gerekli güvenceyi sağlayabilecek teknik düzeydedirler.

Lokomotifle personel nakliyatı herbiri 12-16 kişiyi alabilen vagonla gerçekleştirilmektedir. Katardaki vagon sayısını ve katar sayısını değiştirerek istenilen yolcu taşıma kapasitesine ulaşmak mümkündür. Nakliyatın başarısı büyük oranda organizasyona bağlıdır. En iyi organizasyon, konulan hareket tarifelerine ve personel katarının geçiş üstünlüğüne kesinlikle uymakla sağlanır. Yatırım ve işletme maliyetleri yüksek olmasına rağmen büyük işletmelerde, ekspres seferlerinin ekonomik ölçüde ispatlanmış durumdadır. Ekspres seferine uygun galerilerle üretim panolarına mümkün olduğunca fazla yaklaşılması ve yatay personel nakliyatının bu şekilde gerçekleştirilmesi tavsiye edilmektedir (10).

3.2.2- Halatlı Mekik Taşıyıcılar

3.2.2.1- Taban Halatlı Mekik Taşıyıcılar

Yeraltı madenciliğinde taban halatlı mekik taşıyıcıların çok değişik türlerine rastlamak mümkündür. Genellikle üretici firmaların vermiş olduğu isimlerle anılırlar; Becobahn, Kulibahn, Bulli Truck örneklerinde olduğu gibi. Prensipte olarak hemen hepsi malzeme nakliyatı için kurulan sistemlerdir. Bu gruba giren ve sadece personel nakliyatında kullanılan tek sistem ise bantlı sistemdir.



Şekil 5: Kuli-Bahn Vagonu.

Bantlı kızak dışındaki tüm sistemler esas olarak halatlı vagon nakliyatına çok benzerler. Ancak burada raylar; demir yolu rayı değil, yarı duran U profilleridir. Ray açıklığı geniş ve vagonların ağırlık merkezi düşüktür. Vagon nakliyatından bilmen tekerlere rastlanmaz. Vagonlar küçük lastik tekerleklerle ray üzerine gıdajlanmıştır (Şekil 5).

Personel taşıma kapasiteleri, nakliye mesafesindeki artışa bağlı olarak azalır. Bir seferde taşınan yolcu sayısı 5-50 kişi arasında değişmektedir. Müsade edilen hız 2 m/s'dir; ancak bu değer 4 m/s'eye çıkarılabildiği örneklerde mevcuttur. Eğimi 20 ° olan meyilli yollarda veya 4 m yarıçaplı kurbalarda nakliyat yapmak mümkündür. Kapasiteyi artırmak amacıyla desandrelerde, her iki halat kolundada nakliyat yapılabilir. Özellikle pano yollarında taban hareketlen bu tür nakliye araçlarını çok etkilerler, ancak gene bu tür nakliye araçları taban düzenleme çalışmalarını oldukça zorlaştırırlar.

3.2.2.2- Tavan Halatlı Mekik Taşıyıcılar (Monaray)

Monoray, tavanda asılı raya gıdajlanmış taşıyıcı elemanların halatla çekilerek nakledildiği bir sistemdir. Bu sistemle genelde malzeme nakliyatı yapılmaktadır. Ancak yeri geldiğinde personel nakliyatında da yararlanılmaktadır. Bu amaçla önceleri kapalı personel vagonları yapılmış,

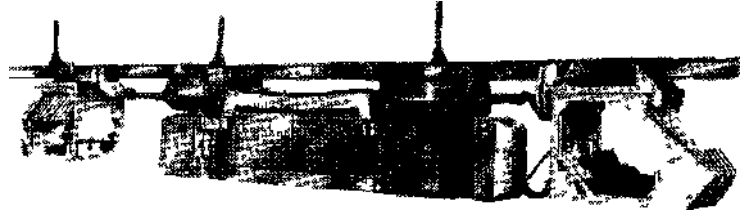


Şekil 6: Monoray Taşıyıcısı.

daha sonra açık taşıyıcılar geliştirilmiştir (Şekil 6). Bu yeni modeli taşıyıcılar hafif ve güvenli olup, personelin gereğinde aşağı atlamasına *imkan vermek*tedir O D .

Bu sisteminde personel taşıma kapasitesi düşüktür va bir seferde 35 kışı taşınabilir. Musade edilen hız 2 m/s dır. 20 eğimindeki meyilli yollarda güvenle kullanılabilir.

Daha öncede belirtildiği gibi halatlı nakliyat yapılan mekik taşıyıcıların kapasiteleri küçüktür. Bu nedenle tavan veya taban halatlı mekik taşıyıcılarda, lokomotiflere benzer özel çekiciler kullanılarak halatsız hareket imkanları aranmaktadır. Bu konuda özellikle monoray nakliyatında başarılı sonuçlar alınmıştır. Şekil 7'de-monoray nakliyatında kullanılan bir dizel çekici (Dieselkatze) görülmektedir, özel çekicili monoray personel nakliyatında pozitif yönde etkilemiştir. Katar sayısını

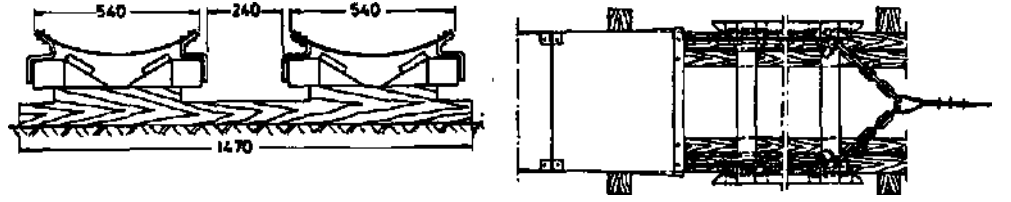


Şekil 7: Dizel Çekicili Monoray.

arttırıp taşıma kapasitesini yükseltme ve aktarma noktalarını minimuma indirme imkanı doğmuştur. 2.5 m/s'lık hareket hızı başarı ile gerçekleştirilmiştir. Ancak, çekme gücü yol meyli arttıkça büyük oranda düşüşler göstermektedir.

3.2.2.3- Bantlı Kızak

Bantlı kızak, desandrelerde sadece personel nakletmek amacıyla kullanılan bir nakliye aracıdır. Belli uzunluktaki bir bant parçası sistemin taşıyıcı elemanını oluşturur. Lastik bant, desandre tabanına döşenen kalaslar üzerinde kayarak hareket eder. Kalaslar 3 m uzunluğunda emprenye meşe ağacından yapılmıştır. Lastik bantın her iki ucunda kalaslara gidajlanmış kızaklar bulunur. Kızaklar sisteme hareket veren halata bağlıdır (Şekil-8). Kızaklarla, kalas arasındaki sürtünmeyi azaltmak amacıyla yağlama yapılır. Ancak bu yağlama, halat kopması halinde sistemin kendiliğinden durmasını engellemeyecek seviyede olmalıdır.



Şekil 8: Bantlı Kızak Kesit ve Plan Görünüşü.

Bantlı kızakla eğimi 30 olan desandrelerde personel taşınabilir. Hareket hızı 1.5-2 m/s'dir. Bir seferde taşınacak personel sayısı lastik bant uzunluğuna bağlı olarak değişir. Uygulamada, 50 m'ük bant üzerinde 30 kişinin beraberce nakledildikleri örnekler mevcuttur. Oldukça emniyetli olan sistemin teknolojisi çok basit ve maliyetleri oldukça düşüktür. İşletmeler kendi imkanlarıyla bu sistemi kurup, çalıştırabilirler.

SONUÇ

Daha insancıl çalışma şartlarının oluşturulması, iş güvenliğinin artırılması ve nakliyatla ilgili olan zamanların minimuma indirilmesi gibi istekler mekanik vasıtalarla personel nakliyatı konusuna gün geçtikçe artan bir oranda önem verilmesine neden olmaktadır. Personel nakliye araçlarının çoğu cevher veya malzeme nakliyatında kullanılan araçlardır. Personelin bu vasıtalara kaçak ve tehlikeli bir şekilde binmesini önlemek amacıyla, bu araçlarla personel nakliyatının yapılmasını sağlayacak ek düzenlemelere gidilmelidir.

Normal hızla yapılan lokomotif nakliyatı daha çok bedensel çabayı minimuma indirmeyi amaçlamaktadır, önemli oranlarda zamansal tasarrufta sağlanmak isteniyorsa ekspres seferler düzenlenmelidir. Buda bazı önemli ek yatırımları gerekli kılmaktadır.

Teleferik nakliyatı özellikle desandrelerde kullanılabilecek yüksek kapasiteli bir nakliye sistemidir. Teleferiğin yatırım ve işletme maliyetleri düşüktür ve personel nakliyatı ile ilgili istekleri tamamen karşılamaktadır.

Bantla cevher nakliyatının yapıldığı ana yollarda, banttan personel nakliyatında yararlanmak mümkündür. Gerekli ek yatırım nisbeten küçüktür. Çift katlı bant, personel taşıma kapasitesi en yüksek olan sistemdir.

Mekik nakliyatı yapan halatlı sistemlerle (Monoray, Kuli-Bahn, vs.) personel nakliyatıda yapılabilir. Ancak bunu yaparken malzeme nakliyatının aksamasına dikkat etmek gerekir.

Sonuçta, ülkemizdeki personel taşımacılığı sorunlarına değinilirse, personel taşımacılığının yapıldığı maden işletmeleri ve buralarda yapılan uygulamalar, taşıma sorunlarının çözüme gösterilen yaklaşımları belirtilse daha iyi olur düşüncesindeyim.

KAYNAKLAR :

1. LANGE- G., Wechselwirkungen von Zuschnitt, Forderung und Transport. Glückauf 119 (1983) s.153/157.
2. KAISER, I., Stand und Entwicklungstendenzen der Personenbeförderung. Glückauf 115 (1979?) s.584/88.
3. JACOBI, H., Stand der Technik und Entwicklungstendenzen bei der Personenbeförderung unter Tage. Glückauf 119 (1983) 157/163.
4. ARAUNER, H.W., Wirtschaftlicher Personen- und Materialtransport. Glückauf 109 (1973) s.184/187.
5. GUNTERMANN, A., BENNING, M., Die Einrichtung von Gurtförderern zur Personenbeförderung. Glückauf 115(1979) s. 283/287.
6. KEISER, I., GUNTERMANN- A., HELEN, F., Personenbeförderung auf Gurtförderern. Glückauf 121 (1985) s. 520/527.
7. FUCHS, D., HAKENBERG, W., Betriebserfahrungen mit Sesselliften. Glückauf 121(1985) s.1706/1712:.
8. ROHRS, H., Neuere Entwicklungen bei der Personenbeförderung Glückauf 108 (1972) s.170/176.
9. HOJ.SCHEN, G., Personenbeförderung mit hohen Geschwindigkeiten mit Lokomotivbetneb unter Tage.
10. REUTER, E.-U., MÜLLER, K.-E. Planung neuer Steinkohlenbergwerke Glückauf-Betnebsbücher Sana* **2.3**,
11. SCHARF Firması dokümanları.

