

**KALIN KÖMÜR DAMARLARINDA YAPILAN YÜK VE
KONVERJANS ÖLÇÜMLERİNİN YENİ TEORİK
YAKLAŞIMLARLA KARŞILAŞTIRILMASI**
*COMPARISON OF LOAD AND CONVERGENCE
MEASUREMENTS CARRIED OUT AT THICK COAL SEAMS
WITH NEW THEORETICAL APPROACHES*

Gürcan KONAK Halil KÖSE**
Y.Selim İNCİ*** Ali DERİN*****

ÖZET

Bu çalışma, Türkiyedeki kalın kömür damarlarında uzunayak üzerine gelen tavan yüklerinin kestirilebilmesine yönelik olarak yapılmıştır. Bu amaçla, T.K.İ. Ege Linyitleri Müessesesi Darkale Yeraltı Ocağı'nda yapılan yük ve konverjans ölçümleri ile aym ocak için geliştirilen teorik yaklaşımlarla hesaplanan yük yoğunlukları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

ABSTRACT

This study is carried out to estimate the roof loads over the longwalls at thick coal seams in Turkey subject to. For this purpose, load and convergence measurements were carried out at Darkale colliery of the Aegean Lignites (Turkish Coal Enterprises) the results of measurements were compared with load densities calculated by theoretical approximations developed for the same colliery. The results obtained are reviewed in detail.

(*) Dr., D.E.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Bornova - İZMİR

(**) Prof. Dr., D.E.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Bornova - İZMİR

(***) Maden Mühendisi. T.K.İ. - E.L.İ. Mües. Müd.. Soma - MANİSA

1. GİRİŞ

Ülkemizde kalın linyit kömürü damarları, genellikle geri dönümlü arkadan göçertmeli uzunayak yöntemiyle üretilmektedir. Bu yöntemde, etkin bir tavan kontrolü sağlamak ve emniyetli bir tahkimat sistemi seçebilmek için, uzunayaktaki tavan basınçlarının, başka bir deyişle tahkimata etki eden tavan yükünün ve ayak kapanmasının (konverjansının) belirlenmesinde büyük yarar vardır. Uzunayak üzerine gelen tavan yüklerinin belirlenmesine yönelik olarak değişik teorik yaklaşımlar geliştirilmiş ve pratik ölçümler yapılmıştır (1, 2, 3, 4, 5, 6). Bu çalışmalara katkıda bulunmak ve pratikte kullanılabilir yaklaşımların üretilmesine yönelik olarak yapılan geniş bir çalışmanın bir parçasını da, Darkale Yeraltı İşletmesi'nde yapılan yük ve konverjans ölçümleri oluşturmuştur (1).

Darkale Yeraltı Ocağı'nda +285-1 ve +285-2 no'lu ayaklarda oluşturulan 5 adet ölçüm istasyonunda 54 gün süreyle her üç vardiyada 2'şer saat arayla yük ve konverjans ölçümleri yapılarak kaydedilmiştir.

Ayrıca, üretim yöntemi, kayaç özellikleri, kömür kaybı vb. faktörleri gözönüne alarak, bu işletme için göçme (yalancı tavan) yüksekliğinin hesaplanabilmesi için teorik yaklaşımlarda bulunulmuştur. Çalışmanın sonunda teorik yaklaşımlarla hesaplanan yük yoğunlukları ile ölçüm sonuçları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

2. DARKALE YERALTI OCAĞINDA UYGULANAN ÜRETİM YÖNTEMİ VE TAHKİMAT SİSTEMİ

Darkale yeraltı ocağında üretim, geri dönümlü arkadan göçertmeli uzunayak yöntemiyle yapılmaktadır. Bölgenin tamamında üretimin yapıldığı ana linyit damarının (KM2) kalınlığı 6-25 m, eğimi 11-25° arasında değişim göstermektedir. Damar tavanı marn, taban ise 15-20 m kalınlığında kilden oluşmaktadır. Kömür damarı ve tavan-taban kayaçlarının jeomekanik özellikleri Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Darkale Yeraltı Ocağı Kömür ve Tavan-Taban Formasyonlarının Jeomekanik Özellikleri

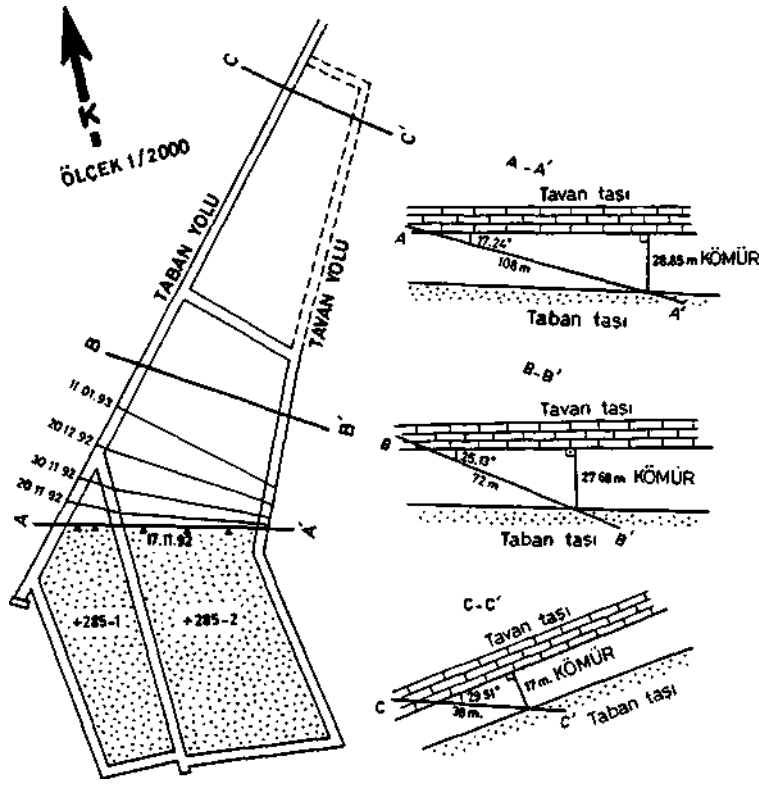
Formasyon	Tek eksenli basınç dayanımı ortalaması (MPa)	Çekme dayanımı ortalaması (MPa)	Yoğunluk (gr/cm ³)
Tavan taşı	69.8	5.9	2.10
Taban taşı	10.7	-	2.00
Tavan kömürü	21.5	1.9	1.30
Taban kömürü	19.6	1.7	1.35

Üretim, doğrultu boyunca oluşturulan 5 metrelik dilimlerden yapılmaktadır. Bunun 2 metresi aynadan kazılmakta, geriye kalan 3 metrelik kısım ise arkadan göçertilerek alınmaktadır.

Ayak tahkimatında hidrolik direk + mafsallı çelik sarmalar kullanılmaktadır. Tavan akmasını önlemek için sarmalar üzerine ağaç kamalar yerleştirilmektedir. Üretim faaliyetleri üç vardiya olarak sürdürülmektedir. İlk iki vardiyada aynadan kömür kazısı ve arkadan kömür çekme işlemi yapılmaktadır. Üçüncü vardiyada tahkimat sökümü, zincirli konveyör demontajı, tamir - bakım vb. işler yapılmaktadır.

2.1. Ölçüm Yapılan Panonun Özellikleri

Yük ve konverjans ölçümleri +285 kotunda oluşturulan +285-1 ve +285-2 no'lu ayaklarda yapılmıştır. Ayakların plan görünüşü ve ayaklarda kurulan yük ve konverjans ölçüm istasyonları Şekil 1'de görülmektedir. Şekilden de görüleceği üzere 1 no'lu ayak,



*.Ölçüm istasyonları

Şekil 1. Ölçüm yapılan pano ve istasyonların ayaklardaki konumu

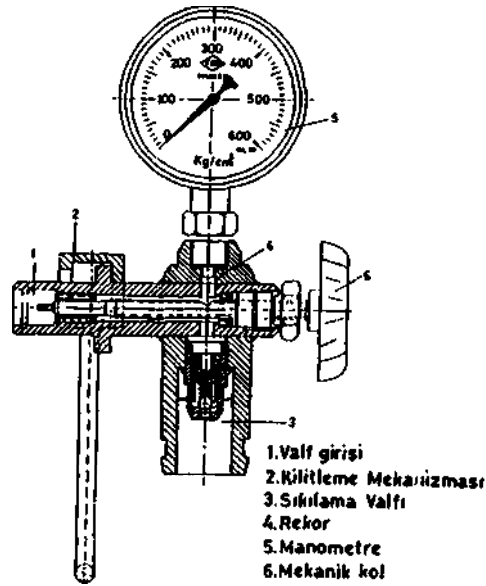
panonun 150nci metresinde sıfırlanmış, üretim yalnız 2 no'lu ayakta devam etmiştir. Ölçümlere başlandığında 1 no'lu ayağın son 20 metrelik kısmı çalışılmaktaydı. Bu nedenle 1 ve 2 no'lu ayaklarda kurulan 5 ölçüm istasyonunda 17.11.1992 tarihinde başlayan ölçümler, 1 no'lu ayakta üretimin tamamlanmasından sonra, 2 no'lu ayakta 3 ölçüm istasyonunda devam etmiştir.

Pano boyu 360 metredir. Ayak boylan pano boyunca değişim göstermektedir (Şekil 1). Ölçümlerin başladığı 17.11.1992 tarihinde 1 no'lu ayağın boyu 20 metre, 2 no'lu ayağın boyu ise 65 metredir. Panonun üzerindeki örtü tabakası kalınlığı ise 100 metre civarındadır

3. ÖLÇÜM YÖNTEMİ VE KULLANILAN ÖLÇME CİHAZLARI

3.1. Yük ölçerler

Yük ölçümlen, hidrolik yükölçerlerle yapılmıştır. Hidrolik direk dikim valfine monte edilen ölçme düzeneğinden, hidrolik direk üzerine etki eden tavan yükleri okunmuştur. Yük ölçme düzeneği ve düzenek parçaları Şekil 2'de görülmektedir. Yük ölçme cihazlarının kalibrasyonları, ölçümlere başlamadan önce direk test ve kalite kontrol laboratuvarlarında yapılmıştır.



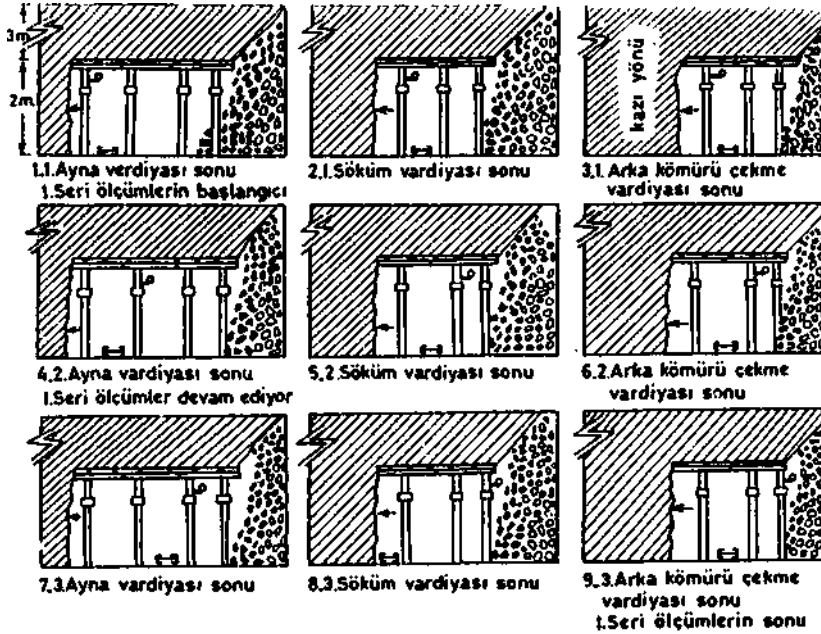
Şekil 2. ölçümlerde kullanılan hidrolik yük ölçme cihazı

3.2. Konverjans Ölçme Düzenegi

Tavan alçalmaları hidrolik direk üzerine yerleştirilen iki referans noktası arasında yapılmıştır. Referans noktalarının birincisi direğin iç olarak adlandırılan erkek kısmına, ikincisi ise direğin kovan olarak adlandırılan dış kısmına yerleştirilmiştir. Ölçümler milimetrik şerit metre ile yapılmıştır.

4. YÜK VE KONVERJANS ÖLÇÜMLERİ

Ölçümler +285 kotunda teşkil edilen 1 ve 2 no'lu ayaklarda yapılmıştır. Bu ayaklarda kurulan beş adet yük ve konverjans ölçüm istasyonunda iki saat arayla ölçüm değerleri alınarak kaydedilmiştir. 1 no'lu ayakta kurulan iki istasyonda 14 seri, 2 no'lu ayakta kurulan üç istasyonda 32 seri olmak üzere toplam 46 seri yük ve konverjans ölçümü yapılmıştır. Her "seri" ölçüm periyodu Şekil 3'de görüldüğü üzere, bir üretim periyodu içerisinde, ayağın belirli bir konumdan başlayıp yine aynı başlangıç konumuna gelmesine kadar geçen süreyi kapsamaktadır. Bu süre yaklaşık dokuz vardiya civarındadır.



Şekil 3. Ayakta yapılan çalışmalar ve ölçme düzeneklerinin konumu

Yük ve konverjans ölçüm istasyonları, 1 no'lu ayakta motor başından itibaren ayağın (SIL-1) altıncı ve (SIL-2) ondördüncü metrelerine kurulmuştur. Bu iki istasyon noktasında 17.11.1992 tarihinde başlayan ölçümler, 2.12.1992 tarihine kadar sürmüştür.

2 no'lu ayakta oluşturulan ölçüm istasyonları, motor başından itibaren ayağın (S2L-1) onbirinci, (S2L-2) otuzikinci ve (S2L-3) elli altıncı metrelerine kurulmuştur. 2 no'lu ayakta 17.11.1992 tarihinde başlayan ölçümler, 10.01.1993 tarihine kadar devam etmiştir.

5.1. Ölçüm Sonuçları

5.1.1. Yük Ölçüm Sonuçları

Darkale Yeraltı Ocağı +285-1 ve +285-2 no'lu ayaklarda yapılan ölçümlerden elde edilen veri sayısı çok fazla olduğundan ve tümünün verilmesine olanak olmadığından, her seri ölçüm için ayak aynası, ayak ortası ve ayak arkasında alınan ölçüm değerlerinden, ayaktaki direk sıklığına göre hesaplanan ortalama ve maksimum yük yoğunlukları ortalamaları verilmiştir (Çizelge 2-3). Ayrıca her seri yük ölçümü için ayrı ayrı çizilen zamana bağlı grafiklerden ikisi örnek olarak Şekil 4 ve 5'de verilmektedir. Grafikler üzerinde, ölçüm anında ayakta yapılan iş ve ayağın hangi pozisyonunda ölçümün yapıldığı da belirtilmektedir.

Ölçüm sonuçlarına göre +285-1 no'lu ayağa etki eden ortalama yük yoğunluğu 27.54 t/m², maksimum yük yoğunlukları ortalaması 33.39 t/m², +285-2 no'lu ayağa etki eden ortalama yük yoğunluğu 23.01 t/m², maksimum yük yoğunlukları ortalaması 27.79 t/m² olarak belirlenmiştir.

Ölçüm istasyonlarının ayak içerisindeki konumu ve ölçülen maksimum yük yoğunluklarına göre çizilen ve her iki ayak üzerindeki yayılı yükü gösteren grafik, şekil 6'da verilmektedir. Grafikte de görüldüğü üzere, ayakların kısa eksen boyunca en fazla yük ayak arkasına etki etmektedir. Ayakların uzun eksen boyunca dengeli bir yük yoğunluğu dağılımının olduğu belirlenmiştir.

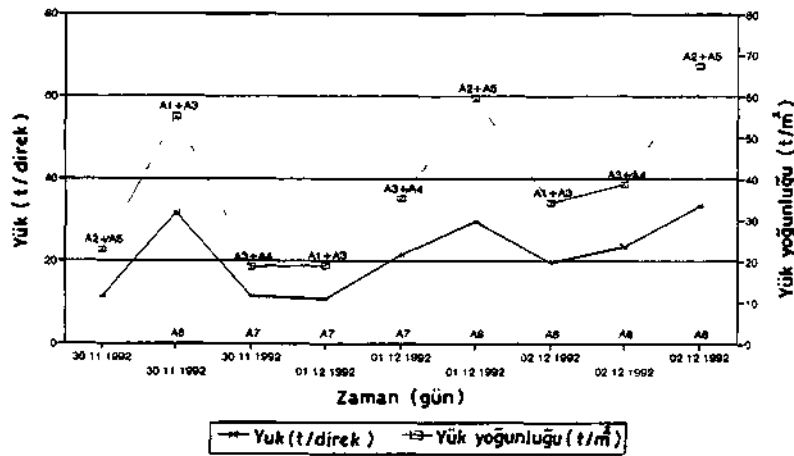
Çizelge 2. +285-1 no'lu ayakta ölçülen ortalama ve maksimum yük yoğunlukları

İstasyon No	Seri No	Ölçüm İstasyonlarının Ayaktaki Konumu							
		A6 (t/m ²)		A7 (t/m ²)		A8 (t/m ²)		Ortalama(t/m ²)	
		Ort.	Max.	Ort.	Max.	Ort.	Max.	Ort.	Max.
1	1	15.8	25.3	14.9	15.7	33.5	41.5	23.7	27.5
	2	14.5	20.3	22.7	28.7	27.8	34.9	21.7	28.0
	3	23.4	32.0	22.0	22.0	29.3	39.0	26.5	31.0
	4	38.9	55.2	24.1	35.1	49.9	67.3	38.9	52.5
Ortalama		21.4	33.2	21.4	25.4	34.8	45.7	27.4	34.8
2	1	5.0	6.6	5.2	5.8	34.9	42.0	18.6	18.2
	2	23.3	40.5	45.1	54.5	65.1	68.2	44.8	54.4
	3	14.8	16.5	13.5	15.7	32.4	38.2	22.1	23.5
Ortalama		13.6	21.2	23.3	25.4	41.6	49.5	27.9	32.0
Genel Ortalama		18.2	27.2	22.4	25.4	39.3	47.6	27.5	33.4

Çizelge 3. +285-2 no'lu ayakta ölçülen ortalama ve maksimum yük yoğunlukları

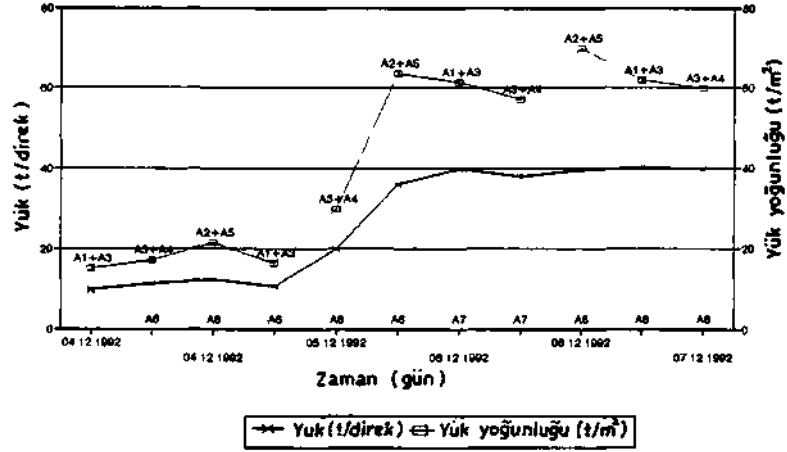
İstasyon No	Seri No	ölçüm İstasyonlarının Ayaktaki Konumu							
		A6 (t/m ²)		A7 (t/m ²)		A8 (t/m ²)		Ortalama(t/m ²)	
		Ort.	Max.	Ort.	Max.	Ort.	Max.	Ort.	Max.
1	1	19.7	35.2	30.2	32.9	39.0	44.0	29.5	37.0
	2	20.9	24.9	17.9	20.1	49.5	61.4	29.4	35.5
	3	32.8	37.7	15.9	17.7	27.1	37.8	28.2	31.1
	4	12.2	14.4	7.2	8.6	14.3	16.0	12.0	13.0
	5	17.6	20.0	28.5	33.6	62.1	73.6	36.1	42.4
Ortalama		23.2	26.3	20.7	22.4	37.8	46.6	28.4	31.8
2	1	13.2	13.9	14.6	15.0	22.1	31.4	16.8	20.1
	2	4.4	5.1	13.7	16.7	22.2	27.2	13.4	16.3
	3	27.2	63.5	59.2	61.4	63.9	69.9	43.0	65.0
	4	31.1	49.5	38.2	39.4	57.8	72.0	40.0	53.6
	5	15.8	16.7	14.2	16.9	19.1	21.8	17.2	18.5
	6	11.4	11.7	8.0	8.9	9.1	13.4	9.6	11.3
Ortalama		21.9	26.7	23.2	26.4	29.6	39.3	25.4	30.8
1	1	17.7	19.2	15.8	19.2	13.2	14.3	15.3	17.5
	2	20.2	20.9	19.1	21.4	15.2	16.8	17.3	19.7
	3	18.4	21.3	17.6	17.9	34.2	51.6	23.1	30.3
	4	15.2	19.2	14.9	16.2	18.5	19.2	16.0	18.2
	5	13.9	18.5	11.6	14.9	17.2	22.2	14.9	18.4
Ortalama		17.1	19.8	15.6	17.9	15.7	24.8	14.8	20.8
Genel Ortalama		20.9	24.3	19.8	22.2	28.0	36.9	23.0	27.8

A6: Yük ölçer ayak aynasında, A7: Yük ölçer ayak ortasında, A8: Yük ölçer ayak arkasında



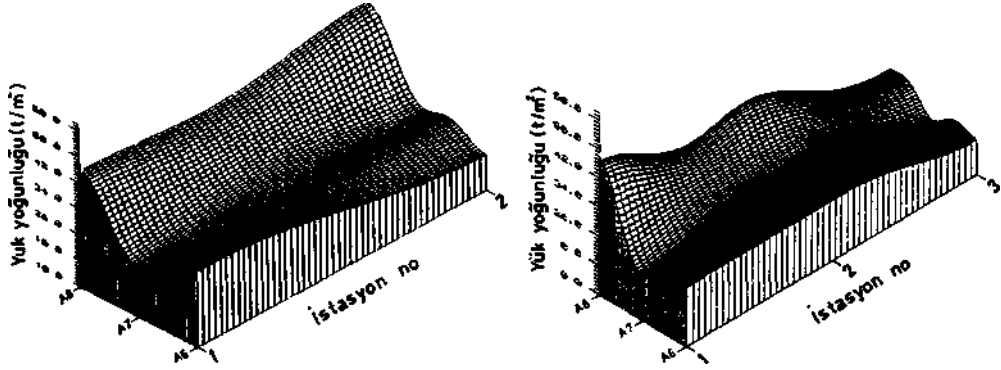
A1. Ayna kazısı, A2: Söküm, A3 .Arka kömürünü çekme, A4 Oluk havesi, A5: Konveyör çekimi

Şekil 4. +285-1 no'lu ayak 4. seri yük ölçüm sonuçları



Şekil 5 +285-2 no'lu ayak 3 seri yük ölçüm sonuçları

Tüm ölçümlerin yalnız 6 adedinde hidrolik direğin nominal taşıma yüküne (40 ton) ulaşılmıştır. Diğer ölçümlerin tümü, direk taşıma kapasitelerinin altındadır. Ayakta yapılan ayna kazısı, söküm, arka kömürünün alınması, oluk çekimi ve patlatma işlerine bakıldığında, en fazla yük yoğunluğu söküm işlemi yapılırken ayak arkasında oluşmaktadır. En düşük yük yoğunluğu ise ayna kazısı sırasında belirlenmiştir.



(a) + 285-1 no'lu ayak

(b) + 285-2 no'lu ayak

Şekil 6 Ayakların kısa ve uzun eksenli boyunca belirlenen maksimum yük yoğunluğundan

5.1.2. Tavan Alçalması (Konverjans) Ölçüm Sonuçları

Konverjans ölçümleri her iki ayakta da yük ölçümleriyle beraber yürütülmüştür. +285-1 no'lu ayakta yapılan yedi seri ölçümden en yüksek toplam konverjans 81 mm, +285-2 no'lu ayakta yapılan 16 seri ölçümden en yüksek toplam konverjans değeri ise 168 mm olarak belirlenmiştir, ölçümlerden elde edilen sonuçlar, toplam konverjans değerleri, günlük ayak ilerleme hızı ve birim ayak ilerlemesine karşılık oluşan konverjans değerleri Çizelge 4 ve 5'de ayrıntılı olarak verilmektedir. Ayak ilerleme hızı arttıkça konverjans değerleri, azalmaktadır (Şekil 7). Benzer şekilde ayakta ölçülen yüklerle konverjans arasında da belirgin bir ilişkinin varlığı saptanmıştır, ölçümlere göre yük yoğunluğu arttıkça konverjans da artmaktadır (Şekil 8).

Çizelge 4. 285-1 no'lu ayakta yapılan konverjans ölçümleri

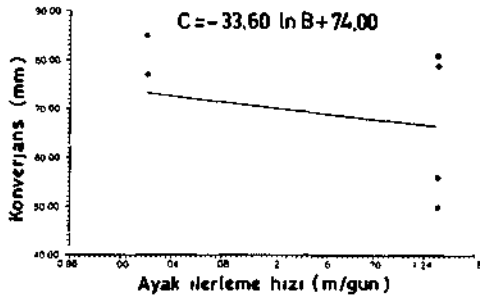
Seri No	1 Nolu İstasyon			2 Nolu İstasyon		
	T.K. (mm)	B.İ.K. (mm/m)	A.İ.H. (m/gün)	T.K. (mm)	B.İ.K. (mm/m)	A.İ.H. (m/gün)
1	68	18.13	1.02	71	18.93	1.02
2	56	14.93	1.25	79	21.07	1.25
3	77	20.53	1.02	50	13.33	1.25
4	81	21.60	1.25			

T.K. : Toplam konverjans
B.İ.K. : Birim ilerlemeye karşı konverjans
A.İ.H. : Ayak ilerleme hızı

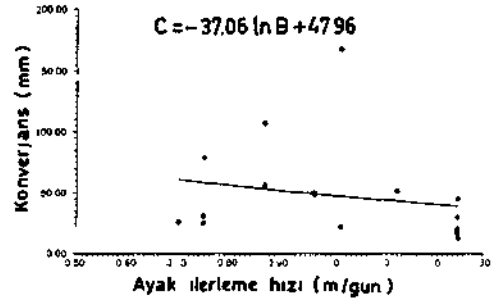
Her iki ayakta yapılan 23 seri konverjans ölçümünden elde edilen verilere göre zamana bağlı grafikler hazırlanmıştır. Burada bu grafiklerin hepsini vermek mümkün olmadığı için, örnek olarak iki tanesi Şekil 9 ve 10'da verilmektedir. Grafikler üzerinde ölçüm anında ayakta yapılan iş ve ölçüm yeri de ayrıca belirtilmektedir.

Çizelge 5. 285-2 no'lu ayakta yapılan konverjans ölçümleri

Seri No	1 Nolu İstasyon			2 Nolu İstasyon			3 Nolu İstasyon		
	T.K. (mm)	BIK. (mm/m)	A.İ.H. (m/gün)	T.K. (mm)	BIK. (mm/m)	A.İ.H. (m/gün)	T.K. (mm)	BIK. (mm/m)	A.İ.H. (m/gün)
1	51	13.60	1.13	17	4.53	1.25	14	3.73	1.25
2	46	12.27	1.25	18	4.80	1.25	21	5.60	1.25
3	79	21.07	0.75	168	44.80	1.02	56	14.93	0.87
4	26	6.93	0.75	107	28.53	0.87	22	5.87	1.02
5	46	12.27	1.25	31	8.27	1.25	31	8.27	0.75
6				26	6.93	0.70			

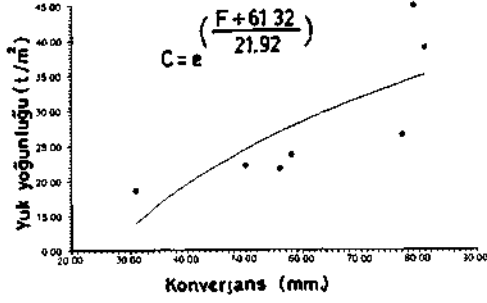


(a) +285-1 no'lu ayak

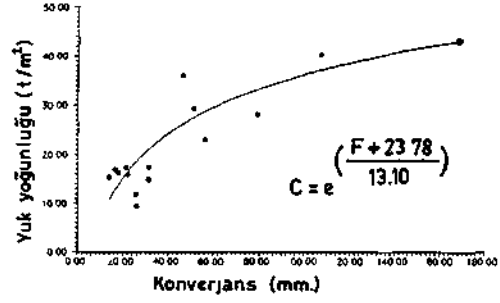


(b) +285-2 no'lu ayak

Şekil 7 Ayak ilerleme hızı konverjans arasındaki ilişki

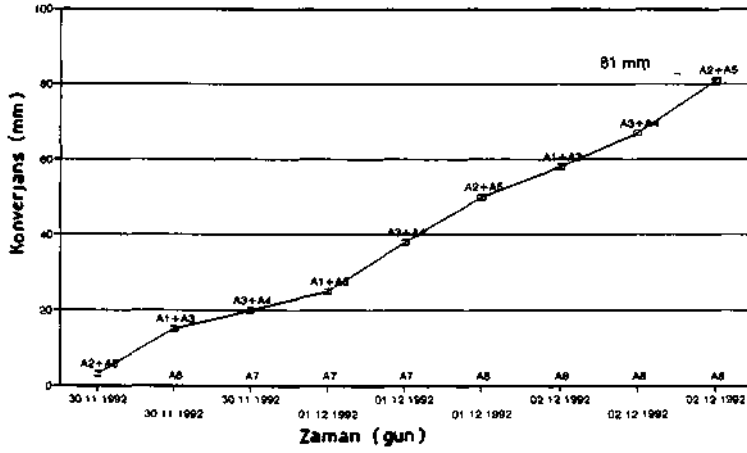


(a) +285-1 no'lu ayak

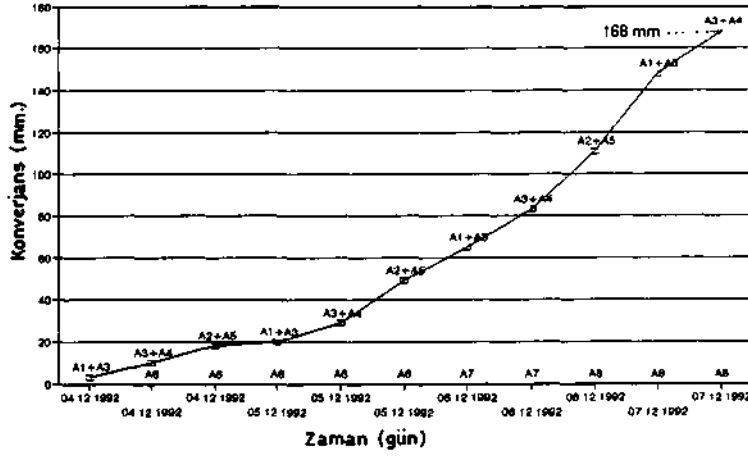


(b) +285-2 no'lu ayak

Şekil 8 Yük yoğunluğu konverjans arasındaki ilişki



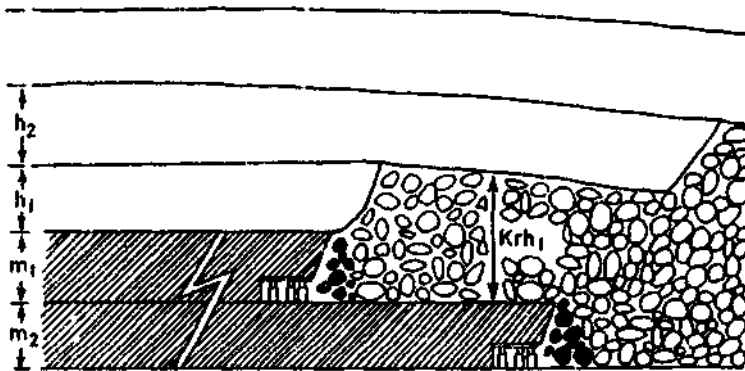
Şekil 9 285-1 no'lu ayak 1 istasyon 4 sen konverjans ölçüm sonuçları



Şekil 10. 285-2 no'lu ayak 2. istasyon 2. seri konverjans ölçüm sonuçları

6. TEORİK YÜK YOĞUNLUKLARININ HESAPLANMASI

Yeraltında, uzunayak yöntemi ile üretim yapılması durumunda, ayağa etki eden tavan yükünün hesaplanması, "göçme yüksekliğinin" belirlenmesiyle bulunur. Göçme yüksekliği en basit şekliyle, üretimin yapıldığı damar kalınlığına ve tavan tabakalarının hacim artışı faktörüne bağlıdır. Dilimler halinde arkadan göçermeli uzunayak yöntemiyle çalışılan kalın kömür damarlarında, üretim esnasında meydana gelen kömür kaybı, üretilen kömüre kıyasla yankayaç miktardan ve bir üst dilim tavan göçüğünün yankalı (Kr) kabarma faktörü gibi etmenler de, göçme yüksekliği hesaplanırken gözönüne alınmalıdır.



Şekil 11. Arkadan göçermeli dilimler halinde üretim yapılan ayaklarda göçme yüksekliği analizi

m : Üretilen dilim kalınlığı (m) h : Göçme yüksekliği (m)
 v : Göçükte kalan kömür oranı (%) s : Tüvenana kansan tavantaşı oranı (%)
 γ_1 : Kömür yoğunluğu (ton/m³) γ_2 : Tavan taşıortalama yoğunluğu (ton/m³)
 K : Tavantaşının kabarma faktörü Kr: Yankalıcı kabarma faktörü
 Kc : Kömürün kabarma faktörü n : Üretim boşluğu yüksekliği (m)
 u : Göçükte kalan kömürün yüksekliği (m) d : Birim alandan üretilen kömür miktarı (ton/m²)
 r : Birim alandan üretilen tüvenan kömür miktarı (ton/m²)
 y : Birim alandan üretilen tüvenan kömüre kansan tavantaşı miktar (ton/m²)

Birim alandan üretilen kömür miktar ve kömüre kansan yankayaç miktarının hesaplanabümesi için, 1 ve 3 no'lu eşitlikler yazılabilir.

$$d = m(1 - v)\gamma_1 \quad (D)$$

$$r = d + sr \quad \Rightarrow \quad r = d + \frac{d}{1 - s} \quad (2)$$

$$y = rs \quad (3)$$

Bu durumda, üretim sonucu oluşacak boşluk "n" olmak üzere aşağıdaki eşitlik yazılabilir

$$n = \frac{d}{\gamma_1} + \frac{y}{\gamma_2} \quad (4)$$

Şekil 11'e göre 1. dilimin göçme yüksekliğinin hesaplanabümesi için 5 no'lu eşitlik yazılabilir

$$n + u + h_1 = uKc + hK \quad (5)$$

$$u = mv \quad (6)$$

5 no'lu eşitliğe 1, 2, 3, 4 ve 6 no'lu eşitlikler uygulanırsa, arkadan göçertmeli dilimler halinde çalışılan uzunayaklardaki 1. dilimin göçme yüksekliği eşitlik 7'de gösterildiği gibi hesaplanabilecektir.

$$h_1 = \frac{m(1 - v)[s(\gamma_1 \gamma_2) + \gamma_2]}{(K - 1)(1 - s)\gamma_2} - \frac{mv(Kc - 1)}{(K - 1)} \quad (7)$$

ikinci dilimin göçme yüksekliği Şekil 11'den faydanılarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir

$$n + u + m_1 + h_1 + h_2 = uKc + (h_1 + h_2)K \quad (8)$$

$$m_1 + h_1 = Krh_1 \quad (9)$$

$$h_2 = \frac{n - u(Kc - 1)}{(K - 1)} - \frac{h_1(K - Kr)}{K - 1} \quad (10)$$

10 no'lu eşitliğe 1, 2, 3, 4 ve 6 no'lu eşitlikler uygulanırsa, eşitlik aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$h_2 = \frac{m(1 - v)[s(\gamma_1 - \gamma_2) + \gamma_2]}{(K - 1)(1 - s)\gamma_2} - \frac{mv(Kc - 1)}{(K - 1)} - \frac{h_1(K - Kr)}{(K - 1)} \quad (11)$$

İkinci dilimin göçme yüksekliği; h olmak üzere

$$h = h_1 + h_2 \quad (12)$$

$$h = \frac{m(1 - v)[s(\gamma_1 - \gamma_2) + \gamma_2]}{(K - 1)(1 - s)\gamma_2} - \frac{mv(Kc - 1)}{(K - 1)} + h_1 \left(1 - \frac{K - Kr}{K - 1}\right) \quad (13)$$

Üçüncü ve daha sonraki dilimlerin yalancı tavan yüksekliklerinin hesaplanabilmesi için, "f" dilimlerin üretim sırası olmak üzere, 13 no'lu eşitliği aşağıdaki şekilde yazmak mümkündür.

$$h_f = \frac{m(1 - v)[s(\gamma_1 - \gamma_2) + \gamma_2]}{(K - 1)(1 - s)\gamma_2} - \frac{mv(Kc - 1)}{(K - 1)} + h_{f-1} \left(1 - \frac{K - Kr}{K - 1}\right) \quad (14)$$

6.1. Teorik Yüklerle Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Darkale Yeraltı Ocağı'nda yapılan, ölçümlerle aynı ocak için önerilen teorik göçme yüksekliği yaklaşımıyla hesaplanan yük yoğunluklarının karşılaştırılması, çizelge 6'da verilmektedir. Kabarma faktörü 1.5, yankalı kabarma faktörü 1.05 alınarak yapılan teorik hesaplamaya göre yalancı tavan yüksekliği 11.95 m, yayılı yük yoğunluğu da 25.10 ton/m² olarak hesaplanmaktadır. Bu değer +285-1 ve +285-2 no'lu ayaklarda yapılan ölçüm değerlerine oldukça yakındır.

Laboratuvar deneyleri sonucu, tavan formasyonlarını oluşturan marmın birim hacim ağırlığı 2.1 ton/m³, kömürün birim hacim ağırlığı ise 1.30 ton/m³ olarak belirlenmiştir. Üretim yöntemi gereği, bırakılan topuklar hariç, kömür kaybı %5 civarında oluşmaktadır (7,8). Üretilen tüvenan kömüre kansan yankayaç oranının işletmedeki teknik elemanlarla yapılan görüşmelere göre %20 civarında olduğu belirlenmiştir.

Daha önce Tunçbilek'te yapılan bir çalışmada benzer özellikteki kayaçların kabarma faktörü 1.469 olarak belirlenmiştir (9). Benzer kayaçlar için Peng ve Chiang, kabarma faktörünü 1.4 den büyük vermektedir (10). Aynı araştırmacılar kömürün kabarma faktörünü de 1.3' den büyük olarak vermektedir.

Kömürün kabarma faktörü (Kc) 1.4 kabul edilerek, tavan kayaçlarının iki değişik kabarma ve yankalı kabarma faktörüne göre hesaplamalar yapılmıştır. Darkale Yeraltı Ocağı' nda dilimler yaklaşık 10 aylık süre içerisinde üretilmektedir. Bu nedenle üst dilimin tavan göçüğü tamamen sıkışarak kalıcı kabarma faktörüne yakın değerlere ulaşmaktadır. Bu durum gözönüne alınarak yan kalıcı kabarma faktörünün (Kr) iki değişik değeri için (1.05 ve 1.1) ayrı ayrı hesaplama yapılmıştır (Çizelge 6). Ayrıca Darkale Yeraltı Ocağı' nda yük ve konverjans ölçümleri 4.üncü dilimde yapıldığından, hesaplar $f=4$ alınarak yapılmıştır.

Çizelge 6. Darkale Yeraltı Ocağı +285 no'lu pano için hesaplanan ve ölçülen yük yoğunlukları

K=1.45				K=1.50				Yük Ölçümleri			
Kr=1.05		Kr=1.10		Kr=1.05		Kr=1.10		285-1 Nolu Ayak		285-2 Nolu Ayak	
h (m)	Y.Y. (t/m ²)	h (m)	Y.Y. (t/m ²)	h (m)	Y.Y. (t/m ²)	h (m)	Y.Y. (t/m ²)	Ort. Y.Y. (t/m ²)	Max. Y.Y. (t/m ²)	Ort. Y.Y. (t/m ²)	Max. Y.Y. (t/m ²)
13.42	28.18	15.28	32.10	11.95	25.10	13.43	28.20	27.54	33.39	23.01	27.79

Y.Y. : Yük yoğunluğu

Ülkemizdeki kalın kömür damarlarında yaygın olarak uygulanan geri dönümlü arkadan göçertmeli üretim yönteminde, tavan yükünü 14 no'lu eşitlik yardımıyla hesaplamak mümkündür. Bu eşitlikte kömür kaybı, kömüre kansan yankayaç oranı ve bir üst dilimin etkisi de ayrıca verilmektedir.

7. SONUÇ

O Arkadan göçertmeli yöntemle üretim yapılan kalın kömür damarları için önerilen teorik yaklaşımla hesaplanan yük yoğunluğu (25.10 t/m²) ile ölçülen ortalama yük yoğunlukları (27.54 t/m² ve 23.01 t/m²) birbirleriyle uyum sağlamaktadır.

G Ülkemizdeki kalın kömür damarlarında yaygın olarak uygulanan geri dönümlü arkadan göçertmeli üretim yönteminde göçme yüksekliği ve dolayısı ile tavan yüklerinin hesaplanabilmesinde, kömür kaybı, kömüre kansan yankayaç oranı ve bir üst dilimin etkisi gibi parametreleri de içeren teorik yaklaşım (14 no'lu eşitlik) kullanılabilir. Bu yaklaşım yerinde yapılan ölçümlerle de desteklenmiştir.

- Ölçülen maksimum yüklerin ortalaması +285-1 no'lu ayakta 33.39 t/m^2 , +285-2 no'lu ayakta 27.79 t/m^2 dir. En düşük direk yoğunluğu $0.56 \text{ m}^2/\text{direk}$ olan bu işletmede, hidrolik direğe gelen en fazla yük 18.70 tondur. Bu değer hidrolik direk nominal taşıma kapasitesinin (401) altındadır.
- O Ölçüm istasyonlarının ayak içerisindeki konumu ve ölçülen maksimum yük yoğunlukları gözönüne alındığında, ayakların uzun eksenine boyunca dengeli bir yük dağılımı oluşmaktadır. Ayakların kısa eksenine boyunca ise en fazla yük yoğunluğu ayak arkasında belirlenmiştir.
- O Ayaklarda yapılan ayna kazısı, söküm, arka kömürünün alınması, oluk çekimi ve patlatma işlerinde, en fazla yük yoğunluğu söküm işlemi yapılırken ayak arkasında belirlenmiştir. Bu nedenle söküm işi yapılırken, ikinci sarmaya vurulan emniyet direği uygulaması iyi sonuç vermektedir.
- O Her iki ayakta da yapılan ölçümlerde hidrolik direklerde 1 ile 40 t arasında değişen yükler okunmuştur. Bunun en önemli nedeni tavan kömürünün tam kırılmayıp giriş görevi görmesi veya tavan kömürü iyice göçertilememekte ve arkada kalan bloklar aniden göçerek dinamik yüklere neden olmaktadır.
- O +258 - 1 no'lu ayakta en yüksek konverjans değeri 81 mm , en düşük konverjans değeri ise 31 mm olarak ölçülmüştür. +285-2 no'lu ayakta ise en yüksek konverjans değeri 2. istasyon noktasında ikinci seri ölçümlerde 168 mm olarak ölçülmüştür. Aynı seride ölçülen yük yoğunlukları ortalaması da, 43.04 t/m^2 gibi oldukça yüksek bir değerdir.
- O Her iki ayakta da yük yoğunluğu ile konverjans arasında doğru orantının, ayak ilerleme hızı ile konverjans arasında ise ters orantının varlığı net bir şekilde belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. KONAK, G., Measurement and Evaluation of Loads and Convergences in Underground Coal Mines With Regard to Roof Control, Doktora Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü 1995, İzmir, 220 s.
2. KÖSE, H., ŞENKAL, S., ŞENKAL, G., Tunçbilek Yeraltı İşletmesinde Yapılan Yük ve Konverjans Ölçümlerinin Değerlendirilmesi, Türkiye 8. Kömür Kongresi, 1992, Zonguldak, s. 83-97.

3. BİLİR, M.E., MÜFTÜOĞLU, Y.V., Hidrolik Direkli Uzunayakta Yük ve Konverjans Ölçümlerinin Değerlendirilmesi, Türkiye 14. Madencilik Kongresi, 1995, Ankara, s. 7-14.
4. BİRÖN, C, ARIOĞLU, E., Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı, Birsen Kitapevi, 1985, İstanbul, s.22-44.
5. KÖSE, H., KAHRAMAN, B., Kaya Mekaniği, Dokuz Eylül Üniversitesi, MM/MAD.89.EY.177, 1989, İzmir, s. 4.24-4.37.
6. PAŞAMEHMETOĞLU, A.G., ÜNAL, E., TUTLUOĞLU, L., Etibank Bigadiç Madenleri İşletmeleri Müessese Müdürlüğü, Simav Yeraltı Ocağı Kaya Mekaniği Etütleri, ODTÜ, Maden Mühendisliği Bölümü, 1988, Ankara, s. 87-183.
7. ÖZBİRSEL, C, DERİN, A., E.L.İ. Soma Bölgesi Yeraltı Ocaklarında Kalın Kömür Daman Üretiminde Karşılaşılan Güçlükler ve Ocak Yangınları ile Mücadele Yöntemleri, Türkiye 5. Kömür Kongresi, 5-9 Mayıs 1986, Zonguldak, s. 58.
8. İNCİ, Y.S., DERİN, A., E.L.İ. Soma İşletmesi Darkale Yeraltı Ocağında İşletme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Türkiye 12. Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi, 13-16 Mayıs 1991, Ankara, s. 117-131.
9. KÖSE, H., TATAR, Ç., KONAK, G., ONARGAN, T., KIZIL, M.S., Ömerler Yeraltı İşletmesi Tabaka Kontrolü Yük ve Konverjans Ölçümleri, Araştırma Projesi, DEÜ Müh.Fak., 1994, İzmir.
10. PENG, S.S. ve CHIANG, H.S., Longwall Mining, John Wiley and Sons, 1984, New York, s. 17-70.
11. PAŞAMEHMETOĞLU, A.G., BİLGİN, A., KARPUZ, C, KARA, A.A., G.L.İ Tunçbilek Bölgesi Uzunayaklarının Tabaka Kontrolü Açısından Şncelenmesi, Türkiye 2. Kömür Kongresi, 12-16 Mayıs 1980, Zonguldak, s. 181-198.