

GÜNEY AFRİKA, PERMIYEN YAŞLI WITBANK KÖMÜR TABAKALARININ SEDİMANTOLOJİSİ VE JEOKİMYASI*

B. CAIRNCROS

R.J. HART

J.P. WILLIS

Çeviren: Ertem TUNCALI MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Dairesi, ANKARA

ÖZ : Witbank kömür sahasında, kömür içeren Vryheid Formasyonunda yapılan sedimantolojik araştırmalar, Kömür/turba yatağının hem denizel, hemde denizel olmayan paleoyataklanma olaylarıyla ilgili olduğunu göstermiştir. Turba yığışımının son aşamasında bataklık denizel transgresyonla su basmasına uğramış, turba (kömür) üzerine çamur ve silt depolanmıştır. Üste gelen bu çökeller tipik denizel özelliktedir ve glokonitle birlikte denizel iz (ıcho) fosiller bir arada bulunur. Benzer stratigrafik durumlar, havzanın herhangi bir yerinde, turba bataklığının denizel olmayan fluvyal sistemler tarafından kaplanmasıdır ki buralarda iri kum ve çakıllar turba üzerinde yataklanmıştır. Bölgedeki 2, 4, 5 nolu kömür damarlarının jeokimyasal analizleri. Nötron aktivasyon analiz cihazı (INAA) ve X-Ray floresans spektrometrisi ile gerçekleştirilmiştir. Bu analizler, kömür jeokimyasının, sedimantolojik yorumların tamamlayıcısı olduğunu gösterir. Bor, klor, lityum ve brom gibi denizel çökeller içinde daha fazla yoğunlaşma eğiliminde olan elementler, denizel tabakalar tarafından örtülen kömürlerin üst kısımlarında, denizel olmayan fluvyal ardışıklar tarafından örtülen kömürlere göre daha fazla yoğunluk gösterir.

Bu açıklama, adı geçen elementlerin radyoaktiviteyi arttırdığını göstermez. Çok değişkenli diskriminant analizler kullanılarak, kömür tabakalarının iz element bileşimleri, bu tabakaların daha iyi tanınmasındaki yolları sağlamış olur. Spesifik bir sahadaki her bir kömür damarı parçası ona ait bir iz element bileşime dayanılarak, tanımlanmasına izin verir. Eğer, kömür sahasında bilinmeyen alanlar araştırılacak olursa, paleoyataklanmanın, stratigrafik dizilimine ilişkin bilgilerle birlikte, sayısal jeokimya analizleri kömürlerin daha çabuk tanınmasına yardımcı olur.

GİRİŞ VE METODLAR

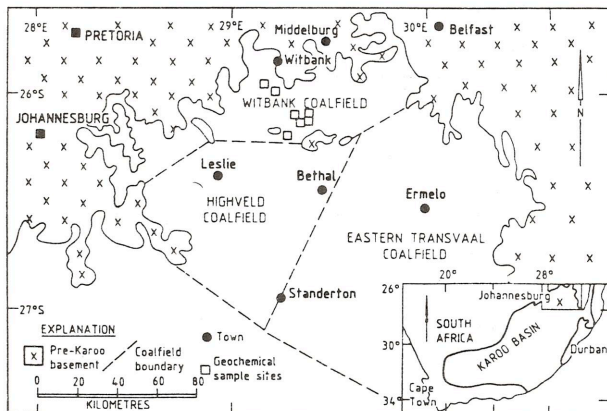
Güney Afrika'da Johannesburg'un yaklaşık 100 km kadar doğusunda bulunan Witbank kömür sahasında birkaç yıldan beri kömür (Şekil 1) ve komşu kayalar için sedimantolojik çalışmalar düzenlenmiştir. Bu kömür sahası, Cumhuriyet'in toplam kömür rezervlerinin 1/5 ini kapsar ve en büyük yatak olması nedeniyle ilin enerji ve ihracat rezervini sağlar.

Kömür içeren birimler Alt Permiyen yaşlıdır ve litostratigrafik özelliklerine göre Ecca Grubunun Vryheid Formasyonu olarak ayırtlanmıştır. Kumtaşı, konglomera, silttaşı, şeyl ve diamiktit'ten oluşan istif içerisinde 6 adet kömür damarı vardır. Tüm formasyonun kalınlığı 200 m. yi nadiren aşar. Kömür Damarları tabanda (1), tavanda (6) olmak üzere numaralandırılmıştır ve bölgede 2, 4, 5 nolu damarlar işletilmektedir (Şekil 2).

* "International Journal of Coal Geology" Dergisinin Aralık 1990 da yayımlanan Vol: 16 No: 4 te 309-323'ncü sayfalar arasında yer alan makaleden çevrilmiştir.

Çeşitli disiplinlerin çalışmalarına ek olarak sedimantoloji ve jeokimya çalışmaları, çökel kayalar ve bunlarla birlikte bulunan kömürlerin yataklanma ortamlarının yorumlanması üzerine toplanmıştır. Elde edilen veriler, sonradan yataklanma ortamlarının oynadığı rolün tayin edilmesi ile, ilk olarak kömür damarının yayılım ve kalınlığı, ikinci olarak kömür kalitesinin tanımlanmasında kullanılmıştır.

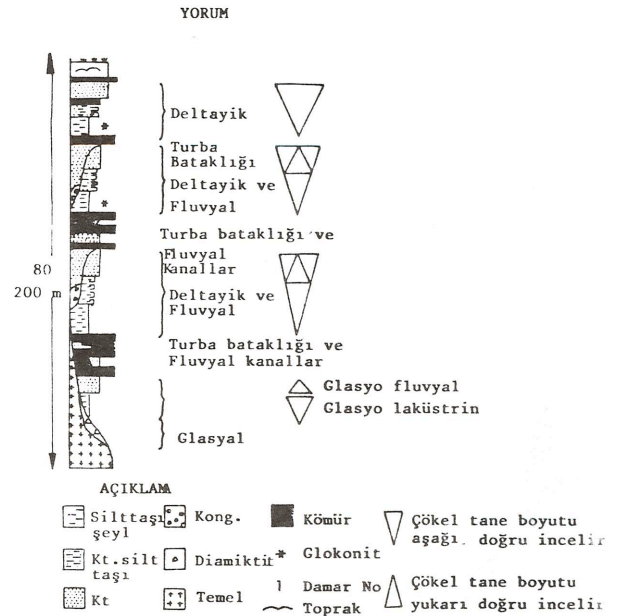
Bu çalışmaların uygulanması, kömür formasyonları ve bununla birlikte bulunan komşu kayaların orijinlerinin anlaşılmasında çok önemli rol oynamıştır. Özellikle kömürün kapsadığı esas ve tali elementler (demir, alüminyum, silis, kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum) ve bunların kömürün yanma özelliğine olan etkileri, yapılan araştırmaların temelini oluşturmuştur. Kömürdeki iz element bileşimlerine olan ilgi, özellikle çevre kirlenmesi probleminin büyümesiyle birlikte büyük oranda artmış ve bu nedenle kömürün orijininin yorumlanmasında, son zamanlarda iz element jeokimyası kullanılmaya başlanmıştır. Kömürü oluşturan belli başlı elementlerle iz element kapsamları, yalnızca kömürün yakılmasında değil, diğer fiziksel özellikleri olan sertlik, kırılgenlik, cüruf ve fusion ısısını da etkiler. Bütün bunlar kömürün ister ısı kaynağı olarak yakıt üretiminde, ister cevherden metal üretiminde redüktan olarak kullanılsın, performansını etkiler. Bu konuda uzmanlaşmış bir çok kişi, çökeller içinde oluşan spesifik iz element konsantrasyonlarının yataklanma sırasındaki ortamların açıklanmasında kullanılabileceğini göstermişlerdir. Çökeller içindeki spesifik iz element konsantrasyonlarının depolanma sırasın-



Şekil 1 Witbank Kömür sahasının yeri ve jeokimyasal örnek yerleri.

daki ortamı işaret etmek için kullanılabileceği, bu konuda çalışan uzmanlar tarafından deneysel olarak gösterilmiştir. Bu düşüncenin dayanağı; bor, klor, lityum, kükürt ve vanadyum gibi bazı elementlerin, denizel kökenli çökellerde, tatlısu çökellerine göre daha fazla konsantre olmalarıdır. Bu olaylar kömür madenciliği endüstrisinde pratik uygulama olanağına sahiptir. Örneğin bazı kömür damarlarının üzerini örten denizel tabakalarda denizel olmayan tabakalara göre daha fazla kükürt içeriğine sahiptir. Bu elemental-jeoloji ilişkisi, düşük kükürlü kömür araştırmalarında, arama aracı gibi görev yapabilir.

Geçen 20 yılda hem yüksek akışkanlı nükleer reaktörler ve hemde bununla ilgili nükleer detektör sistemlerin büyümesinde, bugün var olan potansiyel iz element analitik tekniği aletsel nötron aktivasyon analizi (INAA) ve daha duyarlı olan kesin iz element analitik tekniklerin ortaya çıkarılmasında büyük gelişmeler olmuştur. Bu, kömür gibi kar-



Şekil 2 Witbank kömür sahasındaki Vryheid Formasyonunun litolojilerini, Kömür damarlarını ve depolanma ortamının yorumunu gösteren, stratigrafik kolon. Örnekler discriminant fonksiyon analizinde kullanılmak üzere 1, 2, 4 ve 5 nolu damarlardan türetilmiştir (Şekil 4-6). Denizel transgresyonlar, 2, 4 ve 5 nolu kömür damarlarının üzerindeki şeyl ve silttaş ile temsil edilir.

maşık matrikslerin analizi, kolayca uygulanabilen INAA ile yapılır. Bununla birlikte, karbon matriksiyle onun homojen olmayan doğası, fiziksel ve kimyasal yapısı, örnek hazırlama ve örnek alımındaki hatalar için INAA'ya ek olarak daha çok iz element tekniği, önemli problemleri ortaya çıkarır.

Genellikle INAA için yalnızca 0,2 g kömür örneği alınır. Kömürün çok fazla heterojen olmasından dolayı bütün kömür çalışmalarının böyle küçük bir örnek ile temsil edilmesi oldukça güçtür. Bu sebepten, güvenilir örnek eldesi için 3-4 kg lık oluk örneği derlenir. Bu örnek 20-40 mesh boyutuna getirilir. Daha sonra 50 g lık yarılanmış örnek 300 mesh boyutuna getirilerek bunun 0,2 g'ı INAA analizi için alınır.

Karbon matriksi, nötron akımına karşı saydamdır. Onun bu özelliği kömür içinde çok sayıda elementin analizine olanak sağlar

Jeolojik malzemelerdeki esas, tali ve iz element determinasyonunda, daha çok aletsel tekniklerin uygulandığı X-Ray floresans spektrometri (XRFS) yöntemi kullanılır. XRFS ile külsüz kömürde 32 element konsantrasyonu tanımlanmıştır. Külsüz olmanın avantajı; kömür öncelikle analiz edilmekte ve uçucu maddenin hiçbiri kaybolmamaktadır, böylece aynı maddeler hem INAA hem XRFS yöntemleriyle analiz edilmektedir.

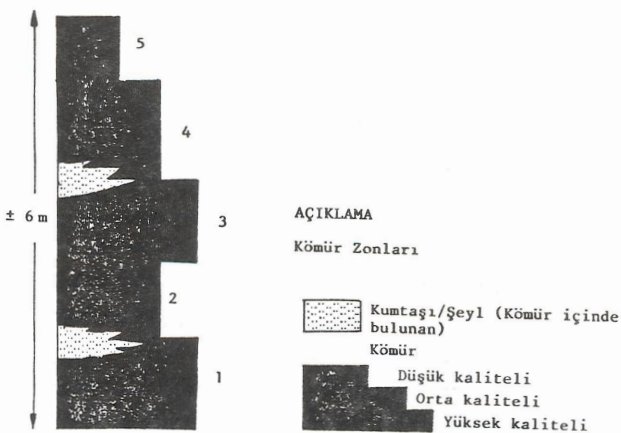
Her iki analiz yönteminin kullanılmasının 3 nedeni vardır. Birincisi; bazı elementler (Si, Al, Ti,

Ca, Mg, P, V, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Y, Zr, Ba, Pb) XRFS ile kesinlikle, INAA ile ise daha az tanımlanabilmektedir. Doğada nadir olarak bulunan diğer elementler U, Hf, Ta, Co, Cs, Br, Sb ve As konsantrasyonlarının oluşumu, XRFS nin ayırma limitlerinin altında olduğundan, INAA ile daha kesin tanımlanabilir. İkincisi; bazı iz-element oranları (Zr/Hf ve Ni/Co), kömürün metamorfizması, yataklanma ve orijinleri hakkında önemli ipuçları verebilmektedir. Her iki yöntemlede gerekli ayrıntıları elde etmek olanaklıdır. Üçüncüsü; her iki teknikle yapılan Co, As, La, Th, Br, Se ve U analizleri farklı araştırmalar ve düzeltmelerin karşılaştırılmasına olanak vermekte ve böylece her zaman çok iyi kalitede sonuçlar sağlamaktadır.

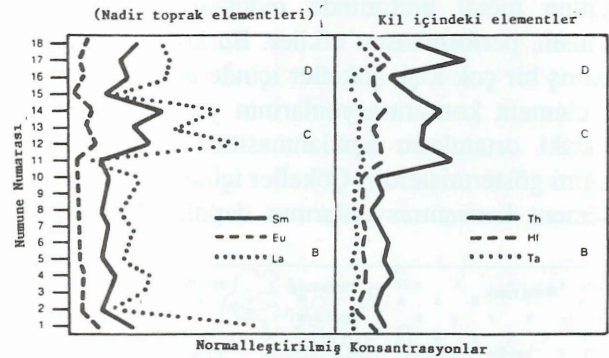
YATAKLANMA ORTAMLARI

Tropikal ve nispeten ılık koşullarda oluşmuş kuzey yarım küresinin Karbonifer kömürleri, düşük ısıda buzul sonrası paleoklimatik bir rejimde oluşmuş güney yarımküre Permiyen kömürlerinden farklıdır. Bu iki bölge kömürlerinin tiplerinde (derece, rank v.b.) farklıdır.

Kömürleşme sürecinde Gondwana kıtasının geniş alanları kontinental buz tabakası ile örtülmüştür. En alttaki 1 ve 2 nolu damarlar ve bunlarla birlikte bulunan çökeller (Şekil 2), kuzeye doğru



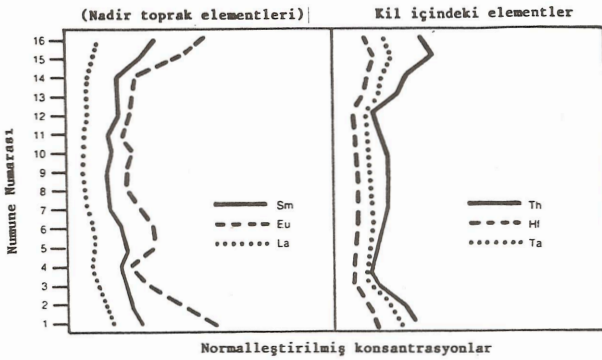
Şekil 3 Witbank kömür sahasındaki 2 nolu damarın tipik kömür profili. Düşük kaliteli = % 25 kül, Orta Kalite = % 25 kül, Yüksek kalite = % 10 kül.



Şekil 4 2 nolu damarın tabanından (Örnek No: 1) tavanına kadar (Örnek No: 18) olan iz elementler dağılımı. Damarda şeyilli kısmın temsil edildiği 10 ve 15 nolu örnekler arasındaki değer artışı dikkat çekicidir. Düşey eksendeki örneklerin (Şekil: 5 ve 6 da var olan) herbiri damarın tabanından tavanına kadar, Şekil 3 deki tipik kesitte gösterildiği gibi, ortalama 30 cm lik kömür ve/veya kömür olmayan örnekleriyle temsil edilir.

çekilen glasiyerlerle aynı zamanda birikmişlerdir. Yüzen buzul tablalarının kanıtı olan varlaşmış buzul gölü şeylleri ve damla taşlarını basenin kuzeyine doğru bulmak olanaklıdır. Buna ek olarak kömür petrografisi ve palinolojisi bataklığın oluşumu sırasında buzul sonrası soğuk iklimin olduğunu gösterir.

Buzul tablalarının ileri doğru hareketinin taban topoğrafyasını etkilediği bu topoğrafya üzerinde de Vryheid Formasyonunun depolanmış olduğu söylenebilir. Düzgün olmayan bu topoğrafya en alttaki kömür damarı ve çökellerin dağılımını çok fazla etkilemiştir. Nehirler, vadilerin aşağılarında kanallar açmış, kuzeyin kaynak sahalarından akarken taşıdıkları kum ve iri taneli çakıllar bu alanlarda depolanmış böylece oluşan sığ-yatay uzanımlı geniş platformlarda turbalar birikmiştir. Klastik sedimanlar havzanın kuzey kanadında yer alan çoğunlukla granitik kayalardan türemiştir. Bu nehirler böylece daha sonra kömür sahasında bulunan ve arkozik litolojiye dönüşen yüksek feldspat kapsayan çökelleri taşımıştır. Turba yığılması, bataklıkları parçalara ayıran nehirler tarafından sık sık kesilmiştir. Turba yatağıyla birlikte oluşan nehir kanalı ve kıyı ötesi sellenmelerin birbirine etkisi, 1 ve 2 nolu kömür damarlarının dağılımını ve kalitesini doğrudan etkilemiştir. Bu eş zamanlı nehir kanallarındaki kum ve killer, bataklıklarda kötü derecelenme ve kötü kaliteli kömürün sebebidir. Kömür damarlarının hem organik hem inorganik birleşmelerinde oluşan iz elementler, bu fluyval işlemler nedeniyle kömürün kimyasal yapısını etkilemiştir. 1 ve 2 nolu kömür damarlarının glasyo-fluyval kumtaşı ve glasyal orijinli sediment kayaç topluluklarla birlikte bulunmasına karşın 3, 4, 5 ve



Şekil 5 Şekil 4 de gösterildiği gibi benzer elementel eğriler. Ancak profilde kırıntılı (kömürsüz) arakatıklar yoktur.

6 nolu kömür damarlarının üstünde Şekil 2 de gösterildiği gibi deltayık ve fluyval yataklanmalar birlikte bulunur. 4 ve 5 nolu damarların üzerinde bulunan çamurtaşı ve silttaşı birimlerinin glokonu içermesi (Şekil 2), bu birimlerin depolanma sırasında denizel bir ortamın varlığını düşündürmektedir.

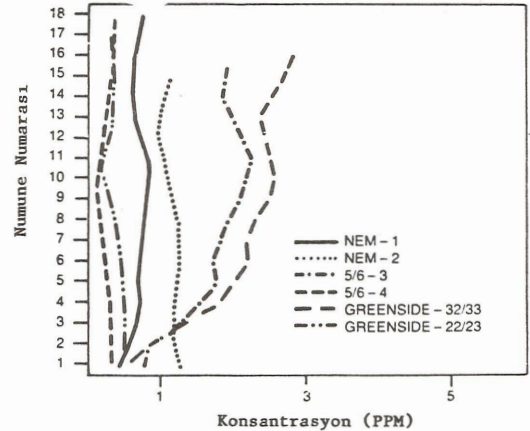
Buna ek olarak iz element toplulukları denizel ilişkiyi gösterir. Ayrıca Rhuzocorallüm, Skolithos, Siphoniscus ve Cruziana'da denizel oluşum için elde edilen fazladan delillerdir.

Kömür sahasının başka kısımlarında, kuzeyde havzanın merkezine yakın olan yerlerde olduğu gibi, denizel olmayan fluyval kumtaşları doğrudan 3, 4, ve nolu damarların üzerine gelir. Denizel arjilit aralanmasının bulunduğu sahalarda tabakalar tipik olarak arkozik, çok kaba taneli, çakıllı ve kötü boylanmalıdır.

2 NOLU KÖMÜR DAMARI

2 nolu kömür damarı, sahasında işletilen damardır. Bu damarın 1 den 5'e kadar olan ortalama zon kalitesi Tablo 1 de gösterilmiş ve damarın sabit karbon, uçucu ve kalorifik değerleri ASTM kömür sınıflandırmasına göre yüksek uçuculu (B) taşkömür derecesinde olabileceğini göstermiştir. Witbank kömür sahasındaki 2 nolu esas, tali ve iz elementleri Tablo 2 de listelenmiştir.

Tablo 2 deki veriler; maden ocağından alınan örnekler, Kazma makinasıyla kömür aynasından alınan örnekler ve buna ek olarak Şekil 1 de gösterilen diğer lokasyonlardan alınan örneklerden derlenmiştir.



Şekil 6 Altı ayrı mevkiiden, 2 nolu damarın içindeki brom dağılımı. Bu altı ayrı mevki Şekil 1 de gösterilmiştir.

Tablo 1 Witbank kömür sahasındaki 2 nolu kömür damarının ortalama kaliteleri

2 Nolu Kömür Damarı	Ortalama Kalınlık (m)	Nem %	Kül %	Uçucu madde %	Sabit C	Kalorifik Değer (MJ/kg)
Zon 5 (Tavan)	1.00	1.7	26.6	18.4	53.3	20.2
Zon 4	1.90	2.3	19.2	20.4	58.1	25.5
Zon 3	0.80	2.1	8.3	27.7	61.9	30.6
Zon 2	1.20	1.9	18.3	21.3	58.6	26.6
Zon 1 (Taban)	1.20	1.9	9.1	33.8	55.2	30.8

Kömür sahası boyunca Cu, Ga, Se, Zr, Hf gibi bazı elementler küçük değişimler gösterirken Zn, Ge, Br, Cr, Co gibi diğerleri ise çok büyük derecede değişim gösterirler.

2 nolu damarın tanımlanan 5 esas bandının kalitesini gösteren bilgiler Tablo 1 dedir. Bu iç bölünmeye ait bilgiler başka bir çalışmadan alınmıştır ve damarın genel stratigrafik bölümleri (Şekil 3) de şematize edilmiştir. Genellikle damar, düşük kaliteli bir zon tarafından örtülmüş yüksek kaliteli bir taban bandı kapsar. Bu üst üste bulunuş sırası, ikinci yüksek kaliteli, düşük küllü birimin yukarıya doğru düşük kaliteli kömür tarafından örtülmesi gibi, kömürün en üst düzeyine ulaşıncaya kadar devam eder. Kömür tabakasının üst bölümündeki düşey bozuşma, turba oluşum sürecinin son aşaması sırasında biriken turbaya, üstte uzanan transgresif silt ve kil karışımının etkisini yansıtır.

Damardaki kömür kalitesinin değişimi, alta uzanan düzgün olmayan topoğrafya ile birlikte, farklı sıkışma, havza duraylılığı, su tablasının değişmesi de dahil olmak üzere birden fazla faktörün birbirine etkisi ve kombinasyonunun ne-

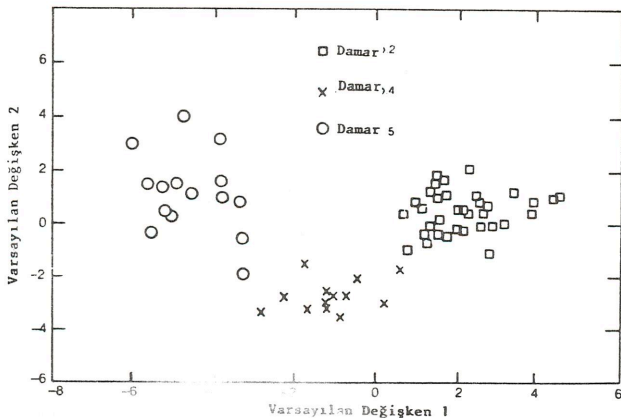
den olduğunu düşündürür.

Damarın stratigrafisi iz element analizleriyle ortaya çıkarılmıştır. 2 nolu damarın içindeki iz element dağılımı kömür tarafından örtülen klastik materyalin varlığına veya yokluğuna bağlıdır.

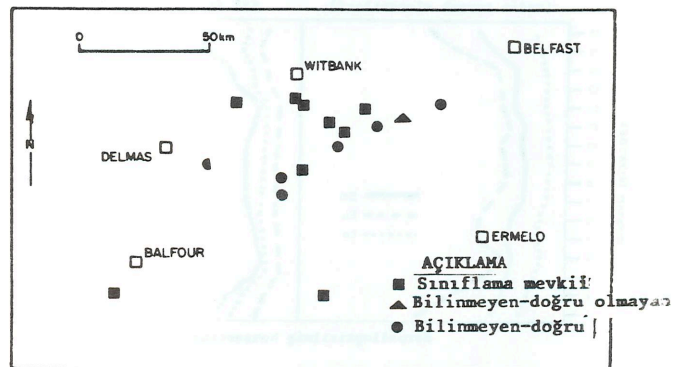
Şekil 4 de gösterildiği gibi bir kesitte, 10 dan 15'e kadar olan örnek numaraları damarın şeylli kısmındadır ve bu kısımdaki yükselme nadir toprak elementlerine (REE) karşılık gelir. Buna karşın, şeyl veya kumtaşının olmadığı kömür damarının (REE) lerindeki küçük değişimler (Şekil 5) de gösterilmiştir.

Şekil 5'in damar kesitinde, var olmayan ayraçlar ve (REE) örnekleri, taban ve tavan hariç önemli değişiklik göstermez (Örnek 1 den 4'e ve 14 den 16'ya). Taban ve tavandaki bu artışlar, geçişli dokanaklar, düşen ve yükselen kömür bloklarındaki ara tabakalara karşılık gelir.

Brom (Br), organik özelliklere sahiptir ve konsantrasyonda genellikle düzgün ve dar bir sıralanım gösterir. Bununla birlikte yataklanma ortamının kimyasındaki değişikliklere karşı duyarlıdır. Brom, genellikle tatlı suya göre deniz suyunda daha fazla bulunmasından dolayı denizden



Şekil 7 Witbank kömür sahasındaki 2, 4 ve 5 nolu damarlara ait kömür örneklerinin MDA'i.



Şekil 8 Discriminant fonksiyon analizi kullanarak sınıflaması test edilen kömür damarları yerleri.

Tablo 2 Witbank kömür sahasındaki 2 nolu damarın işletildiği tarihteki esas ve iz elementleri

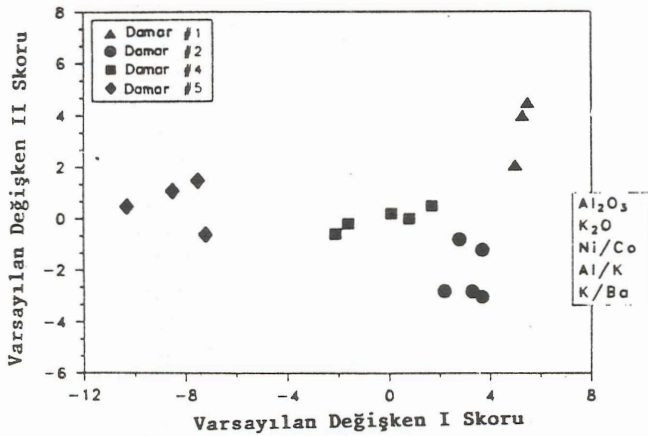
wt. %	Min.	Max.	Ortalama	n	Metod
SiO ₂	2.7	20.0	10.3	41	XRF
TiO ₂	0.14	0.54	0.32	41	XRF
Al ₂ O ₃	3.7	10.6	6.7	41	XRF
FeO	0.38	3.8	1.1	41	XRF
MnO	0.00	0.02	0.01	41	XRF
MgO	0.03	0.82	0.30	41	XRF
CaO	0.07	4.8	1.4	41	XRF
Na ₂ O	0.00	0.12	0.02	41	XRF
K ₂ O	0.03	0.38	0.13	41	XRF
P ₂ O ₅	0.00	0.66	0.21	41	XRF
S	0.51	1.7	0.96	41	XRF
OrgM	64.0	88.0	79.0	41	
<i>ppm</i>					
As	1.3	12.0	4.6	41	INAA
Ba	91.0	763.0	358.0	41	XRF
Bi	<0.9	1.7	1.3	2	XRF
Br	<0.13	2.7	0.8	21	INAA
Co	2.0	31.0	7.9	41	INAA
Cr	1.2	60.0	28.0	41	XRF
Cs	0.33	3.1	1.4	18	INAA
Cu	5.0	20.0	9.7	41	XRF
Ga	3.6	22.0	11.0	41	XRF
Ge	<0.5	22.0	2.1	37	XRF
Hf	1.2	3.0	2.3	18	INAA
Nb	1.2	15.0	7.9	41	XRF
Ni	4.1	56.0	17.0	41	XRF
Pb	<1.7	20.0	10.0	37	XRF
Rb	1.3	23.0	7.5	41	XRF
Sb	0.24	1.9	0.47	18	INAA
Sc	2.3	12.0	6.5	41	INAA
Se	<0.4	1.8	0.9	29	XRF
Sr	50.0	871.0	363.0	41	XRF
Ta	0.35	2.4	0.87	18	INAA
Th	4.6	38.0	15.0	41	INAA
U	1.2	9.3	4.0	41	INAA
V	7.7	81.0	27.0	41	XRF
W	<2.1	6.3	3.9	11	XRF
Y	5.8	30.0	17.0	41	XRF
Zn	1.0	41.0	10.0	41	XRF
Zr	34.0	170.0	96.0	41	XRF
La*	9.7	63.0	26.0	18	INAA
Ce*	22.0	83.0	47.0	18	XRF
Nd*	9.6	38.0	20.0	18	XRF
Sm*	1.9	10.0	3.9	18	INAA
Eu*	0.26	1.1	0.58	18	INAA
Tb*	0.25	1.1	0.55	18	INAA

*REEs

Tablo 3 "Tanımlaması yapılacak örneklerden" "Learning samples" türemiş sınıflama fonksiyonu kullanılarak, bilinmeyen kömür damarı örneklerinin sınıflaması Şekil 9 da gösterilmiştir.

Kömür damarları içindeki sınıflama oranı

Mevkii/damar	Damar1	Damar2	Damar4	Damar5
1/Damar 2	0	98	2	0
2/Damar 2	100	0	0	0
2/Damar 4	0	1	99	0
2/Damar 5	0	0	0	100
3/Damar 2	0	97	3	0
3/Damar 2	99	1	0	0
3/Damar 4	0	2	100	0
3/Damar 4	0	0	100	0
4/Damar 2	0	95	5	0
5/Damar 2	0	100	0	0
5/Damar 2	0	97	3	0
6/Damar 1A	0	2	98	0
6/Damar 2A	0	1	99	0
6/Damar 2	99	1	0	0
6/Damar 2	0	17	83	0
6/Damar 4L	0	89	11	0
6/Damar 4U	0	0	100	0



Şekil 9 Witbank ve Highveld kömür sahasındaki (yıkılmış örnekler) kömür damarları üzerindeki Discriminant Fonksiyon Analizi.

türeyen çökellerde zenginleşir. Deniz suyundaki ortalama Br konsantrasyonu 67 000 ppb, nehir suyunda 20 ppb dir. 2 nolu damarın üzerindeki Br içeriğinin nispeten yüksek olması, bu damarın üst kısmının hızla deniz transgresyonuna uğradığı şeklindeki sedimantolojik yorumları destekleyici delil sağlar.

Şekil 6, 2 nolu damar içindeki Br dağılımını gösterir. Eğrilerden ikisi, tabandan tavana doğru Br değerindeki artışı gösterir. Turba yığılma zamanında, bataklık kimyasındaki düzey değişime karşılık, esasında bataklığın erken evresinde denizel olmayan asidik ortamlar hüküm sürmüş bunu izleyen evrede damarın tavanına yakın kısımlarında transgresif havza suları ve daha çok deniz (yüksek pH) etkili olmuştur. Diğer sahalarda Br konsantrasyonu kalıntıları değişmemiştir (Şekil 6). Bu son anlatılan örnek yerlerinin üzerinde uzanan tabakalar denizel olmayan kumtaşları olarak yorumlanmıştır.

Denizel transgresyon sonrası, bu özel kumtaşlarının etkisiyle altta uzanan turba, denizel transgresif havza sularından korunmuş, böylece bu fluvyal kumtaşları altında bulunan kömürün Br kapsamındaki küçük değişimin nedeni olmuştur.

MULTIVARIANT DISCRIMINANT ANALYSIS

"Çok değişkenli ayırma analizi"

Kömürün sınıflandırılması ve özelliklerinin ayırtılmasında kullanılan MDA, iz element jeokimyasının daha ileri uygulamasıdır. Tek tek damarların tanımlanması bu tekniğe açık bir örnektir. Anlaşıldığına göre, tek bir jeokimyasal parametre yokken, Witbank'ın her damarının sınıflaması bilinmeyen örnekleri uygun bir kategori içersinde sadece bu metotla ayırtılabilmıştır. Örneğin, Witbank havzasının belli başlı üç damarının (No: 2, 4 ve 5) ortalama iz element kapsamaları birbirine çok yakındır. Bununla beraber bu üç damarın discriminant analizi, damarları iyi tanımlanmış gruplara ayırmıştır (Şekil 7).

Discriminant fonksiyon analizinde çok başarıyla kullanılan elementler Co, Br ve nadir toprak elementleridir. Discriminant fonksiyon analizinde örnek olarak kullanılan Witbank ve Highveld Kömür Sahalarındaki (Şekil 1) kömür damarlarının bazı esas ve iz elementleri (Şekil 8) de gösterilmiştir. Witbank ve Highveld kömür saha-

larındaki 1, 2, 4 ve 5 nolu damarlara ait örnekler dokuz ayrı mevkiiden toplanmıştır (Şekil 8).

Bu örnekler, bilinen damar içinde (correct seam), bilinmeyen örnekleri sınıflamaya yardım için DFA kullanarak, bir sınıflama fonksiyonu oluşturmak için kullanılmıştır.

"Tanımlanması yapılacak örnekler" (Learning Samples), 1, 2, 4 ve 5 nolu damarlardan, bunların kimyasal bileşimindeki Al, K, Ni, Co ve Ba elementleri baz alınarak, birbirinden kolayca ayırt edilmiştir (Şekil 9). Her ne kadar, Şekil 9 da ve iki damar örnekleri arasında açık bir ayırım olsa da, bu 2 ve 4 nolu damarları ayırmak oldukça güçtür.

Sahada 6 ayrı mevkiideki örnekler, türetilmiş sınıflama fonksiyonunun doğruluğunu ve uygulanabilirliğini test etmek üzere kullanılmıştır. Bütün bu yerlerin birinde (No 6), örneklerin biri yanlış sınıflandırılmıştır (Tablo 3). Her ne kadar örneklerin ikisi 2. damardan çok 1. damar gibi sınıflandırılmışsada, diğer 5 mevkiideki örneklerin çoğu doğru sınıflandırılmıştır. Eğer, kömür damarının altındaki ve üstündeki istiflenme ve fasiyes birliklerinin dökümantasyonu yapılır, sonra jeolojik, jeokimyasal ve istatistiki veriler birleştirilirse kömür damarlarının tanımlanması daha çabuk yapılabilecektir.

SONUÇLAR

Sedimentolojik araştırmalar, kömür ve onunla birlikte bulunan çökel kayaçların orijin, dağılım ve oluşumu esaslarının kavranmasını sağlar. Sedimentolojik ve jeokimyasal verilerin birleştirilmesi, kömürlerin kategorilendirilmesi ve bileşiminin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olur. Örneğin, kömür bataklığına eşzamanlı fluyval kanallar çökel taşımı, böylece kömür içersine giren klastik taneler onun kimyasını değiştirmiştir. Witbank bölgesindeki arkozik kumtaşı, kuzeydoğusundaki nehirlerin kaynak sahalarının altında granitik bölgeler olduğunun delilidir. Nitekim damarların mineralojisi, kaynak bölgenin mineralleri ve element bileşimleri, granitik karanın benzer özelliklerini kuvvetli bir şekilde yansıtmaktadır.

Spesifik iz elementler kömürlerin hem organik hem inorganik bileşenlerinde birlikte bulunmuşlardır. Bazı elementlerin denizel çökellerle birlikte bulunma eğilimi, bölgeler için yapılan paleo ortamsal yorumları destekleyici veriler sağlar. Denizel transgresyonların stratigrafik durumları, tipik olarak denizel çökeller içinde yüksek konsantrasyonlar gösteren iz elementler ve sedimentolojik verilerden yorumlanmıştır.