

# MARKOV ZİNCİRİ ANALİZ YÖNTEMİNİN LİNYİT İÇEREN ZIRNAK FORMASYONUNA (PLİYÖSEN, HİNİS) UYGULANMASI

*Markov Chain analysis applied to lignite bearing Zırnak formation (Pliocene, Hınıs)*

Ali İhsan GEVREK MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, ANKARA  
İlker ŞENGÜLER MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, ANKARA

**ÖZ:** Bu çalışmada, linyit içeren Zırnak Formasyonunun litofasiyelerine Markov zinciri analiz yöntemi uygulanmıştır. Doğu Anadolu'da yeralan Pliyosen yaşlı Zırnak Formasyonu çakıltaşı, silttaşı, kiltası ve yer yer de tuf, aglomera ve linyit içermektedir.

Markov zinciri analizini uygulamak amacı ile Zırnak Formasyonunda yapılan kömür sondajlarından 5 tanesinin kömürlü seviyelerinde yeralan linyit, tuf, kiltası, silttaşı litofasiyeleri sayılmış ve birbirlerini ne kadar ardaladığı saptanmıştır. Bu verilerden bağımsız olasılı, geçişli olasılı ve fark matrisleri hesaplanmıştır.

Elde edilen değerlerden, incelenen sondajlarda kesilen litofasiyelerin birbiri ile olan ilişkileri ve geçişleri istatistiksel olarak saptanmıştır. Sonuç olarak; sondajlarda linyit-kiltası ve kiltası-lyinit geçişlerinin, linyit-tuf ve tuf-lyinit geçişlerine sayısal olarak yakın olduğu bulunmuştur. Linyit oluşumu ile çökeltme ortamına tuf gelişi arasındaki ilişki istatistiksel olarak belirlenmiştir.

**ABSTRACT:** In this study Markov chain analysis is applied to lignite bearing Zırnak Formation which is of Pliocene age and is located at Eastern Anatolia. It is composed of mainly conglomerate, sandstone, siltstone, claystone, limestone and locally tuff, agglomerate and lignite beds.

In order to apply Markov chain analysis lignite, tuff, claystone, and siltstone litofacies and their successions are counted from 5 drilling cores of Zırnak Formation. Independent trials probability, transition, probability, and difference matrixes are derived from this raw data. Litofacies relationships and transitions have statistically been described and interpreted.

As a result; lignite-claystone and claystone-lignite transitions are similar to lignite-tuff and tuff-lignite transitions. The relationships between the formation of lignite and occurrence tuff have been found statistically.

## GİRİŞ

Markov zinciri analiz yöntemi, olasılıklı istatistiksel bir metoddur. Aynı zaman aralığında ve aynı ortamda oluşan litofasiye ardalanmalarının birbiri ile ilişkilerini açıklamada kullanılmaktadır (Krumbein, 1968; Gingerich, 1969; Miall, 1973; Carr, 1982; Davis, 1986; Evans, 1991).

Bu çalışmada, yöntem, Doğu Anadolu bölgesinde geniş alanlar kaplayan Zırnak Formasyonunun (İlker, 1966) linyit içeren seviyelerine

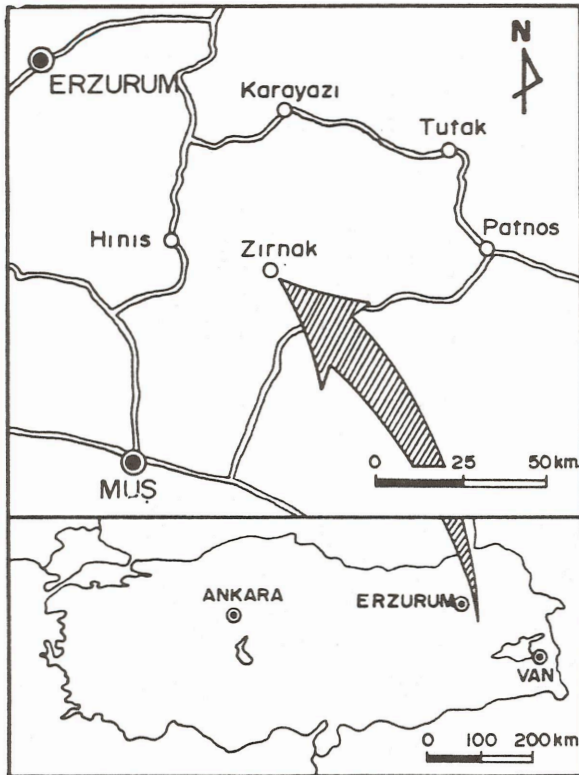
uygulanmıştır (Şekil 1). MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1971-1976 yılları arasında, formasyona adını veren Zırnak Tepe dolayında (Hınıs güneydoğusu) yapılan linyit sondajlarında kesilen litofasiyeler (Selvi, 1977) veri olarak kullanılmıştır.

Akarsu ve göl çökellerinden oluşan birim, tabanda 150 m. kalınlık sunan çakıltaşı ve sarı-gri renkli kumtaşı ardalanması ile başlar. Üzerinde ise beyaz-gri renkli, yer yer bol fosilli, mam-tuf, kiltası, silttaşı, linyit ardalanmasından oluşan ve

ortalama kalınlığı 30 m. olan seviye yer alır. En üstte yer alan sarı-boz renkli, gevşek çimentolu kumtaşı, marn ve gösel kireçtaşlarından oluşan seviyenin toplam kalınlığı ise 270 m. kadardır. (Şekil 2). Zırnak Formasyonunun toplam kalınlığı 450 m. (Şengüler ve diğ., 1991), yaşı ise Pliyosen'dir. (Akay ve diğ., 1989). Linyitler yarı mat özellikte olup egemen olarak karasal bataklık ürünüdür (Şengüler ve Toprak, 1991).

## ZIRNAK FORMASYONUNA AİT HESAPLAMALAR

Yöntemin uygulanmasına, öncelikle analiz edilecek litofasiyelerin tanımlanmasıyla başlanmaktadır. Zırnak Formasyonunda analiz edilen litofasiyeler tüf-linyit-silttaşı ve kilttaşıdır. Bunların tabaka kalınlıkları 0.05-3.50 m. arasında değişmekte olup analizde kalınlıklar değil, litofasiye sayısı dikkate alınmıştır. 1 No'lu kuyuda litofasiyeler toplamı 22'dir (Çizelge 1a). Analizde ikinci işlem fasiyelerin sayılması, tekrarlanma oranlarının bulunması ve bir çizelgede gösterilmesidir (Çizelge 1b). Buna sayılan geçiş matriksi (transition count matrix) denir. Çizelgede sayılan geçiş matriksinin bileşenleri  $f_{ij}$  sembolleri ile gösterilmiştir. Burada  $i$  satır,  $j$  sütun rakamlarını belirtir.



Şekil 1 Yer bulduru haritası.

Figure 1 Location map.

$i=j$  olduğu durumlarda "0" sıfır kullanılmış, diğer bir deyişle aynı litofasiyenin üst üste sayılmamasına özen gösterilmiştir. Örneğin, 1 no'lu kuyuda linyit üzerinde 3 defa tüf tabakası yer almaktadır ( $f_{ij} = 3$ ) (Çizelge 1b).

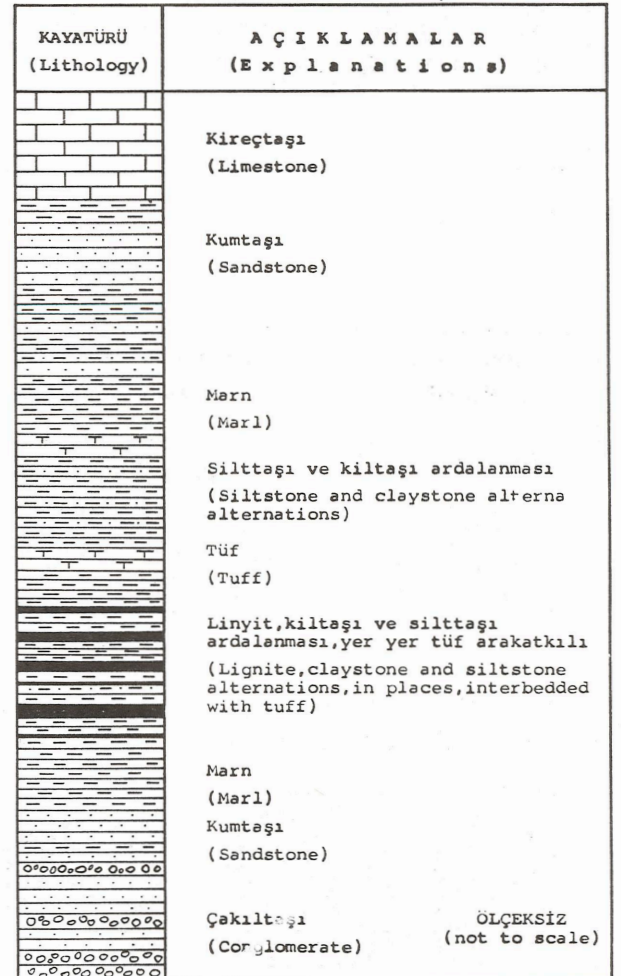
Yöntem gereği sayılan geçiş matriksinden üç olasılı matriks elde edilir:

1) Bağımsız olasılı matriks (Independent trials matrix):

Bağımsız olasılı matriks bileşenleri için rij sembolü kullanılır (Miall, 1973).

$f_{ij} = S_j / (t - S_i)$  ..... (1) eşitliği ile hesaplanır.

Bir no'lu kuyuda toplam litofasiye sayısı;  $t = 22$ , linyit sayısı;  $S_i = 8$  ve tüf litofasiye sayısı;  $S_j = 5$  dir (Çizelge 1a). Bu değerler yukarıda verilen



Şekil 2 Zırnak Formasyonunun genelleştirilmiş dikme kesiti.

Figure 2 Generalized columnar section of Zırnak Formation.

a. Litofasyonlar  
(Lithofacies)

Linyit (LT)	8
Tuf (TUF)	5
Kilasi (KIL)	5
Siltasi (SLT)	4
toplam	22

b. Sayılan geçiş matrisi (fij)  
( Transition count matrix )

	LT	TUF	KIL	SLT	TOPLAM
LT	0	3	2	3	8
TUF	3	0	1	1	5
KIL	4	0	0	0	4
SLT	1	2	1	0	4

c. Bağımsız olasılıklar matrisi (rij)  
( Independent trials matrix )

	LT	TUF	KIL	SLT
LT	0.00	0.36	0.36	0.29
TUF	0.47	0.00	0.29	0.24
KIL	0.47	0.29	0.00	0.24
SLT	0.44	0.28	0.28	0.00

d. Olasılı geçiş matrisi (pij)  
( Transition probability matrix )

	LT	TUF	KIL	SLT
LT	0.00	0.38	0.25	0.38
TUF	0.60	0.00	0.20	0.20
KIL	1.00	0.00	0.00	0.00
SLT	0.25	0.50	0.25	0.00

e. Fark matrisi (dij)  
( Difference matrix )

	LT	TUF	KIL	SLT
LT	0.00	0.02	-0.11	0.09
TUF	0.13	0.00	-0.09	-0.04
KIL	0.53	-0.29	0.00	-0.24
SLT	-0.19	0.22	-0.03	0.00

f. Ki kare değerleri (X<sup>2</sup>)  
( Chi square values )

	LT	TUF	KIL	SLT
LT	0.00	0.01	0.26	0.22
TUF	0.18	0.00	0.15	0.03
KIL	1.15	1.47	0.00	1.18
SLT	0.34	0.71	0.01	0.00
Toplam				5.71

Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8

Çizelge 1. 1 No.lu sondajın istatistiksel verileri.

Table 1 Statistical data of drilling number 1.

a. Litofasyonlar  
(Lithofacies)

Linyit (LT)	7
Tuf (TUF)	6
Kilasi (KIL)	11
Siltasi (SLT)	2
toplam	26

b. Sayılan geçiş matrisi (fij)  
( Transition count matrix )

	LT	TUF	KIL	SLT	TOPLAM
LT	0	1	6	0	7
TUF	3	0	2	1	6
KIL	4	6	0	1	11
SLT	0	0	2	0	2

c. Bağımsız olasılıklar matrisi (rij)  
( Independent trials matrix )

	LT	TUF	KIL	SLT
LT	0.00	0.32	0.58	0.11
TUF	0.35	0.00	0.55	0.10
KIL	0.47	0.40	0.00	0.13
SLT	0.29	0.25	0.46	0.00

d. Olasılı geçiş matrisi (pij)  
( Transition probability matrix )

	LT	TUF	KIL	SLT
LT	0.00	0.14	0.86	0.00
TUF	0.50	0.00	0.33	0.17
KIL	0.36	0.55	0.00	0.09
SLT	0.00	0.00	1.00	0.00

e. Fark matrisi (dij)  
( Difference matrix )

	LT	TUF	KIL	SLT
LT	0.00	-0.17	0.28	-0.11
TUF	0.15	0.00	-0.22	0.07
KIL	-0.10	0.15	0.00	-0.04
SLT	-0.29	-0.25	0.54	0.00

f. Ki kare değerleri (X<sup>2</sup>)  
( Chi square values )

	LT	TUF	KIL	SLT
LT	0.00	0.66	0.94	0.74
TUF	0.39	0.00	0.51	0.27
KIL	0.25	0.58	0.00	0.15
SLT	0.58	0.50	1.28	0.00
Toplam				6.84

Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8

Çizelge 2. 22 No.lu sondajın istatistiksel verileri.

Table 2 Statistical data of drilling number 22.

<b>a. Litofasyonlar (Lithofacies)</b>		<b>b. Sayılan geçiş matrisi (fij) (Transition count matrix)</b>					<b>c. Bağımsız olasılı matrisi (rij) (Independent trials matrix)</b>							
Linyit (LT)	15		LT	TUF	KİL	SLT	TOPLAM		LT	TUF	KİL	SLT		
Tuf (TUF)	13	LT	0	9	5	1	15	LT	0.00	0.52	0.36	0.12		
Kilitasi (KİL)	9	TUF	7	0	5	1	13	TUF	0.56	0.00	0.33	0.11		
Siltasi (SLT)	3	KİL	5	3	0	1	9	KİL	0.48	0.42	0.00	0.10		
toplam	40	SLT	3	0	0	0	3	SLT	0.41	0.35	0.24	0.00		
<b>d. Olasılı geçiş matrisi (pij) (Transition probability matrix)</b>		<b>e. Fark matrisi (dij) (Difference matrix)</b>					<b>f. Ki kare değerleri (X2) (Chi square values)</b>							
	LT	TUF	KİL	SLT		LT	TUF	KİL	SLT		LT	TUF	KİL	SLT
LT	0.00	0.60	0.33	0.07	LT	0.00	0.08	-0.03	-0.05	LT	0.00	0.18	0.03	0.36
TUF	0.54	0.00	0.38	0.08	TUF	-0.02	0.00	0.05	-0.03	TUF	0.01	0.00	0.10	0.14
KİL	0.56	0.33	0.00	0.11	KİL	0.07	-0.09	0.00	0.01	KİL	0.10	0.16	0.00	0.02
SLT	1.00	0.00	0.00	0.00	SLT	0.59	-0.35	-0.24	0.00	SLT	2.62	1.05	0.73	0.00
										Toplam		5.49		

Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8

Çizelge 3.23 No.lu sondajın istatistiksel verileri.

Table 3 Statistical data of drilling number 23.

<b>a. Litofasyonlar (Lithofacies)</b>		<b>b. Sayılan geçiş matrisi (fij) (Transition count matrix)</b>					<b>c. Bağımsız olasılı matrisi (rij) (Independent trials matrix)</b>							
Linyit (LT)	12		LT	TUF	KİL	SLT	TOPLAM		LT	TUF	KİL	SLT		
Tuf (TUF)	11	LT	0	5	7	0	12	LT	0.00	0.48	0.48	0.04		
Kilitasi (KİL)	11	TUF	5	0	5	1	11	TUF	0.50	0.00	0.46	0.04		
Siltasi (SLT)	1	KİL	7	4	0	0	11	KİL	0.50	0.46	0.00	0.04		
toplam	35	SLT	1	0	0	0	1	SLT	0.35	0.32	0.32	0.00		
<b>d. Olasılı geçiş matrisi (pij) (Transition probability matrix)</b>		<b>e. Fark matrisi (dij) (Difference matrix)</b>					<b>f. Ki kare değerleri (X2) (Chi square values)</b>							
	LT	TUF	KİL	SLT		LT	TUF	KİL	SLT		LT	TUF	KİL	SLT
LT	0.00	0.42	0.58	0.00	LT	0.00	-0.06	0.11	-0.04	LT	0.00	0.10	0.28	0.52
TUF	0.45	0.00	0.45	0.09	TUF	-0.05	0.00	0.00	0.05	TUF	0.05	0.00	0.00	0.64
KİL	0.64	0.36	0.00	0.00	KİL	0.14	-0.09	0.00	-0.04	KİL	0.41	0.22	0.00	0.46
SLT	1.00	0.00	0.00	0.00	SLT	0.65	-0.32	-0.32	0.00	SLT	1.19	0.32	0.32	0.00
										Toplam		4.5		

Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8

Çizelge 4.24 No.lu sondajın istatistiksel verileri.

Table 4 Statistical data of drilling number 24.

a. Litofasiyeler (Lithofacies)		b. Sayılan geçiş matrisi (fij) (Transition count matrix)						c. Bağımsız olasılı matrisi (rij) (Independent trials matrix)				
Linyit (LT)	13		LT	TUF	KIL	SLT	TOPLAM		LT	TUF	KIL	SLT
Tuf (TUF)	8	LT	0	4	9	0	13	LT	0.00	0.25	0.56	0.19
Kiltası (KIL)	18	TUF	2	0	4	2	8	TUF	0.35	0.00	0.49	0.16
Siltası (SLT)	6	KIL	11	4	0	3	18	KIL	0.48	0.30	0.00	0.22
Toplam	45	SLT	0	1	5	0	6	SLT	0.33	0.21	0.46	0.00

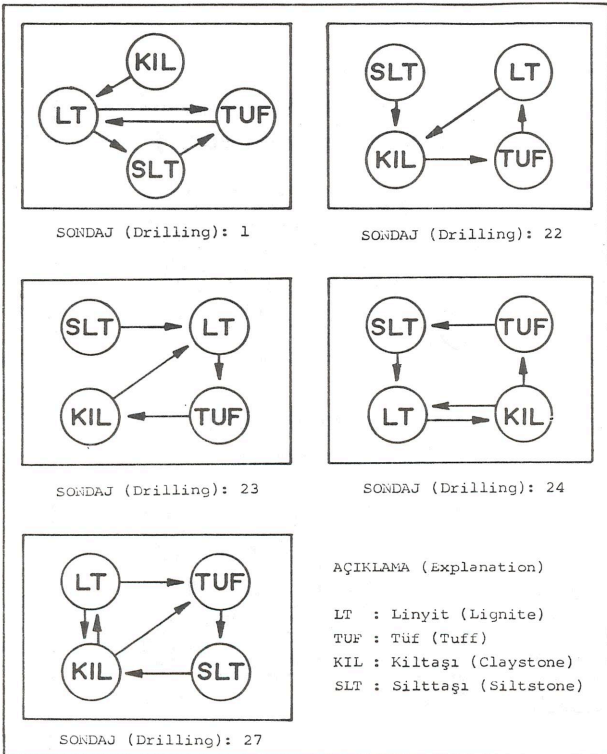
  

d. Olasılı geçiş matrisi (pij) (Transition probability matrix)					e. Fark matrisi (dij) (Difference matrix)					f. Ki kare değerleri (X2) (Chi square values)				
	LT	TUF	KIL	SLT		LT	TUF	KIL	SLT		LT	TUF	KIL	SLT
LT	0.00	0.31	0.69	0.00	LT	0.00	0.06	0.13	-0.19	LT	0.00	0.17	0.39	2.44
TUF	0.25	0.00	0.50	0.25	TUF	-0.10	0.00	0.01	0.09	TUF	0.23	0.00	0.00	0.38
KIL	0.61	0.22	0.00	0.17	KIL	0.13	-0.07	0.00	-0.06	KIL	0.63	0.33	0.00	0.25
SLT	0.00	0.17	0.83	0.00	SLT	-0.33	-0.04	0.37	0.00	SLT	2.00	0.04	1.80	0.00
										Toplam				8.67

Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8

Çizelge 5, 27 No.lu sondajın istatistiksel verileri.

Table 5 Statistical data of drilling number 27.



Şekil 3 İncelenen sondajlarda Markov Zinciri Analizine göre litofasiyeler geçişleri.

Figure 3 Lithofacies transitions investigated drillings according to Markov Chain Analysis.

(1) no'lu eşitliğe uygulandığında  $r_{ij} = 0.36$  bulunur (Çizelge 1c). Bulunan  $r_{ij}$  değeri, linyit ve tuf litofasiyeler için bağımsız olasılı matrisi'dir. Yani, bir no'lu kuyuda sayılan toplam 22 litofasiyeler içinde, 8 linyit tabakası üzerinde 5 kez tuf tabakasının yerleşiminin istatistiksel ifadesidir.

2) Olasılı geçiş matrisi (Transition probability matrix):

Olasılı geçiş matrisi bileşenleri için  $P_{ij}$  sembolü kullanılır.

$$P_{ij} = f_{ij}/S_i \dots\dots\dots (2) \text{ eşitliği ile hesaplanır.}$$

Bir no'lu kuyuda linyit üzerine gelen tuf tabakasının sayısı;  $f_{ij} = 3$ , toplam linyit tabakasının sayısı;  $S_i = 8$ 'dir (Çizelge 1b). Bu değerler yukarıda verilen (2) no'lu eşitliğe uygulandığında  $P_{ij} = 0.38$  bulunur (Çizelge 1d). Bu sayısal değer, linyit ile tuf tabakası arasındaki geçişin istatistiksel ifadesidir.

3) Fark matrisi (Difference matrix):

Fark matrisi için  $d_{ij}$  sembolü kullanılır.

$$d_{ij} = P_{ij} - r_{ij} \dots\dots\dots (3) \text{ eşitliği ile hesaplanır.}$$

Bir no'lu kuyuda olasılı geçiş matrisi;  $P_{ij} =$

0.38, bağımsız olasılı matriks; rij = 0.36'dır. Bu değerler yukarıda verilen (3) no'lu eşitliğe uygulandığında dij = 0.02 bulunur (Çizelge 1e).

Yukarıda sözü edilen istatistiksel parametrelerin doğruluk ve güvenilirlik kontrolü için ki kare sınaması (chi square test) uygulanmaktadır (Gingerich, 1969; Miall, 1973).

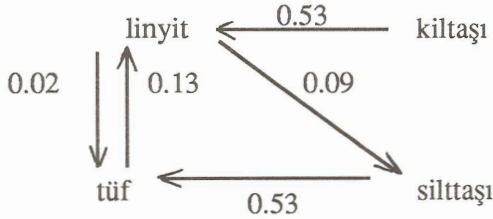
$$\chi^2 = \sum_{ij}^{n} (f_{ij} - S_{ij})^2 / S_{ij} \dots\dots (4)$$

eşitliği yardımıyla yapılan bu sıralamada ki kare serbestlik derecesi; bağımsız olasılı matriks (rij) çizelgesinde yeralan toplam pozitif rakam sayısından, mutlak değeri sıfır olan rakam sayısı çıkarılarak bulunur (Gingerich, 1969) (Çizelge 1f).

Yukarıda değinilen eşitlikler çalışma sahasında incelenen her kuyuya uygulanmış ve sonuçlar çizelgeler halinde sunulmuştur (Çizelge 1, 2, 3, 4, 5).

Çizelgede yeralan fark matriksindeki (1.e) pozitif değerler litofasiyeler arasındaki geçişleri göstermektedir. Örneğin; 1 no'lu kuyuda, fark matriksi çizelgesinde (1.e) ilk sırada yeralan linyit (LT) pozitif değere tuf (TUF) ve siltaşında (SLT) ulaşmaktadır. İkinci sırada yeralan tufün matriksi yalnız siltaşında pozitiftir.

Üçüncü sıradaki kiltaşının (KIL) matriksi linyitte pozitif olmaktadır. Son sırada yeralan siltaşının matriksi ise tufde pozitif değerdedir. Bu pozitif değerler litofasiyelere uygulandığında, litofasiyeler arasındaki geçişler bulunur. Buna göre 1 no'lu kuyuda;



geçişleri elde edilmiştir.

Aynı şekilde yukarıdaki işlemler diğer kuyulara da uygulanmış ve elde edilen litofasiyeler geçişleri (Şekil 3)'de verilmiştir.

İncelenen kuyularda elde edilen ki kare değerleri; 8 serbestlik derecesine göre; 4.50-8.67 arasında değişmektedir. Bu değerlerin güvenilirlik sınırları % 70-90 arasındadır.

Erkan, 1990'a göre ki kare sınamasının güvenilirlik sınırı % 95 olarak verilmektedir.

Çalışmamızda elde edilen değerlerin güvenilirlik sınırı altında olması, ardalan litofasiyelerin sayılarının azlığına dolayısı ile sedimantasyona bağlıdır.

## SONUÇLAR

Markov zinciri analiz yöntemi, tekrarlanan litofasiyelerin birbirleri ile olan ilişkilerini ortaya koyar. Bu ilişkinin kökeni ve nedenleri ise ancak fasiyeler analizleri ile açıklanabilir.

İncelenen sondajların ikisinde (24 ve 27 no'lu sondajlar) karşılıklı linyit-kiltaş geçişi, birinde (22 no'lu sondaj) linyit-kiltaş geçişi, ikisinde ise (1 ve 23 no'lu sondajlar) kiltaş-linyit geçişi saptanmıştır. Yine, sondajların birinde (1 no'lu sondaj) karşılıklı linyit-tuf geçişi, ikisinde (23 ve 27 no'lu sondajlar) linyit-tuf geçişi, birinde ise (22 no'lu sondaj) tuf-linyit geçişi istatistiksel olarak saptanmıştır.

Sonuç olarak, çökeltme ortamına tuf gelişi ile linyit oluşumu arasında bağlantı olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre Markov Zinciri Analiz yönteminin, litofasiyelerin ardalanma sayısı ile orantılı olduğu ortaya çıkmaktadır.

## KATKI BELİRTME

Yazarlar, kendilerine çalışma olanaklarını sağlayan ve destek olan Doç. Dr. Güner ÜNALAN'a (MTA), eleştirileri ile katkıda bulunan Doc. Dr. Nizamettin KAZANCI (AÜFF) ve Doç. Dr. Baki VAROL'a (AÜFF), hesaplamalardaki katkılarından dolayı Dr. Mehmet ŞENER (MTA) ve Faruk OCAKOĞLU'na (MTA) teşekkür ederler.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akay, E., Erkan, E., Ünay, E., 1989, Muş Tersiyer havzasının stratigrafisi. MTA Dergisi Sayı: 109, S. 59-76.
- Carr, T.R., 1982, Log-linear models, Markov chains and cyclic sedimentation. Jour. Sed. Pet. Vol. 52, S. 905-912.
- Davis, J.C., 1986, Statistics and Data Analysis in Geology. John Wiley and Sons, Inc., U.S.A., S. 150-162.
- Erkan, Y., 1990, Yerbilimciler için istatistik (çeviri) Ankara.
- Evans, J.E., 1991, Facies relationships, alluvial architecture and paleohydrology of a Paleo-

- gene, humic-tropical alluvial fan system: Chumstick Formation Washington State USA. Jour. Sed. Pet. Vol. 61, S. 732-755.
- Gingerich, D.D., 1969, Markov Analysis of cyclic alluvial sediments. Jour. Sed. Pet. Vol. 39, S. 330-332.
- İlker, S., 1966, Erzurum-Muş bölgesinde Karaköse J 48 a4, d1 paftalarının 1/25.000 ölçekli detay petrol etüdü MTA Raporu, No: 4177 (yayınlanmamış).
- Krumbein, W.C., 1968, Statistical models in sedimentology. Sedimentology. Vol. 10, S. 7-23.
- Miall, A.D., 1973, Markov chain analysis applied to an ancient alluvial plain succession. Sedimentology. Vol. 20, S. 347-364.
- Selvi, B., 1977, Erzurum-Hınıs-Zırmak kömür havzasının raporu, MTA raporu, No: 6379 (yayınlanmamış).
- Şengüler, İ., Özdemir, İ., Sulu, K., Gönenç, O., 1991, Muş-Hınıs (Erzurum)-Tutak (Ağrı) Havzasının Jeolojisi ve Linyit Olanakları MTA Raporu; No: 9195 (yayınlanmamış).
- Şengüler, İ., Toprak, S., 1991, Varto, Hınıs, Bulanık, Malazgirt yöresi linyitlerinin petrografik özellikleri, Türkiye Jeoloji Bülteni. Cilt. 34 S. 15-22.