

# Muğla Yatağan Linyitlerinden Uranyum Değerlendirilmesi (\*)

Tuncer HEPŞEN\*

## ÖZET:

Türkiye'de 1980'lerden itibaren Nükleer Güç Santrallerinin kurulması düşünülmektedir. Bu santraller için gerekli tabii uranyumun Türkiye kaynaklarından sağlanmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı ülkemiz uranyum cevherlerinin proses araştırması ve uranyum üretim çalışmalarına bir katkı mahiyetindedir.

Muğla Yatağan bölgesindeki 200 milyon ton rezervli linyitlerin küllerinde uranyumun varlığı saptanmıştır. Bölgede 1978 terden itibaren bir termik santral kurulması öngörülmektedir.

Amerika, İspanya gibi ülkelerde linyit ve küllerinden uranyum üretimini sürdüren ekonomik tesisler vardır. Bu tez çalışmasıyla ortaya konan laboratuvar bulguları, Yatağan bölgesi linyitlerinin küllerinden uranyumun elde edilebilmesi konusunda araştırmaların gerekliliğini göstermektedir. Pilot tesis kademesinde çalışılarak endüstriyel bir tesise işletme parametreleri hazırlanmak ve ekonomi hesaplarını yapmak doğru bir yaklaşım olacaktır.

## 1. URANYUMUN NÜKLEER ENERJİDEKİ ÖNEMİ VE TALEP DURUMU

Son yıllarda uranyum teknolojisinde görülen büyük ilerleme başlıca iki sebebe dayandırılabilir. Bunlardan biri siyasi, diğeri iktisadidir. Siyasi neden uranyumun kontrolsüz parçalanmasının atom bombasını doğurması, iktisadi neden ise kontrol-

lü parçalanmasından sınıai uygulamalara geçilebilmesidir. Sınıai uygulamaların başında uranyumun kontrollü parçalanmasından çıkan enerjinin elektrik enerjisine çevrilerek kullanılması gelmektedir. Uranyumun elektrik üretimindeki önemini anlayabilmek için şu örneği verebiliriz.

$Q = 10^{18}$  BTU olarak alınırsa;

Ekonomik olarak işletilebilecek Dünya kömür yataktan : 30 Q

Ekonomik olarak işletilebilecek Dünya petrol yatakları : 6 Q

Ekonomik olarak işletilebilecek Dünya uranyum yatakları : 100 Q

Klasik enerji kaynakları dışında başka enerji kaynakları bulununcaya kadar dünya uranyum rezervleri dünya enerji ihtiyacını rahatlıkla karşılayabilecek durumdadır. Dünyanın 2000 yılına kadar olan uranyum talep durumu şekilde, görülmektedir (Şekil - 1).

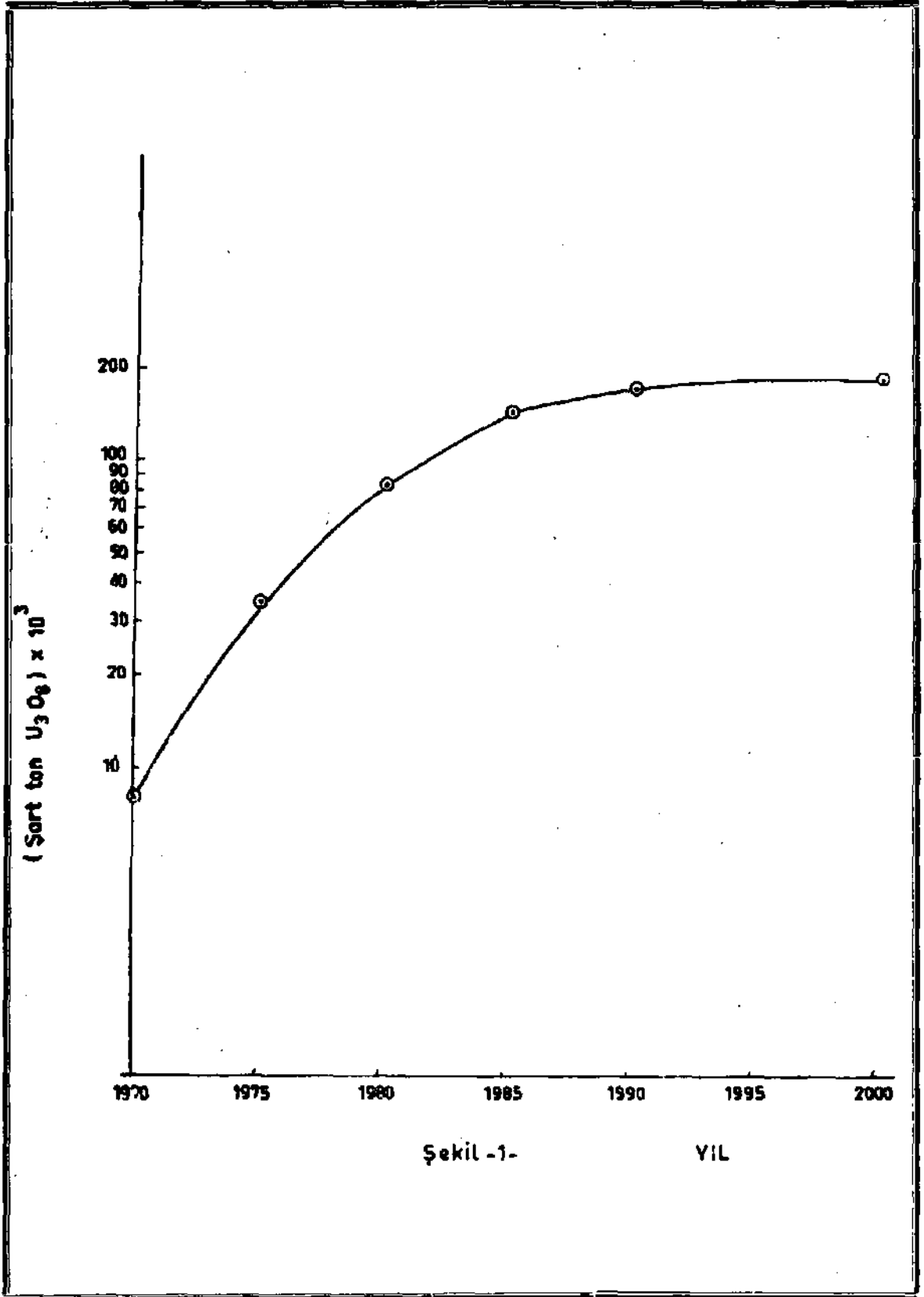
## 2. TÜRKİYENİN URANYUM

### CEVHERLERİ VE REZERVLERİ

Her ülke ekonomik ve sosyal kalkınmasını gerçekleştirmede mümkün olduğu kadar kendi öz kaynaklarına dayanmaktadır. Radyoaktif mineraller bakımından ülkemize henüz taranmış gözü ile bakılmaz. Son yıllarda yapılan aramalar tesbit edilmiş miktarın artacağını göstermektedir. Bulunan ve bilinen nükleer hammadde rezervleri cevher zenginliği % 0.02 ile % 0.045 arasında değişen 4000 ton kadar  $U_3O_8$  ve tenörü % rj.2 olan yaklaşık 400.000

(\*) Ekim 1976da İ.T.Ü. Maden Fakültesinde düzenlenen seminer bildirilerinden.

(\*\*) Dr. Kimya Yük. Müh,



Şekil -1-

YIL

ton civarında toryum olarak bilinmektedir. Bu rezervlere Yatağan bölgesi linyitlerindeki uranyum dahil edilmemiştir. Bilinen uranyum yatakları Salihli-Köprübaşı bölgesinde Kasar ve Taşharman tipi cevherler (2500 ton  $U_3O_8$ ), Uşak - Güre bölgesi (500 ton), Ayvacık-Küçükkuyu bölgesi (250 ton), Giresun-Şebinkarahisar bölgesi (300 ton), Aydın - Çavdar bölgesi (500 ton) olmak üzere toplam 4050 ton  $U_3O_8$  mevcuttur.

### 3. LİNYİTLERDE URANYUM

#### BİRİKİMİ :

Linyitlerin orijini bilindiği gibi bitkilidir. Bitkiler bünyelerinde uranyum ihtiva etmemektedirler. Bitkilerde bakterilerin sebep olduğu biyolojik bozunmayla bitki bünyesindeki ligninin hümik komponentleri meydana getirdiği kabul edilmektedir. Bu maddelerin yapısı henüz kesin olarak bilinmemekle beraber hümik asitlerin ve bunların polimerizasyonu ile oluşan hümünitlerin çok sayıda aromatik halka ihtiva ettikleri ve bu halkalar üzerinde fenolik hidroksil, metöksil, karboksil ve diğer grubların bulunduğu bilinmektedir. Linyitlerden ekstrakte edilen hümik asitler linyitlere nazaran uranyuma- daha büyük bir adsorbsiyon kapasitesi göstermişlerdir. Bugün linyitlerde uranyumun birikimine dair en çok tutulan hipoteze göre;

- Uranyumun primer kaynağı olan granitler kimyasal bozunmaya uğrarlar.
- Uranyum alkali uranil karbonat şeklinde çözeltiliye geçerek deniz sularına karışırlar.
- Bu bileşikler lagün havzalarında veya bataklıklarda organik maddelerin su altında çürümestyle hasil olan hümik maddeler tarafından adsorbe edilirler.
- Kömürleşme olayıyla beraber uranyum biolitlerin hümik asit muhtevaları ta-

rafından kuvvetli bağlarla organik bünyeye bağlanırlar.

### 4. BÖLGE LİNYİTLERİNDEN

#### URANYUMUN FİZİKSEL METOTLARLA ZENGİNLEŞTİRİLMESİ ÇALIŞMALARI

##### 4.1. Elek Analizi ve Uranyum Dağılımı :

1 inç ağız açıklıklı Blek tipi çeneli kırıcıdan geçirilen linyite ait elek analizi sonuçları TABLO-A'da topluca görülmektedir. Yine boyut gruplarına ait kül yüzdeleri, uranyum miktarları ve dağılımı aynı tabloda verilmiştir. Tablo-B, ise —5 mm ye kırılmış linyit ve külünün elek analizi sonuçlarını ve uranyum dağılımını ihtiva etmektedir. Değerler grafik-A ve grafik-B de şekil olarak görülmektedir. Çıkarılan sonuçlar özet olarak : a— Tane iriliği dağılımı linyitte ve külde uniform değildir.

b— Linyitin tane iriliği ile kül yüzdesi arasında sıkı bir ilgi vardır.

##### 4.2. Fiziksel Zenginleştirme Metodları

Bölge linyitleri üzerinde ağır sıvı ortamda ayırma ve manyetik ayırma deneyleri yapılmıştır.

##### 4.2.1. Ağır Ortamda Ayırma (Heavy Medium Separation)

Elek analizi neticeleri bölge linyitlerinde kül muhtevaları ile uranyum arasında bir bağlantının mevcut olduğunu göstermektedir. Linyitin organik ve anorganik bünyesi arasında uranyum dağılımının tesbiti amacıyla bu çalışmalar yapılmıştır. Bu deneylerde yoğunluğu 1.58'den küçük olan sıvı ortamları hazırlamak için  $d=1.58$  olan CCU ve yoğunluğu  $d=0.78$  olan benzol karışımları kullanılmıştır. Daha yüksek yoğunluklar için  $d=2.8$  olan bromoform ve CCU karışımları hazırlanmıştır. Deney sonuçları aşağıdaki tabloda topluca görülmektedir.

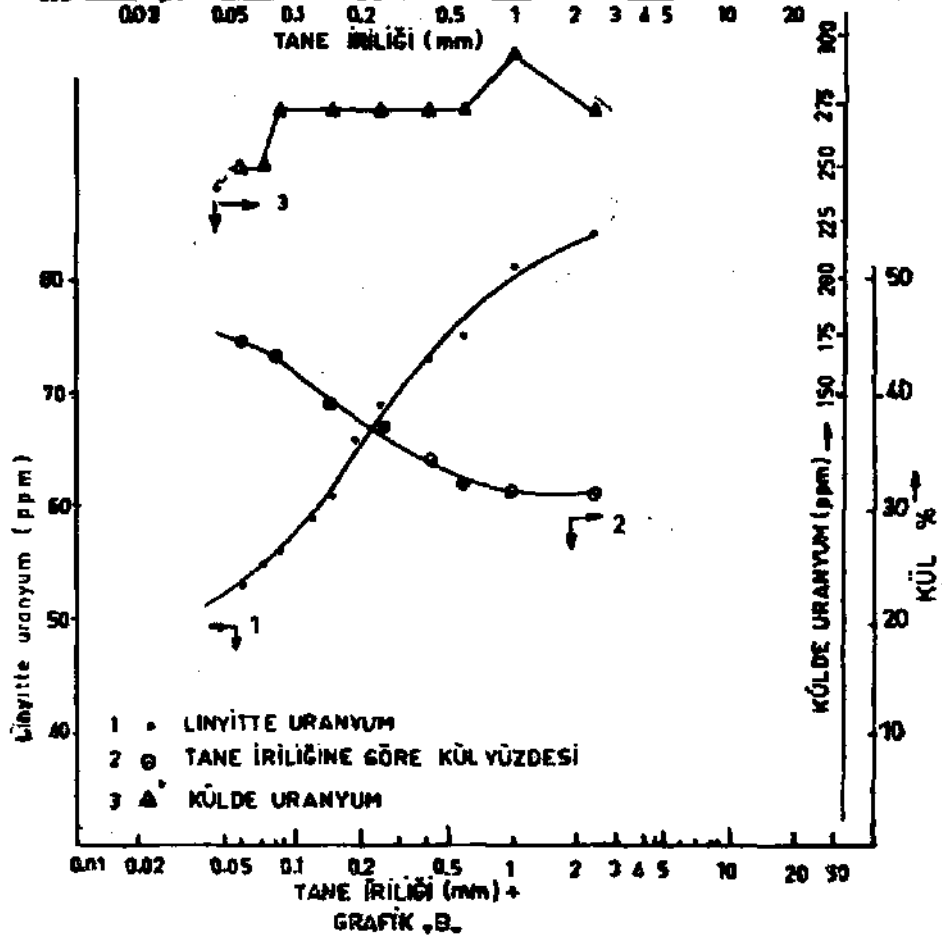
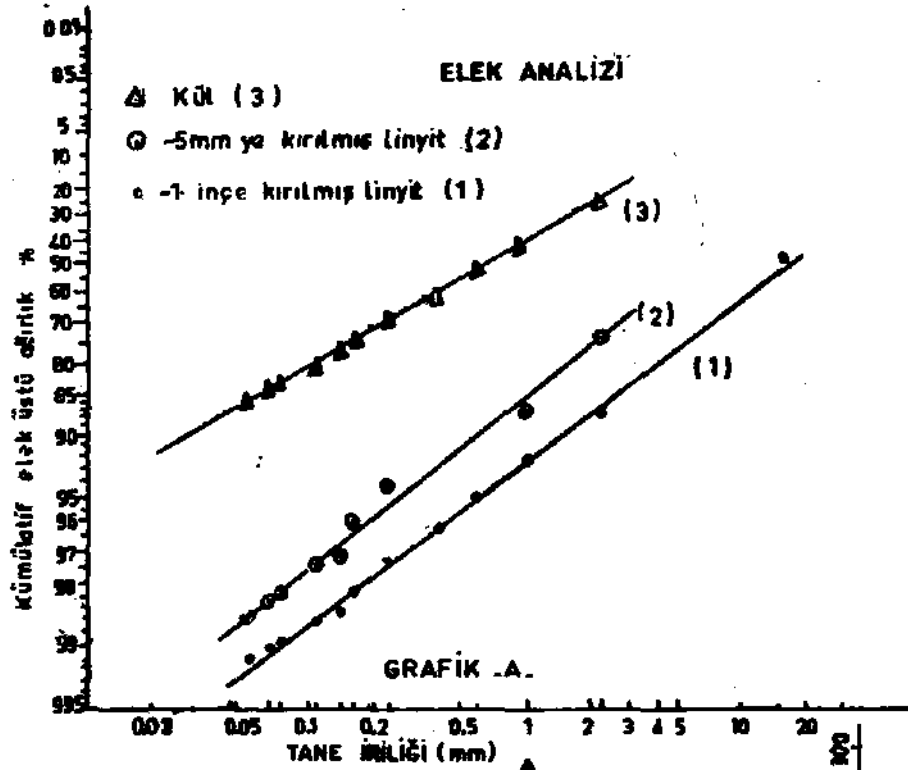
TABLO - A

Kırıca tipi: Blok tipi çeneli kırıcı, Ağız açıklığı: 150  
LİNYİT ELEK ANALİZİ SONUÇLARI

Tane boyutu		Kül	Ağırlık			Uranyum		Uranyum dağılım		Külde
Meş	mm	%	Kg	%	$\Sigma\%$	ppm	Birim	% U	$\Sigma\%$ U	ppm
	+15.8	26	6,450	41.4	41.4	79	32706	40.76	40.76	304
8	-15.8+2.36	31.7	6.980	44.82	86.22	84	37632	46.90	87.66	273
-8+18	-2.36+1	31.3	0.790	5.07	91.29	81	4050	5.01	92.67	263
-18+30	+1+0.59	32	0.490	3.14	94.43	75	2355	2.92	95.59	234
-30+40	-0.59+0.42	34	0.180	1.15	95.58	73	8325	1.03	96.62	214
-40+60	-0.42+0.25	37.1	0.149	0.96	96.54	68	62.28	0.81	97.43	200
-60+80	-0.25+0.17	37.9	0.170	1.13	97.67	66	74.58	0.93	98.36	175
-80+100	-0.17+0.15	37.9	0.091	0.58	98.25	61	35.38	0.44	98.80	175
-100+140	x +0.105	42.3	0.050	0.32	98.57	59	18.88	0.23	99.03	160
140+170	x +0.088	43.2	0.024	0.15	98.72	56	8.40	0.15	99.18	160
170+200	x +0.077	44.4	0.032	0.21	98.93	55	11.55	0.14	99.32	150
200+230	x +0.062	44.5	0.023	0.14	99.07	53	7.42	0.09	99.41	125
-230	-0.062	50.9	0.140	0.93	100.00	50	46.5	0.59	100.00	100

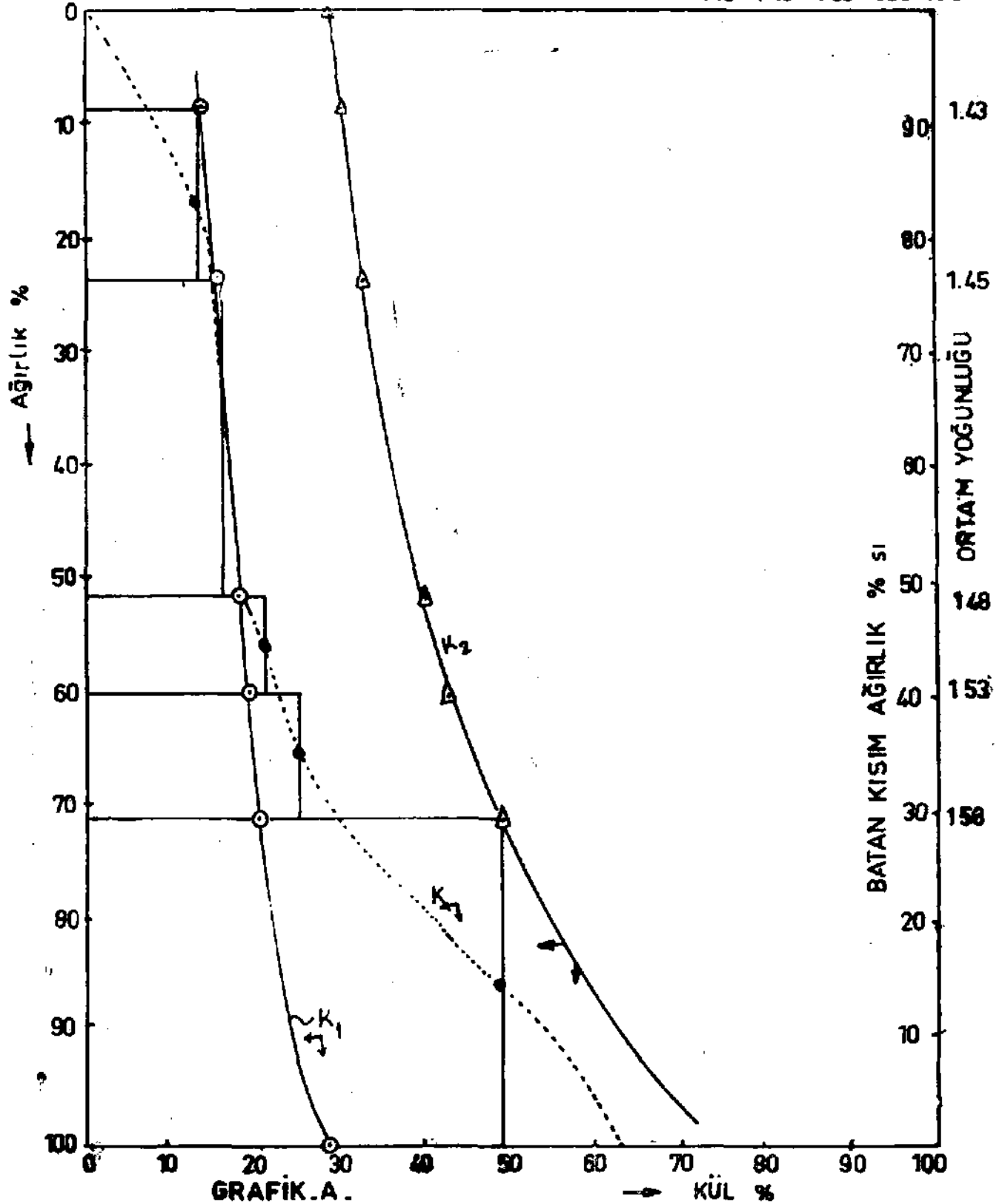
TABLO - B  
5mm YE KIRILMIŞ LİNYİT VE KÜLÜNÜN ELEK ANALİZİ SONUÇLARI

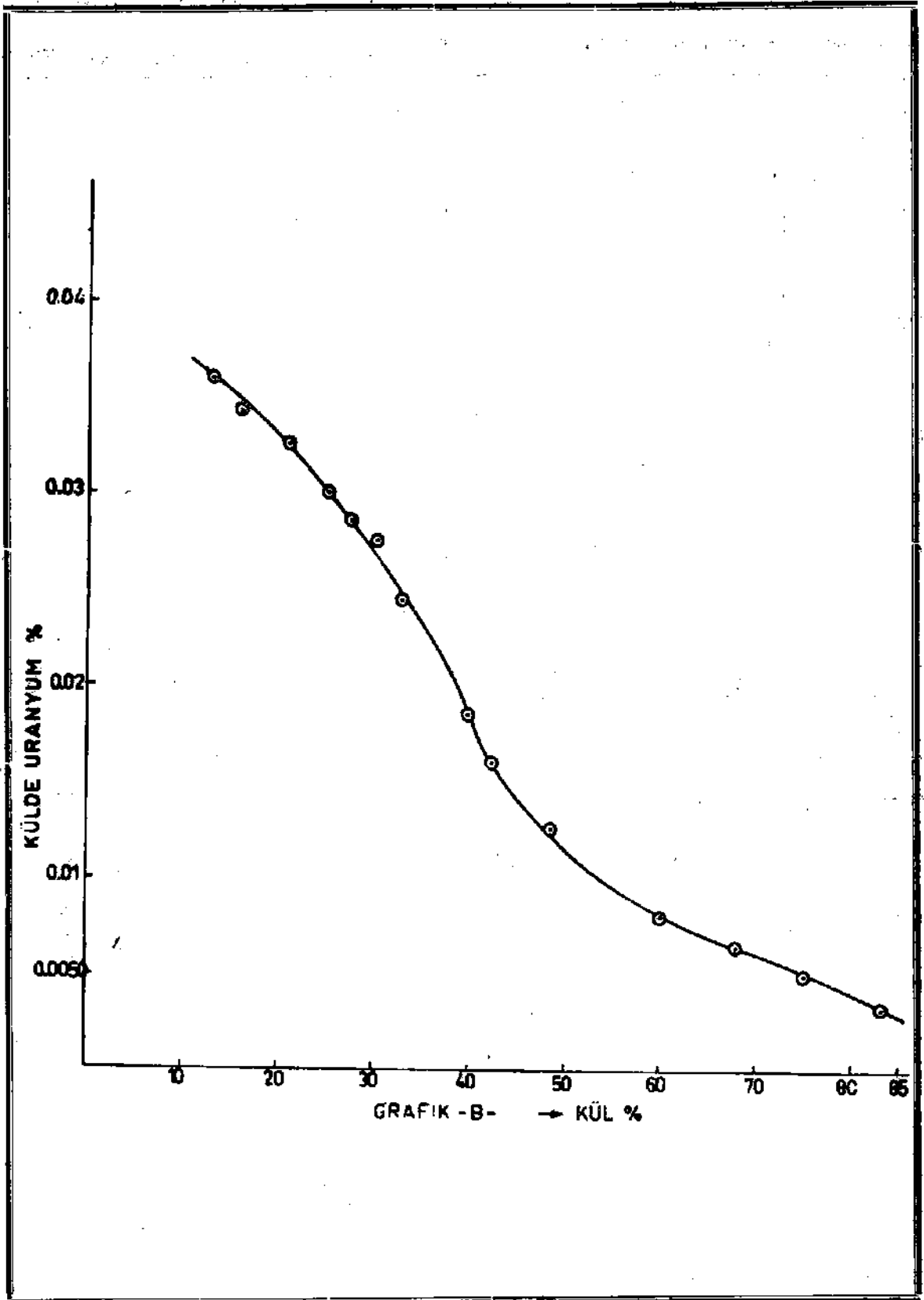
URANYUM DAĞIKIMI		URANYUM		KÜL AĞIRLIK		TANE İRİLİĞİ		AĞIRLIK		URANYUM		URANYUM DAĞ.			
Σ%U	%U	Birim	ppm	%	Σ%	%	Meş	mm	%	Σ%	ppm	Birim	%U	Σ%U	
72.40	72.40	59643.4	84	27.1	71.09	71.09	-8		-2.36	28.16	28.16	275	7744	28.18	28.18
85.01	12.61	1045.80	84	29.3	83.54	12.45	-8+18		-2.36+114.56	42.72	300	4368	15.89	44.0	
91.09	6.08	503.82	78	30.1	90.00	6.46	-18+30		+0.59	13.21	275	3632	13.26	57.33	
93.17	2.08	166.69	79	31.0	92.11	2.11	-30+40		+0.42	6.53	275	1195	6.44	63.77	
94.83	1.66	139.04	79	34.4	93.87	1.76	-40+60		+0.25	5.74	275	1578	5.84	69.61	
97.00	2.17	168.8	80	34.8	95.98	2.11	-60+80		+0.177	4.40	275	1210	4.13	73.74	
98.15	1.15	100.62	78	37.7	97.27	1.29	-80+100		+0.149	5.34	275	1633	5.94	79.68	
98.44	0.29	24.5	70	39.3	97.62	0.35	-100+140		+0.105	2.49	275	684	2.58	82.26	
98.75	0.29	24,5	70	41	97.97	0.35	-140+170		+0.088	1.53	275	420	1.68	83.94	
98.96	0.23	18.0	60	42.2	98.27	0.30	-170+200		+0.077	1.90	250	522	1.99	85.93	
99.10	0.14	11.73	51	44.5	98.50	0.25	-200+230		+0.062	1.40	250	350	1.27	87.20	
100.00	0.96	75.00	50	48.01	100.00	1.5	-230		-0.062	14.14	250	3533	12.80	100.0	
												LİNYİT Top: 82533		Top: 27475	
												KÜL			



TABLO 4 dän: K<sub>1</sub> eğrisi : sütün 3 ve 5 arasında K<sub>2</sub> eğrisi sütün 6 ile (100-drekt%) arasında  
 K<sub>3</sub> eğrisi yoğunluk ortaları ve sütün 4 arasında

143 148 153 158 100







Yoğunluk sınıfı	% Ağırlık (Yüzende)		KÜL MUHTEVİYATI		
	Drekt %	Kümülatif %	Drekt %	Yüzende Kümülatif %	Batanda Kümülatif %
1.38'den aşağı	—	—	—	—	—
1.38-1.43	8.5	8.5	13	13	28.54
1.43-1.45	15	23.5	16.2	15.2	29.98
1.45-1.48	28	51.5	20.7	18.21	32.69
1.48-1.53	8.5	60	25	19.09	39.61
1.53-1.58	11	71	27.2	20.34	42.71
1.58'den yukarı	29	100	48.6	28.54	48.60

Bu tablodaki değerlerden hareketle lavabilite eğrileri çizilmiştir. Grafikteki Ki eğrisi ile belirli bir kül 'muhteviyatı ile elde edilebilecek temiz kömürün miktarı bulunur. Mesela % 20 kül bırakan bir kömür elde edebilmek için ağır ortamda yüzdürme sonunda % 30 iskarta çıkacak ve bu iskarta kömürün kül yüzdesi  $K_2$  eğrisinden görüldüğü gibi % 49 olacaktır.

#### 4.2.2. Ağır Ortam ve Manyetik Ayırma

Numunenin hazırlanışı: —5 mm.'ye kırılan cevher paslanmaz çelikten yapılmış tavalarda 450 °C de 5 saat süreyle yakılmış daha sonra 18 meş elekten geçirilerek tüm organik maddelerin giderilmesi amacıyla 18 saat süreyle aynı sıcaklıkta kül

edilmiştir. Elde edilen kül 18-60 meş elek boyutları arasında elenmiş 60 meşten ince taneler ayrılmıştır. 18-60.meş arasında kalan külden ağır sıvı ortamda ağır ve hafif minerallerin ayrılması sağlanmış sonra manyetik ayırma işlemine geçilmiştir. 60 meşten daha küçük tanelerle yapılan çalışmalardan salkımlaşma nedeniyle iyi sonuçlar alınamamıştır.

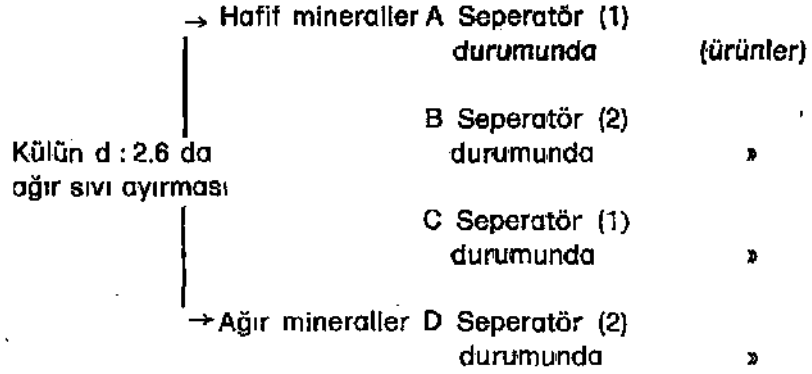
Ağır sıvı olarak bromoform - karbontetraklorür karışımı kullanılmıştır. Yoğunluğu d : 2.4 olan ortamda jips; silikatlar, kalsit ve demiroksitlerden ayrılmış, batan kısmın yoğunluğu d : 2.8 olan ortamda yüzdürülmesiyle silikat ve kalsit de demiroksitlerden ayrılmıştır, (jips d : 2.32, silikatlar d : 2.59 - 2.66, kalsit d : 2.71 demiroksitler d : 4.95 — 5.18)

<u>Ortam yoğunluğu</u>	Yüzen fraksiyon	Uranyum (ppm)
2.4	Jips	262
2.8	Silikat ve kalsit	280

Batan kısım demir oksit ile zengin olup 255 ppm uranyum ihtiva etmektedir. Tane boyutunun büyük olması nedeniyle yukarıdaki minerallerin birbirinden ayrılması kesin olmayıp, adı geçen mineraller verilen fraksiyonlarda daha çok bulunmaktadır.

Manyetik Ayırma : Cevheri taşıyan bir hareketli bant üzerinde dönel elektromanyet-

rik bir disk ihtiva eden ve manyetik alanın şiddeti istenildiği kadar değiştirilebilen laboratuvar tipinde kuru manyetik jayırıcı ile çalışılmıştır. Manyetik alanın şiddeti bant - disk mesafesinin değiştirilmesi ve elektromıknatlara verilen akımla ayarlanmıştır. Böylece manyetik özellikleri farklı mineraller birbirinden ayrılmıştır. Şematik olarak çalışmalar şöyle gösterilebilir.



Seperatörün (1) durumu: Bant. disk arası açık

Seperatörün (2) durumu: Bant-disk arası kapalı.

Ürünler : Seperatörün her durumunda 0.5A, 1A, 1.5A, 2A. 2.5A lik akımlar tatbik edilerek konsantre, ara ürün ve manyetik olmayan ürünler elde edilmiştir. Seperatör (1) durumunda iken önce 0.5 A lik akım tatbik edilmiş kuvvetli manyetik mineraller ve ara ürün ayrıldıktan sonra kalan kısım 1A lik akım verilen seperatörde tek-

rar ayırmaya tabi tutulmuştur. Bu şekilde 2.5 A'e kadar çıkılmıştır. Manyetik disk tarafından çekilmeyen mineraller seperatör (2) durumuna getirilerek manyetik alanın şiddeti artırılmış ve daha az manyetik olan mineraller ayrılmıştır. Ağır mineraller için aynı işlemler tekrar edilmiştir. Aşağıdaki büyük harflerin altında görülen rakamlar o fraksiyonun ayrıldığı akım şiddetini, k : manyetik ürünleri, a : ara ürünleri, nm : manyetik olmayan ürünleri göstermektedir.

Hafif mineraller :

Ürün	Uranyum (ppm)	Ürün	Uranyum (ppm)	Ürün	Uranyum (ppm)	Ürün	Uranyum (ppm)
A <sub>0.5 k</sub>	230	A <sub>0.5 a</sub>	250	B <sub>0.5 k</sub>	255	B <sub>0.5 a</sub>	240
A <sub>1 k</sub>	255	A <sub>1 a</sub>	240	B <sub>1 k</sub>	260	B <sub>1 a</sub>	270
A <sub>1.5 k</sub>	250	A <sub>1.5 a</sub>	245	B <sub>1.5 k</sub>	250	B <sub>1.5 a</sub>	276
A <sub>2 k</sub>	260	A <sub>2 a</sub>	250	B <sub>2 k</sub>	236	B <sub>2 a</sub>	226
A <sub>2.5 k</sub>	260	A <sub>2.5 a</sub>	233	B <sub>2.5 k</sub>	255	B <sub>2.5 a</sub>	230
						B <sub>nm</sub>	280

Ağır mineraller :

Manyetik ürünler	Uranyum (ppm)	Ara ürünler	Uranyum (ppm)	Manyetik ürünler	Uranyum (ppm)	Ara ürünler	Uranyum (ppm)
0.5 k	235	0.5 a	265	0.5 k	260	D <sub>0.5 a</sub>	290
1 k	237	1 a	250	1 k	250	D <sub>1 a</sub>	300
1.5 k	224	1.5 a	247	1.5 k	230	D <sub>1.5 a</sub>	300
2 k	260	2 a	295			D <sub>nm</sub>	300
2.5 k	245	2.5 a	270				

Deneylerde kuvvetli manyetik olan demir oksitleri en fazla ihtiva eden kısım C<sup>k</sup> serisidir. C<sub>k</sub> fraksiyonlarının uranyum değerleri külün ihtiva ettiği 270 ppm uranyum değerinin altındadır. Cevherin manyetik olmayan kısımları B<sub>nm</sub> ve D<sub>nm</sub> olup bu fraksiyonların uranyum değerleri ortalama değerinin üstündedir. Ancak ortalama değerden sapmanın mühim olmadığı görülmektedir.

Linyit ve külleri üzerinde yapılan fiziksel zenginleştirme çalışmalarından şu genel sonuç çıkarılabilir. Bu çalışmalarla cevher zenginliği ortalama uranyum tenöründen biraz daha yüksek fraksiyonlar elde edilebilmesine karşılık geriye kalan cevherde ihmal edilemeyecek uranyum miktarları kalmaktadır. Bu nedenle linyit veya küllerinden doğrudan kimyasal metotlarla uranyumun kazanılması gerekmektedir.

## 5. LİNYİTLERDEN URANYUMUN EKSTRAKSİYONU

### 5.1. Klasik Liç Metotlarıyla Uranyum Ekstraksiyonu

Linyitin Hazırlanışı : 5 mm ağız açıklıklı silindirik kırıcıdan geçirilmiş linyit demir çubuklu değirmende 30 meş elek boyutu altına indirilmiştir. Liç işlemi sırasında laboratuvar tipi karıştırıcılar ve Heraus tipi tenmostatlı su banyosu kullanılmıştır.

Asit Liç Çalışmaları : Çalışmalarda ucuz oluşu ve korozyon etkisinin az oluşu nedeni ile sülfirikasit kullanılmıştır. Çalışmalar sırasında aşağıdaki faktörlerin uranyum çözünürlüğü üzerindeki etkileri araştırılmış ve optimum liç şartları tesbit edilmiştir.

- a — Katı/Sıvı oranının etkisi (Şekil - 2)
- b — Liç süresinin etkisi (Şekil - 3)
- c — Liç sıcaklığının etkisi (Şekil - 4)
- d — Asit miktarının etkisi (Şekil - 5)
- e — Oksidan ilavesinin uranyum çözünürlüğü üzerinde mühim bir etken olmadığı anlaşılmıştır.

f — Organik asitlerle de iyi bir ekstraksiyon verimi elde edilememiştir. Yine alkali liç sonunda elde edilen pülpün katı - sıvı ayrımının yapılabilmesinin imkânsız olduğu tesbit edilmiştir.

### 5.2. Perkolasyon Liç Metodu ile Linyitten Uranyumun Ekstraksiyonu

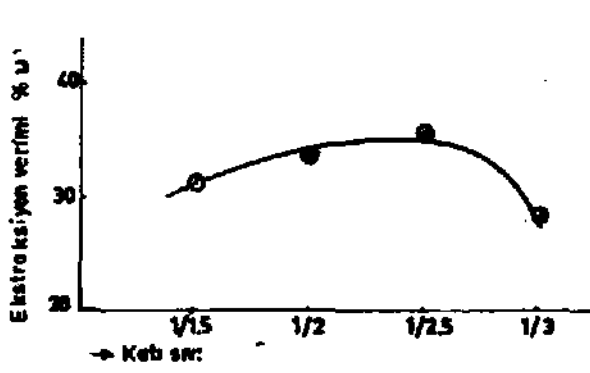
— 5 mm'ye kırılmış ve kurutulmuş linyitler (600 gr) d=75 mm ve 1 - 300 mm olan cam kolonlara doldurulmuş çözelti beslemesi üstten yapılarak kolon altından temiz uranyumlu çözeltiler alınmıştır. Asit konsantrasyonunun uranyum çözünürlüğüne etkisi Şekil - 6 ve Şekil - 7 de görülmektedir. Ayrıca tane boyutu, oksidan ilavesi ve klorhidrik asit kullanılmasının uranyum çözünürlüğüne etkisi araştırılmıştır. Tane boyutunun değişmesi ve oksidan kullanılması verimde bir artış meydana getirmemiştir. Yüksek asit sarfiyatına rağmen tüm deneylerde verim düşük kalmıştır. Konvansiyonel metodların tatbikinde de durum aynıdır. Liç sıvılarına mühim miktarlarda organik maddeler geçmekte, bunların giderilmesi güç ve pahalı olmaktadır. Sonuç olarak linyitlerden direkt olarak uranyumun değerlendirilmesinin ekonomik olmayacağı sonucu çıkarılabilir.

## 6. LİNYİT KÜLLERİNDEN URANYUMUN KAZANILMASI

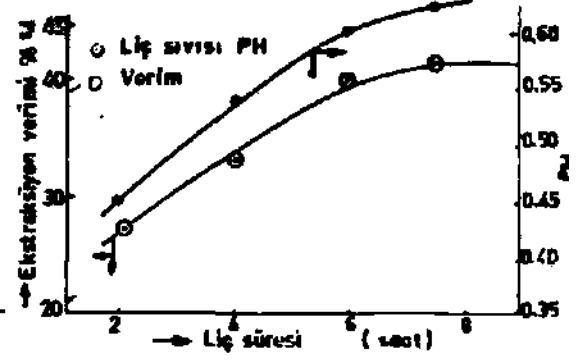
### 6.1. Klasik Metodlarla Uranyumun Çözündürülmesi :

— 5 mm'ye kırılmış bölge linyitleri paslanmaz çelikten yapılmış kaplarda 450°C de elektrik fırınında 5 saat süreyle yakılmıştır. İri tanelerin organik maddeler ihtiva ettiği görülmüş ve bu kül 30 meş elek boyutu altına kadar öğütülerek tüm organik maddelerin giderilmesi için 8 saat süreyle aynı sıcaklıkta tekrar kızdırılmıştır, örnekleme ile alınan kül numunesinde 270 ppm uranyum bulunmuştur. Aşağıdaki faktörlerin uranyum çözünürlüğüne etkileri araştırılmıştır.

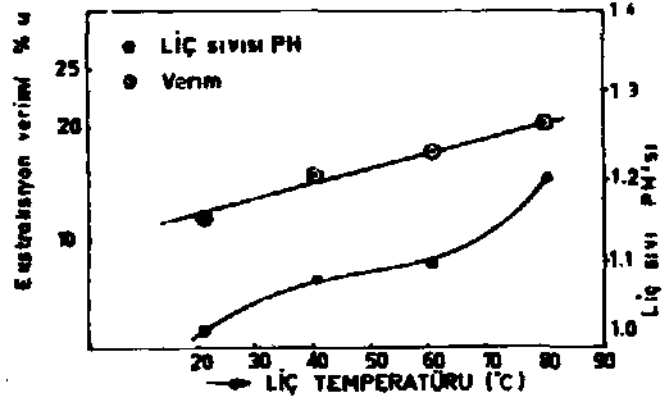
- a — Pülp yoğunluğunun etkisi (Şekil - 8)
- b — Liç süresinin etkisi (Şekil - 9)
- c — Asit miktarının etkisi (Şekil - 10)



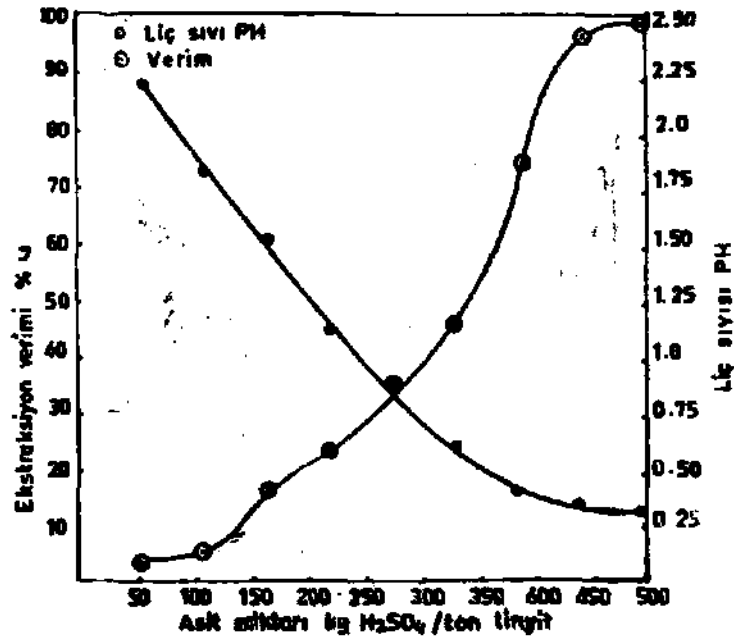
Şekil — 2



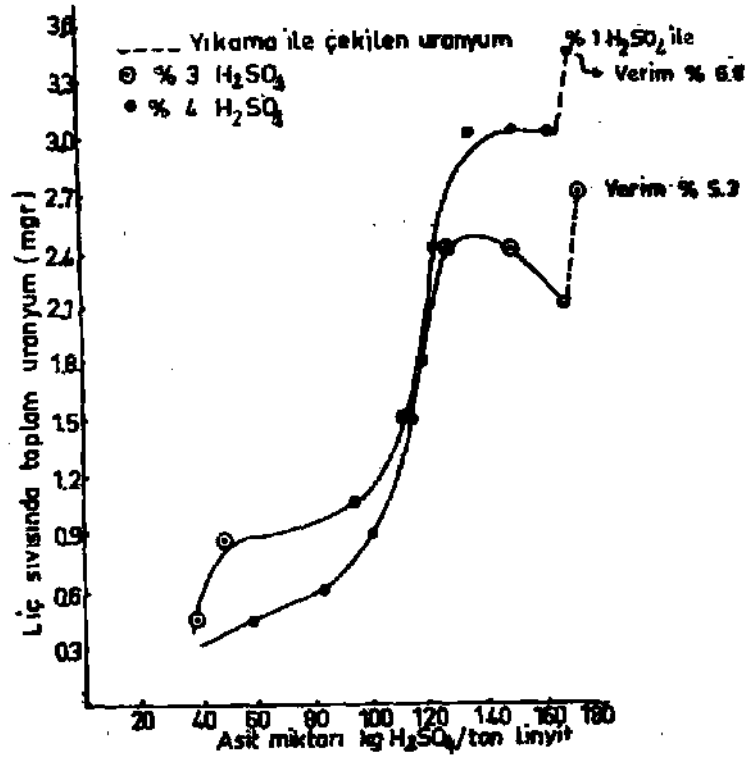
Şekil — 3



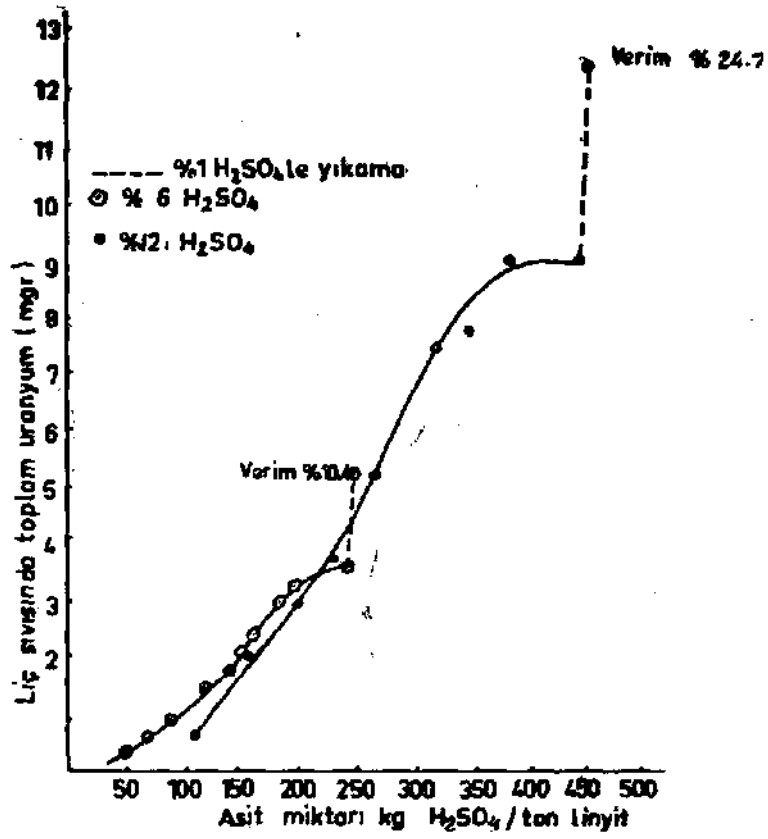
Şekil — 4



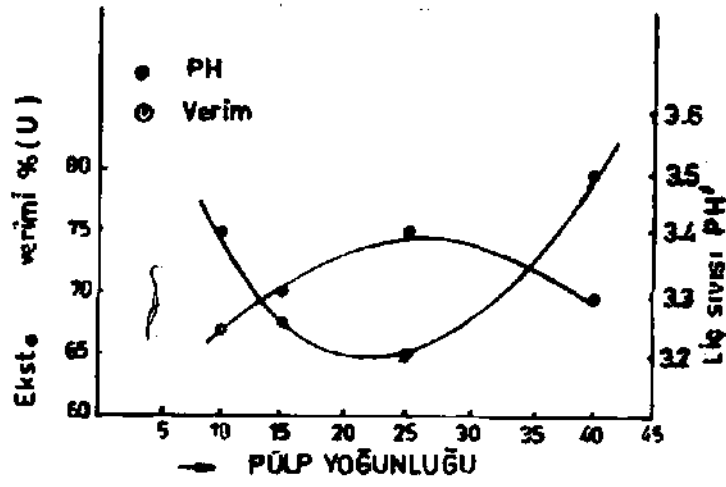
Şekil — 5



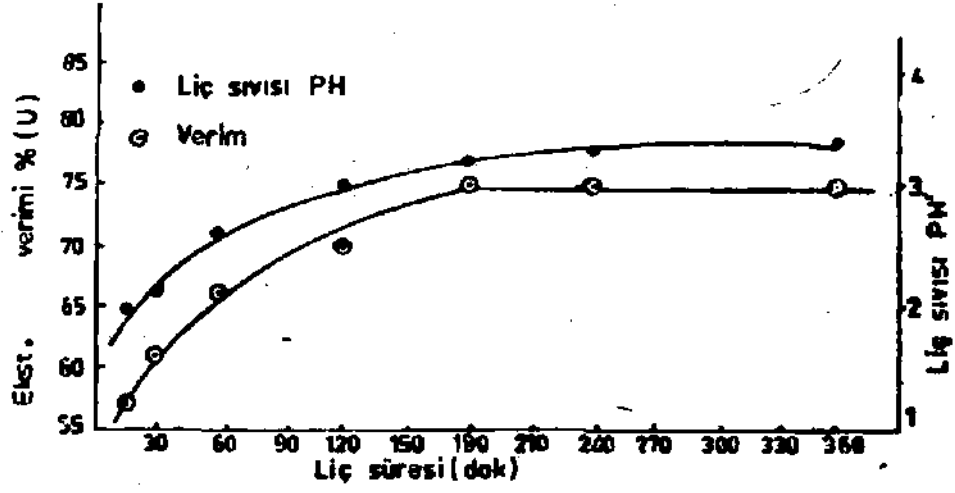
Şekil — 6



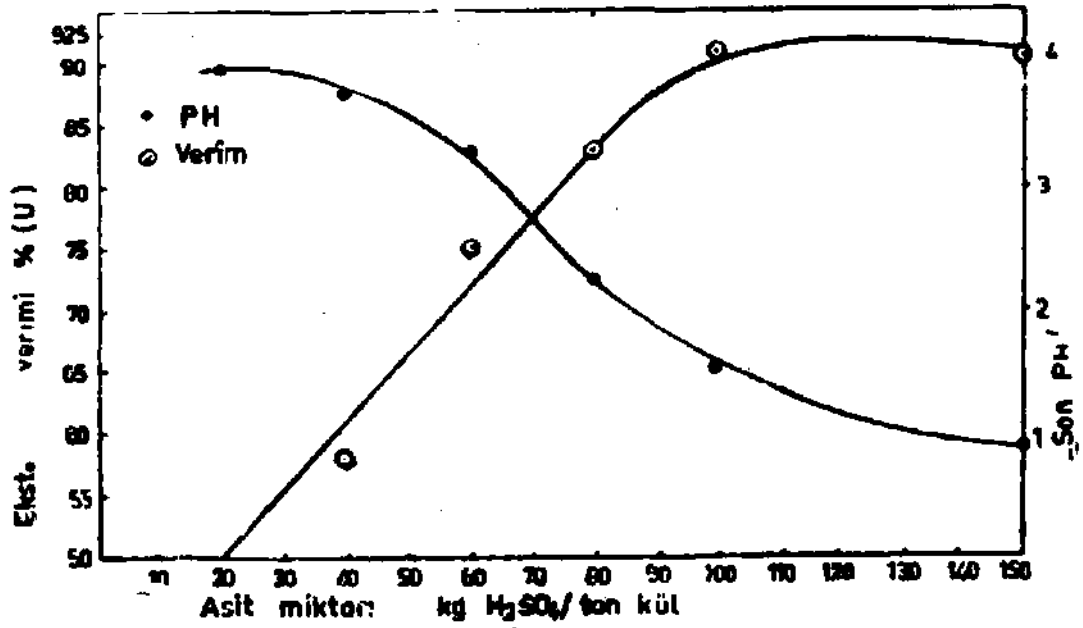
Şekil — 7



Şekil — 8



Şekil — 9



Şekil — 10

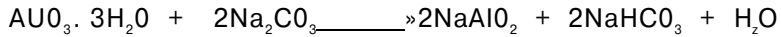
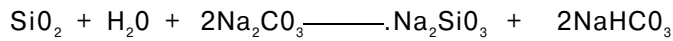
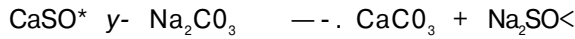
d—Qksidon ilavesinin etkisi görülmemştir.

e—L'rç temperaturünün etkisi (Şekil - 11)  
Yüksek liç tem peratürle rinde asit mîktarı  
Ve oksidon ilavesinin etkileri Şekil - 12 ve  
Şekil - 13 de görülmektedir.

Deney sonuçlan oksidanın etkisini yüksek liç temperaturlerinde ve yüksek asit konsantrasyonlarında gösterdiğini ortaya koymaktadır. Liç temperaturünün 20°C de tutulması külde mevcut a lümünosi l i katların daha az çözünmesine neden olmaktadır, Sülfirik asit kullanılarak yapılan deneylerde optimum liç şartları olarak : Asit miktarı : 90 kg/t, Liç süresi : 3 saat, Liç temp. : 20°C, Pülp yoğ. : % 25 alınırsa ekstraksiyon verimi % 91 olmaktadır.

## 6.2. Alkali Liç :

Bu çalışmalar sırasında aşağıdaki faktörlerin uranyum çözünürlüğüne etkileri incelenmiştir.



Oksidanın bir etkisinin görülmemesi doğaldır. Çünkü külde uranyumun büyük kısmı + 6 değerlikte bulunmaktadır. Alkali liç deneylerinden elde edilen uranyum verimleri asit üçe nazaran daha düşüktür. Bu nedenle linyit küllerinden uranyum ekstraksiyonunda asit liç alkali üçe tercih edilme lidir.

Verilen değerler 450°C de yakılmış linyit külüne ait olup uranyum ekstraksiyon verimleri 650°C den itibaren önemli ölçüde düşmektedir.

Linyit külleri üzerinde yapılan perkolasyon liç deneyleri konvansiyonel metodlar kadar ümit verici olmamıştır.

## 7. LİÇ SIVILARINDAN URANYUMUN KONSANTRASYONU VE SAFLAŞTIRILMASI

a — Artan reaktif miktarlarına göre uranyum çözünürlüğü (Şekil -14)

b —NaHCO<sub>3</sub> ilavesinin etkisi (Şekil -14)

c —Liç müddetinin etkisi (Şekil - 15)

d — Oksidan kullanılması

e — Liç temperaturünün uranyum çözünürlüğüne etkisi (Şekil - 16)

Görüldüğü gibi efektif bir uranyum çözünmesi yüksek temperaturlerde ve fazla reaktif şartıyla mümkün olmaktadır.

Tüm deney sonuçları genel bir değerlendirmeye tabi tutulursa optimum liç şartları olarak: Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; 350 Kg/t NaHCO<sub>3</sub> : 50 Kg /t, Liç temp : 80°C katı/sıvı : 1/2 alınırsa % 83 verimle uranyumun kazanılması mümkündür. Veya Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> miktarını 400 Kg/t'a çıkararak % 87 verimle küllerden uranyum ekstrakte edilebilir. Bu kadar yüksek reaktif sarfına külde bol miktarda bulunan SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaSO\* neden olmaktadır.

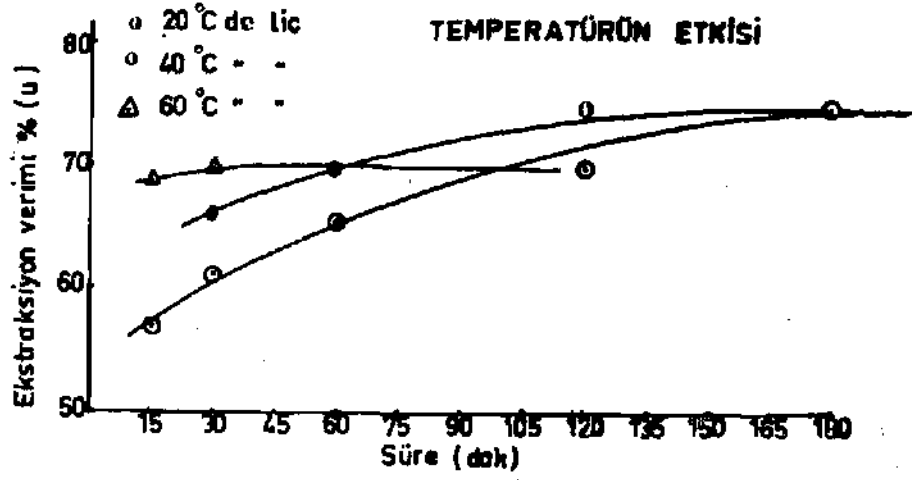
## 7.1. İyon Değişimi Metoduyla Konsantrasyon

Metodun uygulanabilmesi için gerekli olan üç sıvısı daha önce belirtilen optimum liç şartlarında külden sülfirik asitle uranyumun ekstraksiyonuyla elde edilmiştir.

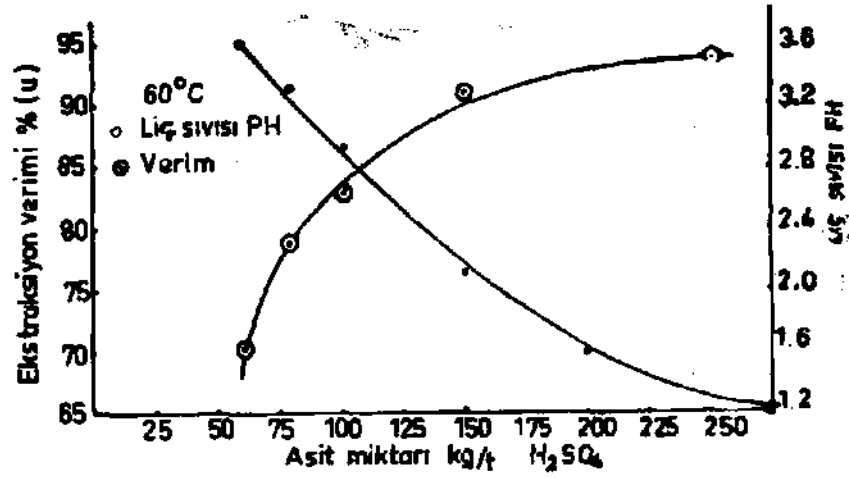
Kolon boyutları: Cap; d-7.5 mm. Yükseklik : h : 150 mm h/d : 20/1

Reçine cinsi : Dowex — 1 (20/50 meş Cl-)  
Reçine miktarı : 1.650 gr. kuru reçine  
Reçinenin kolondaki hacmi : 5.2 cc (Bed volüm)

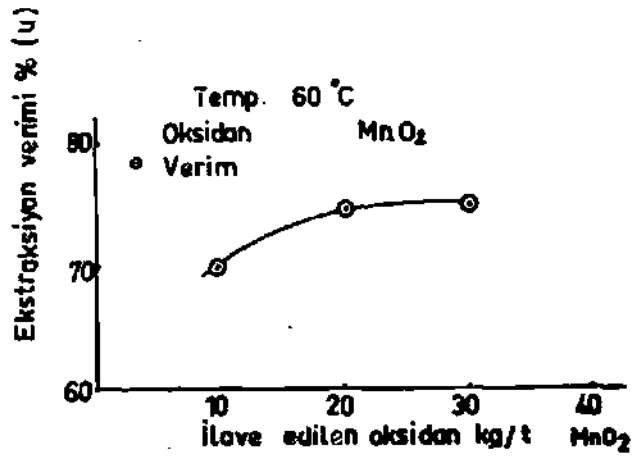
Kolondan 1000 mi Üç sıvısı geçirilmiş ve reçine tarafından 64 mgr uranyum tutulmuştur. Reçine tarafından tutulan uranyumun geri alma İşlemi 0.1 N HCl - 0.9N NH<sub>4</sub>Cl çözeltisi ile yapılmış ve 57.61 mgr uran-



Şekil - 11

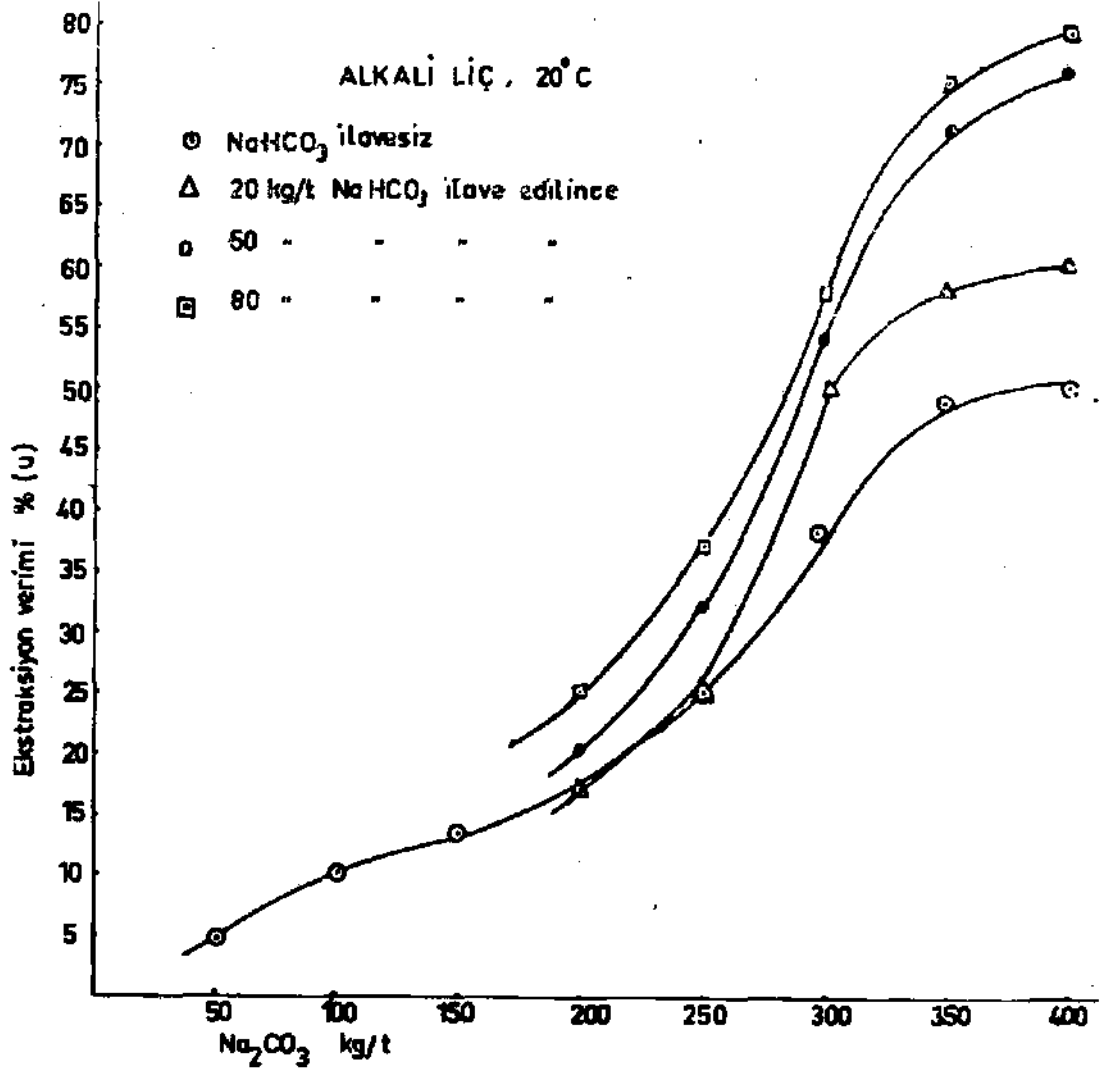


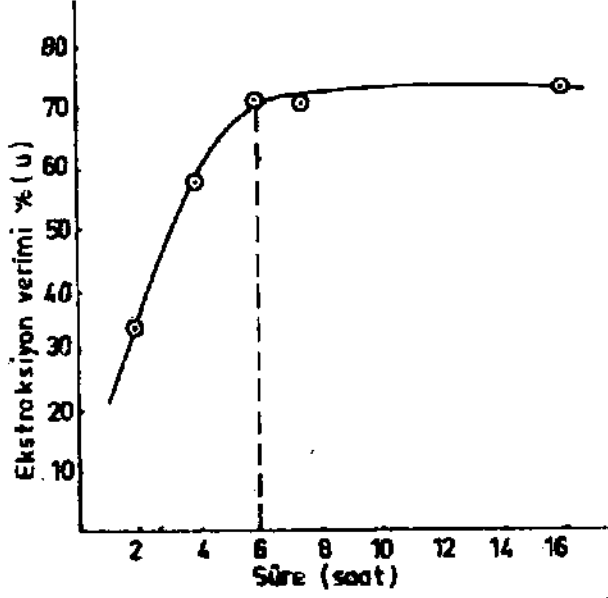
Şekil - 12



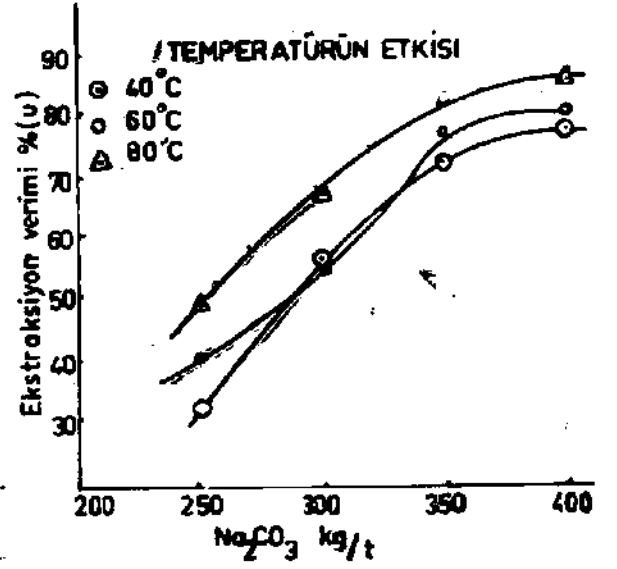
Şekil - 13



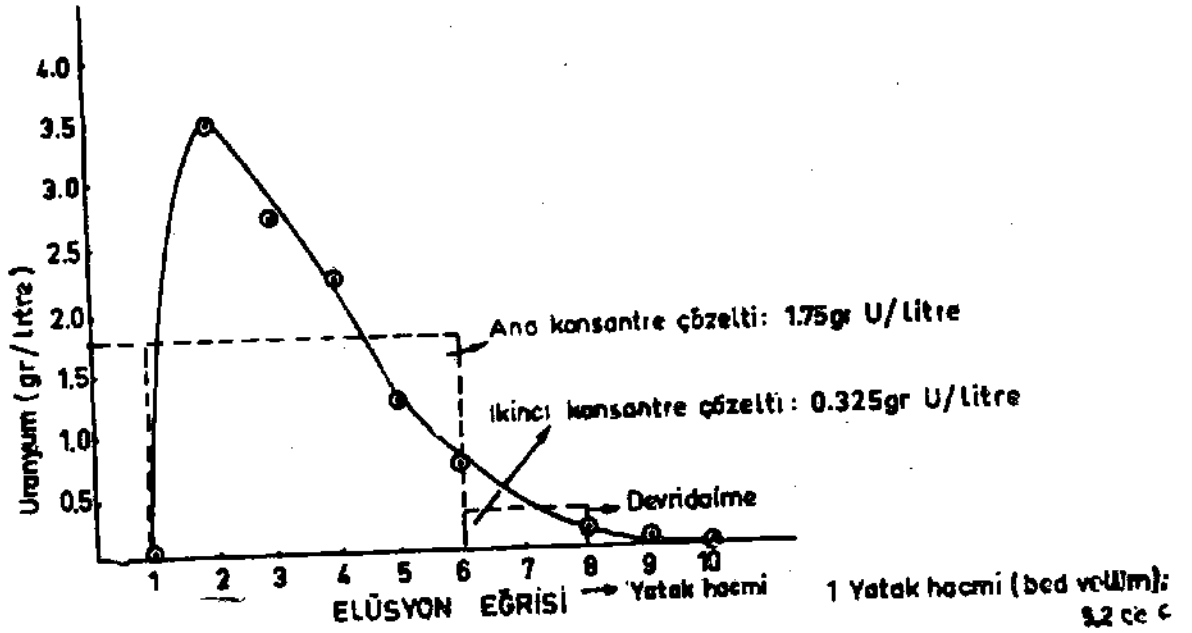




Şekil — 15



Şekil — 16



Şekil — 17

yum geri alınmıştır. Elüsyon eğrisi Şekil -17 de görülmektedir. Böylece lie sıvılarına göre 25 kat daha fazla konsantrasyon uranyum çözeltisi elde edilmiştir.

Eide edilen elüsyon çözeltisinden bir kısmı ayrılmış ve % 5'lik amonyak çözeltisinden pH : 7.15'e kadar ilave edilerek uranyumun tamamı  $(NH_4)_2U_2O_8$  (San pasta : Yellow Cake) halinde çöktürülmüştür.

## 7.2. Saflaştırma (Solvent Ekstraksiyonu Uygulaması)

Ana elüsyon çözeltisinin pH'ı 1.1 olup litrede 1.75 gr uranyum ihtiva etmektedir. Bu çözeltiden alınan 15 mi numune amin solvent ekstraksiyonu na tabi tutulmuştur. Ekstraksiyon % 95 verimle 3 kademede gerçekleştirilmiştir. Organik fazdaki uranyumun diğer elementlerden temizlenmesi için 8M HCl çözeltisi ile organik faz yıkanmıştır (2 kademe).

Uranyumun organik fazdan geri alınması işlemi 0.05M HCl çözeltisi ile yapılmıştır. Bu çözeltiden uranyum amonyum di uranat halinde çöktürülerek  $U_3O_8$  e dönüştürülmüştür. Bu ürünün nötron aktivasyon analizi metodu ile yapılan safiyet kontrolünde çok yüksek safiyette olduğu tesbit edilmiştir.

## 8. SONUÇLAR

1 — Bölge linyitlerinden uranyumun direkt olarak değerlendirilmesi güç ve pahalı olmaktadır.

2—Linyitlerin ihtiva ettiği anorganik maddeler organik bünye içimde dispers halde bulunduğundan linyitin bunlardan temizlenmesi güçtür.

3—• Uranyum linyit bünyesinin organik kısmına bağlıdır.

4 — Linyitin yanması sırasında, organik bünyeye bağlı bulunan uranyum linyitin anorganik elemanları( kül) üzerinde birikmektedir.

5 — Uranyumun küle geçişi sırasında kül elemanları arasında zenginleşme yönünden mühim bir tercih yapmamaktadır.

6 — Kül içerisinde uranyum 6 değerlikte

ve kolay çözünebilen bileşikler halinde bulunmaktadır.

7—Küllerden uranyum değerlendirilmesi bölgede kurulacak uygun bir termik santral yardımıyla gerçekleştirilebilir.

8 — Liç işlemlerinde klorhidrik asit kullanılması sülfirik asit kullanılmasına nazaran bir üstünlük sağlamamaktadır.

9—Linyit ve küllerden uranyum ekstraksiyonunda perkolasyon liç tekniğinin konvansiyonel metotlara nazaran bir üstünlüğü yoktur.

10 — Külden itibaren son ürüne kadar olan toplam verim %84 olmaktadır. Bu verim için 100 kgH<sub>2</sub> SCVtonkül asit harcamaktadır.

11 — Öngörülen prosesin ekonomik olup olmayacağına pilot tesis kademesinde çalışıldıktan sonra karar verilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır,

12 — Öngörülen prosesde aşağıdaki faktörler maliyeti etkilemeyecektir.

a— Cevherin çıkarılması, t)— Taşınması, c— Kırma öğütme eleme ve yukama d—Liç ünitelerinde gerekli olan ısı e— Oksidan ilavesinden gelecek harcamalar ortadan kalkmaktadır.

Soru : (Prof. Dr. Cemal BirÖn)

Bölge linyitlerinden üretilecek uranyum aynı bölgede kurulabilecek bir reaktörde mi değerlendirilebilir yoksa başka bir yerde mi reaktör kurulmalıdır.

Cevap : (Tuncer Hepşen)

Üretilmiş uranyumun reaktör tipine bağlı olarak bazı proseslerden geçirilerek herhangi bir bölgedeki reaktörde kullanılması mümkündür.

Soru : (Doç. FV. Güven Ünal)

Linyitte ve Külde liç işlemi sırasındaki tane boyutu nedir?

Cevap : Konvansiyonel Üçte linyitin tane boyutu ve külün tane boyutu —35 meş'tir. Perkolasyon üçte — 5 mm dir.

Soru : İyon değişimi prosesi temiz Uç sıvılarına mı yoksa liç pülpüne mi uygulanmıştır?

Cevap : Temiz liç sıvılarına uygulanmıştır.