

2243

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ & MADEN FAKÜLTESİ

ESKİŞEHİR - BEYLİKAHİR TORYUM CEVHERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

İTÜ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜNCE
"DOKTOR"

Ünvanının verilmesi için kabul edilen tezdır.

Yük. Müh. Bedri İPEKOĞLU

Tezin Fen Bilimleri Ens. Verildiği Tarih : 2. 5. 1983

Tezin Savunulduğu Tarih : 6.12. 1983

Doktorayı Yöneten Öğretim Üyesi : Prof. Dr. T. Cengiz BAYRAKTAR

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Galib SAĞIROĞLU

: Doç. Dr. Güven ÖNAL

İ.T.Ü. MADEN FAKÜLTESİ OFSET BASKI ATÖLYESİ - 1983

Aralık 1983

Y. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

İÇİNDEKİLER

ÖZET	III
SUMMARY	V
GİRİŞ ve AMAÇ	1
I. GENEL BİLGİLER	5
1.1 TORYUM	5
1.1.1 Özellikleri	5
1.1.2 Toryum ve Nükleer Enerji	12
1.2 TORYUM YATAKLARI	15
1.2.1 Toryum Yataklarının Sınıflandırılması	15
1.2.2 Toryum Yataklarındaki Önemli Toryum Mineralleri.	17
1.2.3 Türkiye Toryum Yatakları	23
1.3 TORYUM CEVHERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	25
2. ESKİŞEHİR - BEYLİKAHIR TORYUM CEVHERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	32
2.1 DENEYLERE ESAS OLAN NUMUNENİN ÖZELLİKLERİ	33
2.1.1 Numunenin Alınışı	33
2.1.2 Mineralojik İnceleme	34
2.1.3 Tane Serbestleşmesi	39
2.1.3.1 Yüzdürme - Batırma Deneyleri	39
2.1.3.2 Manyetik Ayırma Deneyleri	41
2.1.3.3 Yüzdürme Batırma + Manyetik Ayırma	
Deneyleri	43
2.2 ÖN ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ	44
2.2.1 Boyut Küçültme Deneyleri	45
2.2.2 Sarsıntılı Masada Özgül Ağırlık Farkına Göre	
Zenginleştirme Deneyleri	45

2.2.3 Flotasyon ile Zenginleştirme Deneyleri	51
2.2.4 Dağıtma ve Boyuta Göre Sınıflandırma İle Zenginleştirme Deneyleri	52
2.2.4.1 Karıştırarak Dağıtma Deneyleri	52
2.2.4.2 Aktararak Dağıtma Deneyleri	62
2.3 ASİTLE ÇÖZÜNDÜRME DENEYLERİ	67
2.3.1 Sülfürik Asit ile Yapılan Çözündürme Deneyleri ..	68
2.3.1.1 Orijinal Toryum Cevherini Sülfürik Asit İle Çözündürme	69
2.3.1.1.1 Sıcaklığın Çözündürme İşlemle- rine Etkisi	69
2.3.1.1.2 Pülpte Katı Oranının Çözündür- me İşlemine Etkisi	76
2.3.1.2 Toryum Ön Konsantresini Sülfürik Asit ile Çözündürme	78
2.3.2 Nitrik Asit ile Yapılan Çözündürme Deneyleri ..	82
2.3.2.1 Orijinal Toryum Cevherini Nitrik Asit ile Çözündürme	83
2.3.2.2 Toryum Ön Konsantresini Nitrik Asit ile Çözündürme	87
2.3.3 Hidroklorik Asit ile Yapılan Çözündürme Deney- leri	91
2.3.3.1 Orijinal Toryum Cevherini Hidroklorik Asit ile Çözündürme	91
2.3.3.2 Toryum Ön Konsantresini Hidroklorik Asit ile Çözündürme	96
3. SONUÇLAR	101
KAYNAKLAR	
ÖZGEÇMİŞ	

III

Ö Z E T

Türkiye de Eskişehir - Beylikahır bölgesinde bulunan ve dünyadaki büyük rezervli toryum yataklarından biri olarak kabul edilen bu cevher yatağının toryum bakımından değerlendirilmesine ışık tutmak amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

Cevher yatağının ortalama toryum tenörü % 0.2 olup düşük tenörlü bir cevher olarak tanımlanmakta ise de bu cevher yatağı rezervinin büyüklüğü, içerisinde bulunan Nadir Toprak Elementleri, Barit ve Fluorit bakımından da ayrı bir önem taşımaktadır. Yatağın özellikleri göz önünde bulundurularak MTA Enstitüsü tarafından açılan yarmalardan % 0.65 Toryum tenörlü yaklaşık 1000 kg lık temsili bir numune alınmış ve deneysel çalışmalar bu numune üzerinde yürütülmüştür.

Bu araştırmada öncelikle cevheri tanamak için mineralojik inceleme, ağır ortam ayırması manyetik ayırma ve 'ağır ortam + manyetik ayırma' deneyleri yapılmış olup cevher hakkında gerekli bilgiler elde edildikten sonra bu bilgilerin ışığı altında cevheri zenginleştirme çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmalara sürat kazandırması açısından toryum için pratik ve güvenilir bir analiz yöntemi geliştirilmiştir.

Ön zenginleştirme çalışmalarında cevherin ve cevher içerisinde saptanan minerallerin özellikleri göz önünde bulundurularak sırasıyla boyut küçültme, sarsıntılı masa ile zenginleştirme, flotasyon ile zenginleştirme, karıştırarak ve aktararak dağıtma ve boyuta göre sınıflan-

IV

dırma ile zenginleştirme deneyleri yapılmıştır.

Toryum mineralinin cevher içerisinde çok ince tanecikler halinde dağılmış olması ve kil mineralleri ile birlikte kolaylıkla ince tane-ye geçebilmesi dolayısıyla, dağıtma ve boyuta göre sınıflandırma deney-leri sonunda iyi netice alınmış ve % 1.2 Toryum tenörlü, bir ön konsant-re % 73.1 verimle elde edilmiştir.

Bu ön konsantre sülfürik asit, nitrik asit, ve hidroklorik asit ile ayrı ayrı çözündürme işlemine tabi tutulmuş olup, çözündürme süresi, asit miktarı, sıcaklık ve pülp yoğunluğunun toryum çözünme verimine etki-leri incelenmiştir. Her üç asitle de, gerekli miktar ve süre tesbit edi-lerek % 99 'a yakın bir toryum çözünme verimi elde edilmiştir.

Çözündürme işlemlerinde karşılaşılan en enteresan olay; ön konsantre içinde bulunan fluoritin çözünmesiyle açığa çıkan fluorür iyonu çözelti içindeki toryum iyonuyla birleşerek Toryum Tetra Florür(ThF_4) halinde toryumu çökeltmektedir. Böylece toryum çözünme verimi % 30 ci-varına düşmektedir. Bu olay çözündürme süresini ayarlamakla bertaraf e-dilmiştir.

Ayrıca orijinal toryum cevher numunesi de aynı asitlerle ve ay-nı koşullarda çözündürme işlemine tabi tutulmuş olup, elde edilen sonuç-lar, ön konsantreden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Bu çalışma sonunda:

- % 1.2 Th tenörlü, % 73.1 verimle bir ön konsantre elde edilmiştir.
- Çözündürme işlemleri sırasında toryumun çökeltme nedenleri saptanmış ve süre ayarlamasıyla giderilerek % 99 luk bir toryum çözünme verimi sağ-lanmıştır.
- Toryum ön konsantresini çözündürme işlemlerinde kullanılan asit mik-tarında , orijinal cevhere göre % 30-40 oranında bir avantaj elde edil-miştir.

S U M M A R Y

Energy, has been one of the most important problems of this century in the world and in Turkey. As the energy demand increases concerns for the exhaustion of fossil fuels, oil crisis, high fuel prices has proved that nuclear energy is the most attractive to conventional energy forms. In Turkey, all the research and preliminary studies in nuclear energy field has been accelerated since 1965 and has been directed towards the evaluation of our own uranium and thorium resources.

This study is concerned with the evaluation of Eskişehir - Beylikahır Thorium deposit which is known as one of the world's largest thorium deposits.

The experiments have been carried out by using a representative sample of 1000 Kg. of thorium ore with 0.65 % thorium content from Eskişehir - Beylikahır thorium deposit for ore dressing and leaching process. In this thorium deposit two kinds of rocks were found. One was fissure vein group and the other one was tectonic breccia which contains gang minerals and thorium. At the same time there were also four kinds of mineralized substance of Manganese oxides, Barite, Fluorite and Carbonates in that particular deposit.

VI

The thorium ore sample on which experiments are carried out was absolutely soil looking, very brittle and did break up easily. Barite, Fluorite, Dolomite, Goethite, Limonite, Quartz, Montmorillonite, Orthoclase and Pyrolusite were found in the ore by mineralogic determination. The identification of thorium mineral in the ore wasn't possible by using a microscope. However, certain results obtained by x-ray diffraction method were thought to indicate the existence of Bastnasite mineral.

Sink - Float separation, magnetic separation and combination of these two techniques were applied on the ore sample in order to get more information about the structural characteristics of that particular ore. It has been observed that the thorium content has been increased in the heavy mineral concentrate and magnetic products obtained by these methods. Even a high value of 2.2 % Th has been obtained in a product. However, the recovery of thorium was about 24 and this value was too low to be optimistic.

According to the results obtained for ore investigation and the structural characteristics of the ore, it was necessary to search for the possible ways to have concentrates with higher thorium contents for the sample before the leaching process. For this purpose crushing and grinding, gravimetric separation, flotation, scrubbing and tumbling experiments have been performed.

The thorium contents of the size fractions obtained by a series of screen analysis of the original raw ore sample and the sample crushed to -6 mm. and -1 mm. were determined. Closed circuit process was applied during the crushing experiments. It was found that the thorium content increased in a fine fraction of the ore. The concentration of thorium was too low when all experimental results were taken into consideration.

VII

By making use of the difference between the specific gravities of different minerals in the ore, the preconcentration process has been carried out on shaking table. Samples in three different particle size were prepared for the concentrating table experiments. Results obtained at the end of these experiments showed that it wasn't possible to collect any significant amount of thorium concentrate in a product.

The ore sample was ground and screened step by step to reach minus 0.151 mm. particle size for flotation experiment to float the barite and fluorite. Since there were too much slime in the ore, it had to be removed completely from the ore before flotation technique was used. The brittleness and easily grindable of the ore and the existence of clay minerals had adverse effect on the flotation. Thus, it wasn't possible to collect thorium mineral in a particular product by flotation.

Utilizing the data obtained by the experiments used to identify the ore and the properties of ore structure, it was thought that the ore should be scrubbed and tumbled in a certain particle size in order to get better thorium concentrates. The scrubbing experiments have been performed for samples with three different particle size 6mm. 4mm. and 2mm. The retention times were 10, 20 and 30 minutes respectively. At the end of these experiments, the product which has 79 % Th-recovery, 1 % Th-grade and minus 0.053 mm. particle size was obtained under the conditions of 6mm. particle size, 30 min. retention time and 60 % solid in pulp. The result show that thorium recovery was increasing as the particle size increased. From this point of view, the tumbling experiment has been done on the raw ore sample since it will be more economical and give higher Th-recovery. Thus the obtained Th-preconcentrate has 1.2 % Th-grade with the particle size -0.105 mm. and the Th-recovery of 73.1 % . In this tumbling experiment pulp density was 65 % solid. The analysis for the preconcentrate of the thorium

VIII

ore showed that it had a poorer concentration of silica and richer concentration of barite, fluorite and montmorillonite than the original ore.

Acid leaching was conducted on the original thorium ore and on the thorium preconcentrate for thorium extraction. The aim of this process was to prove and then to compare thorium extraction recovery for both samples under same conditions and to find out that whether the preconcentrate of thorium obtained via physical enrichment process has any use.

Leach tests have been done with three different acids namely sulphuric acid, nitric acid and hydrochloric acid. The effects of acid concentration and retention time on thorium extraction efficiency were examined for each acids. In addition, the effects of temperature variations and the effects of solid's ratio in pulp on extraction's efficiency was investigated.

The samples, each one being 300 gr. , were used in leaching experiments. Because of the particle size was minus 0.105 mm. in preconcentrate of thorium to establish the same conditions, the original thorium ore sample was ground to the particle size of minus 0.105 mm.

Conditions of experiments:

The particle size of sample : - 0.105 mm.

Acids : H_2SO_4 , HNO_3 and HCl

The amount of acid used : 100 - 800 Kg / tone

Pulp density : 50 % solid

Time : 0 - 4 hours

Temperature : Room temperature

As a result of leach experiments performed with three diffe-

IX

rent acids under the conditions mentioned above, thorium extraction was obtained with a 99 % recovery. However the amount of acid used for preconcentrate of thorium was 30 - 35 % less than the amount of acid used for original thorium ore.

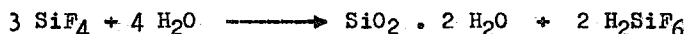
It was observed that the recovery of thorium extraction for the original thorium ore has been increasing as the amount of acid and the retention time increased. This was valid for three kinds of acids used. However some difficulties have arisen in the leaching experiments performed with sulphuric acid since very fine calcium sulphate precipitated very easily and it made mixing and filtering processes rather difficult.

The experiment of the preconcentrate of thorium extraction had showed that the recovery of thorium extraction has been increasing as the amount of acid and the retention time increases. But during the experiments performed with sulphuric acid and nitric acid, the recovery of thorium extraction has reached to its maximum value within half an hour. After half an hour, thorium was beginning to precipitate and thorium extraction decreased to a minimum value at the end of the first hour. It was possible to say that the fluoride ion caused to precipitate of thorium from the extracted thorium. After beginning to dissolve calcium fluoride (CaF_2) which was much higher in the thorium preconcentrate, the fluoride ions were taken into the solution immediately and they formed a compound with thorium ions. Thus, thorium tetra fluoride (ThF_4) precipitated in the solution. Since thorium tetra fluoride is highly insoluble compound, it didn't dissolve during the leach experiment even though the retention time was increased.

The precipitation event did not occur in the process of original thorium ore leaching as there were large amount of free SiO_2 in

the original ore. The amount of free SiO_2 thorium preconcentrate was very low. The fluorite ions which has started to dissolve from the fluorite reacted with free SiO_2 and forms silica gel.

The reactions were as follow:



All the fluoride ions spend by SiO_2 as there were large amount of silica in solution and there were no more fluoride ions in media to precipitate thorium. Thus the precipitation of thorium was impossible after spending all fluoride ions by SiO_2 in solution.

There wasn't any precipitation of thorium when leaching of thorium preconcentrate with hydrochloric acid was performed. By using 200 Kg. hydrochloric acid per tone, thorium extraction with 99 % thorium recovery was obtained within three hours. It could be said that the most effective acid was hydrochloric acid to dissolve the thorium from the preconcentrate as well as the original ore.

During this project, a radiometric analysis method has also been developed for thorium determination. This method is more practical for the analysis of thorium from solid sample and the accuracy of the method has been justified by four different techniques.

G İ R İ Ő V E A M A Ç

İçinde yaşadığımız yüzyılda,dünyanın en önemli sorunu enerji sorunudur. Dünyanın yıllık enerji ihtiyacı,artan nüfusa paralel olarak hızla artmaktadır. Yapılan tahminlere göre,dünyanın yıllık enerji tüketimi 2030 yılında $35.7 \cdot 10^6$ MW yıl olacaktır. Bu değer 1975 yılı tüketiminin yaklaşık 4 katıdır (1).

Günümüzde dünya nüfusunun % 50.7 si geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerde, % 32.2 si Doğu Bloku Ülkelerinde, % 17.1 i ise gelişmiş ülkelerde yaşamaktadır. Ancak 1975 yılı değerlerine göre, dünya enerji tüketiminin % 60.2 si gelişmiş ülkelerde, % 30.4 ü Doğu Bloku Ülkelerinde, % 9.4 ü ise geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerde tüketilmektedir. Görüldüğü gibi dünya nüfusunun ancak % 17.1 ini oluşturan gelişmiş ülkeler yıllık enerji üretiminin % 60.2 sini tüketmektedirler(2).

Bütün dünyada enerji ihtiyacını karşılamada bilinen konvansiyonel kaynakların kısıtlı olması nedeniyle yakın bir gelecekte tükenmeye başlayacağının anlaşılmasından ve 1973 petrol krizinden sonra,başta gelişmiş ülkeler olmak üzere dünya ülkeleri enerji kaynaklarını en iyi şekilde değerlendirmek ve korumak için gerekli önlemleri almaya başlamışlardır. bunun yanı sıra petrole alternatif olacak bol, ucuz ve güvenilir enerji kaynaklarının araştırılmasında hız kazanmıştır.

Bütün bunların sonucunda, petrolden uzak ve yeni enerji kaynaklarına dönük bir enerji politikasının gerekli olduğu anlaşılmıştır. Mevcut enerji kaynakları içinde sadece nükleer enerji bu yüzyılın sonuna doğru gittikçe artan dünya nüfusu ve sanayileşmeye paralel olarak artan enerji açığını kapatabilecek durumdadır. Yapılan tahminlere göre, 2030 yılında genel enerji tüketiminin % 50 si kömür ve petrol, % 22.7 si nükleer enerji, geri kalanının ise diğer enerji kaynaklarından karşılanması beklenmektedir.

Fosil yakıtlara dayanan enerji kaynaklarına kıyasla, nükleer enerjinin avantajları çok yönlüdür. Elektrik üretiminde en emniyetli ve en temiz teknolojidir. İhtiyaç anında hazır olabilecek şekilde planlanabilir. Milli ekonomiye tamamen doğal bir şekilde girme özelliğine sahiptir. Enerji ithal eden ülkeler için ödeme dengesinde kolaylık sağlar. Nükleer enerji elektrik üretiminde gelişmiş, yerleşmiş ve güvenilir bir teknoloji durumundadır(3). Genel enerji üretimi içinde elektrik enerjisinin payının 2000 yılında % 46 ya ulaşacağı ve elektrik enerjisinin en az % 50 sinin nükleer enerjiden sağlanacağı tahmin edildiğinden, nükleer enerjinin dünya enerji üretimine olan katkısının hayati bir önem taşıdığı ortaya çıkmaktadır.

Hızla sanayileşen ve nüfus artışı yılda ortalama % 2.5 olan ülkemizde buna paralel olarak enerji talebinin de orantılı olarak artacağı bilinmektedir. Dolayısıyla şu anda enerji sıkıntısı içinde olan ülkemiz 2000 yılında iyimser bir tahminle 3000 MW gibi bir enerji açığıyla karşı karşıya kalacaktır(4). Bu enerji açığının kapatılmasında fosil yakıtların, hidrolik enerjinin ve jeotermal enerjinin yanı sıra güneş enerjisi, rüzgar gücü ve bioenerji gibi önemli rol oynayabilecek alternatif enerji kaynakları ile kapatılması mümkün görülmemektedir.

Enerji açığını kapatmak ve petrole olan bağımlılığı azaltmak için ülkemizde 1965 yılından beri nükleer enerjiden faydalanılması ön görülmekte ve bu konuda çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan tahminlere

göre Türkiye de 2000 yılında 190 milyar kwh / yıl' a varan bir enerji üretimi gerçekleştirilecek ve elektrik enerjisi üretimindeki nükleer enerjinin payı % 16.2 olacaktır.

Enerji dar boğazında bulunan dünyada ve kalkınmakta olan ülkemizde en önemli sorunlardan biri bol, ucuz ve emniyetli elektrik enerjisi teminidir. Bir taraftan konvansiyonel enerji kaynaklarının zamanla ve hızla tükenmesi sonunda meydana gelecek ihtiyaç, diğer taraftan da nükleer enerji maliyetini düşüren teknolojik ilerlemelerin mümkün kıldığı ekonomik durum, nükleer enerjiyi cazip duruma getirmektedir.

Nükleer enerjide bu güne kadar uranyum yakıtlı termal reaktörler esas rolü oynamakta idi. Fakat gittikçe artan enerji ihtiyacına karşılık dünya uranyum rezervinin bir zaman sonra azalıp tükeneceği incelemeler sonunda ortaya çıkmıştır(5). Bu bakımdan yeni enerji kaynağı olabilecek hammaddelere ihtiyaç duyulmuştur. Nükleer enerji üretiminde kullanılabilecek yeni hammadde kaynağı toryumdur. Tabiatda uranyumdan 3-4 defa daha fazla bulunur. Doğada yalnızca Th^{232} izotopu olarak bulunan bu element reaktörlerde nötron yutarak fisil U^{233} haline dönüşür. Halen toryumu hammadde olarak kullanan ve toryumla bir çevirim içinde çalışan reaktör tipleri üzerinde çalışmalar sürmektedir.

Nükleer enerjide geleceğin ümit ışığı gibi görünen toryumu içeren önemli yataklardan biri de ülkemizde Eskişehir - Beylikahır yöresinde bulunmaktadır. Toryum tenörünün düşük olması yanında rezervinin büyüklüğü ve içerdiği diğer önemli mineraller açısından da değer taşıyan bu cevher yatağı uygun yöntemlerle değerlendirildiğinde ülkemiz için önemli nükleer olanaklar yaratabilecek güfte görünmektedir.

Eskişehir - Beylikahır toryum cevherleri üzerinde bu çalışmadan daha önce 1974 yılında ön zenginleştirme çalışmaları ve daha sonrada çözündürme denemeleri yapılmıştır. Ön zenginleştirme çalışmalarının (kırma, eleme, sarsıntılı masada ayırma, manyetik ayırma) sonunda % 32.9

ve % 12.2 lik verimlerle ön konsantreler elde edilmiştir(6). Yapılan çö-
zündürme denemelerinde ise kullanılan 1500 kg/ton sülfirik asit ile % 38.2
lik bir toryum çözünme verimi elde edilmiştir. Bu verim 3 kademeli çö-
zündürme ile (3 defa daha fazla asit harcayarak) % 61 e yükseltilmiş-
tir. Ayrıca kullanılan 1400 kg / ton nitrik asit ile % 44 lük bir tor-
yum çözünme verimi elde edilmiş, bu verim 3 kademeli çözündürme ile % 58
e çıkarılmıştır(7).

Bu araştırmada ise Eskişehir - Beylikahır toryum cevheri içerisinde bulunan toryumu uygun fiziksel yöntemlerle zenginleştirerek toryumca zengin bir ön konsantralde edilmiş ve bu ön konsantrite asitle çözündürme işlemine tabi tutularak toryum çözeltiye alınmıştır. Amacımız Türkiye Toryum cevherlerinden toryumu kazanma çalışmalarına ışık tutmaktır.

Bu çalışma 3 ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde toryumun özellikleri, cevher yatakları ve değerlendirilmesi hakkında yapılan literatür araştırması sonunda elde edilen genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde ise Eskişehir - Beylikahır cevherini değerlendirme çalışmaları adı altında toryum cevherini tanıma, ön zenginleştirme ve asitle çözündürme deneyleri yer almaktadır. Üçüncü bölüm, deneyler sonunda varılan sonuçları içermektedir.

Genel olarak, bu tür işletmelerin faaliyetleri, özellikle de ihracat ve ithalat işlemleri, dış ticaretle bağlantılıdır. Bu nedenle, bu tür işletmelerin faaliyetleri, dış ticaretle bağlantılı olarak değerlendirilmelidir. Bu tür işletmelerin faaliyetleri, dış ticaretle bağlantılı olarak değerlendirilmelidir. Bu tür işletmelerin faaliyetleri, dış ticaretle bağlantılı olarak değerlendirilmelidir.

(Kimsa,elome,sarantılı masada yazıma,manşetlik yazıma) sonunda / 32.4
da gözünüdürme denemeleri yapılmıştır. Ön denemelerden elde edilen
dan daha önce 1974 yılında ön sentezleştirme çalışmaları ve daha sonr-
Bakışdır - heylikleri torum çevreleri üzerinde bir çalışma-

I. GENEL BİLGİLER

I.I TORYUM

Toryum,1828 yılında İsveçli Kimyacı " Berzelius " tarafından Norveç'te Brevig yakınındaki Lövön adasında bulunan şimdi " Thorite " denilen mineralin analizi esnasında keşfedilmiştir. Toryum ismi İskandinav mitolojisindeki savaş tanrısı " Thor " a izafeten verilmiştir. Berzelius 1829 yılında ilk defa toryum metalini,toryum tetra klorürü Sodyum ve Potasyum ile metalo-termik olarak indirgemek suretiyle elde etmiştir. 1860-1870 yıllarında Mendeleev, toryumun özelliklerini inceleyerek,bu elementi kendi tablosunda,tabiatta genellikle beraber bulunduğu nadir toprak elementleriyle aynı guruba(Cerite metals) koymuştur.Bu gün ise toryum periyodik sistemde Aktinitler gurubundadır.Nadir topraklar ise Lantanitler gurubunu oluşturlar (8,9).

1.1.1 Özellikleri

Fiziksel Özellikleri: Gümüş beyazlığında ve gümüş sertliğinde bir metal olan Toryumun fiziksel özellikleri ÇİZELGE: 1.1 de gösterilmiştir(9,10, 11,12,13).

Kimyasal Özellikleri: Toryum, uranyuma nazaran korozyona daha dayanıklıdır.Parlatılan bir toryum yüzeyi çok uzun süre parlaklığını muhafaza eder.Nemli atmosferde ve su içinde normal sıcaklıkta toryum korozyona dayanıklıdır.Sıvı metallere karşı Toryum alaşımlarının(Sodyum,Lityum ve eutetik potasyumlu alaşımları) korozyon dayanıklılığı hayli yüksektir.

ÇİZELGE:1.1. Toryumun Fiziksel Özellikleri

Atom numarası.....90
Atom ağırlığı.....232.12
Yoğunluğu (20°C)
 Teorik olarak.....11.71 gr/cm³
 Döküm metal.....11.55-11.63 gr/cm³
Sinterlenmiş toz.....11.5 - 11.6 gr/cm³
 Iodide metal.....11.66 gr/cm³
Erime noktası.....1695°C
Ergime ısısı.....~4.6 kcal / mol
Kaynama noktası.....>3000°C
Buharlaştırma ısısı.....130-170 kcal / mol
Isınma ısısı
 27°C.....6.54 cal / mol-°C
 99°C.....6.59 cal / mol-°C
 199°C.....6.61 cal / mol-°C
Entropi (25°C).....13.6 ± 0.8 cal / mol / °C
Kristal yapısı
 1400°C kadar.....yüzey merkezli kübik (FCC)
 a₀(25°C) = 5.086 - 0.0005 Å
 1400°C üstünde.....hacim merkezli kübik (BCC)
 a₀(1450°C) = 4.11 ± 0.01 Å
Elektriksel direnci.....
 Metal-termit metal.....18 mikro ohm-cm
 Tozdan sinterlenmiş metal...13-14 mikro ohm-cm
Isı iletkenliği
 100°C.....0.09 cal/sn-cm-°C
 650°C.....0.108 cal/sn-cm-°C
Süper iletken olduğu sıcaklık..1.3-1.4°K
Termal genişleme katsayısı
 25-200°C.....11.0x10⁻⁶ / °C
 25-1000°C.....12.5 x 10⁻⁶ / °C
Renk.....gümüş beyazlığındadır. Hava ile temas
 ederse gri olur.
Sertlik
 Az karbon içerenlerde.....70-80 VHN (Vickers piramit numarası)
 İodite metalde.....30-40 VHN
Tabii izotopları.....Th²²⁷, Th²²⁸, Th²³⁰, Th²³¹, Th²³²(~% 100)
 Th²³⁰.

ÇİZELGE:1.2. Önemli Toryum Kompleks İyonları

Kompleks yapan madde	Reaksiyon	İyonik kuv.	Denge sabiti
Cl^-	$\text{Th}^{+4} + \text{Cl}^- = \text{ThCl}^{+3}$	2.0	1.21
	$\text{Th}^{+4} + 2\text{Cl}^- = \text{ThCl}_2^{+2}$	2.0	0.1
	$\text{Th}^{+4} + 3\text{Cl}^- = \text{ThCl}_3^{+1}$	2.0	0.2
	$\text{Th}^{+4} + 4\text{Cl}^- = \text{ThCl}_4$	4.0	0.018
NO_3^-	$\text{Th}^{+4} + \text{NO}_3^- = \text{Th}(\text{NO}_3)^{+3}$	5.97	2.83
	$\text{Th}^{+4} + 2\text{NO}_3^- = \text{Th}(\text{NO}_3)_2^{+2}$	5.97	1.41
ClO_3^-	$\text{Th}^{+4} + \text{ClO}_3^- = \text{Th}(\text{ClO}_3)^{+3}$	0.5	1.84
HSO_4^-	$\text{Th}^{+4} + \text{HSO}_4^- = \text{ThSO}_4^{+2} + \text{H}^+$	2.0	159
	$\text{Th}^{+4} + 2\text{HSO}_4^- = \text{Th}(\text{SO}_4)_2^{+2} + 2\text{H}^+$..	2.0	2850
	$\text{Th}^{+4} + 2\text{HSO}_4^- = \text{Th}(\text{HSO}_4 \cdot \text{SO}_4)^{+2} + \text{H}^+$..	2.0	800
H_3PO_4	$\text{Th}^{+4} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Th}(\text{H}_3\text{PO}_4)^{+4}$	2.0	78
	$\text{Th}^{+4} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Th}(\text{H}_2\text{PO}_4)^{+3} + \text{H}^+$..	2.0	150
	$\text{Th}^{+4} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Th}(\text{H}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4)^{+3} + \text{H}^+$..	2.0	1400
	$\text{Th}^{+4} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Th}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2^{+2} + 2\text{H}^+$	2.0	8000
HF	$\text{Th}^{+4} + \text{HF} = \text{ThF}^{+3} + \text{H}^+$	0.5	5.10^4
	$\text{Th}^{+4} + 2\text{HF} = \text{ThF}_2^{+2} + 2\text{H}^+$	0.5	$2.9 \cdot 10^7$
	$\text{Th}^{+4} + 3\text{HF} = \text{ThF}_3^{+1} + 3\text{H}^+$	0.5	$9.4 \cdot 10^8$

Sulandırılmış HF , HNO_3 , H_2SO_4 asitleri ve konsantre H_3PO_4 veya HClO_3 asitleri toryum meteline yavaş,yavaş etki ederler. Toryum iyonu, anyonlarla,asitik veya nötr çözeltilerde kompleksler yapmaya yatkındır. ÇİZELGE1.2.de Önemli Toryum Kompleks iyonları görülmektedir (11,14).

ÇİZELGE:1.3. Düşük Çözünürlük Gösteren Toryum Bileşikleri

İYON	ÇÖKELME	SUDA ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ	DİĞER REAKTİFLERDEKİ ÇÖZÜNÜRLÜK
OH^-	$\text{Th}(\text{OH})_4$	Çözünmez	Asitlerde, Amonyum okzalatta, Alkali karbonatlarda, Sodyum sitratta çözünür.
F^-	$\text{ThF}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Çözünmez	 Asitli alüminyum nitrat eriyiğinde çözünür.
$\text{KF} + \text{HF} \cdot \text{K}_2\text{ThF}_6$		Çözünmez	 -
IO_3^-	$\text{Th}(\text{IO}_3)_4$	Çözünmez	 IO_3^- 'ü parçalayan reaktiflerde çözünür.
PO_4^{3-}	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Th}_3(\text{PO}_4)_4 \\ \text{Th}(\text{HPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \dots \\ \text{Th}(\text{HPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \dots \\ \dots \text{Çözünmez} \dots \\ \dots \end{array} \right.$	 Kons.Asitte zorlukla çözünür.
$\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$	$\text{ThP}_2\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Çözünmez	 4N HCl de $1.65 \cdot 10^{-4}$ mol/lt.
SO_3^{2-}	$\text{Th}(\text{SO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-	 Sülfitte kısmen çözünür.
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Th}(\text{CrO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} \dots \\ \text{Th}(\text{OH})_2 \cdot \text{CrO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} \dots \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \dots \text{Çözünmez} \dots \\ \dots \end{array} \right.$	 Kons.Asitte çözünür.

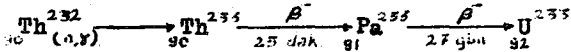
Toryum;fluorür, iyodür, fosfat vb. iyonlarla asitlerde çözülmeyen veya çok az çözünen bileşikler yapar. Bu bileşikler, Toryumun diğer maddelerden ayrılmasında ve analizinde kolaylık sağlarlar. Düşük çözünürlük gösteren toryum bileşikleri ÇİZELGE:1.3. de görülmektedir (11).

Toryum metali 100°C da bile sudan etkilenmez. Oda sıcaklığında dengelidir. Toryum metali toz halinde iken kolaylıkla yanarak ThO_2 e dönüşür. Toryum metali, Uranyum, demir, nikel, altın, gümüş, platin, bakır, volfram, molibden, çinko, magnezyum, sodyum, kurşun, berilyum, silikon, krom, bizmut, sezyum, zirkonyum ve kobalt ile önemli alaşımlar oluşturur.

Kullanıldığı Yerler: Toryumun nükleer olmayan ve nükleer olmak üzere iki önemli kullanım alanı vardır. Nükleer kullanma alanını ileride açıklayacağız. Toryumun endüstride yaygın bir kullanım alanı olmamasına karşın sınırlı kullanım alanlarında yerini alacak bir başka metal de bulunmamaktadır.

Lüks lambalarının gömleklerinin yapımı, toryumun en önemli kullanım alanlarından biridir. Belirli özelliklere sahip toryum nitrat çözeltisi, pamuk veya sun'i ipek elyafından yapılmış gömleklere emdirilir. Bu gömlek gaz alevi ile aydınlatıldığında parlak ışık yayar. Son zamanlarda metalurji, kimya ve seramik endüstrilerinde toryum alaşımları (özellikle magnezyum ve nikel alaşımları) kullanılmaktadır. Toryum oksit yüksek erime noktasına ve dengeli bir yapıya sahip olduğundan özel eritme işlemlerinde pota malzemesi olarak kullanılır. % 0.8-1.2 Th içeren tungsten alaşımları elektrik ampullerinde kullanılarak verim ve ömür ~~de~~ artışı sağlanmıştır (15). Toryum kaynak malzemesi olarak, vakum aletlerinde eser gazların temizlenmesinde "Getter" olarak ve saf toryum, optik cam yapımında kullanılır. Toryum, amonyakın nitrik asite, karbonmonoksitin su gazına, SO_2 nin de SO_3 e dönüştürülmesinde katalizör olarak kullanılır. 2000 Yılında üretileceği hesaplanan ThO_2 in, 450-620 tonunun nükleer olmayan alanda 700-6500 tonunun ise reaktörlerde kullanılacağı tahmin edilmektedir (16).

Nükleer Özellikleri: Tabiatta bulunan Th^{232} fisil (bölünebilir) bir element değildir. Ancak termal nötronlarla ışınlandığında nükleer değişimler sonucu uzun ömürlü fisil bir izotop olan U^{233} e dönüşür.



Bu reaksiyondan anlaşılacağı üzere, Toryum ikinci bir nükleer yakıt kaynağıdır. Nükleer yakıt olarak toryumun mahsuru, fisyon reaksiyonunun tamamlanabilmesi için zenginleştirilmiş fisil madde (U^{235} veya Pu^{239})

ilavesine ihtiyaç göstermesidir. Fakat fiziksel özellikleri gözönüne alınırsa, metalik nükleer yakıt olarak uranyuma tercih edilir. Zira termal iletkenliği daha fazla, termal genişleme katsayısı ise daha düşüktür. Bu iki faktör, yakıt elemanında oluşacak termal (ısı) gerilimleri azaltır. Uranyuma nazaran asıl üstünlüğü ise izotropik kübik kristal yapıya sahip olmasıdır. Bundan dolayı ısınlama ve termal çevirim altında fazla şekil değişikliğine uğramaz. Uranyuma nazaran mahsurları ise, yüksek erime noktası (1695°C) dolayısıyla metalik erime ve dökümünün güçlüğüdür. Th^{232} , ŞEKİL:1.1 de görüldüğü gibi tabii bozunmaya uğrayarak zamanla, kararlı bir izotop olan Pb^{208} e dönüşür(9).

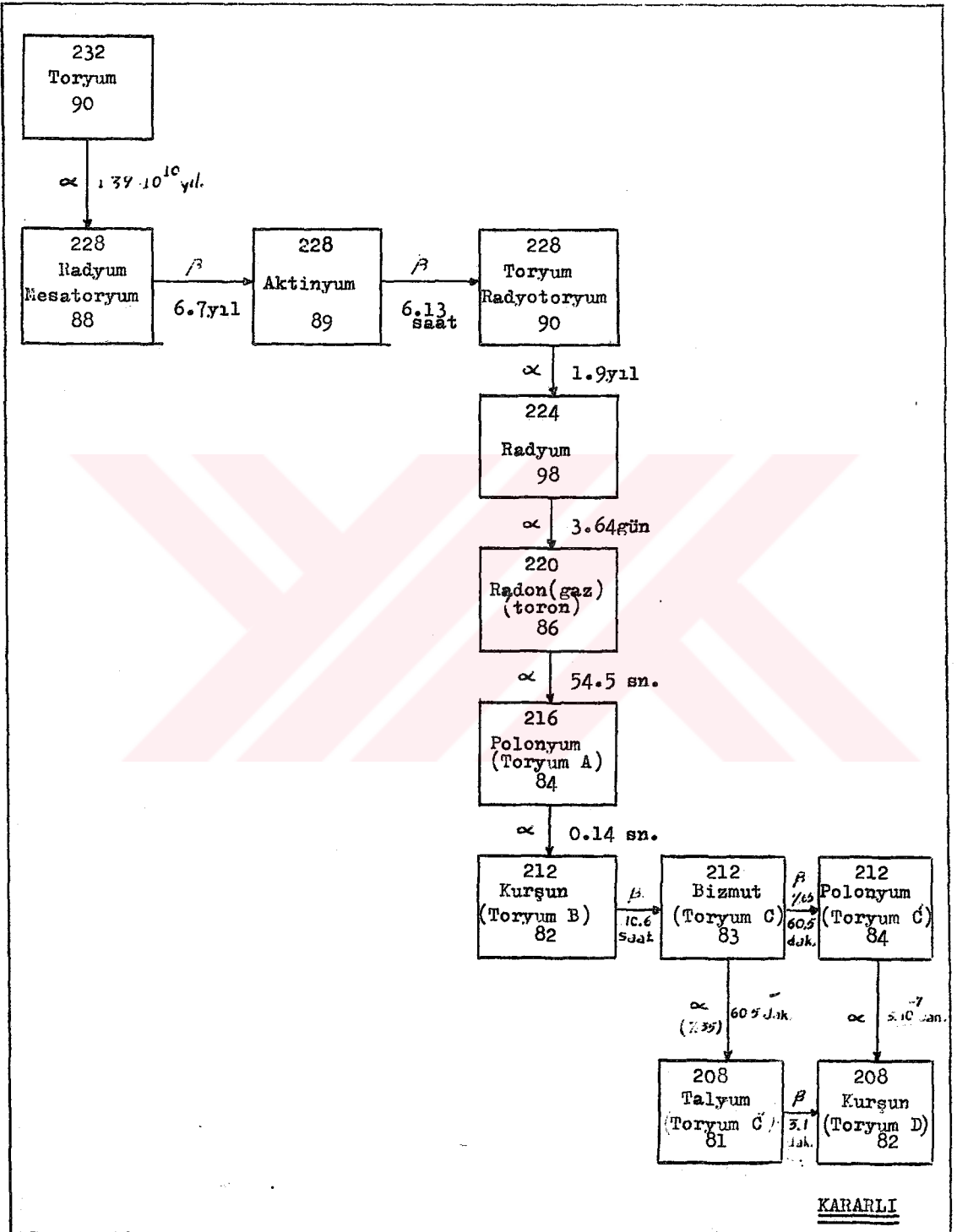
Toryumun reaktörlerde kullanılması, ancak zenginleştirilmiş fisil malzeme ilavesiyle mümkündür. Fisil malzemenin gönderdiği bir termal nötronla başlayan zincirleme reaksiyon U^{233} oluşumuna sebep olur. U^{233} ise fisyonu uğrayarak, fisyon ürünlerini ve enerjisini açığa çıkarabilen bir izotopdur. 1 Kg, U^{233} ün fisyonu uğrayarak çıkardığı enerji, Keban barajının tam bir gün boyunca vereceği enerjiye eşittir(17).

Hızlı üretken reaktörlerde(FBR) yakıt olarak toryum kullanılırsa, yanan her 1 Kg. U^{235} veya Pu^{239} yerine 1.5 Kg. U^{233} veya Pu^{239} elde etmek mümkündür. Üstelik U^{233} için nötron verimi(harcanan her bir nötrona karşılık meydana getirdiği nötron sayısı) U^{235} ve Pu^{239} a göre daha yüksektir.(ÇİZELGE:1.4)(18).

ÇİZELGE:1.4. Nötron Verimi Karşılaştırması

U^{233}	U^{235}	Pu^{239}
2.284	2.072	2.109

Sıcaklık, U^{233} ün nötron veriminde fazla bir değişiklik yapmadığından termal reaktörlerde kullanılan U^{233} , yüksek yakıt dönüşüm oranı ve uzun yakıt ömrü sağlamaktadır.

KARARLIŞEKİL: 1.1 Th^{232} nin Tabii Bozunması

Toryum yakıtı kullanılan reaktörlerden elde edilecek olan elektrik enerjisinin, birim maliyetinin, uranyum yakıtlı reaktörlerden elde edilen enerjiye nazaran daha ucuz olacağı tahmin edilmektedir.

Reaktörlerde Toryumu Nükleer yakıt olarak kullanmak için, Toryum cevherlerinin işlenmesi, saf toryum bileşikler elde edilmesi, bu bileşiklerden nükleer yakıt imali, reaktörlerde bu yakıtın yanması, yanmış yakıtın depolanması, yeniden kazanılması (reprosesi) ve artıkların depolanması gibi yapılan bütün bu işlemler "Toryum Yakıt Çevrimi" olarak adlandırılır. ŞEKİL 12 de bu çevrimin ana hatları gösterilmiştir (19).

1.1.2 Toryum ve Nükleer Enerji:

Dünya enerji ihtiyacı nüfus artışına paralel olarak artmaya devam etmektedir. Bilinen fosil ve hidrolik enerji kaynaklarının sınırlı olması başka alternatif enerji kaynaklarının aranmasında en önemli etken olmaktadır. Bu alternatif kaynakların içinde en fazla potansiyele haiz olanı ise nükleer enerjidir.

Bu güne kadar nükleer enerjide uranyum yakıtlı termal reaktörler esas rolü oynamakta idi. Fakat gittikçe artan enerji ihtiyacına karşılık dünya uranyum rezervinin bir zaman sonra azalıp biteceği analizler neticesinde ortaya çıkmıştır (5). Bu bakımdan yeni enerji kaynağı olabilecek hammaddelere dönülmesi gerekmektedir. Ayrıca mevcut uranyum kaynaklarından faydalanmayı artıracak tipte reaktörler geliştirmek bir çözüm yolu olarak görülmüş fakat geliştirilen hızlı üretken Reaktörler (FBR) de maliyetin çok yüksek olması ve plütonyum üretiminin silahsızlanmaya aykırı durumu dolayısıyla beklenilene veremeyeceği ortaya çıkmıştır.

Enerji kaynağı olarak kullanılabilen yeni hammadde kaynağı ise tabiatta uranyumdan 3 defa daha fazla bulunan Toryumdur. Toryum, Termal spektrumlu reaktörlerde, nötron yutarak fisil U^{233} haline dönüşür. Bu fisil U^{233} de, U^{235} den çok daha fazla avantajlı olmaktadır. Bu avantajların başında, fisyon başına ortaya çıkan nötronların sayısı gelmektedir.

Bu fazlalık nötronlar U^{235} in vereceğinden de fazladır. Dolayısıyla yeni fisil malzemenin oluşması için lüzumlu daha fazla sayıda nötrona sahip olmaktadır. Bir başka deyişle U^{233} ün üretme kabiliyeti daha fazladır(18).

Bu fikirlerden hareketle toryum esaslı, üretme kabiliyeti bire çok yakın, hatta biraz fazla, termal üretici reaktörler yapılabileceği düşünülmüş ve ispatlanmış bulunmaktadır. Öyleki 2000 yılından sonra hızlı üretken reaktörlerin (FBR) sayısından daha fazla termal üretici reaktörler kullanılarak, dünya enerji sorununun büyük ölçüde çözülebileceği tahminleri yapılmaktadır. Bu konuda dünyada özellikle bazı ileri ülkelerde nükleer senaryolar düşünülmekte ve hesaplar yapılmaktadır.

Halen toryumu hammadde olarak kullanan ve toryumla bir çevrim içinde çalışan reaktör tipleri üzerinde çalışmalar sürmektedir. Örneğin; Kanada'da " CANDU " reaktörleri, A.B.D. de toryum tuzlarının yakıt olarak kullanıldığı " Ergimiş Tuzlu Üretken Reaktör "(MSBR) ve " Yüksek Sıcaklıklı Reaktörler "(HTR) bu tipler arasında belirtilebilir(20).

Candu reaktörlerinin toryumlu bir yakıt çevriminde çalışmasının etüdleri yapılmakta olup, bunların büyük bir dizayn değişikliği yapılmadan toryumla çalışabileceği gösterilmiştir(21). Ergimiş Tuzlu Üretken Reaktör(MSBR), halen çeşitli teknolojik problemlerin çözülmesi safhasındadır. Bu problemler halledildiğinde efektif bir reaktör tipi ortaya çıkacaktır. Yüksek sıcaklıklı reaktörlerde(HTR) de toryum efektif bir şekilde kullanılabilir.

1.2 TORYUM YATAKLARI

Toryumun değişik mineralojik bileşikler halinde yerkabuğunda yaygın olarak bulunduğu bilinmektedir. Uranyumdan 3-4 defa daha fazla (10 gr/ton) bulunur. Asit karakterli granitik kayalarda, bazik kayalara nazaran daha boldur. Genellikle, asit derinlik kayalarının pegmatitlerinde, pnömatojen ve hidrotermal oluşumlarda konsantre olmuştur.

1.2.1 Toryum Yataklarının Sınıflandırılması

Radyoaktif mineral yatakları, mineralojik bileşimlerine, oluşumlarına, bulundukları jeolojik ortama göre çeşitli şekillerde sınıflandırılmışlardır(22).

1950 yılında Bain

1954 yılında Everhart(kökenine ve içinde bulundukları yan kayaca göre)

1955 yılında Raubault(oluşum, petrografik ve mineralojik özelliklerine göre) , 1958 yılında Heinrich,

1970 yılında Bowie ve Finch (yapısal karakterlerine göre)

1974 yılında Ziegler (içinde bulunduğu yapısal ortam, içerdiği mineraller ve yapılarına göre metalotektonik bir sınıflama).

Yukarıdaki sınıflandırmalardan en basiti olan Heinrich sınıflandırmasına göre:Toryum yatakları:

1- Radyoaktif Pegmatitler: Granit ve siyenitlere bağlı pegmatitlerdir.

rnek, Kanada daki Bancroft ve Central Lake yatakları.

2- Karbonatit ve Karbonatitlerle ilgili yataklar: Yeryüzünde pek yaygın değildir. nemli mineral piroklor dur. rnek, İsveç, Norveç, Kenya ve Kanada da bazı zuhurlar vardır.

3- Pirometazomatik Yataklar: Bu tip yataklar yeryüzünde nadirdir. nemli mineral Torianittir. Allanit'te yaygın olarak bulunur. rnek, Güney Madakaskardaki Mandrare ve Avustralya daki Mary Kathleen yatağı.

4- Hidrotermal Yataklar: Hidrotermal kökenli yataklar genellikle damarlar halindedirler. Bu yataklar oluşum sıcaklıklarına göre 3 e ayrılır.

a) Hipotermal ($300^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C}$) Yataklar: Önemli mineraller Davidit ve Brannerit'tir. Kuvars en yaygın gang mineralidir. Örnek, Radium Hill (Güney Avustralya), Chateau Lambert yatağı (Fransa).

b) Mezotermal ($200^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$) yataklar: Dünyada en yaygın yatak tipidir. Örnek, Shinkolobwe (Kongo), Steen Kampsakraal (Güney Afrika Birliği) ve Eskişehir-Beylikahır (Türkiye).

c) Epitermal ($50^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$) Yataklar: Oldukça yaygın bir yatak tipidir. Önemli mineraller Torit ve Torogummit'tir. Feldispat, kuvars, siderit, barit, hematit karakteristik mineralleridir. Örnek, Wet Mountains yatağı (ABD).

5- Sedimanter Kayaçlardaki Toryum Yatakları: Toryum tuzlarının ve bileşiklerinin suda erime özelliğinin çok az veya hiç olmaması dolayısıyla çökelme oluşumuna sahip toryum yatakları yoktur. Ancak taşınmaya ve aşınmaya dayanıklı toryum mineralleri (özellikle Monazit) plaser toryum yataklarını oluştururlar.

a) Plaser Toryum Yatakları: En önemli minerali Monazit'tir. Uranotorit, torogummit ve zirkon da vardır. Ayrıca İlmenit, Kasiterit, Rutil, Manyetit, Wolframit, Hematit ve Platin plaser toryum yataklarında en çok rastlanan minerallerdir.

Dünyadaki Önemli Toryum Plaserleri:

- Travancore plaseri (Hindistan): % 3 Monazit tenörlüdür. 1 milyon ton monazit rezervine sahiptir.

- Seylan plaserleri (Seylan): % 2-14 monazit tenörlüdür. Ancak bu tenör yer yer % 22 hatta % 47 ye kadar yükselir.

- Florida, Idaho ve Kaliforniya (ABD) da önemli toryum plaser yatakları vardır.

Brezilya plaser yatakları (Brezilya): Egemen mineral monazittir. Tenör % 6 ThO_2 dir.

Dünya toryum rezervleri ve dağılımı ÇİZELGE 15 de gösterilmiştir. (Toryum kaynakları 2 fiat sınıfında, 75 ABD dolarının altında ve üzerinde

olmak üzere verilmiştir)(23).

ÇİZELGE 15 Dünya Toryum Rezervleri (1000 ton)

	Görünür Rezervler		Muhtemel Rezervler	
	<75 \$ / Kg	>75 \$ / Kg	< 75 \$ / Kg	>75 \$ / kg
Avustralya	21	0	0	0
Brezilya	68	0	1.200	0
Kanada	0	0	293	0
Danimarka	0	54	0	32
Mısır	15	0	280	0
Finlandiya	0	0	60	0
Hindistan	319	0	0	0
İran	0	0	30	0
Liberya	1	0	0	0
Norveç	132	0	132	0
Güney Afrika	11	0	0	0
Türkiye	0	330	0	440
A.B.D.	108	14	261	17
T O P L A M	675	398	2.256	489

1.2.2 Toryum Yataklarındaki Önemli Toryum Mineralleri

Tabiatta çok değişik mineralojik yapılarda bulunan toryumun her minerali ekonomik değere haiz değildir. En önemli toryum mineralleri, Monazit, Torit, ve Torianit tir(22,24,25).

Monazit: (Ce,La,Y,Th) PO₄ Dünyada toryum üreten en önemli kaynak monazittir. Gerçekte Seryum, Lantan fosfattır. Toryum ve İttriyum

yer değiştirme yoluyla bu mineralin yapısına girerler.Toryum oranı %3-5 den % 10 ThO_2 kadar çıkabilir.En zengin toryum içeren monazit % 28.2 ThO_2 ile Seylan da,hiç toryum içermeyen monazit ise Bolivya da bulunmaktadıdır.Yapılan birçok analizde Monazit içinde aliminyum,kalsiyum,magnezyum,titan ve zirkonyumda bulunmuştur.Monazit genellikle ilmenit,rutil,zirkon,uranitit,torit,fergusonit,smarkit manyetit,apatit gibi ağır ve değerli minerallerle birlikte bulunur.Böylece oluşturdukları yatakların ekonomik değeri artmış olur.Monoklinik kristal sistemine sahip olan monazit kahverengi,sarı,bal rengi ve yeşil renkte olabilir.Sertliği:5-5.5, zgl ağırlığı: 4.6-5.3 ve kırılma indisi:1,786-1.837 arasında değişir.Kırılğan ve radyoaktif bir mineral olan monazit zayıf manyetik özellik gösterir.En önemli monazit plaserleri Hindistan,Seylan,Brezilya,ABD ve Avustralya dadır.

Torit: ThSiO_4 , Toryum bakımından ikinci önemli mineraldir.Bu mineral içerisindeki toryum oksit miktarı % 77 ye kadar çıkabilmektedir.Ayrıca bünyesinde uranyum,demir ve nadir toprak elementleride bulunur.Az miktarda kalsiyum,mağnezium,fosfor,tantalyum,titanyum,zirkonyum ve aliminyuma rastlanır.Eğer içerdiği uranyum miktarı % 5-20 arasında ise "Uranotorit " demir miktarı %14 Fe_2O_3 den fazla olursa " Ferrittorit " adını alır.Torit,tetragonal kristal sisteminde kristalleşir.Sertliği:4.5-5.5,zgl ağırlığı:4-6.7 arasındadır.Rengi: Portakal sarısı,siyahtır.En çok damartipi yataklarda bulunur. ABD,Kanada,Madagaskarda önemli torit yatakları vardır.

Torianit: $(\text{Th,U})\text{O}_2$, Toryum minerallerinin toryumca en zengin olanıdır. ThO_2 oranı % 94 ' e kadar, UO_2 oranı ise % 50 ye kadar yükselebilir.Bu mineral nadir toprak elementleri,ve manganeeze de rastlanır.Kübik sistemde kristalleşme gösteren torianit,6-7.5 sertliğinde,koyu gri,koyu kahverengi veya siyah renkli bir mineraldir.özgül ağırlığı: 8.9-9.9 arasındadır.Madagaskar,Seylan,Amerika ve Kanada da torianit ya-

takları bulunmaktadır. Diğer Toryum mineralleri ÇİZELGE 1.6 da gösterilmiştir (8,12,14,22,24,25,26,27).

ÇİZELGE 1.6 Toryum Mineralleri

İSİM	KİMYASAL FORMÜL	% ThO ₂
Abukamalite	(Ca,Y,Th) ₅ (Si,P,AlO ₄) ₃ (O,F)	1
Allanite	(Ca,Ce,Th) ₂ (Al,Fe,Mg,Mn) ₃ (SiO ₄) ₃ (OH)	0-3
Alvite	Zirkona benzemektedir.	15
Ampangabeite	(Y,Er,U,Ca,Th) ₂ (Nb,Ta,Fe,Ti) ₇ O ₁₈	1-2
Aneylit	(Ce,La) ₄ (Sr,Ca) ₃ (CO ₃) ₇ (OH) ₄ ·3H ₂ O	0.1-0.3
Apatite	Ca ₅ (PO ₄) ₃ F ₂	1
Bastnaesite	(Ce,La)(CO ₃)F	1
Betafite	(U,Ca)(Nb,Ta,Ti) ₃ O ₉ ·nH ₂ O	0-1.5
Baddeleyite	ZrO ₂	0-5
Blomstrandine	Prioritin benzeridir.	
Brannerite	(U,Ca,Fe,Y,Th) ₃ (Ti,Si) ₅ O ₁₆	0-6
Bröggerite	Uraninite nin benzeridir.	14
Cappelenite	Ba(Y,Ce,La) ₆ B ₆ (SiO ₄) ₃ O ₁₂ (OH) ₂	1
Calciosamaraskite	Ca ca zengin smarskite dir.	2-3
Caryocerite	(Ce,La,Th,Ca) ₅ (Si,B) ₃ (O,OH,F) ₁₃	14
Cerianite	(Ce,Th)O ₂	5
Chinglusite	(Na,K) ₄ (Mn,Ca) ₃ (Ti,Zr) ₅ Si ₁₄ O ₄₁ ·9H ₂ O	1
Chevkinite	(Fe,Ca)(Ce,La) ₂ (Si,Ti) ₂ O ₈	1-21
Cheralite	(Ca,Th)PO ₄	1-32
Cordylite	(Ce,La) ₂ Ba(CO ₃) ₃ F	1
Clarkeite	(Na,Ca,Pb) ₂ U ₂ (O,H ₂ O) ₇	3
Cyrtolite	Altere olmuş zirkon içinde Th var.	1

ÇİZELGE:1.6. (Devam)

İSİM	KİMYASAL FORMÜL	% ThO ₂
Davidite	(Fe,Ce,U)(Ti,Fe,V,Cr) ₃ (O,OH) ₇	1
Doverite	Y,Ca(CO ₃) ₂ F	1-3
Euxenite	(Y,Ca,Ce,U,Th)(Nb,Ta,Ti) ₂ O ₅	0-5
Eschynite	(Ce,Ca,Fe,Th)(Ti,Nb) ₂ O ₆	0-17
Fergusonite	(Y,Er,Ce,U,Th)(Nb,Ta,Ti) ₄ O ₄	0-5
Fersmite	(Ca,Ce,Na)(Nb,Ti,Fe,Al) ₂ (O,OH,F) ₆	1
Formanite	(Y,Er,U,Th)(Ta,Nb) ₄ O ₄	1
Fourmarierite	PbO.4UO ₃ .5H ₂ O	az
Gummite	UO ₃ .nH ₂ O (değişebilir)	az
Gadolinite	Be ₂ Fe Y ₂ Si ₂ O ₆	0-3
Hagatelite	Zirkona benzer (Nb,Ta,Th içerir)	1.5
Hellandite	Ca ₂ (Ce,Y,Fe,Mn,Al) ₆ Si ₄ O ₁₉	1-3
Hokutolite	Radyoaktif barit (Pb,Th,U,Ra içerir)	
Huttonite	Th(SiO ₄)	ideal olarak 81.5
İrinite	(Na,Ce,Th)(Ti,Nb)(O,OH) ₃	
Johnstrupite	Ce,Ca,Ti,Zr,Na silikattır.	1
Khlopinite	(Y,U,Th) ₃ (Nb,Ta,Ti,Fe) ₇ O ₂₀	1-4
Lovchorrite	Ce ₄ Ca ₁₀ Ti ₃ Si ₁₀ O ₃₉ F ₆	1
Lovozerite	(Na,K) ₂ (Mn,Ca) Zr Si ₆ O ₁₆ .3H ₂ O	az
Lyndochite	Yüksek miktarda Ca,Th içeren Euxenitedir.	5
Melanocerite	(Ce,La,Y,Ca) ₅ (Si,B,P) ₃ (O,OH,F) ₁₃	1-3
Microlite	(Na,Ca) ₂ (Ta,Nb) ₂ O ₆ (O,OH,F)	1
Monazite	(Ce,La) PO ₄	28.2

ÇİZELGE:1.6. (Devam)

İSİM	KİMYASAL FORMÜL	% ThO ₂
Mosandrite	$\text{NaCa}_6\text{Ce}_2(\text{Ti},\text{Zr})_2 \text{Si}_7\text{O}_{25}(\text{OH},\text{F})_7$	1
Muromontite	Fazla Be içeren Allanit tir.	1
Naegite	U,Th içeren zirkon dur.	2.8
Nuolite		2-4
Orthite	Allanite benzer	0-3
Oyamalite	Th,fosfat,nadir toprak elementlerini içeren zirkondur.	1
Parisite	$(\text{Ce},\text{La})_2 \text{Ca}(\text{CO}_3)_3 \text{F}_2$	az
Perovskite	$(\text{Ca},\text{Na},\text{Ce})(\text{Ti},\text{Nb}) \text{O}_3$	1
Perrierite	Allanite benzer.	4.6
Pilbarite	$\text{ThO}_2 \cdot \text{UO}_3 \cdot \text{PbO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	31
Pisekite	Nb,Ta,U,Th,Nadir Toprak Elementleri	
Pyrochlore	$\text{Na},\text{Ca}(\text{Nb},\text{Ta})_2 \text{O}_6 \text{F}$	0-8
Polycrase	$(\text{Y},\text{Ca},\text{Ce},\text{U},\text{Th})(\text{Ti},\text{Nb},\text{Ta})_2 \text{O}_3$	1-5
Polymignyte	$(\text{Ca},\text{Fe},\text{Y},\text{Zr})(\text{Nb},\text{Ti},\text{Ta}) \text{O}_4$	4
Priorite	$(\text{Y},\text{Er},\text{Ca},\text{Fe},\text{Th})(\text{Ti},\text{Nb})_2 \text{O}_6$	0-8
Rinkite	$(\text{Na},\text{Ca})_{12}(\text{Ce},\text{Ti})_5 \text{Si}_8 (\text{O},\text{F})_{36}$	1
Rinkolite	$(\text{Ca},\text{Na})_{11}\text{Ce}_2(\text{Si},\text{Ti})_{10} \text{O}_{28}(\text{F},\text{OH})_8$	0-2
Samarskite	$(\text{Y},\text{Er},\text{Ce},\text{U},\text{Fe},\text{Th})(\text{Nb},\text{Ta})_2 \text{O}_6$	0-4
Sphene	Ca Ti Si O_5	1
Steenstrupine	$(\text{Na},\text{Ca},\text{Ce},\text{La},\text{Th})(\text{Mn},\text{Fe},\text{Ta})(\text{Si},\text{Be},\text{P})(\text{O},\text{OH})$	2-7
Stillwellite	$(\text{Ca},\text{Ce})(\text{Si},\text{Al},\text{P})\text{B} (\text{O},\text{OH},\text{F})_5$	1
Synchisite	$(\text{Ce},\text{La}) \text{Ca} (\text{CO}_3)_2 \text{F}$	1
Tanteuxenite	Ta ca zengin Euxenite dir.	1-3

ÇİZELGE:1.6. (Devam)

İSİM	KİMYASAL FORMÜL	% ThO ₂
Thalenit	$Y_4Si_4O_{13}(OH)_2$	1
Thorite	$ThSiO_4$	49-75
Thorianite	$(Th,U) O_2$	45-88
Thorogummite	$Th(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}$	18-50
Thucholite	U,Th,Nadir Toprak Element.içeren hidrokarbonlu yapı	
Tritomite	B,F,Ce,La,Ca,Th silikat	9
Tscheffkinite	Ce,La,Th,Fe,Ti,Ca silikat	0-20
Tengerite	$Ca Y_3(CO_3)_4 (OH)_3 3H_2O$	1
Uraninite	UO ₂ genellikle Ce,Y,Pb,Th içerir.	0-45
Uranophane	$Ca(UO_2)_2(SiO_2)_2 (OH)_2 5H_2O$	2
Vandendriesscheite	$PbO.7UO_3.12H_2O$	az
Vudyavrite	Alterasyona uğramış Lovchorrite	1
Wiikite		0-3.7
xenotime	YPO_4	0.2-5
Yttrialite	$(Y,Th)_2 Si_2O_7$	12
Yttrocrasite	$(Y,Th,U,Ca)_2(Ti,Fe,W)_4 O_{11}$	9
Yttrotantalite	$(Fe,Y,U,Ca)(Nb,Ta) O_4$	1
Zirkon	$ZrSiO_4$	1-20
Zirkelite	$(Ca,Ce,Fe,Th,U)_2 (Ti,Zr)_2 O_5$	20

1.2.3 Türkiye Toryum Yatakları

Türkiye de bilinen tek toryum yatağı Eskişehir-Beylikahır bölgesinde yer almaktadır. Ayrıca Malatya-Hekimhan ve Kayseri-Felahiye-Çukurda da toryum emarelerinin varlığı bilinmektedir.

Eskişehir-Beylikahır Toryum Yatağı:

Eskişehir ilinin ,Sivrihisar ilçesine bağlı olan Kızılcaören, Karkın ve Okçu köyleri arasında yer alan bu yatak,kısaca "Beylikahır Toryum Yatağı" olarak bilinir. Yalınlı tren istasyonuna 11km. mesafede bulunan bu yatak, Ankaranın 125 km. batısında,Eskişehir üzerinden Ankarayı Bursaya bağlayan kara yolunun tahminen 20 km. kuzeyinde bulunmaktadır(28).

Jeoloji: Yatağın bulunduğu bölgede,

- Serpantinler: En yaşlı formasyonlardır. Silisce zengin manyezit damarları içerirler.Uğradıkları tektoniğin etkisiyle silisleşmiş ve orijinal yapılarını kaybetmişlerdir.
- Kompleks seri: Cevherli filon dolgularının yan taşlarını teşkil ederler.Paleozoik yaşlıdırılar.
- Breşik konglomeralar: Sahanın orta kısmında görülürler.
- Fonolit ve Trakitler: Fonolitler,alkali karakterlerde porfirik yapıya sahiptirler. Trakitler ise, faylı kontakt zonunda görülürler.
- Neojen serisi: Sahanın kuzeyinde yer alırlar. Kalker çimentolu breşik konglomeralar,çakıllı,kumlu ve killi formasyonlardan ibarettir.
- Alüvyonlar: Vadileri dolduran kuvaterner yaşlı çökeltilerdir.

Yapı ve Mineralleşme: Bu yatakta iki türlü cevherli kayaca rastlanır. a) Filon grupları b) Filon dolgusu yan taş içeren tektonik breşler. Bu yatakta dört tip mineralleşme mevcuttur. 1) Mangan Oksitlerin egemen olduğu mineralleşme, 2) Baritin egemen olduğu mineralleşme, 3)Fluoritin egemen olduğu mineralleşme, 4) Karbonatların egemen olduğu mineralleşme. Bu dört mineralleşmenin hepsinde de aynı mineraller

mevcuttur. Ancak yer yer miktar yönünden değişiklik gösterirler. Yatakta bağımsız bir toryum minerali yoktur. Toryum Bastneasit içinde yer almaktadır.

Oluşum: Cevher yatağının oluşumunun hidrotermal eriyikler ve granosiyenit masifleri ile ilgili olduğu ve mineral getiriminin tersiyere rastladığı tahmin edilmektedir. Bu yataktaki mineralleşmenin mezotermal safhada başlayıp, epitermal safhada devam ettiği sanılmaktadır(25). Eskişehir - Beylikahır Toryum yatağı dünyanın sayılı büyük yataklarından biri olarak görülmekte ve nadir toprak minerallerinin toplam potansiyeli yönünden de büyük önem taşımaktadır.

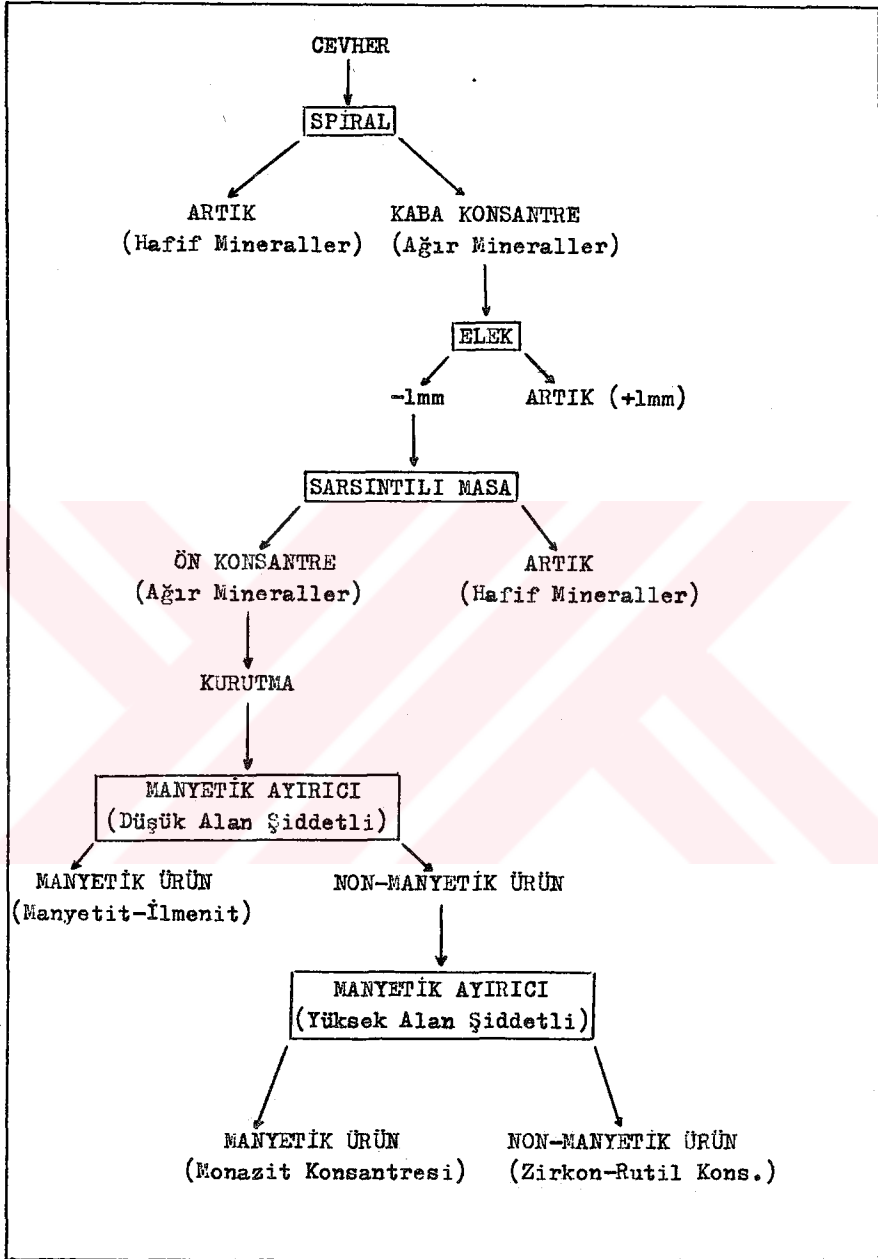
1.3 TORYUM CEVHERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Daha önce de belirtildiği gibi "Monazit" toryum üretimi yapılan en önemli mineraldir. Dünyada ekonomik değere ve büyük rezervlere sahip toryum yatakları yine monazitce zengin plaserlerdir. Bu plaserlerde genellikle monazit, ilmenit, rutil, zirkon gibi değerli mineraller birlikte bulunurlar ve birlikte elde edilirler. Monazitce zengin plaserlerden önemli olanların bazılarının kimyasal bileşimi ÇİZELGE:1.7 de gösterilmiştir(9,14)

ÇİZELGE:1.7. Monazitce Zengin Plaser Yataklardan Bazılarının Kimyasal Bileşimi

BİLEŞENLER	HİNDİSTAN	BREZİLYA	U.S.A
ThO ₂	9.9	6.8	3.1
CeO ₂	27.5	25.9	-
P ₂ O ₅	29.5	25.5	19.3
Fe ₃ O ₄	0.9	0.5	4.47
TiO ₂	0.4	1.1	-
ZrO ₂	1.76	4.7	-
MnO ₂	0.01	0.01	-
U ₃ O ₈	0.27	0.18	0.47
SiO ₂	1.50	2.53	8.3

Monazitce zengin plaser yataklarının işletilmesiyle, Monazit konsantresi elde edilirken yan ürün olarakta Zirkon, Rutil, Manyetit ve ilmenit gibi ağır minerallerin konsantreleride elde edilebilmektedir. (ŞEKİL:1.3) Plaser yataklardaki minerallerden önce hafif olanlar olukta



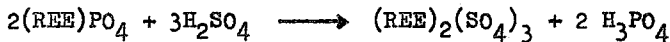
ŞEKİL:1.3. Monazit Konsantresinin Elde Ediliş Akım Şeması

veya spiralde ağır olanlardan ayrılmakta, elde edilen kaba konsantre (ağır mineraller) önce sarsıntılı tablaya beslenmektedir. Bir veya iki kademeli olarak yapılan sarsıntılı tabla ile ayırım sonunda yaklaşık % 60 Monazit içeren ağır mineraller ön konstresi elde edilmektedir (29,30,31,32,33,34,35). Bu ön konsantre kurutulur. Mineraller arasındaki manyetik özellik farkından faydalanılarak ayırım yapmak için önce düşük alan şiddetli, sonra yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcılara beslenir. (Monazit zayıf, manyetit ve ilmenit kuvvetli manyetiklerdir. Rutil ve zirkon pratik olarak manyetik değildir.) Böylece düşük alan şiddetli manyetik ayırıcıdan kuvvetli manyetik özellik gösteren manyetit ve ilmenit konsantresi elde edilir. İkinci kademe olan yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcıdan ise monazit konsantresi ve manyetik olmayan Zirkon-Rutil konsantresi elde edilebilir (14,33,36,37). Bu ayırım sonunda elde edilen "Monazit Konsantresi" %95-98 monazit içermektedir.

Cevher zenginleştirme yöntemleriyle elde edilen monazit konsantresinden hidrometalurjik yollarla toryumun kazanılması için iki yöntem uygulanır. a) Asitle çözündürme (asidik liç) b) Alkali çözündürme (Karbonat liçi veya alkali liç)

Asitle Çözündürme:

Bu yöntemde monazit konsantresi, döküm demir kaplarda derişik sülfürik asit (H_2SO_4) ile muamele edilir. Ana reaksiyonlar şöyledir (38).



REE = Nadir Toprak Elementleri

Böylece toryum ve nadir toprak elementleri çözelti fazına geçerler.

Çözündürme koşulları:

- Tane boyutu : 0.15 mm.- 0.1 mm. (bu boyuta öğütülür.)
- Asit : % 93 lük teknik H_2SO_4 kullanılır.
- Sıcaklık : 200 - 250 °C
- Süre : 2-4 saat
- Pülp yoğunluğu : % 20-35 katı.

Burada toryumun çözeltiye geçiş verimi % 90-95 arasında olmaktadır. Sülfürik asitli çözelti içinde bulunan toryum ve nadir toprak elementlerinin kazanılmasında dört yöntem uygulanmaktadır (13,38).

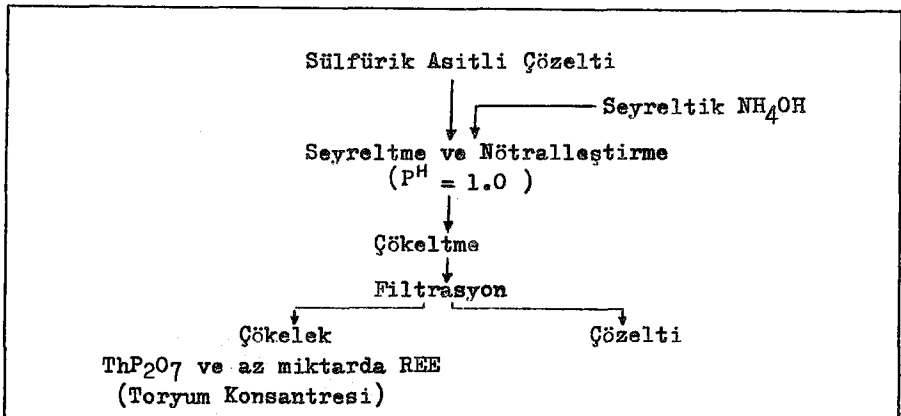
1) Çözeltideki hidrojen iyon konsantrasyonu düşürülerek ($P^H=1.0-1.2$) toryum fosfatı selektif olarak çöktürme. ($P^H=2,3-4.5$ da lantanit fosfatlar çöker.) (Şekil:1.4)

2) Lantanit sülfatlardan daha az çözünürlüğe sahip hidrate veya susuz toryum sülfat halinde çöktürme.

3) Nadir Toprak elementlerini sülfat halinde, toryumu ise okzalik asit halinde çöktürme.

4) Okzalik asit ile toryumu, okzalik asit-fosfat karışık kompleksi halinde çöktürme.

Bunlardan 1. ve 3. yöntemler endüstride uygulanmaktadır.



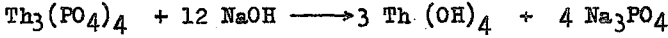
ŞEKİL:1.4. Çözeltiden Toryumun Çöktürülmesi

Alkali Çözündürme:

Bu yöntem 1896 dan beri ve 3 şekilde uygulanmaktadır.

- 1) Sodyum hidroksit ile ergitme. (sıcaklık: 400-500°C)
- 2) Soda ile ergitme. (sıcaklık: 800-825°C)
- 3) Sodyum hidroksit ile çözündürme. (sıcaklık: 140°C)

Her üç şekilde de toryum ve nadir toprak elementlerinin hidroksitleri ile suda çözünen sodyum tri fosfat elde edilir(9,38,39,40,41)(ŞEKİL.1.5)



Uygulamada en çok 3. yöntem kullanılmaktadır. Çünkü çok daha az ısı istemektedir.

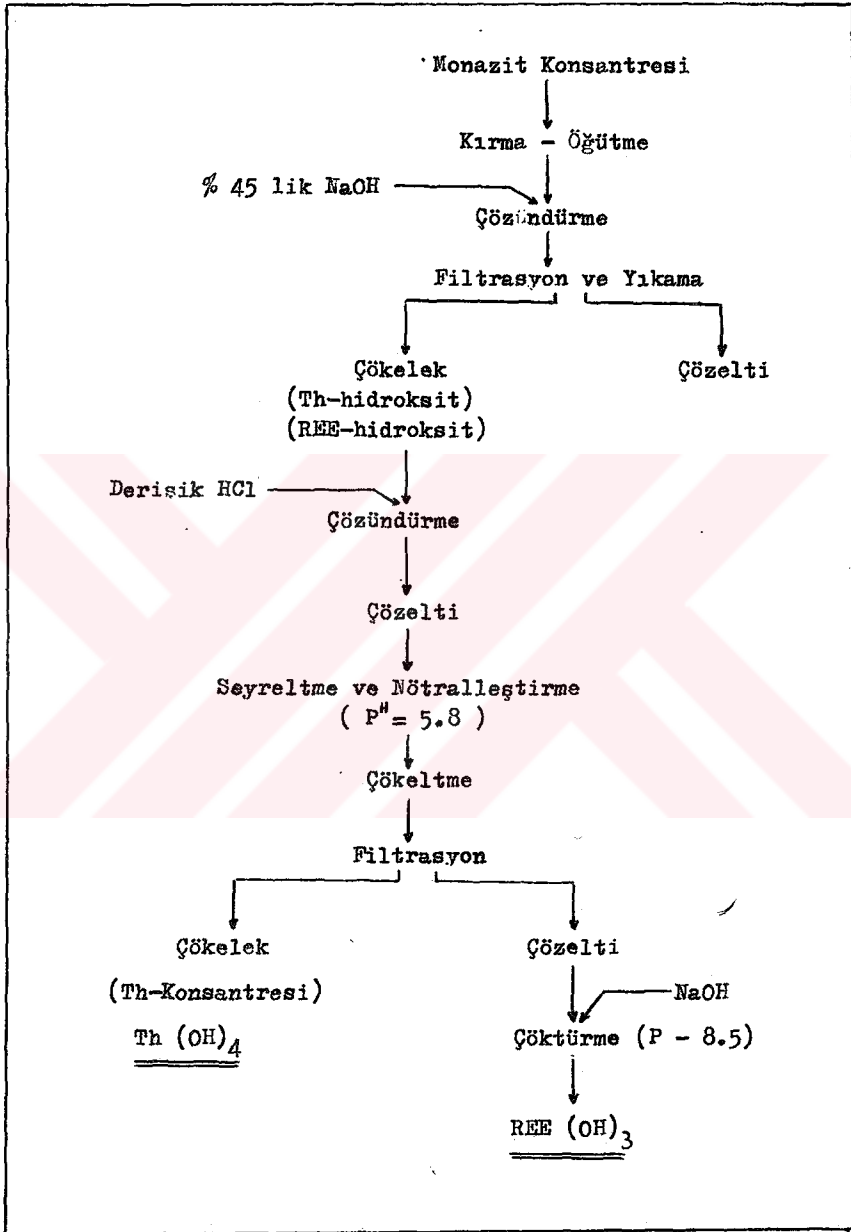
Alkali çözündürme koşulları:

- Tane boyutu : 0,048 mm (bu boyuta öğütülür.)
- Alkali çözeltisi: % 45 lik NaOH çözeltisi.
- Sıcaklık : 140°C
- Süre : 3 saat.

Bu koşullarda % 90 nın üstünde Th çözünme verimi elde edilebilmektedir. Elde edilen toryum ve nadir toprak elementlerinin hidroksitleri mineral asitlerinde kolayca çözüldüklerinden elde edilmelerinde büyük bir avantaj sağlanmaktadır.

Toryum Hidroksitin Nadir Toprak Elementleri Hidroksitlerinden Ayrılması:

Bu ayırım için derişik hidroklorik asit (HCl) kullanılır. Derişik HCl içinde çözündürülen çökelek 80°C de bir saat ısıtılır. Böylece Toryum ve Nadir Toprak elementleri % 99.5 oranında çözeltiye geçer. Çözelti önce su ilave edilerek seyreltilir. Sonra amonyum veya sodyum hidroksit ile nötraleze edilerek Toryum ve Nadir toprak elementleri çöktürülür. $\text{P}^{\text{H}} = 3.5 - 5.5$ arasında Toryum, hidroksit olarak tamamen çöker. $\text{P}^{\text{H}} = 6.2-8.2$ arasında nadir toprak elementleri, hidroksit olarak çöker.



ŞEKİL 5. Alkali Çözündürme Akım Şeması

Buradan elde edilen Toryum Konsantresi % 36-38 Th içerir. (Hidroksit halinde) Ayrıca silis, nadir toprak elementleri, fosfat, klorür, demir ve titan az miktarlarda bu konsantrede bulunmaktadır (9,40). Elde edilen nadir toprak elementleri konsantresi ise % 73 nadir toprak elementleri içerir. (Hidroksit halinde) Ayrıca az miktarlarda toryum, demir, silis, fosfat, klorür, ve uranyumda bulunabilir.

Bütün bu prosesler sonunda elde edilen % 36-38 toryum içeren konsantreden gerekli yerlerde kullanmak üzere saf toryum bileşikleri elde edilir.

Toryum Nitrat: Toryum konsantresiaden solvent ekstraksiyonu veya resine iyon değişimi ile elde edilir. Kullanılan önemli solventler ÇİZELGE 1.8 de verilmiştir (13).

Toryum Oksit: Toryum Nitratın veya toryum okzalatin ısıtılmasıyla bozundurulması yoluyla elde edilir.

Toryum Metali: Üç ayrı metotla elde edilir.

- 1) ThO_2 veya Toryum halojenürlerin metalotermik olarak indirgenmesi
- 2) Erimiş toryum tuzlarının elektrolizi
- 3) Toryum halojenürlerin ısıtılmasıyla bozundurulması.

ÇİZELGE: 1.8 Toryumun Saflaştırılmasında Kullanılan Önemli Solventler

Toryumun Ayrıldığı Elementler	Sulu Faz	Solvent Fazı
REE, Fe, Al	$\text{HNO}_3 - \text{NO}_3$	Eter
Nd	NH_4SCN	n - Amil Alkol
REE	NH_4SCN	Pentanol - 1
B, Tl, Pb, Ac	Asidik	TTA / Benzen
T, V, Ce	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	Mezitol Oksit
Metaller	$\text{HNO}_3 - \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Tri Butil Fosfat
REE, Sc, Y	$\text{HNO}_3 - \text{NH}_4\text{NO}_3$	Di Bütoksi Tetra Etilen
REE, Zr		Glikol / Eter
REE		Metil n-Hekzil Keton
Fisyon Ürünleri	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3 - \text{H}_3\text{PO}_4$	Metil İzobutil Keton
REE	HNO_3	Tri Butil Fosfat/Kerozen
		Tri Butil Fosfat/Seyreltici

2. ESKİŞEHİR - BEYLİKAHİR TORYUM CEVHERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Eskişehir - Beylikahır Toryum yatağı 1970 li yıllarda MTA Enstitüsü tarafından bulunmuştur. Daha sonra bu yataktaki cevherin değerlendirilmesi için aynı Enstitüde çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar cevher içerisindeki toryum mineralini tesbit etmek ve cevhere uygulanacak zenginleştirme yöntemini belirlemek amacını taşımakta idi. Yapılan ön zenginleştirme çalışmalarında cevher -1 mm tane boyutuna kademeli kırma-eleme ile indirilmiş, sonra sarsıntılı masada zenginleştirmeye tabi tutulmuştur. Buradan elde edilen ağır mineraller konsantresi üç ayrı boyuta ayrılarak yüksek alan şiddetli kuru manyetik ayırıcıdan 3 kademede geçirilmiş ve manyetik ürünler ile manyetik olmayan ürünler elde edilmiştir. Toryum mineralinin ağır mineraller konsantresinde ve manyetik üründe toplandığı gözlenmiştir. Bu deneylerin sonunda % 32.9 toryum kazanma verimi ile bir ön konsantre elde edilmiştir. Konsantredeki toryum tenörü sarja göre iki buçuk kat artma göstermiştir. Ancak toryum kaybı (% 67) çok fazladır(6).

Daha sonraki yıllarda cevher içerisindeki toryumu gözeltiye alma çalışmaları yapılmıştır. Ancak yapılan çalışmaların sonucunda toryumu belli bir verimle gözeltiye almak mümkün olamamıştır. En son yapılan bir çalışmada ise 1500 kg/ton H_2SO_4 kullanılarak % 38.2 lik bir toryum çözünme verimi elde edilmiştir. Bu verim 3 kademeli çözündürme ile

% 61'e yükseltilmiştir. Ayrıca kullanılan 1400 kg/ton HNO_3 ile de % 44 lük bir toryum çözünme verimi elde edilmiş, bu verim de 3 kademeli çözündürme ile % 58'e çıkarılmıştır(7).

2.1 DENEYLERE ESAS OLAN NUMUNENİN ÖZELLİKLERİ

2.1.1 Numunenin Alınışı

Eskişehir - Beylikahır Toryum yatağında, filon dolgusu ve yantaş içeren tektonik breşler olmak üzere iki tür cevherli kayaca rastlanmaktadır. Bu bölgede 4 ayrı tip mineralleşme mevcuttur(25,42). Bu özellikler göz önünde bulundurularak cevher yatağının çeşitli seviyelerinde MTA Enstitüsü tarafından açılan yarmalardan, yatağın tüm özelliklerini içeren yaklaşık 1000 kg lık temsili numune alınmıştır. Alınan numune ikiye ayrılarak yarısı yedek olarak bırakılmış diğer yarısı ise deneylerde kullanılmıştır. Laboratuara getirilerek üzerinde çalışmalar yapılan numunenin komple kimyasal analizi ÇİZELGE:2.1'de gösterilmiştir.

ÇİZELGE:2.1 Temsili Numunenin Komple Kimyasal Analizi

MADDE	%
ThO_2	0.71
BaO	10.20
CaO	9.80
Al_2O_3	10.12
Fe_2O_3	9.20
MnO_2	3.35
MgO	1.75
Na_2O	0.70
K_2O	1.52
SiO_2	31.18
P_2O_5	3.58
SO_3	5.46
F	1.14
Nadir Top.El.	2.70
Kızdırma Kaybı	8.20
TOPLAM	99.61

2.1.2 Mineralojik İnceleme

Sahadan alınan temsili numuneden cevherin mineralojik incelenmesi için numuneler seçilmiştir. Bu numuneler ikiye ayrılmış olup bir parçası 1979 yılında Kanada ya götürülüp orada incelenmiştir. Diğer yarısı ise Türkiye de MTA Enstitüsü, İTÜ Maden Fakültesi ve Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezindeki imkanlar kullanılarak tetkik edilmiştir.

Toryumca büyük bir rezerve sahip olan bu yatak Nadir Toprak Mineralleri bakımından da büyük önem taşımaktadır. Ayrıca 4 ayrı mineralleşmenin bulunduğu bu yatağın Barit ve Fluorit bakımından da önemli olacağı düşünülmektedir.

Makroskopik Özellikler:

Açık kahverengi olan numunede en iri tane boyutu 50 - 70 mm civarındadır. Fluorit, Pirolusit ve Kuvars gibi mineraller azda olsa gözle görülebilmektedir. Tam bir toprak manzarası arzeden numune, çok gevrek bir yapıda olup kolayca ufalanabilmektedir. (ŞEKİL: 2.1 (a), 2.1(b)).

Mikroskopik Özellikler:

Hazırlanan cevher numuneleri, Kobalt-Antikatodu kullanılarak Debye-Scherrer toz difraksiyon kamerasıyla incelenmiş, ÇİZELGE: 2.2 de gösterilen mineraller tesbit edilmistir. Ayrıca numunenin yüzeyi parlatılmış ve polaroid MP-3 kamerasıyla resmi çekilmiştir. (ŞEKİL: 2.2) Tesbit edilen bu mineraller mikroskop altında da incelenmiş ve özellikleri saptanmıştır.

BARİT: BaSO₄ Büyüklükleri 0.1 - 0.8 mm arasında idiomorfik karakterli kristaller halindedirler. Renkleri kirli beyaz ve kirli sarıdır. Daha küçük tane boyutundaki baritler ise kristal toplulukları halinde bulunurlar. Su ve asitte gözünmeyen bu mineral cevher içerisinde bol miktarda bulunmaktadır.

ÇİZELGE:2.2 Toryum Cevherinde Tesbit Edilen Mineraller

MINERALİN ADI	KİMYASAL FORMÜLÜ
Barit	BaSO_4
Bastneasit	$(\text{Ce,La}) \text{F CO}_3$
Dolomit	$\text{Ca,Mg} (\text{CO}_3)_2$
Fluorit	CaF_2
Limonit-Götit	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Kuars	SiO_2
Montmorillonit	$(\text{Ca,Mg})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$
Ortoklas	$\text{K Al Si}_3\text{O}_8$
Pirolusit	MnO_2

Bastneasit: $(\text{Ce,La}) \text{F CO}_3$ Toryumun bağlı olduğu mineraldir. x-ray difraksiyonu yöntemiyle yapılan çalışma sonunda elde edilen bulguların Bastneasit mineraline uygunluğu tesbit edilmiştir. Bu mineralin cevher içerisinde çok küçük tanecikler halinde dağılması ve büyütmenin yetersizliği nedeniyle mikroskopta optik özellikleri tesbit edilememiştir. Bir çift tuz olarak bilinen bastneasit minerali sarı renkli olup konsantre HCl ve konsantre H_2SO_4 de çözünmektedir (27). Yüksek çift kırma özelliğine sahip olan mineral, Kil mineralleri ile birlikte killi bir materyal içinde bulunduğundan mikroskopta tesbiti mümkün olamamıştır.

Dolomit: $\text{Ca,Mg} (\text{CO}_3)_2$ Cevher içerisinde 0.09 - 0.15 mm boyutunda gang minerali olarak bulunan dolomit, mikroskopta beyaz, kirli beyaz renkli olup az miktarda ince kristaller halinde izlenmiştir. Ayrıca Kalsit'e de (CaCO_3) rastlanmıştır.

Fluorit: CaF_2 Sahanın belli bir bölümünde hakim mineral olarak bulunan fluorit numunede mor, morkırmızısı renkte makroskopik olarakta görülmektedir. Boyutları 8-0.3 mm arasında değişen fluorit taneleri, mikroskop altında büyük idiomorfik kristaller halinde izlenmiştir.

Limonit - Götite: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Cevherdeki demir mineralleri Götite ve Limonittir. Bu mineraller kayaçta hem pirolusitin hemde diğer mineralerin yüzeylerini kaplamış olarak bulunmaktadır.

Montmorillonit: $(\text{Ca}, \text{Mg}) 0.\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ Cevherdeki en önemli gang mineralidir. Diğer mineralleri bir arada tutan çimento maddesi görevini yapmaktadır. Çok ince yapıda olan bu kil minerali ancak x-ray difraksiyonu yöntemiyle saptanabilmistir. Cevherin kolay ufalanabilirliğinin nedeni bu mineraldir.

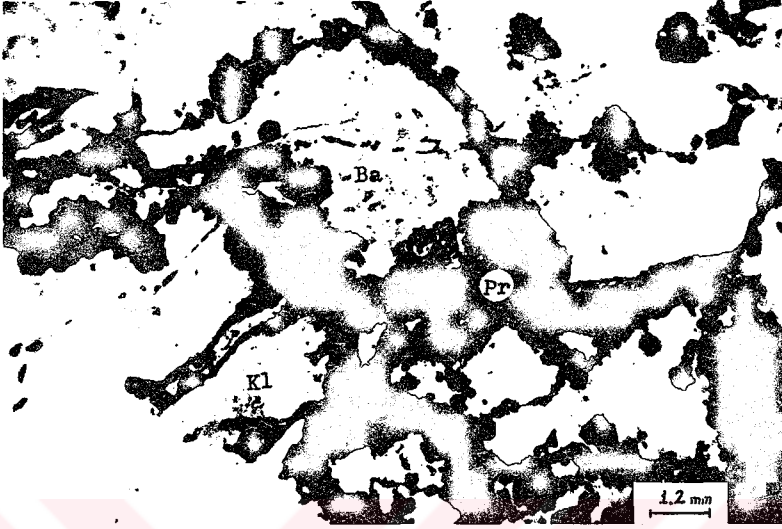
Pirolusit: MnO_2 Numune içinde yer yer zengin ve fakir olarak dağılmış bulunmaktadır. Genellikle üzeri limonit tarafından boyanmış olarak görülen pirolusit tanelerinin büyüklükleri 0.3 -3.0 mm arasındadır.

Az miktarda breşik zonda killi materyalle birlikte bulunan kuvars (SiO_2) ince kristaller halindedir. Diğer bir gang minerali olan Ortoklas ($\text{K Al Si}_3\text{O}_8$) ise cevherde yaygın olarak bulunmaktadır.

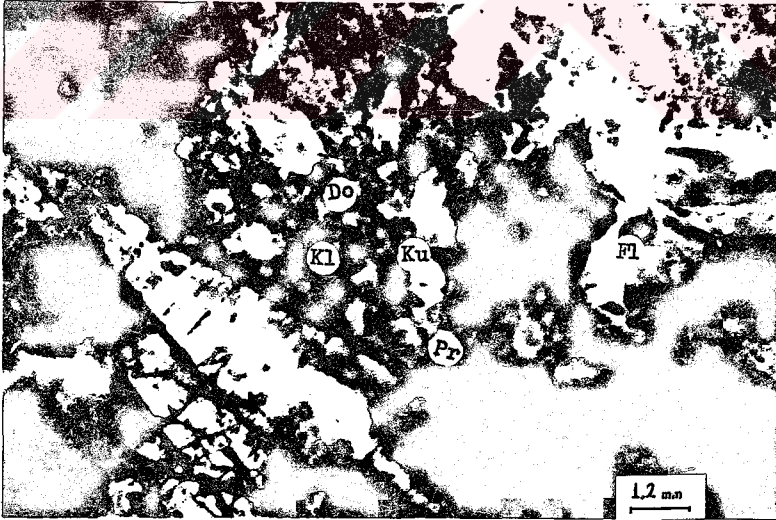
ŞEKİL: 2.2. de numunenin parlatılmış yüzeyi incelendiğinde görüldüğü gibi iki ayrı zon mevcuttur.

a) Breşik zon: Kuvars, dolomit, pirolusit, bu zonda bulunmaktadır. Burada çok ince taneli kil mineralleri çimento maddesi olarak bu mineralleri bir arada tutmaktadır.

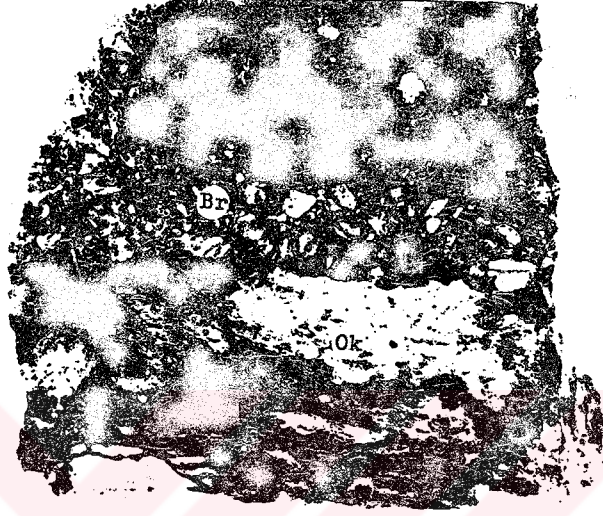
b) Oksidasyon zonu: Barit, fluorit, götite bu zonda mevcuttur.



ŞEKİL: 2.1(a) Cevher içerisinde gözle görülebilen Barit(Ba) Pirolusit(Pr) ve Kil mineralleri(Kl), ×



ŞEKİL: 2.1(b) Kil mineralleri içinde bulunan Dolomit(Do), Kuars(Ku),Pirolusit(Pr), ayrıca Fluorit(Fl) ×



ŞEKİL: 2.2 Cevherdeki breşik zon(Br) ve oksidasyon zonu(Ok).

2.1.3 Tane Serbestleşmesi

Sahadan alınan yaklaşık 1000 kg lık temsili numune, önce ikiye ayrılarak yarısı saklanmış, geriye kalan 500 kg lık numuneden dörtleme ve bölme işlemleriyle ayrılan 20 kg lık numune, cevheri tanımak amacıyla yapılan çalışmalarda kullanılmıştır. Toryum minerali çok ince bir şekilde cevher içerisinde dağıldığından ve mikroskopta bu mineral tespit edilemediğinden, serbestleşme etüdüleri toryum minerali için yapılmamıştır. Ancak bazı ön denemelerle toryumu konsantre edebilme olanakları araştırılmıştır.

Toryum analizi için pratik olan ve doğruluğu 4 ayrı yöntemle kanıtlanan radyometrik bir analiz yöntemi geliştirilmiştir(43). Bütün toryum analizleri bu yöntemle yapılmıştır. Böylece toryum analizinde hız ve doğruluk sağlanmıştır.

2.1.3.1 Yüzdürme - Batırma Deneyleri

Cevher içerisindeki minerallerin özellikleri incelendiğinde, bu mineraller arasındaki belirgin özgül ağırlık farkından faydalanılarak Bastneasit'i ağır mineraller kısmında toplamak için ,yüzdürme - batırma deneylerinin olumlu sonuç vereceği düşünülmüştür(44). Bu deneyler için numune alınıp lmm. nin altına geçirilmiştir. Bu numune dört ayrı fraksiyona ayrılmış ve her fraksiyon, yoğunluğu 2.90 gr / cm^3 olan Bromoform kullanılarak yüzdürme - batırma deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerin sonuçları ÇİZELGE:2.3 ve 2.4 de gösterilmiştir.

Yüzdürme - Batırma (Ağır ortam ayırması) deneylerinin sonuçları incelendiğinde görülmüştür ki, toryum batan ürünlerde ve şlamda toplanmaktadır. Ancak tane boyutu küçüldükçe batan ürün miktarı artmaktadır. "-0.105 -0.053 " mm. tane boyutu aralığındaki üründe batan kısım % 89 olmaktadır. Buda göstermektedir ki toryum minerali cevher içerisinde çok küçük tanecekler halinde dağılmıştır.

ÇİZELGE: 2.3 Yüzdürme - Batırma Deneylerinin Sonuçları

TANE BOYUTU - mm -	ÜRÜNLER	MİKTAR %	Th-TENÖRÜ %	Th-DAĞILIMI %
-1.0 +0.5	Yüzen	57.4	0.25	33.13
	Batan	42.6	0.68	66.87
		100.0	0.43	100.00
-0.5 +0.210	Yüzen	51.1	0.24	24.81
	Batan	48.9	0.76	75.19
		100.0	0.49	100.00
-0.210 +0.105	Yüzen	43.0	0.37	24.94
	Batan	57.0	0.84	75.06
		100.0	0.63	100.00
-0.105 +0.053	Yüzen	11.0	0.26	3.60
	Batan	89.0	0.75	96.40
		100.0	0.70	100.00

ÇİZELGE: 2.4 Yüzen ve Batan Ürünlerin Şarja Göre Değerlendirilmesi

TANE BOYUTU -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR %	Th-TENÖRÜ %	Th-DAĞILIMI %
-1.0 +0.053	Yüzen	32.8	0.27	13.55
	Batan	48.0	0.75	55.03
-0.053	Şlam	19.2	1.07	31.42
		100.0	0.65	100.00

2.1.3.2 Manyetik Ayırma Deneyleri (45,46,47,48,49,50,51,52,53)

Mineraller arasındaki manyetik özellik farkı düşünülerek, manyetik ayırıcıda cevherin göstereceği durum incelenmek istenmiştir. Bu çalışmalar için "Frantz Isodynamic" manyetik ayırıcısı kullanılmıştır.

Numunenin hazırlanışı: Manyetik ayırıcıya beslenecek olan numune, kademeli kırma-eleme ile 1 mm. nin altına kırılmıştır. Bu numune, -1 -0.5 mm. , -0.5 -0.210 mm. , -0.210 -0.151 mm. ve -0.151 -0.105 mm. fraksiyonlarına ayrılmıştır. Elde edilen bu ürünlerin tenör ve toryum dağılımı ÇİZELGE: 2.5 de gösterilmiştir. Bu şekilde dar tane boyutu aralığında sınıflandırılarak elde edilen her fraksiyon, önce su ile yıkanıp kurutulmuş, sonra tekrardan aseton ile yıkanarak tanelerin yüzeylerinin temizliği sağlanmıştır. Bu şekilde hazırlanan numuneler çeşitli açılarda ve değişik akım şiddetleri ile manyetik ayırıcıdan geçirilmiştir.

ÇİZELGE:25 1 mm. Altına İndirilen Cevherin Manyetik Ayırıcıya Besleme Boyutları

TANE BOYUTU - mm -	MİKTAR %	ΣMİKTAR %	Th-TENÖRÜ %	Th-DAĞILIMI %
-1.0 +0.5	32.7	32.7	0.48	23.7
-0.5 +0.210	22.4	55.1	0.54	18.2
-0.210 +0.151	8.1	63.2	0.70	8.6
-0.151 +0.105	5.4	68.6	0.73	6.0
-0.105	31.4	100.0	0.92	43.5
	100.0		0.66	100.0

Her fraksiyon manyetik ayırıcıdan geçirildikten sonra manyetik ürün ve Manyetik olmayan(non-manyetik) ürün elde edilmiştir.

ÇİZELGE: 2.6 Belirli Tane Boyutu Aralığında Yapılan Manyetik Ayırma Deneyinin Sonuçları

TANE BOYUTU - mm -	AKIM ŞİDDETİ	ÜRÜNLER	MİKTAR %	Th-TANÖRÜ %	Th-DAĞILIMI %
-1.0 +0.5	0.5 Amp.	Manyetik	18.0	1.10	41.3
		Non-Many.	82.0	0.33	58.7
			100.0	0.48	100.0
	1.5 Amp.	Manyetik	69.4	0.62	88.6
		Non-Many.	30.6	0.18	11.4
			100.0	0.48	100.0
-0.5 +0.210	0.5 Amp.	Manyetik	17.0	1.25	40.9
		Non-Many.	83.0	0.37	59.1
			100.0	0.52	100.0
	1.5 Amp.	Manyetik	67.5	0.74	88.4
		Non-Many.	32.5	0.20	11.6
			100.0	0.56	100.0
-0.210+0.151	0.5 Amp.	Manyetik	16.5	1.62	38.1
		Non-Many.	83.5	0.52	61.9
			100.0	0.70	100.0
	1.5 Amp.	Manyetik	64.0	0.98	88.8
		Non-Many.	36.0	0.22	11.2
			100.0	0.70	100.0
-0.15 +0.105	0.5 Amp.	Manyetik	16.0	1.61	35.4
		Non-Many.	84.0	0.56	64.6
			100.0	0.73	100.0
	1.5 Amp.	Manyetik	58.0	0.99	80.1
		Non-Many.	42.0	0.34	19.9
			100.0	0.73	100.0

Elde edilen her iki üründe mikroskop altında incelenmiştir. Manyetik ürün genellikle koyu renkli tanelerden, manyetik olmayan ürün ise açık renkli (beyaz, açık kahverengi vb.) tanelerden oluştuğu görülmüştür. Akım şiddeti (dolayısıyla manyetik alan şiddeti) arttıkça bu renk görünümlerinde değişimler olduğu gözlenmiştir. Yani manyetik konsantreye koyu renkli tanelerle birlikte sarı renkli ve kırmızımsı renkli tanelerde gelmiştir.

Yapılan deneylerin sonuçları ve toryum dağılımı ÇİZELGE:2.6 de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre, akım şiddeti artınca (1.5 amp) toryum verimi artmakta fakat tenör düşmektedir. Çünkü bu tane boyunda serbestleşmeyen bileşik taneler de manyetik ürüne gelmekte, böylece tenör azalıp verim ise artmaktadır. Akım şiddeti düşük olduğunda (0.5 amp) ise sadece serbestleşmiş olan manyetik taneler manyetik ürüne gelmekte dolayısıyla tenör yükselmesine karşın, toryum verimi azalmaktadır.

2.1.3.3 Yüzdürme Batırma + Manyetik Ayırma Deneyleri

Ağır ortam ayırması (yüzdürme - batırma) ile elde edilen batan ürünler (Ağır mineraller) (ÇİZELGE:2.3) yıkanıp kurutulmuş, sonra asetonla tekrar yıkanarak tanelerin yüzeyleri temizlenmiştir. Bu numuneler, ÇİZELGE: 2.6 incelenerek tesbit edilen uygun koşullarda Frantz Isodynamic manyetik ayırıcısından geçirilmiştir. Elde edilen ürünler ve bunların tenörleri ile toryum dağılımı ÇİZELGE: 2.7 de gösterilmiştir.

Deneyler sonunda çok düşük verimle, yüksek tenörlü manyetik ürünler elde edilmiştir. Bir numunede toryum tenörünün % 2.12 ye yükselmesi ümit verici gibi görülmüş ise de verimin % 24 gibi çok düşük bir değerde olması nedeniyle istenilen amaca ulaşılamamıştır. Deneylerden bu şekilde sonuçların alınmasının nedeni, toryumun cevher içinde ince olarak dağılımından ileri gelmektedir.

ÇİZELGE: 2.7 Ağır Ortam Ayırmasından Sonra Yapılan Manyetik Ayırma Deneyinin Sonuçları .

TANE BOYUTU - mm -	AKIM ŞİDDETİ	ÜRÜNLER	MİKTAR %	Th-TENÖRÜ %	Th-DAĞILIMI %
-1.0 +0.5	0.5 Amp.	Manyetik	24.0	0.95	33.0
		Non-Many.	76.0	0.61	67.0
			100.0	0.69	100.0
-0.5 +0.210	0.5 Amp.	Manyetik	19.0	1.34	32.6
		Non-Many.	81.0	0.65	67.4
			100.0	0.78	100.0
-0.210 +0.105	0.5 Amp.	Manyetik	13.0	1.55	24.1
		Non-Many.	87.0	0.73	75.9
			100.0	0.84	100.0
-0.105 +0.053	0.5 Amp.	Manyetik	9.0	2.12	23.8
		Non-Many.	91.0	0.67	76.2
			100.0	0.80	100.0

2.2 ÖN ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ

Eskişehir - Beylikahır cevherinin yapısal özellikleri ve cevheri tanıma amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar, cevheri asitle çözündürme işlemine sokmadan önce ön zenginleştirme imkanlarının ayrıntılı olarak araştırılmasını gerektirmiştir. Bu düşünceden hareket ile boyut küçültme, gravimetrik ayırma, flotasyon, sistematik dağıtma ve bunu izleyerek boyuta göre sınıflandırma deneyleri yapılmıştır,

2.2.1 Boyut Küçültme Deneyleri

Cevher içerisinde bulunan ve çimento malzemesi rolü oynayan kil minerallerinin gevrek oluşu ve kolayca ufalanabilmesi özelliğinden dolayı dağıtma ve tane boyutuna göre sınıflandırma ile zenginleştirme imkanlarını araştırmak gerekmektedir. Bu nedenle kırma deneylerinin elek analizi sonuçlarının bu yönden değerlendirilmesi yapılmıştır.

Cevherin önce tüvenan olarak elek analizi yapılmış sonuçlar ÇİZELGE:2.8 ve ŞEKİL:2.3de gösterilmiştir. Ayrıca cevher 6 mm. nin ve 1 mm. nin altına kırılmış, kırılan cevherin boyut dağılımları ve boyut aralarındaki toryum tenörleri belirlenerek sonuçlar ÇİZELGE:2.9 ve 2.10 ile ŞEKİL:2.3de gösterilmiştir.

Bütün kırma deneylerinde kapalı devre kırma işlemi uygulanmış, kırılmış cevherler kırma boyutundan elendikten sonra elek üstleri tekrar kırıcıya verilmiştir. Kademeli kırma deneylerinin tümü göz önüne alındığında cevherde ince taneyiş doğru tenör artışı olmasına rağmen önemli bir zenginleşme olmadığı görülmüştür.

2.2.2 Sarsıntılı Masada Özgül Ağırlık Farkına Göre Zenginleştirme Deneyleri

Cevher içerisindeki mineraller arasında belirgin özgül ağırlık farkı olduğundan uygun boyutta sarsıntılı masada zenginleştirme deneyi yapılması düşünülmüştür. Bu deney için cevher numunesi çeneli ve merdaneli kırıcılar kullanılıp kademeli kırma-eleme ile 0.6 mm. altına indirilmiş ve ÇİZELGE:2.11de görüldüğü gibi üç boyut grubuna ayrılmıştır. Her boyut grubu ayrı ayrı laboratuvar tipi standart Wilfley sarsıntılı masasında zenginleştirmeye tabi tutulmuştur. Sonuçlar ÇİZELGE:2.12de gösterilmiştir.

Deney sonuçlarına göre, sarsıntılı masaya beslenen numunenin tane boyutu küçüldükçe, toryumun ağır mineraller konsantrasyonunda toplan-

ÇİZELGE: 2.8 Tüvenan Cevherin Elek Analizi ve Boyuta Göre Th-Değillimi

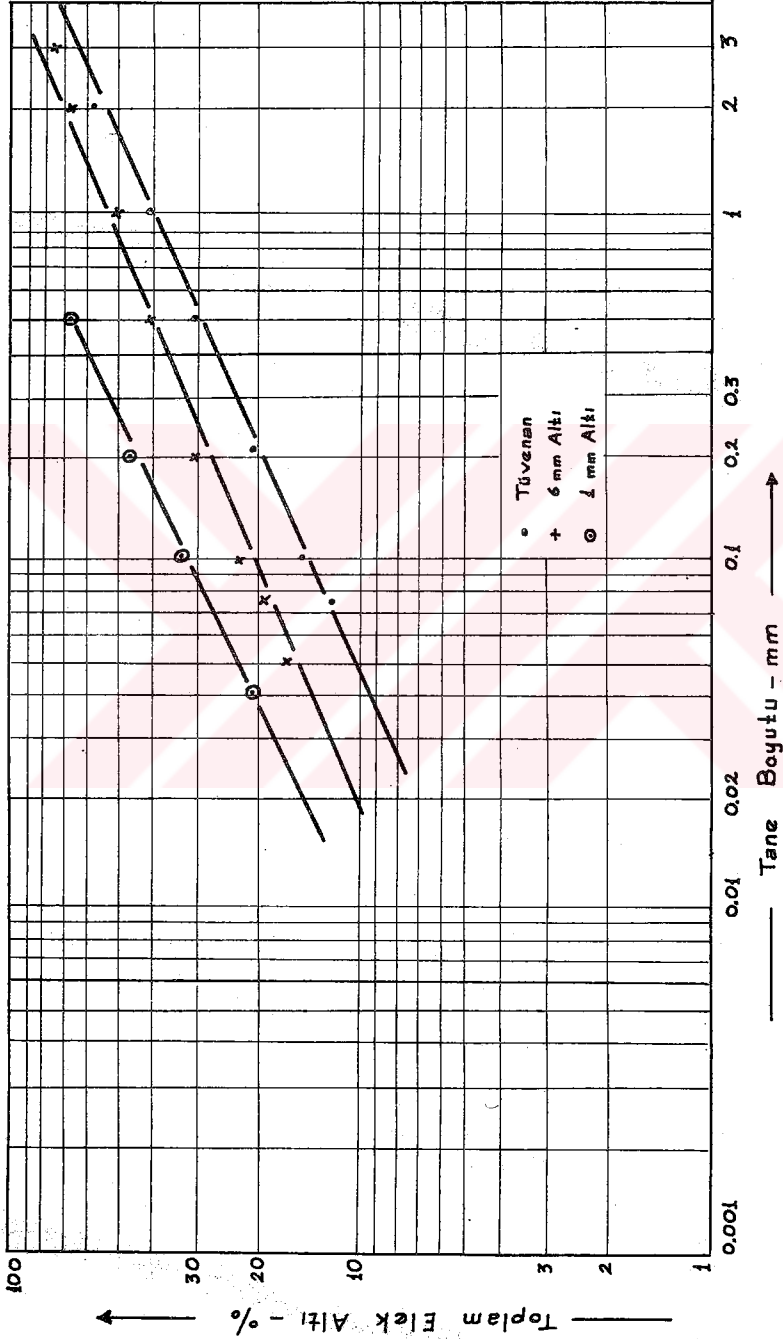
TANE BOYUTU - mm -	E L E K A N A L İ Z İ			BOYUTA GÖRE TORIYUM DAĞILIMI	
	MİKTAR %	TOPLAM ELEK ÜSTÜ %	TOPLAM ELEK ALTI %	Th- TENÖRÜ %	Th- VERİMİ %
+5.6	10.17	10.17	100.00	0.67	10.47
-5.6	28.48	38.65	89.83	0.46	20.15
-2.0	21.00	59.65	61.35	0.65	21.00
-1.0	9.48	69.13	40.35	0.67	9.75
-0.5	10.43	79.56	30.87	0.61	9.77
-0.210	4.95	84.51	20.44	0.70	5.32
-0.151	2.52	87.03	15.49	0.42	1.61
-0.105	2.78	89.81	12.97	0.74	3.15
-0.074	3.04	92.85	10.19	0.88	4.10
-0.043	7.15	100.00	7.15	1.32	14.68
TOPLAM	100.00			0.65	100.00

ÇİZELGE: 2.9 6 mm.Altına İndirilmiş Toryum Cevherinin Boyut ve Boyuta Göre Toryum Dağılımı

TANE BOYUTU - mm -	E L E K A N A L İ Z İ			BOYUTA GÖRE TORYUM ANALİZİ	
	MİKTAR %	TOPLAM ELEK ÜSTÜ %	TOPLAM ELEK ALTI %	Th- TENÖRÜ %	Th- VERİMİ %
+3.36	28.00	28.00	100.00	0.48	23.10
-3.36	6.20	34.20	72.00	0.43	4.60
-2.0	16.00	50.20	65.80	0.48	13.20
-1.0	10.30	60.50	49.80	0.49	8.60
-0.5	9.20	69.70	39.50	0.53	8.30
-0.210	7.40	77.10	30.30	0.55	7.00
-0.105	3.00	80.10	22.90	0.71	3.60
-0.074	2.70	82.80	19.90	0.72	3.30
-0.053	17.20	100.00	17.20	0.95	28.30
TOPLAM	100.00			0.58	100.00

ÇİZELGE: 2.10 1 mm.Altına indirilmiş Toryum Cevherinin Boyut ve Boyuta Göre Toryum Dağılımı

TANE BOYUTU - mm -	E L E K A N A L İ Z İ			BOYUTA GÖRE TORYUM ANALİZİ	
	MİKTAR %	TOPLAM ELEK ÜSTÜ %	TOPLAM ELEK ALTI %	Th- TENÖRÜ %	Th-VERİMİ %
-1.0 +0.5	32.70	32.70	100.00	0.43	22.50
-0.5 +0.210	22.40	55.10	67.30	0.49	17.50
-0.210 +0.105	13.50	68.60	44.90	0.64	13.80
-0.105 +0.053	12.20	80.80	31.40	0.70	13.60
-0.053	19.20	100.00	19.20	1.07	32.60
TOPLAM	100.00			0.63	100.00



ŞEKİL: 2.3 6 mm., 1 mm. Altına kırılan ve Tüvenan Torgum Cevher Numunesinin Elek Altı Eğrileri.

ÇİZELGE:211 0.6 mm. Altına İndirilen Numunenin Sarsıntılı Masaya Besleme Boyutları

TANE BOYUTU - mm -	MIKTAR %	Σ MIKTAR %	Th-TENÖRÜ %	Th-DAĞILIMI %
-0.6 +0.3	37.7	37.7	0.52	26.3
-0.3 +0.210	15.2	52.9	0.64	13.1
-0.210	47.1	100.0	0.96	60.6
TOPLAM	100.0		0.74	100.0

ÇİZELGE: 2.12 Üç Ayrı Boyuttaki Toryum Numunesi Üzerinde Yapılan Sarsıntılı Masada Ayırma Deneyinin Sonuçları

TANE BOYUTU - mm -	URÜNLER	MIKTAR %	Σ MIKTAR %	Th-TENÖRÜ %	Th-DAĞILIMI %
-0.6 +0.3	Konsantre'	16.2	16.2	0.72	22.1
	Ara Ürün''	46.3	62.5	0.58	50.9
	Artık'''	36.2	98.7	0.35	24.0
	Şlam	1.3	100.0	1.25	3.0
		100.0		0.52	100.0
-0.3 +0.210	Konsantre'	16.3	16.3	0.42	10.3
	Ara Ürün''	36.3	52.6	0.73	40.0
	Artık'''	46.1	98.7	0.68	47.3
	Şlam	1.3	100.0	1.20	2.4
		100.0		0.66	100.0
-0.210	Konsantre'	8.3	8.3	0.23	1.8
	Ara Ürün''	16.9	25.2	0.76	12.6
	Artık'''	52.5	77.7	0.98	50.5
	Şlam	22.3	100.0	1.60	35.1
		100.0		1.00	100.0

' Ağır Mineraller konsantresi

'' Birleşik taneler

''' Hafif Mineraller

mayıp hafif mineraller kısmında ve şlamda toplandığı bu ürünlerdeki tenör artışından anlaşılmaktadır. Cevherin kırılğan olması ve toryumun kil mineralleri ile birlikte kolaylıkla ince taneye geçebilmesi nedeniyle ağır mineraller konsantresinde toryum tenörü ve verimi düşmekte buna karşın şlam ve artıktta ise artmaktadır. Deney sonuçlarına göre 0.6 mm. nin altında 3 ayrı boyutta yapılan sarsıntılı masa zenginleştirme deneylerinde toryumu belli bir konsantrede toplamak mümkün olamamıştır.

2.2.3 Flotasyon ile Zenginleştirme Deneyleri

Flotasyon deneylerinde amaç,cevher içerisinde bulunan Barit ve fluoritiyüzdürmektedir(54,55)Ancak literatür araştırmaları göstermiştir ki,aynı kollektör kullanılarak ve aynı şartlarda Barit ve fluoritle birlikte toryum mineralide yüzdürülebilmektedir(56,57,58,59,60)Flotasyon deneylerinde belirtilen bu mineraller yüzdürülürken silikatlarda, soğyum silikat kullanılarak bastırılmaya çalışılmıştır.Barit ve fluorit tanelerinin serbestleşmesi dikkate alındığından,numune kademeli kırma-eleme - öğütme ile 0.151 mm altına indirilmiş ve doğrudan flotasyona sokulmuştur. Ancak şlamın fazla olmasının flotasyonu etkilediği gözlemlendiğinden, önce şlamın atılıp sonra flotasyon yapılmasına karar verilmiştir. Deneyler için laboratuar tipi Denver flotasyon hücresi kullanılmıştır.(500 gr. lık) 0.151 mm altına öğütülen numuneden önce 4-5 defa şlam atılmış, kalan numune aşağıdaki koşullarda flotasyona tabi tutulmuştur. Sonuçlar ÇİZELGE :2,13 de gösterilmiştir.

Flotasyon koşulları:

pH	:	8.0 - 8.2
Sodyum Oleat Miktarı	:	1.5 Kg / Ton
Sodyum Silikat Miktarı	:	0.2 Kg / Ton
Kıvam Süresi	:	5 dakika
Flotasyon Süresi	:	8 dakika
Pülp Yoğunluğu	:	% 25 lık
Pülp Sıcaklığı	:	20°C

ÇİZELGE:2.13 0.151 mm. Altına İndirilen Cevher Numunesi ile Yapılan Flotasyon Deneyinin Sonuçları

ÜRÜNLER	MİKTAR %	ΣMİKTAR %	Th-TENÖRÜ %	Th-DAĞILIMI %
Yüzen Ürün	32.0	32.0	0.80	33.2
Ara Ürün	12.0	44.0	0.65	10.0
Batan Ürün	20.0	64.0	0.38	9.9
Şlam	36.0	100.0	1.00	46.9
TOPLAM	100.0		0.76	100.0

Flotasyon deneylerinde, yüzdürülen kısımda az bir tenör artışı olmasına rağmen, toryumun % 47 sinin şlamda toplandığı görülmüştür. Batan kısımda ise tenör % 0.38 toryuma kadar düşmüştür. Cevherin yapısının kırılğan olması, kolay ufalanabilmesi ve kil minerallerinin mevcudiyeti flotasyonu olumsuz yönde etkileyen faktörler olmuştur. Böylece toryumu belli bir üründe, flotasyon ile toplamak mümkün olamamıştır.

2.2.4 Dağıtma ve Boyuta Göre Sınıflandırma ile Zenginleştirme Deneyleri

Eskişehir - Beylikahır cevherinin yapısı ve cevheri tanıma deneylerinden elde edilen bilgilerden hareketle cevher belirli tane boyutunda, karıştırarak ve aktararak dağıtmaya tabi tutulmuştur.

2.2.4.1 Karıştırarak Dağıtma Deneyleri

Karıştırarak dağıtma deneylerinde 1.6 litre tank hacimli ve 800 Dev./ Dak. hızla dönen pervaneli karıştırıcılar (scrubber) kullanılmıştır. Deneylerde 6 mm., 4mm. ve 2 mm. tane boyutu altına kırılarak hazırlanan 3 ayrı numune üzerinde pülp yoğunluğu % 60 katı olacak şekilde ayarlanarak, 10, 20 ve 30 dakika sürelerle dağıtma yapılmıştır. Yapılan

ÇİZELGE: 2.14 6 mm.Altına Kırılan Toryum Cevherinin 10 dak. Süreli
Karıştırılarak Dağıtma Deneyi Sonuçları

	E L E K A n a l i z i			BOYUTA GÖRE TORYUM DAĞILIMI	
	MIKTAR %	TOPLAM ELEK ÜSTÜ %	TOPLAM ELEK ALTI %	Th- TENÖRÜ %	Th- VERİMİ %
- mm -					
+3.36	15.2	15.2	100.0	0.39	8.3
-3.36 +2.0	10.3	25.5	84.8	0.40	5.8
-2.0 +1.0	9.0	34.5	74.5	0.30	3.8
-1.0 +0.5	7.1	41.6	65.5	0.30	2.9
-0.5 +0.210	8.1	49.7	58.4	0.50	5.6
-0.210 +0.105	5.8	55.5	50.3	0.40	3.2
-0.105 +0.074	2.6	58.1	44.5	0.51	1.8
-0.074 +0.053	3.3	61.4	41.9	0.65	2.9
-0.053	38.6	100.0	38.6	1.2	65.7
TOPLAM	100.0			0.7	100.0

ÇİZELGE: 2.15 6 mm.Altına Kırılan Toryum Cevherinin 20 dak. Süreli
Karıştırarak Dağıtma Deneyi Sonuçları

TANE BOYUTU - mm -	E L E K A N A L İ Z İ			BOYUTA GÖRE TORYUM DAĞILIMI	
	MİKTAR %	TOPLAM ELEK ÜSTÜ %	TOPLAM ELEK ALTI %	Th-TENÖRÜ %	Th-VERİMİ %
+3.36	15.4	15.4	100.0	0.30	7.0
-3.36 +2.0	9.8	25.2	84.6	0.35	5.2
-2.0 +1.0	9.0	34.2	74.8	0.30	4.1
-1.0 +0.5	7.0	41.2	65.8	0.30	3.2
-0.5 +0.210	7.6	48.8	58.8	0.40	4.6
-0.210 +0.105	5.5	54.4	51.2	0.50	4.2
-0.105 +0.074	3.7	58.0	45.7	0.45	2.5
-0.074 +0.053	2.7	60.7	42.0	0.59	2.4
-0.053	39.3	100.0	39.3	1.11	66.8
TOPLAM	100.0			0.65	100.0

ÇİZELGE: 2.16 6 mm.Altına Kırılan Toryum Cevherinin 30 dak. Süreli Karıştırarak Dağıtma Deneyi Sonuçları

TANE BOYUTU - mm -	E L E K A N A L I Z İ			BOYUTA GÖRE TORYUM DAĞILIMI	
	MİKTAR %	TOPLAM ELEK ÜSTÜ %	TOPLAM ELEK ALTI %	Th- TENÖRÜ %	Th-VERİMİ %
+3.36	11.9	11.9	100.0	0.22	3.8
-3.36	7.5	19.4	88.1	0.29	3.2
-2.0	7.4	26.8	80.6	0.26	2.8
-1.0	5.4	32.2	73.2	0.25	2.0
-0.5	6.0	38.2	67.8	0.28	2.4
-0.210	4.3	42.5	61.8	0.38	2.3
-0.105	3.2	45.7	57.5	0.40	1.9
-0.074	2.9	48.6	54.3	0.42	1.8
-0.053	51.4	100.0	51.4	1.06	79.8
TOPLAM	100.0			0.68	100.0

ÇİZELGE: 2.17 4 mm.Altına Kırılan Toryum Cevherinin 10 dak. Süreli Karıştırılarak Dağıtma Deneyi Sonuçları

TANE BOYUTU -mm-	E L E K A N A L I Z İ			BOYUTA GÖRE TORYUM DAĞILIMI	
	MİKTAR %	TOPLAM ELEK ÜSTÜ %	TOPLAM ELEK ALTI %	Th-TENÖRÜ %	Th-VERİMİ %
+2.0	22.7	22.7	100.0	0.40	12.7
-2.0 +1.0	12.0	34.7	77.3	0.40	6.8
-1.0 +0.5	8.5	43.2	65.3	0.40	4.8
-0.5 +0.210	8.8	52.0	56.8	0.40	5.0
-0.210 +0.105	5.6	57.6	48.0	0.50	3.9
-0.105 +0.074	2.4	60.0	42.4	0.50	1.7
-0.074 +0.053	2.9	62.9	40.0	0.55	2.2
-0.053	37.1	100.0	37.1	1.20	62.9
TOPLAM	100.0			0.70	100.0

ÇİZELGE: 2.18 4 mm.Altına Kırılan Toryum Cevherinin 30 dak. Süreli
Karıştırarak Değitme Deneyi Sonuçları

TANE BOYUTU - mm -	E L E K A N A L İ Z İ			BOYUTA GÖRE TORYUM DAĞILIMI	
	MİKTAR	TOPLAM ELEK ÜSTÜ %	TOPLAM ELEK ALTI %	Th-TENÖRÜ %	Th-VERİMİ %
	%				
+2.0	14.6	14.6	100.0	0.27	6.5
-2.0	15.5	30.1	85.4	0.32	8.2
-1.0	9.0	39.1	69.9	0.35	5.2
-0.5	7.6	46.7	60.9	0.35	4.4
-0.210	4.1	50.8	53.3	0.44	3.0
-0.105	1.7	52.5	49.2	0.50	1.4
-0.074	2.4	54.9	47.5	0.56	2.2
-0.053	45.1	100.0	45.1	0.92	69.1
TOPLAM	100.0			0.60	100.0

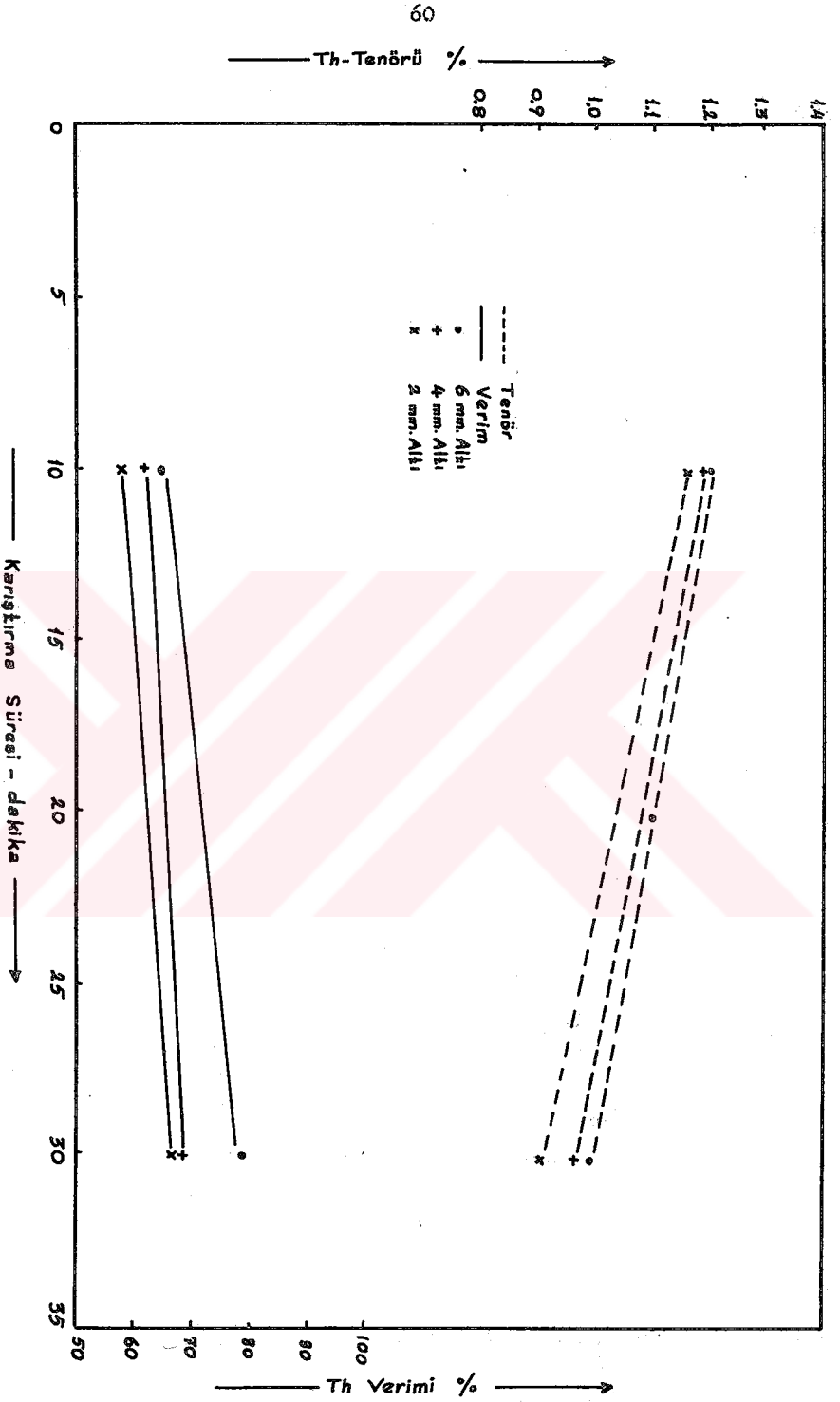
ÇİZELGE: 2.19 2 mm.Altına Kırılan Toryum Cevherinin 10 dak. Süreli
Karıştırarak Değitme Deneyi Sonuçları

TANE BOYUTU - mm -	E L E K A N A L İ Z İ			BOYUTA GÖRE TORYUM DAĞILIMI	
	MİKTAR %	TOPLAM ELEK ÜSTÜ %	TOPLAM ELEK ALTI %	Th-TENÖRÜ %	Th-VERİMİ %
+1.0	26.4	26.4	100.0	0.40	15.1
-1.0	15.7	42.1	73.6	0.45	10.1
-0.5	12.0	54.1	57.9	0.52	8.9
-0.210	6.4	60.5	45.9	0.42	3.8
-0.105	2.7	63.2	39.5	0.50	1.9
-0.074	1.7	64.9	36.8	0.53	1.3
-0.053	35.1	100.0	35.1	1.17	58.9
TOPLAM	100.0			0.69	100.0

ÇİZELGE: 2.20 2 mm.Altına Kırılan Toryum Cevherinin 30 dak. Süreli Karıştırılarak Dağıtma Deneyi Sonuçları

TANE BOYUTU - mm -	E L E K A N A L İ Z İ			BOYUTA GÖRE TORYUM DAĞILIMI	
	MİKTAR %	TOPLAM ELEK ÜSTÜ %	TOPLAM ELEK ALTI %	Th-TENÖRÜ %	Th-VERİMİ %
+1.0	27.1	27.1	100.0	0.25	11.1
-1.0	11.4	38.5	72.9	0.36	6.7
-0.5	9.5	48.0	61.5	0.37	5.7
-0.210	5.0	53.0	52.0	0.50	4.1
-0.105	1.7	54.7	47.0	0.41	1.2
-0.074	2.8	57.5	45.3	0.54	2.5
-0.053	42.5	100.0	42.5	0.98	68.7
TOPLAM	100.0			0.60	100.0

SEKİL: 2.4 Karıştırarak Dağıtım Deney Sonuçları.



deneyler sonunda elde edilen ürünlerin boyut dağılımı ve boyut aralardaki toryum tenörü ÇİZELGE:2.14,2.15,2.16,2.17,2.18,2.19,2.20 de gösterilmiştir.

Deneylerden elde edilen sonuçlara göre 0.053 mm. tane boyutunun altına geçen üründe toryum tenörü % 1 in üzerine çıkmakta ve toryum verimi % 80 ne ulaşmaktadır. Bu deneylerde 6 mm. nin altına kırılan cevherin 30 dakika süreyle karıştırılarak dağıtılması ve eleyerek sınıflandırılması en uygun koşullar olarak görülmüştür. Ayrıca karıştırma süresinin toryum kazanma verimine ve tenörüne etkisi ŞEKİL:2.4da gösterilmiştir.

Uygun koşullarda elde edilen -0.053 mm. tane boyutundaki toryum ön konsantresi şlamı alınarak 0.038 mm. lik elekten elenmiş ve böylece 3 ayrı ürün elde edilmiştir. Amaç,daha ince tane boyutunda zenginleşmenin olup olmadığını belirlemektir. Sonuç ÇİZELGE:2.21da gösterilmiştir.

ÇİZELGE:2.21 Karıştırarak Dağıtma ile Elde Edilen Ön Konsantrenin Tane Boyutu Dağılımı

TANE BOYUTU - mm -	MİKTAR %	Σ MİKTAR %	Th-TENÖRÜ %	Th-DAĞILIMI %
-0.053 +0.038	6.7	6.7	0.58	3.9
-0.038	21.5	28.2	0.78	17.0
Şlam (0.020)	71.8	100.0	1.08	79.0
TOPLAM	100.0		0.98	100.0

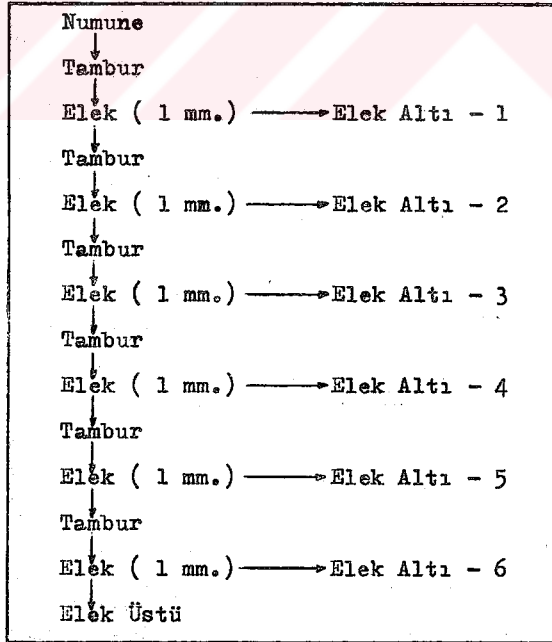
Karıştırarak dağıtma ile kırılğan olan kolay ufalanabilen materyal kolaylıkla ince boyuta geçmektedir. Silis gibi zor kırılan ve sert olan malzeme ise iri tanede kalmaktadır. Toryum,kırılğan kısma bağlı olarak ince tanede konsantre olmaktadır. Bu deneylerin sonunda,karış-

tırarak dağıtma süresi ve beslenen numunenin tane iriliği arttıkça, toryumun ön konsantrede toplanmasının da artmakta olduğu görülmüştür.

2.2.4.2. Aktararak Dağıtma Deneyleri

Karıştırarak dağıtma deneylerinde beslenen numunenin tane boyutu arttıkça toryum ön konsantresindeki Th-miktarı ve tenörü de artmakta idi. Bu noktadan hareketle, daha ekonomik ve daha verimli olacağı düşünceyle bu deneyler yapılmıştır. Aktararak dağıtma deneylerinde 60 cm. çapında, 20 cm. genişliğinde, 30 dev/dak hızla dönen laboratuvar tamburu kullanılmıştır. Tambura orijinal cevher numunesi beslenmiş olup, pülp te katı oranı % 65 olacak şekilde ayarlanmıştır.

Deneyin yapılışı: Tambura yaklaşık 35 Kg. orijinal cevher beslenmiş olup su ilavesiyle pülp te katı oranı % 65 olacak şekilde ayarlandı. Tambur 5 dak. döndürülüp durduruldu. Malzeme 1 mm.lik elekten elendi. Elek üstü tambura tekrar beslendi. Pülp te katı oranı % 65 olacak şekilde su ilave edilip tambur 5 dak. döndürüldü. Bu işlem 6 kez tekrarlandı. (ŞEKİL: 2.5)



ŞEKİL: 2.5

Bu deney sonunda '+ 1 mm.' , '- 1 mm. + 0.053 mm.' ve '- 0.053 mm.' olmak üzere 3 ayrı tane boyutunda ürün elde edilmiştir. Bu ürünlerdeki toryum tenörü ve dağılımı saptanmış olup ÇİZELGE:2.22 da gösterilmiştir.

ÇİZELGE:2.22 Tambura Beslenen Numunenin Deney Sonunda Ürünlerdeki Toryum Tenörü ve Dağılımı

TANE BOYUTU - mm -	MIKTAR %	Th-TENÖRÜ %	Th-DAĞILIMI %
+1.0	32.2	0.19	10.0
-1.0 +0.053	35.4	0.42	24.3
-0.053	32.2	1.24	65.7
TOPLAM	100.0	0.61	100.0

Elde edilen bu ürünlerden, '+ 1mm.'lik elek üstü ürünü ile '- 1 mm. +0.053 mm.' tane boyutundaki ürün elek analizine tabi tutulmuş olup her boyuttaki Th-tenörü ve dağılımı ÇİZELGE:2.23 ve 224 de gösterilmiştir.

ÇİZELGE: 2.23 Otuz Dakikalık Tambur Deneyi Sonundaki + 1 mm.lik Malzemedeki Toryum Dağılımı

TANE BOYUTU -mm-	MIKTAR %	ΣMIKTAR %	Th-TENÖRÜ %	Th-DAĞILIMI %
+20.0	32.7	32.7	0.20	34.4
-20.0 + 6.0	26.3	59.0	0.20	27.7
- 6.0 + 4.0	14.7	73.7	0.20	15.5
- 4.0 + 2.0	5.4	79.1	0.20	5.7
- 2.0 + 1.0	20.9	100.0	0.15	16.7
	100.0		0.19	100.0

ÇİZELGE:2.24 -1 mm. +0.053 mm. lik Ürünün Elek Analizi ve Toryum Tenörü ve Dağılımı

TANE BOYUTU - mm -	MİKTAR %	Σ MİKTAR %	Th-TENÖRÜ %	Th-DAĞILIMI %
-1.0 +0.5	16.0	16.0	0.36	12.9
-0.5 +0.210	27.0	43.0	0.40	24.3
-0.210 +0.105	31.0	74.0	0.43	30.0
-0.105 +0.074	14.0	88.0	0.52	16.3
-0.074 +0.053	12.0	100.0	0.61	16.5
	100.0		0.44	100.0

Ayrıca tamburla aktarma deneyi sonunda elde edilen tüm ürünün tane boyutuna göre sınıflandırılması ve her boyut aralığındaki toryum tenörü ve dağılımı ÇİZELGE:2.25 de gösterilmiştir.

Deneyler sonunda elde edilen ürünün elek analizi yapılmış olup her boyuttaki toryum tenör ve dağılımı tesbit edilmiştir. Ayrıca her fraksiyon mikroskop altında incelenmiş, kuvars ve bazı silikatlar gibi sert olan minerallerin iri boyutlarda kaldığı, kırılğan olan barit, fluorit, dolomit, kalsit ve kolay ufalanabilen kil minerallerinin ise ince taneye geçtiği gözlenmiştir.

ÇİZELGE:2.25 de görüldüğü gibi, deney sonunda iri tanede toryum tenörü % 0.2 ye düşmüş, ince tanede ise % 1.24 de kadar yükselmiştir. 0.053 mm. tane boyutu altında % 1.24 toryum tenörüne ulaşılan üründe toryum kazanma verimi % 65 civarında olmaktadır. Ayrıca elde edilen bu ürün cevherin ağırlıkca % 32 si kadardır. Ancak bu ürüne % 0.61 toryum tenörlü '- 0.074 + 0.053 mm.' tane boyutlu ürün ile % 0.52 toryum tenörlü '- 0.105 + 0.074 mm.' tane boyutlu ürün katılarak % 1.2 Th

ÇİZELGE: 2.25 Orijinal Cevher Numunesi ile Yapılan Aktararak
Dağıtma Deneyi Sonuçları

Ü R Ü N L E R - mm -	MİKTAR %	MİKTAR %	Th-TENÖRÜ %	Th-DAĞILIMI %	Th-DAĞILIMI (elek _% altı)
+20.0	10.5	10.5	0.20	3.4	100.0
-20.0 + 6.0	8.5	19.0	0.20	2.8	96.6
- 6.0 + 4.0	4.7	23.7	0.20	1.5	93.8
- 4.0 + 2.0	1.8	25.5	0.20	0.6	92.3
- 2.0 + 1.0	6.7	32.2	0.15	1.6	91.7
- 1.0 + 0.5	5.7	37.9	0.36	3.3	90.1
- 0.5 + 0.210	9.5	47.4	0.40	6.1	86.8
- 0.210 + 0.105	11.0	58.4	0.43	7.6	80.7
- 0.105 + 0.074	5.0	63.4	0.52	4.2	73.1
- 0.074 + 0.053	4.2	67.6	0.61	4.1	68.9
- 0.053	32.4	100.0	1.24	64.8	64.8
	100.0		0.62	100.0	

tenörlü bir ön konsantre elde edilebilir. Böylece toryum kazanma verimi % 73.1 e yükselmiş olur. Bu ön konsantrenin komple kimyasal analizi ÇİZELGE:2.26 de gösterilmiştir.

ÇİZELGE:2.26 Toryum Ön Konsantresinin Komple Kimyasal Analizi

MADDE	%
ThO ₂	1.41
BaO	16.25
CaO	11.16
Al ₂ O ₃	15.56
Fe ₂ O ₃	9.14
MnO ₂	1.63
MgO	1.44
Na ₂ O	2.46
K ₂ O	5.33
SiO ₂	8.60
P ₂ O ₅	1.62
SO ₃	8.70
F	5.27
Nadir Top.Element.	3.94
Kızdırma kaybı	7.42
TOPLAM	99.93

2.3 ASİTLE ÇÖZÜNDÜRME DENEYLERİ

Toryum tabiatıta bulunduğu haliyle endüstride kullanılamamaktadır. Endüstride toryumun belirli saf bileşikleri kullanılmaktadır. (Toryum nitrat, Toryum oksit vb. gibi) Bu nedenledir ki, tabiatıta bulunan toryumu önce kimyasal yöntemlerle çözeltiye almak gerekir, sonra çözeltildeki toryum istenilen bileşik halinde çöktürölmeye çalışılır. Bu amaç için en çok kullanılan yöntem asitle çözöndürme yöntemidir, ve Es-kişehir - Beylikahır toryum cevherine bu yöntemin uygulanması düşünölmüştür (61, 62, 63, 64, 65, 66).

Tamburla aktarma deneylerinin sonunda elde edilen -0.105 mm. tane boyutundaki toryum ön konsantresi ile orijinal toryum cevheri aynı koşullarda ve ayrı ayrı olarak, asitle çözöndürme işlemine tabi tutulmuştur. Amaç, her numuneden aynı koşullar altında toryumun çözöüne verimini tesbit edip karşılaştırmak ve fiziksel zenginleştirme sonucu elde edilen toryum ön konsantresinin bir yarar sağlayıp sağlayamadığını belirlemektir.

Çözöndürme deneyleri üç ayrı asitle (Sülfürik asit, Nitrik asit ve Hidroklorik asit) yapılmıştır. Her asit için, çözöndürme süresinin ve asit miktarının, toryumun çözöüne verimine etkileri incelenmiştir. Ayrıca sıcaklık değişiminin ve pulp içindeki katı oranının toryum çözöüne verimi üzerindeki etkileride araştırılmıştır. Çözöndürme deneylerinde 300 gr.lık numuneler kullanılmıştır. Toryum ön konsantresinin tane iriliğı -0.105 mm. olduğu için, aynı koşulları sağlamak amacıyla orijinal cevher numuneside -0.105 mm. ye öğütölmüştür.

Deneyin Yapılışı: -0.105 mm. tane boyutundaki numune, uygun bir beherglass içerisine konarak üzerine, pulp de katı oranı % 50 olacak şekilde, su ilave edilip laboratuvar tipi karıştırıcı ile karıştırılmış ve üzerine yavaş olarak asit ilavesi yapılmıştır. Çözöndürme süresi sonunda karıştırma durdurulmuş ve pulp Whatman-42 filtre kağıdından su

trompu kullanılarak süzölmüştür. Katı ayrıca iki defa asitli su ile yıkanmıştır. Böylece deney sonunda, bir katı numune ile ana çözelti ve yıkama çözeltisi olmak üzere 2 tane de sıvı numune elde edilmiştir. Her numune içindeki toryum, analiz edilerek saptanmıştır.

Toryum analizleri çözeltiden ve katıdan olmak üzere ayrı ayrı ve spektrophotometrik(Topo - Thorin)yöntemle yapılarak karşılaştırılmıştır. Türkiye toryum cevherleri üzerinde bu analiz yöntemi daha öncede denenmiş ve başarılı olduğu 3 ayrı yöntemle de kanıtlanmıştır(67,68,69).

Deney Koşulları:

Numunenin tane boyutu	: -0.105 mm.
Kullanılan asitler	: H_2SO_4 , HNO_3 ve HCl
Kullanılan asit miktarı	: 100 - 800 kg / ton arasında.
Pülpde katı oranı	: % 50
Süre	: 0 - 4 saat arasında.
Sıcaklık	: Oda sıcaklığında.

2.3.1 Sülfürik Asit ile Yapılan Çözündürme Deneyleri

Hem ucuz, hemde korozyon etkisi çok düşük olduğundan çözündürme işlemlerinde en çok tercih edilen asittir. Deneylerde yoğunluğu 1.84 gr/cm^3 olan % 95-98 lik konsantre sülfürik asit kullanılmıştır.

Çözündürme deneylerinde önce orijinal cevher çözündürme işlemine tabi tutulmuş ve elde edilen neticeler ÇİZELGE 2.27 ŞEKİL: 2.6 ve ÇİZELGE: 2.28 ŞEKİL: 2.7 de gösterilmiştir. Sonra toryum ön konsantresi aynı koşullarda çözündürme işlemine tabi tutulmuş olup sonuçlar ÇİZELGE: 2.31 ŞEKİL: 2.10 ve ÇİZELGE: 2.32 ŞEKİL: 2.11 de verilmiştir.

Deneyler esnasında her iki numunede de (orijinal cevher ve ön konsantre numuneleri) sülfürik asit ilavesi ile sıcaklık, asit miktarına ve ilavé ediş hızına bağılı olarak, $82^\circ C$ ye kadar yükselmiştir. Sonra yavaş yavaş azalarak 20 dakika sonunda tekrar oda sıcaklığına düşmüştür.

Ayrıca sıcaklığın ve pülp yoğunluğunun çözündürme işlemine etkisini incelemek amacıyla deneyler yapılmıştır. Sıcaklık 40°C, 60°C ve 80°C de çözündürme süresince sabit tutularak deneyler yapılmış olup sonuçlar ÇİZELGE: 2.29 ve ŞEKİL: 2.8 de gösterilmiştir. Pülp yoğunluğunun etkisini gösteren deneylerin sonuçlarında ÇİZELGE: 2.30 de ve ŞEKİL: 2.9 de verilmiştir.

2.3.1.1 Orijinal Toryum Cevherini Sülfürik Asit ile Çözündürme

Orijinal toryum cevherini sülfürik asit ile çözündürme deneyleri daha önce belirtilen koşullar da yapılmıştır. Bu deneylerin sonuçları göstermiştir ki, asit miktarı ve çözündürme süresi arttıkça toryumun çözeltiye geçme verimi de artmaktadır. Deneyler esnasında çözündürme süresi 8 saate kadar arttırılmıştır. Ancak toryumun çözünme veriminde bir değişme görülmemiştir. Bu sonuç ŞEKİL: 2.7 de görüldüğü gibi, çözündürme süresine göre, toryum çözünme verimi eğrisinin üç saat sonunda yataya yakın bir duruma gelmesinde anlaşılmaktadır.

Cevher içerisindeki kalsiyumlu bileşiklerin çözünmesi ve kalsiyumun çok ince taneli sülfat (CaSO_4) halinde çökmesi dolayısıyla süzme işlemlerinde güçlükler ortaya çıkmıştır.

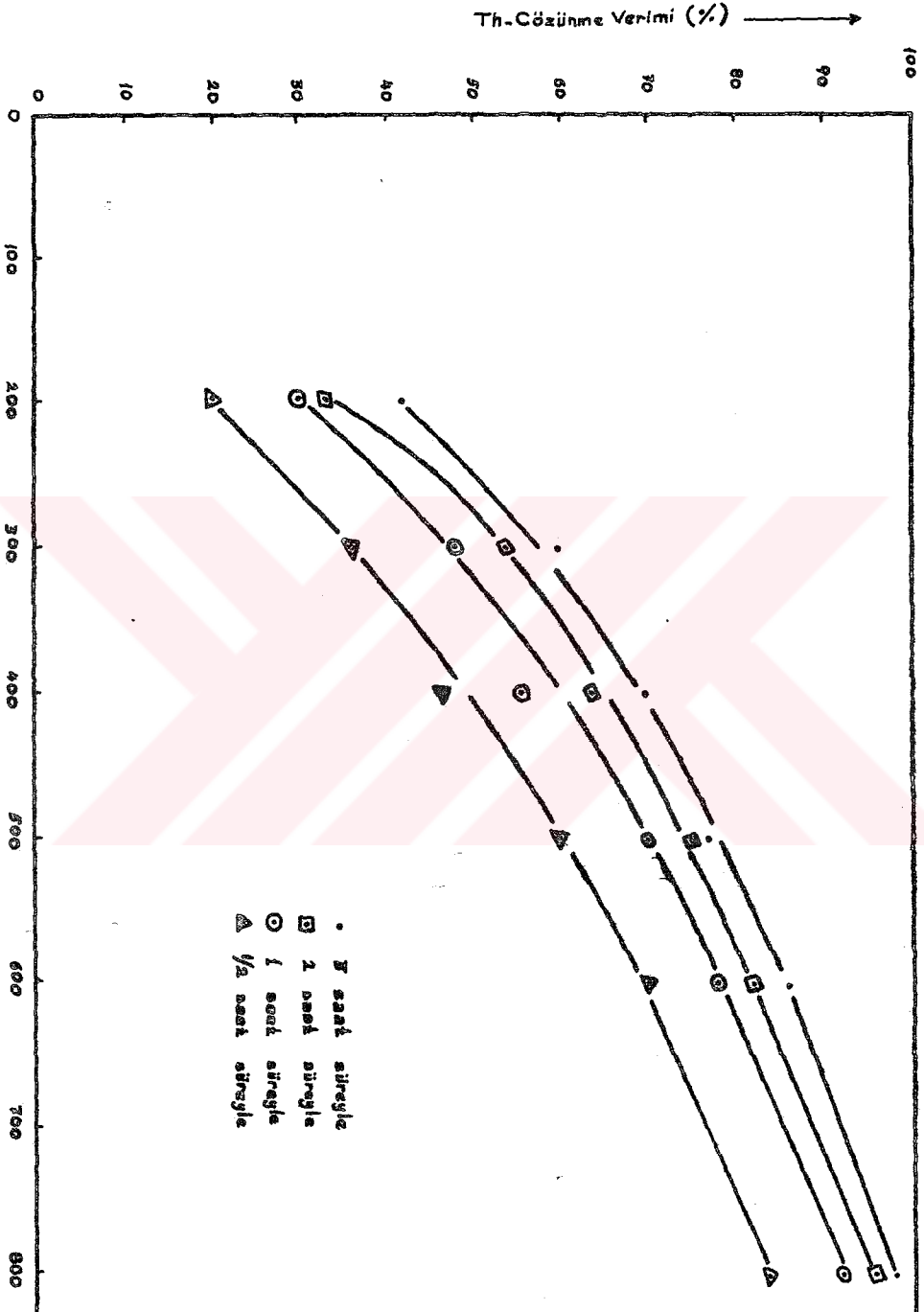
Bu deneylerden sülfürik asit çözündürmesi ile orijinal cevher içerisindeki toryumun tamamının çözeltiye alınabileceği anlaşılmıştır. Fakat asit sarfiyatı fazla olmaktadır.

2.3.1.1.1 Sıcaklığın Çözündürme İşlemlerine Etkisi

Bu amaçla yapılan deneylerde H_2SO_4 miktarı 600 Kg / ton olarak sabit tutulmuştur. Zaman ve sıcaklık faktörleri değiştirilerek deneyler yapılmıştır. Deneylerde 40°C, 60°C ve 80 °C sıcaklıkları esas alınmış ve tüm deney süresince sabit tutulmaya çalışılmıştır. Sıcaklık, pülpün bulunduğu beheri alttan laboratuvar tipi ocakla ısıtarak sağlanmıştır.

ÇİZELGE: 2.27 Original Cevherde, Toryum Güzünme Veriminin
H₂SO₄ Miktarına Bağlı Olarak Değişimi

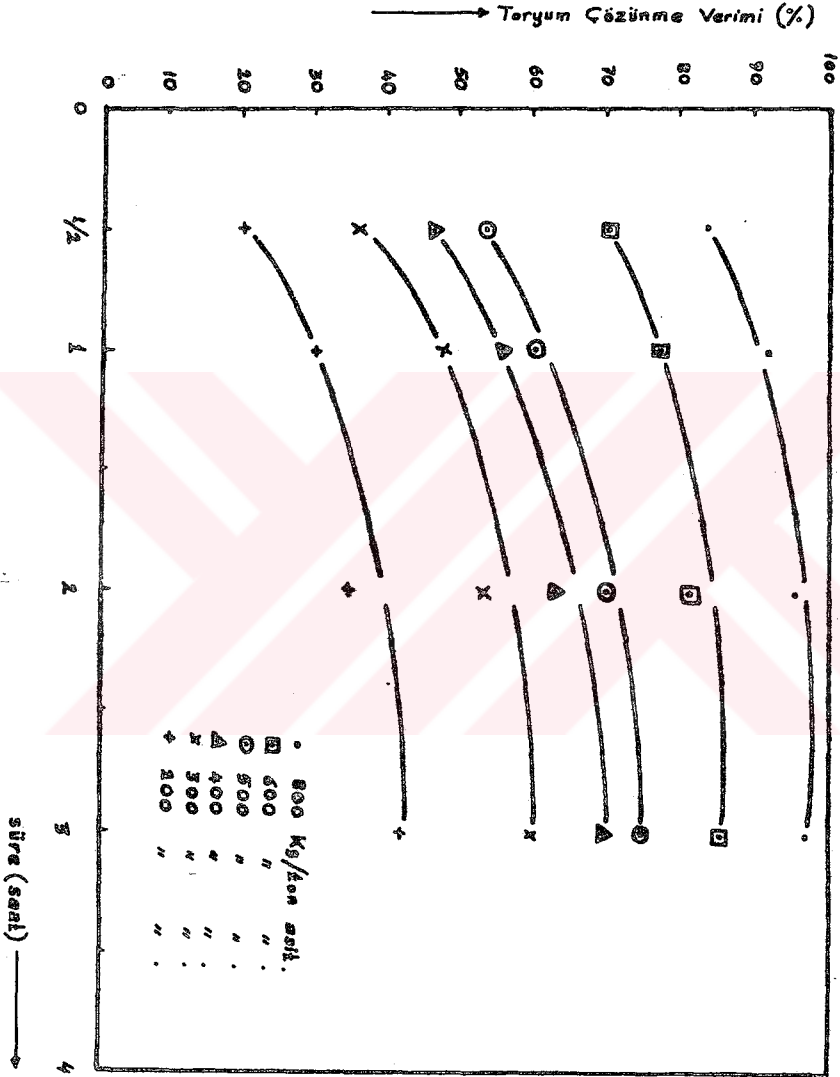
S Ü R E (saat)	ASİT MİKTARI Kg / ton	Ç Ö Z E L T İ		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	pH	
1/2	200	0.96	1.2	20
	300	1.22	0.9	36
	400	1.80	0.7	46
	500	2.06	0.5	56
	600	3.03	0.4	70
	800	3.26	0.2	84
1	200	1.06	1.2	30
	300	1.56	1.0	48
	400	1.85	0.8	56
	500	2.62	0.7	60
	600	2.98	0.6	78
	800	3.76	0.2	92
2	200	1.05	1.2	34
	300	2.00	1.0	54
	400	2.65	0.7	64
	500	3.00	0.6	70
	600	3.26	0.5	82
	800	3.65	0.2	96
3	200	1.76	1.25	42
	300	2.50	0.9	60
	400	2.98	0.6	70
	500	3.10	0.6	75
	600	3.30	0.5	86
	800	3.91	0.4	98



ŞEKİL: 2.6 Original Cevherde, Tuzun Çözünme Veriminin, H_2SO_4 miktarına Bağlı Olarak Değişimi

ÇİZELGE:2.28 Original Cevheri H_2SO_4 ile Çözündürmede Th-Çözünme Veriminin,Çözündürme Süresine Bağlı Olarak Değişimi

ASİT MİKTARI Kg / ton	S Ü R E (saat)	Ç Ö Z E L T İ		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	pH	
200	1/2	0.96	1.2	20
	1	1.06	1.2	30
	2	1.06	1.2	35
	3	1.76	1.25	42
300	1/2	1.22	0.9	36
	1	1.56	1.0	48
	2	2.00	1.0	54
	3	2.50	0.9	60
400	1/2	1.80	0.7	46
	1	1.85	0.7	56
	2	2.65	0.8	64
	3	2.98	0.8	70
500	1/2	2.06	0.5	54
	1	2.62	0.6	60
	2	3.00	0.6	70
	3	3.10	0.7	75
600	1/2	3.03	0.4	70
	1	2.98	0.5	78
	2	3.26	0.5	82
	3	3.30	0.5	86
800	1/2	3.26	0.2	84
	1	3.76	0.2	92
	2	3.65	0.2	96
	3	3.91	0.4	98



ŞEKİL: 2.7 Original Çevrede, Teryum Çözünme Verimini, Çözünme Süresine Bağlı Olarak Değişimi.

Pülp içerisinde bulunan termometreden sıcaklık sürekli takip edilmiştir. Bu deneylerde asit ilavesiyle sıcaklık 82 °C ye kadar çıktığından ve ilk 20 dakika içinde tekrar oda sıcaklığına düştüğünden deneyler 1, 2 ve 3 saat süreyle yapılmıştır. Deney sonuçları ÇİZELGE:2.29 ve ŞEKİL: 2.8 de gösterilmiştir.

ÇİZELGE:2.29 Sülfürik Asit ile Çözündürmede, Toryum Çözünme Veriminin Sıcaklığa Bağlı Olarak Değişimi

SÜRE (saat)	SICAKLIK °C	Ç Ö Z E L T İ		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	p ^H	
1	40	2.52	0.7	80
	60	2.60	0.7	82
	80	2.58	0.7	82
2	40	2.64	0.8	82
	60	2.60	0.8	84
	80	2.64	0.9	83
3	40	2.68	0.8	86
	60	2.66	0.8	88
	80	2.64	0.9	88

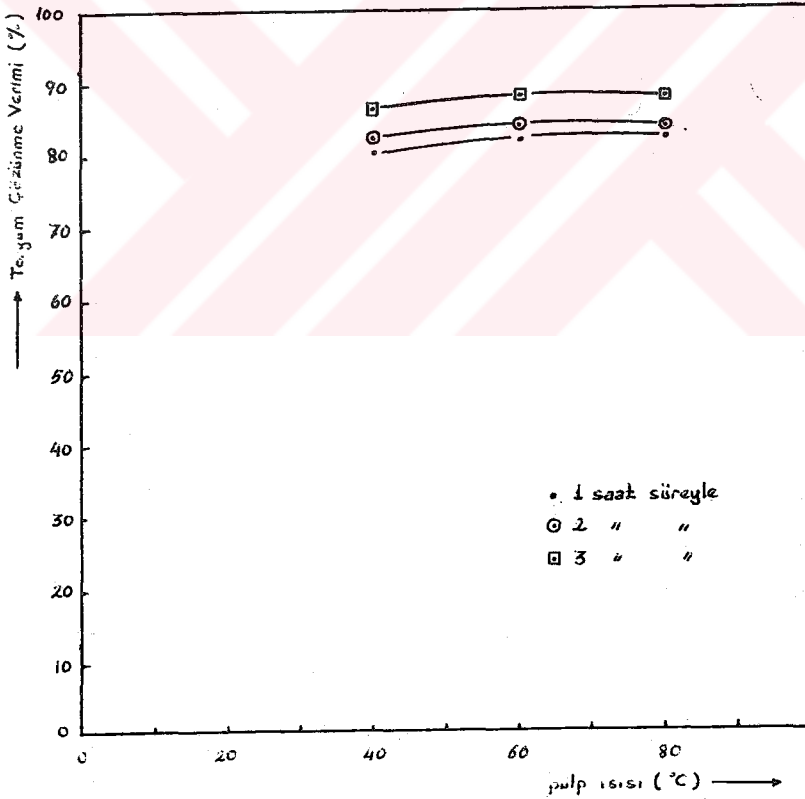
Pülp ısıtılarak yapılan deneyler sonunda sıcaklığın, Th-çözünme verimini etkilemediği ortaya çıkmıştır. Ayrıca sıcaklık dolayısıyla numune içerisindeki kil mineralleri çözünmeye başlamıştır. Böylece oluşan silika jel (38) süzme işlemlerinde büyük zorluklar meydana getirmiştir. Ayrıca ileri kademelerde de çeşitli güçlükler neden olacaktır.



Toryum ön konsantreside aynı koşullarda (aynı sıcaklık ve asit miktarı ile) çözündürmeye tabi tutulmuştur. Toryum çözünme veriminde

hiçbir değişiklik olmamıştır. Ancak karıştırma ve süzme işlemleri büyük zorluklar arzemiştir.

Belli bir sıcaklıkta çözündürme işleminin büyük masraflara neden olacağı bilindiğinden, önemli bir verim artışı sağlanamadığı deneylerle tesbit edildiğinden ve süzme güçlüğü, ileri kademelerdeki ekstraksiyan zorlukları gibi olumsuz etkileride olduğundan sıcakta çözündürme işleminin yapılmamasının uygun olacağı düşünülmüştür.



ŞEKİL:2.8 Çözündürme İşlemlerinde Pülp Isısının Toryum Çözünme Verimine Etkisi

2.3.1.1.2 Pülp-te Katı Oranının Çözündürme İşlemine Etkisi

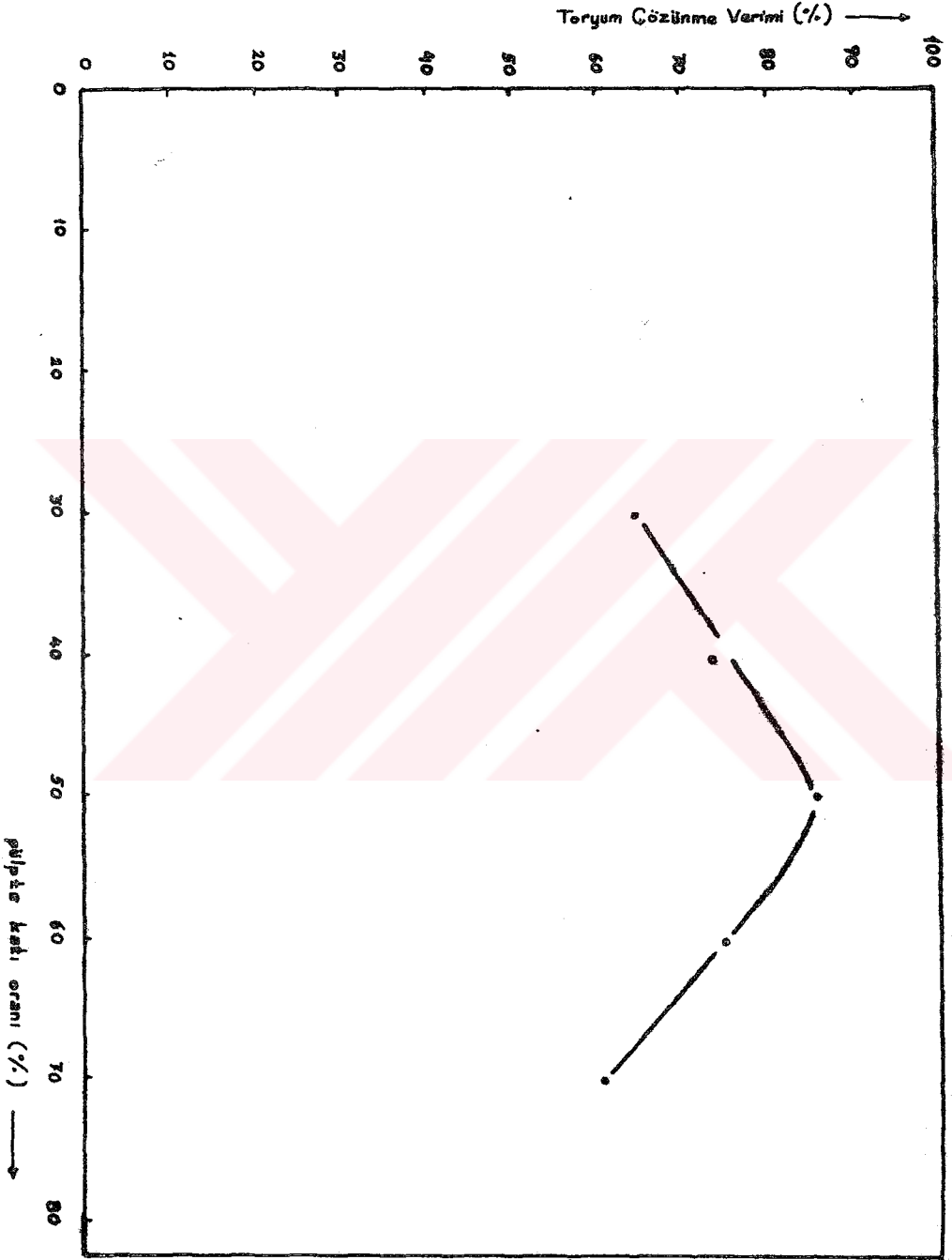
Bu amaçla yapılan deneylerde H_2SO_4 miktarı 600 Kg/ton ve çözündürme süresi 3 saat olarak sabit tutulmuştur. Deneyler oda sıcaklığında yapılmıştır. Deneylerde pülp-te katı oranı % 30,40,50,60 ve 70 olacak şekilde seçilmiştir. Sonuçlar ÇİZELGE:2.30 ve ŞEKİL:2.9 de gösterilmiştir.

ÇİZELGE:2.30 Sülfürik Asit ile Çözündürmede, Th-Çözünme Veriminin Pülp-te Katı Oranına Bağlı Olarak Değişimi

SÜRE (saat)	PÜLP-TE KATI ORANI %	Ç Ö Z Ü N M E		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	pH	
3	30	2.18	0.9	65
	40	2.30	0.8	74
	50	3.30	0.5	86
	60	4.40	0.2	75
	70	6.20	0.1	61

Pülp-te katı oranının, toryum çözünme verimi üzerinde oldukça etkili olduğu deneyler sonunda anlaşılmış olup, pülp-te katı oranının % 50 olması ile maksimum verim alındığı gözlenmiştir. Bu oran azalınca (% 30 - 40 katı) asit konsantrasyonu da azaldığından toryum çözünme veriminde bir azalma görülmüştür. Oran fazlalaşınca (% 60 - 70 katı) karıştırma ve süzmede önlenmesi imkansız gibi görülen güçlükler ortaya çıkmıştır.

Ayrıca, Çözünme bir diffüzyon olayıdır. Ortamın viskozitesi arttıkça diffüzyon hızı azalır(38). Dolayısıyla çözünmede azalacaktır. ÇİZELGE:2.30de görüldüğü gibi pülp-te katı oranı fazlalaştıkça Th-çözünme veriminde azalmaktadır. Bu deneyler sonunda en yüksek Th-çözünme veriminin pülp-te katı oranı % 50 olduğu zaman elde edildiği anlaşıldığından tüm deneylerde bu oran % 50 olacak şekilde sabit tutulmuştur.



SEKİL: 2.9 Torum Çözünme Veriminin Pulpa Kaki Oranına Bağlı Olarak Değişimi.

2.3.1.2 Toryum Ön Konsantresini Sülfürik Asit ile Çözündürme

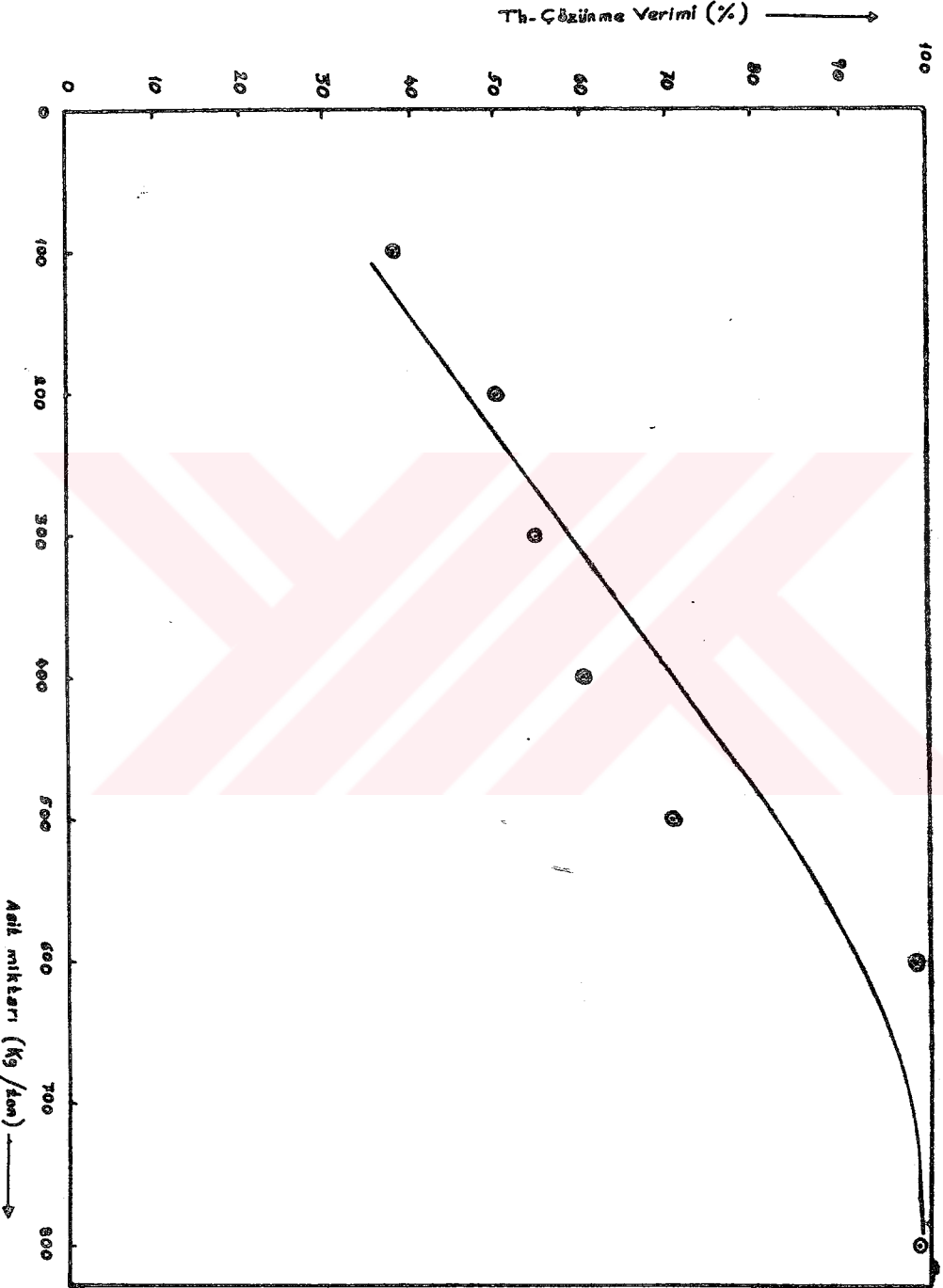
Tamburla aktarma deneyinin sonunda elde edilen toryum ön konsantresinin sülfürik asit ile çözündürme deneyleri sonunda, numune içerisindeki toryumun hemen hepsinin gözeltiye alınabileceği görülmüştür. Sonuçlar ÇİZELGE:2.31 ,2.32 ve ŞEKİL:2.10 ,2.11 da gösterilmiştir.

ÇİZELGE:2.31 Toryum Ön Konsantresinde, Th-Çözünme Veriminin H_2SO_4 miktarına Bağlı Olarak Değişimi

ASİT MİKTARI (Kg/ton)	SÜRE (saat)	Ç Ö Z E L T İ		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	pH	
100	1/2	2.46	1.2	38
200	1/2	2.80	0.9	50
300	1/2	2.96	0.7	54
400	1/2	3.48	0.6	60
500	1/2	4.80	0.5	70
600	1/2	7.70	0.3	99
800	1/2	7.72	0.1	99

Deneylerde asit ilavesi esnasında pülp ısısı asit miktarına ve veriş hızına bağlı olarak 82 °C ye kadar çıkmakta ve ilk 20 dakika sonunda yine oda sıcaklığına düşmektedir. Bu ısı tamamen reaksiyon ısısı olup kimyasal reaksiyonlar sırasında ortaya çıkmaktadır. Ayrıca sıcaklığın çözündürme işlemine etkileri daha önce incelenmiştir.

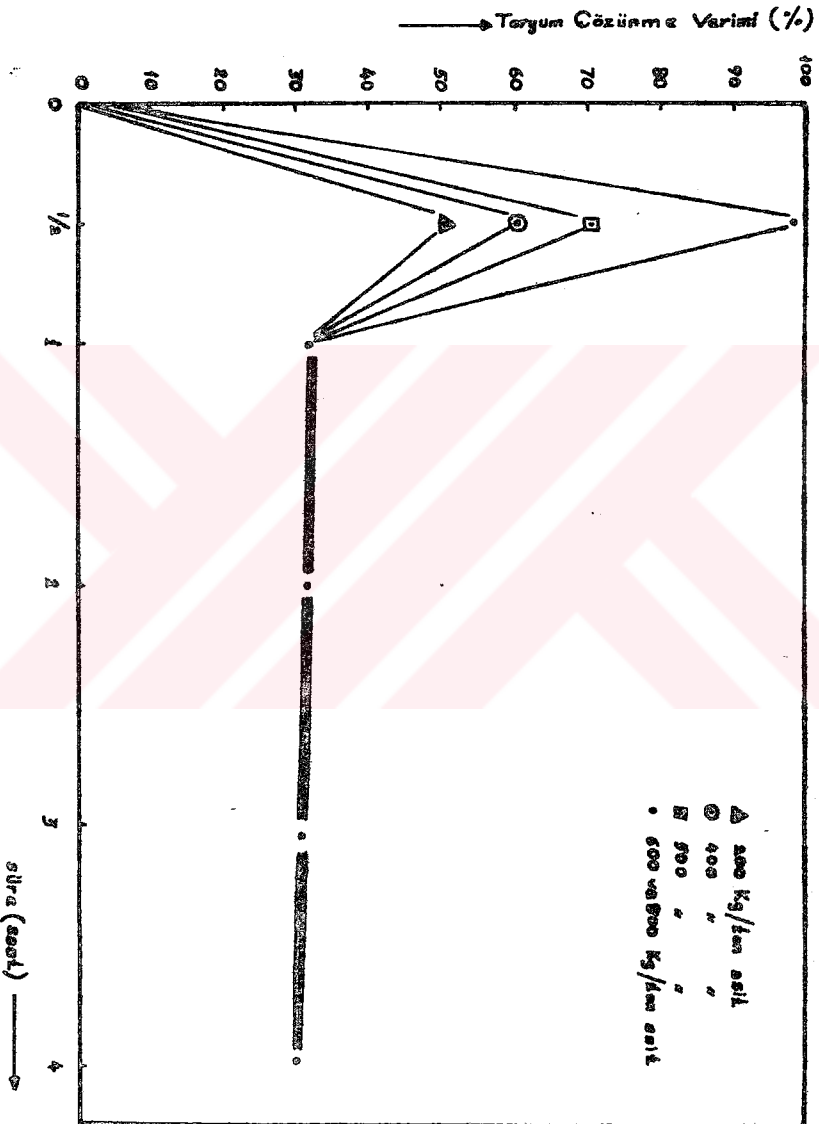
Ön konsantrenin, sülfürik asit ile çözündürülmesinde en uygun süre yarım saat olmaktadır. Süre arttıkça gözeltiye geçmiş olan toryum çökmektedir. Bütün deneyler dikkate alınırsa görünür ki, toryumun gözeltiye geçme verimi yarım saatte maksimuma ulaşmaktadır. Yarım saatten sonra ise toryum çökmesi başlamakta ve bir saatin sonunda toryumun gözeltiye geçme verimi tüm deneylerde % 32 ye düşmektedir.(ŞEKİL:211) Burada gözeltiye geçen toryumu yeniden göktüren elemanın 'FLOR' olması muhtemeldir.



SEKİL : 2.10 T-1000 Üst Konsantrasyonunda Toriyum Çözünme Veriminin H_2SO_4 miktarına Bağlı Olarak Değişimi.

ÇİZELGE:2.32 Toryum Ön Konsantresini H_2SO_4 ile Çözündürmede,Toryum Çözünme Veriminin,Çözündürme Süresine Bağlı Olarak Değişimi

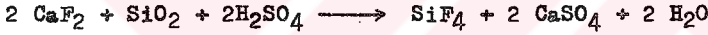
ASİT MİKTARI Kg/Ton	S Ü R E (saat)	Ç Ö Z E L T İ		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	pH	
200	1/2	2.80	0.8	50
	1	1.78	0.8	32
	1.5	1.84	0.9	32
	2	1.80	0.9	32
	2.5	1.92	0.9	32
	3	1.86	0.9	32
	4	1.82	1.0	20
400	1/2	3.48	0.6	60
	1	1.84	0.6	32
	1.5	1.90	0.6	32
	2.0	1.79	0.6	32
	2.5	1.88	0.6	32
	3	1.90	0.6	25
	4	1.82	0.6	20
500	1/2	4.80	0.5	70
	1	1.82	0.5	32
	1.5	1.92	0.6	32
	2	1.96	0.6	31
	2.5	1.82	0.6	31
	3	1.84	0.6	25
	4	1.82	0.6	20
600	1/2	7.70	0.3	99
	1	1.86	0.3	33
	1.5	1.78	0.3	31
	2	1.88	0.3	31
	2.5	1.92	0.4	32
	3	1.86	0.4	27
	4	1.90	0.4	22
800	1/2	7.72	0.1	99
	1	1.92	0.1	34
	1.5	1.86	0.1	32
	2	1.92	0.1	31
	2.5	1.84	0.2	32
	3	1.86	0.2	26
	4	1.84	0.2	21



SEKIL: 2.11 Terguna Di Masyarakat, H_2O_2 / 1% sebagai Disinfektan, Th-Disinfektan Variasi, Disinfektan Sisa dan Disinfektan Disinfektan.

Ön konsantre içerisinde bulunan fluoritin (CaF_2) çözünmeye başlamasıyla çözeltiliye geçen flor, derhâl çözeltili içinde bulunan toryum iyonu ile birleşik yaparak toryum tetra florür (ThF_4) halinde çökelmektedir. Toryum tetra florür, çözünürlüğü çok düşük olan bir toryum bileşiği olduğundan (11) çözündürme süresi artsada çözünmemektedir. Bu nedendir ki, toryumun çözeltiliye geçme verimi yarım saatte maksimuma ulaşmakta, bir saat sonunda ise minimuma düşmektedir.

Orijinal cevherin çözündürme işleminde ise çökelme olayı meydana gelmemektedir. Çünkü orijinal cevher içerisinde serbest olarak SiO_2 (kuvars) bol miktarda bulunmaktadır. Ön konsantrede ise serbest SiO_2 çok azalmıştır. Fluoritin çözünmeye başlamasıyla çözeltiliye geçen fluorür iyonu orijinal cevherde ilk olarak serbest halde bulunan SiO_2 ye gider (70,71) ve reaksiyona girerek silikat asiti jeli meydana getirir (72).



Silis miktarı fazla olduğundan çözeltilideki tüm fluorür iyonları SiO_2 tarafından harcanır. Böylece toryumu çökeltecek fluorür iyonu ortamda bulunmadığından toryum çökmesi olmamaktadır.

2.3.2 Nitrik Asit İle Yapılan Çözündürme Deneyleri

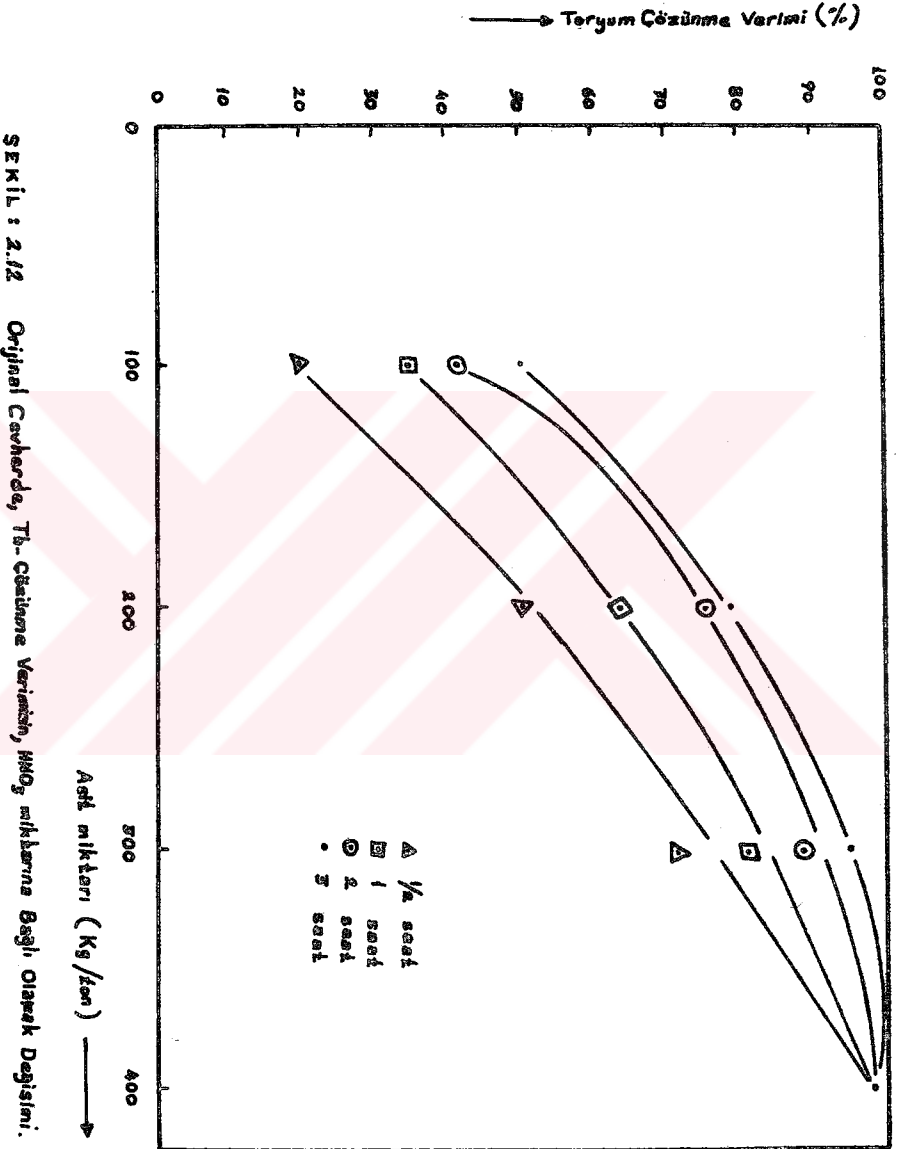
Başlangıçta belirtilen koşullarda, yoğunluğu 1.40 gr./cm^3 olan % 65 lik Nitrik asit ile çözündürme deneyleri yapılmıştır. Çözündürme deneylerinde, önce orijinal cevher çözündürme işlemine tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar ÇİZELGE:2.33 ve 2.34 ile ŞEKİL:2.12 ve 2.13 de gösterilmiştir. Daha sonra toryum ön konsantresi de aynı koşullarda çözündürme işlemine tabi tutulmuş olup sonuçlar ÇİZELGE:2.35 ve 2.36 ile ŞEKİL:2.14, 2.15 de gösterilmiştir.

2.3.2.1 Orjinal Toryum Cevherini Nitrik Asit ile Çözündürme

Diffüzyon katsayısı H_2SO_4 ten daha yüksek olan HNO_3 ile çözüdürmeye tabi tutulan toryum cevherinden toryum çözeltiye % 99 luk bir verimle alınabilmektedir.

ÇİZELGE:2.33 Orjinal Cevherde, Toryum Çözünme Veriminin, HNO_3 Miktarına Bağlı Olarak Değişimi

S Ü R E (saat)	ASİT MİKTARI (Kg/ton)	Ç Ö Z E L T İ		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	pH	
1/2	100	1.00	1.0	20
	200	1.87	0.7	50
	300	2.20	0.4	70
	400	3.35	0.1	99
1	100	1.28	1.1	35
	200	2.12	0.9	64
	300	2.70	0.5	80
	400	3.40	0.2	99
2	100	1.45	1.0	42
	200	2.60	0.8	75
	300	3.10	0.5	89
	400	3.35	0.2	99
	100	1.82	1.1	50
	200	2.80	0.8	79
	300	3.30	0.5	95
	400	3.40	0.2	99

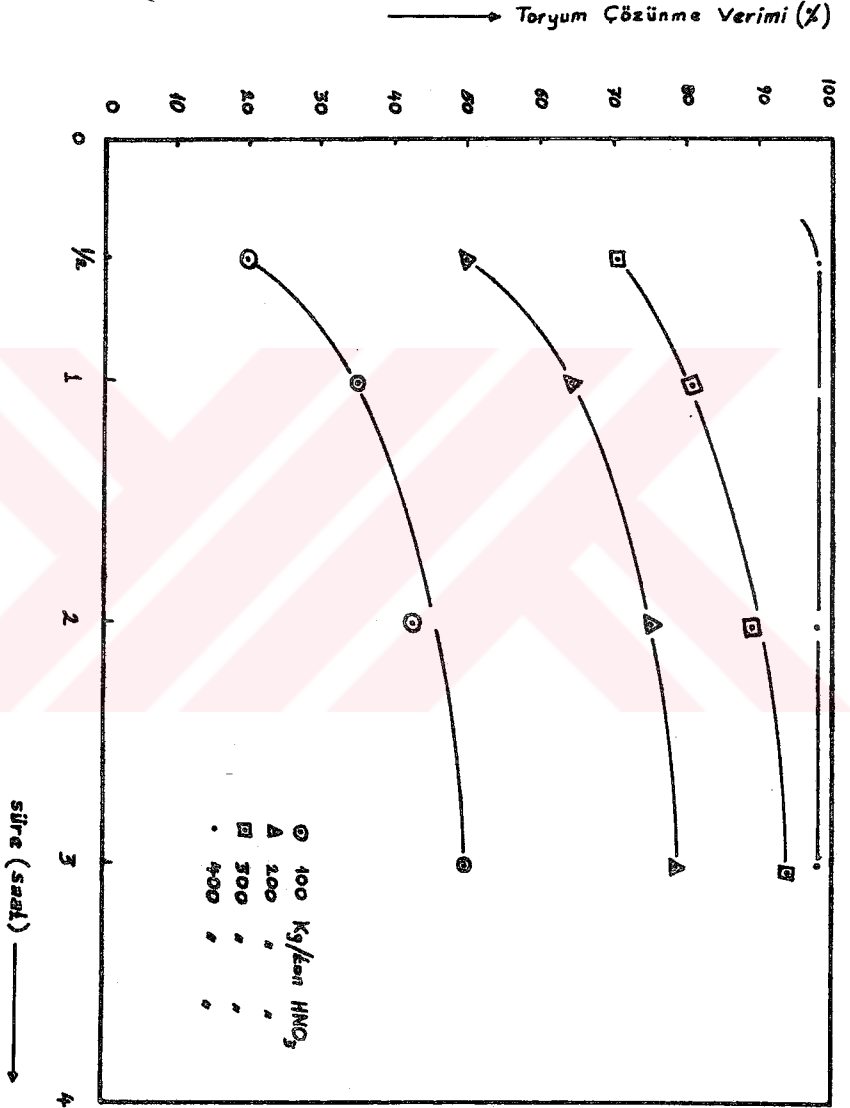


SEKİL : 2.12 Original Cevherde, Tb-Çözünme Verimi'nin, H_2O_2 miktarına Bağlı Olarak Değişimi.

ÇİZELGE: 2.34 Orijinal Cevheri HNO_3 ile Çözündürmede, Th-Çözünme Veriminin, Çözündürme Süresine Bağlı Olarak Değişimi

ASİT MİKTARI (Kg/ton)	S Ü R E (saat)	Ç Ö Z E L T İ		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	pH	
100	1/2	1.00	1.0	20
	1	1.28	1.1	35
	2	1.45	1.1	42
	3	1.82	1.1	50
200	1/2	1.87	0.7	50
	1	2.12	0.9	64
	2	2.60	0.9	75
	3	2.80	0.9	79
300	1/2	2.20	0.4	70
	1	2.70	0.5	80
	2	3.10	0.5	89
	3	3.30	0.6	95
400	1/2	3.35	0.1	99
	1	3.40	0.2	99
	2	3.35	0.2	99
	3	3.40	0.2	99

Yapılan deneyler sonunda görülmüştür ki, nitrik asit (HNO_3) orijinal cevherde, sülfürik asite nazaran daha etkili olmuş, yaklaşık 300 Kg/ton Nitrik asit kullanıldığında iki saat çözündürme süresi sonunda toryumun çözültiye geçiş verimi % 90'a ulaşmıştır. Çözündürme süresini biraz daha artırıncsa bu verimin % 90 nı aştığı görülmüştür. Asit miktarı artınca (400 Kg. HNO_3 / ton) yarım saat gibi kısa bir süre sonunda toryumun tamamı çözültiye geçmektedir.



ŞEKİL: 2.13 Orijinal Çavharde Th-Çözünme Veriminin, Çözündürme Sıcaklığına Bağlı Olarak Değişimi.

2.3.2.2 Toryum Ön Konsantresini Nitrik Asit ile Çözündürme

Nitrik asit ile çözündürmeye tabi tutulan toryum ön konsantresinin deney sonuçları ÇİZELGE:2.35,2.36 ile ŞEKİL:2.14,2.15 de gösterilmiştir.

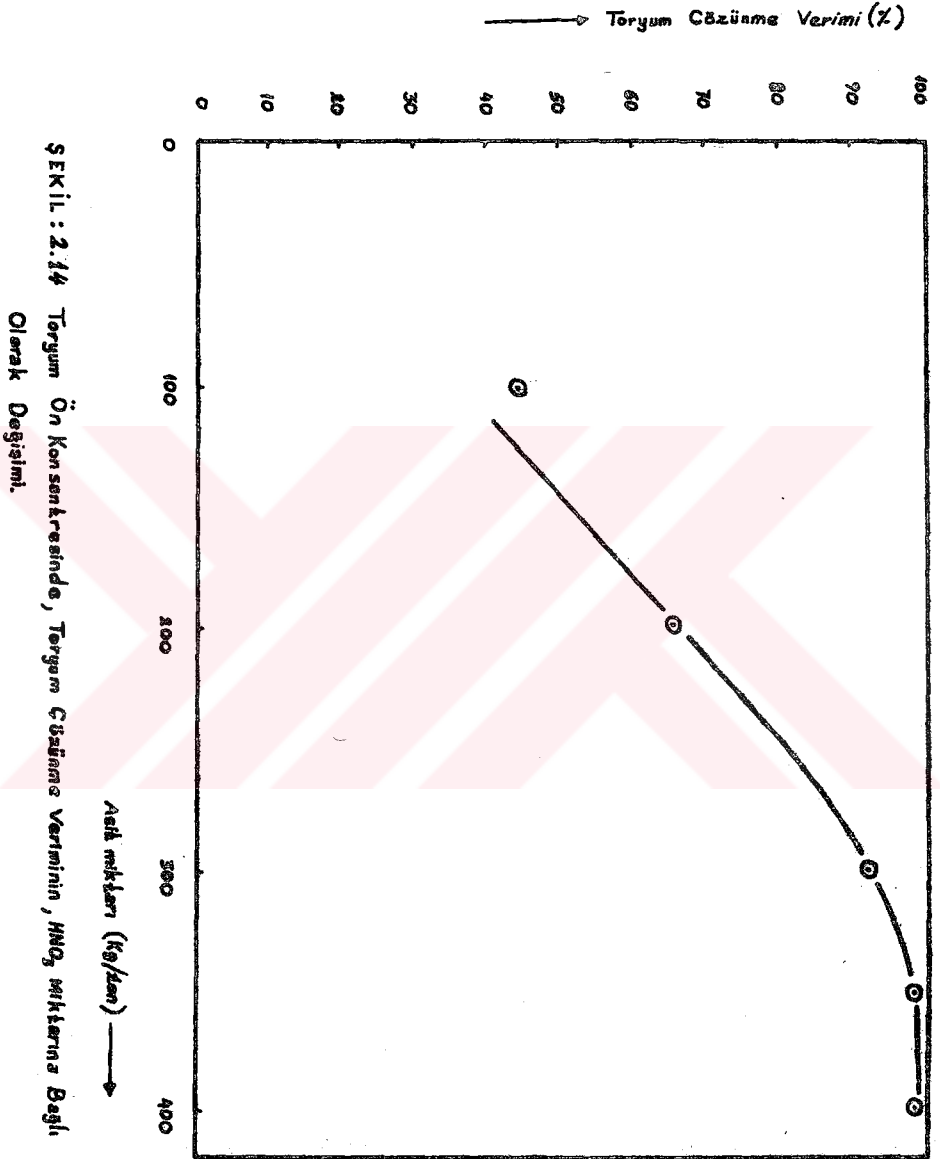
ÇİZELGE:2.35 Toryum Ön Konsantresinde, Toryum Çözünme Veriminin, HNO_3 Miktarına Bağlı Olarak Değişimi

ASİT MİKTARI (Kg/ton)	S Ü R E (saat)	Ç Ö Z E L T E		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	pH	
100	1/2	2.12	0.7	45
200	1/2	3.92	0.6	66
300	1/2	5.10	0.3	92
350	1/2	5.94	0.2	99
400	1/2	5.88	0.1	99

Bu deneyler sonunda yarım saatlik çözündürme süresinde toryumun hemen hepsinin çözeltiye alınabileceği görülmüştür. Ancak bu çözündürme süresini aştığımız taktirde toryum çökelmeye başlamakta ve toryum çözünme verimi bir saat sonunda % 32 ye kadar düşmektedir. Daha öncede izah edildiği gibifluoritin çözünmesiyle çözeltiye geçen fluörürüyonu derhal toryum ile reaksiyona girerek toryum tetra flüorür(ThF_4) halinde çökelmektedir. Bu çökme olayı serbest SiO_2 içeren orijinal cevherin çözündürülmesinde olmamaktadır.

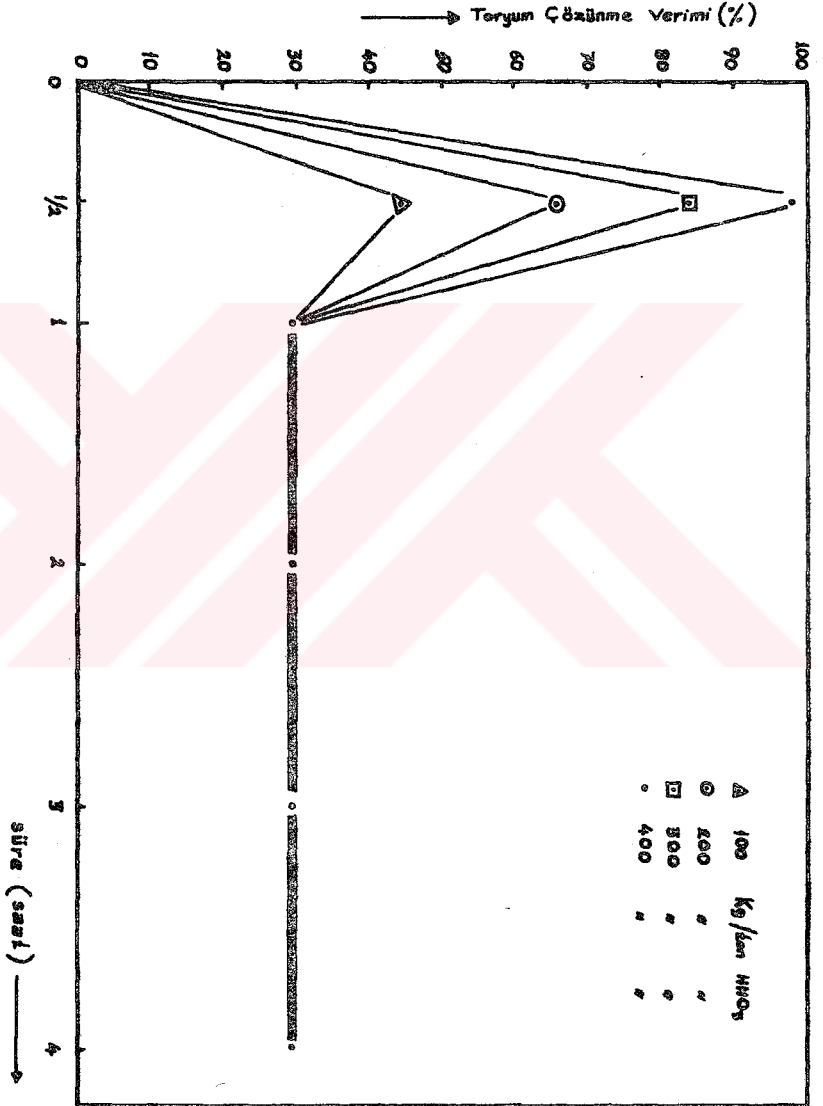
Toryum ön konsantresini çözündürme deneylerinde 300 Kg Nitrik Asit /ton kullanıldığında toryum çözünme verimi yarım saatte % 90 nı aşmaktadır. Orijinal cevherde ise aynı miktar asitle aynı verimi elde etmek için 3 saatlik bir süre gerekmektedir.

Çözündürme deneylerinde, nitrik asit, diffüzyon katsayısı daha yüksek olduğundan ve nitratlı çözeltilerde, sülfatlı çözeltiler-



ÇİZELGE:236 Toryum Ön Konsantresini HNO_3 ile Çözündürmede,Toryum Çözünme Veriminin,Çözündürme Süresine Bağlı Olarak Değişimi

ASİT MİKTARI (Kg/ton)	S Ü R E (saat)	Ç Ö Z E L T İ		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	pH	
100	1/2	2.12	0.7	45
	1	2.02	0.7	30
	2	2.00	0.7	30
	3	1.98	0.8	31
	4	1.98	0.8	28
200	1/2	3.92	0.6	66
	1	2.02	0.6	31
	2	1.94	0.7	32
	3	1.98	0.8	31
	4	1.96	0.8	30
300	1/2	5.10	0.3	92
	1	2.00	0.3	31
	2	1.98	0.3	31
	3	2.04	0.4	31
	4	1.98	0.4	30
350	1/2	5.94	0.2	99
	1	1.99	0.2	32
	2	2.04	0.2	32
	3	2.00	0.3	31
	4	1.98	0.3	30
400	1/2	5.88	0.1	99
	1	2.04	0.1	32
	2	1.98	0.1	32
	3	2.00	0.1	32
	4	2.00	0.1	30



de görülen çökmeler (CaSO_4 gibi) olmadığından (73,74) sülfürik asitten daha etkili olmuştur. Ayrıca süzme ve karıştırma işlemlerinde de güçlükler olmamıştır.

2.3.3 Hidroklorik Asit ile Yapılan Çözündürme Deneyleri

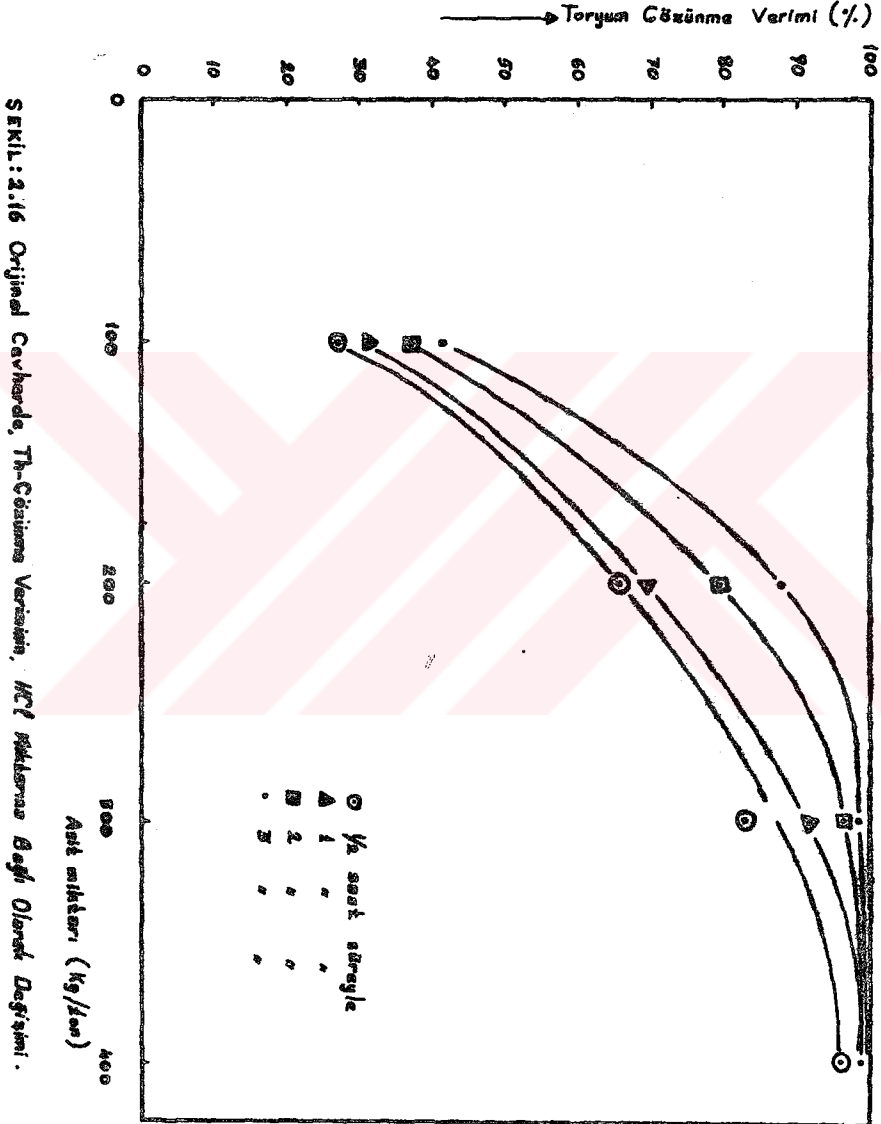
Diffüzyon katsayısı diğer iki asitten daha yüksek olan hidroklorik asit ile de çözündürme deneyleri yapılmıştır. Kullanılan asit, yoğunluğu 1.19 gr/cm^3 olan % 37 lik konsantre Hidroklorik asittir. Çözündürme deneylerinde önce orijinal cevher çözündürme işlemine tabi tutulmuş olup elde edilen sonuçlar ÇİZELGE:237,2.38 ile ŞEKİL:226 ve 2.17'de gösterilmiştir. Sonra toryum ön konsantresi aynı koşullarda çözündürmeye tabi tutulmuş ve sonuçlar ÇİZELGE:239 ve 2.40 ile ŞEKİL: 2.18,229'de verilmiştir.

2.3.3.1 Orijinal Toryum Cevherini Hidroklorik Asit ile Çözündürme

Orijinal cevherin HCl ile çözündürülmesi deneylerinin sonuçları bu cevher için en etkili asitin HCl olabileceğini göstermektedir. Deneylerde 200 Kg / ton hidroklorik asit kullanıldığında, çözündürme süresi iki saatin sonunda, toryum çözünme verimi % 80 'e, bu süreye üç saate çıktığında ise verim % 90 'a ulaşmaktadır. Çözündürme süresi deneyler sırasında daha da arttırılmış ancak verimde kayda değer bir artış olmamıştır. Asit miktarı arttığında ise toryumun gözeltiye geçme verimi artmıştır. Klorürlü ortamlarda çökme olmadığından (74) karıştırma ve süzmede hiçbir zorlukla karşılaşılmamıştır.

ÇİZELGE:237 Orijinal Cevherde,Toryum Çözünme Veriminin,HCl Miktarına Bağlı Olarak Değişimi

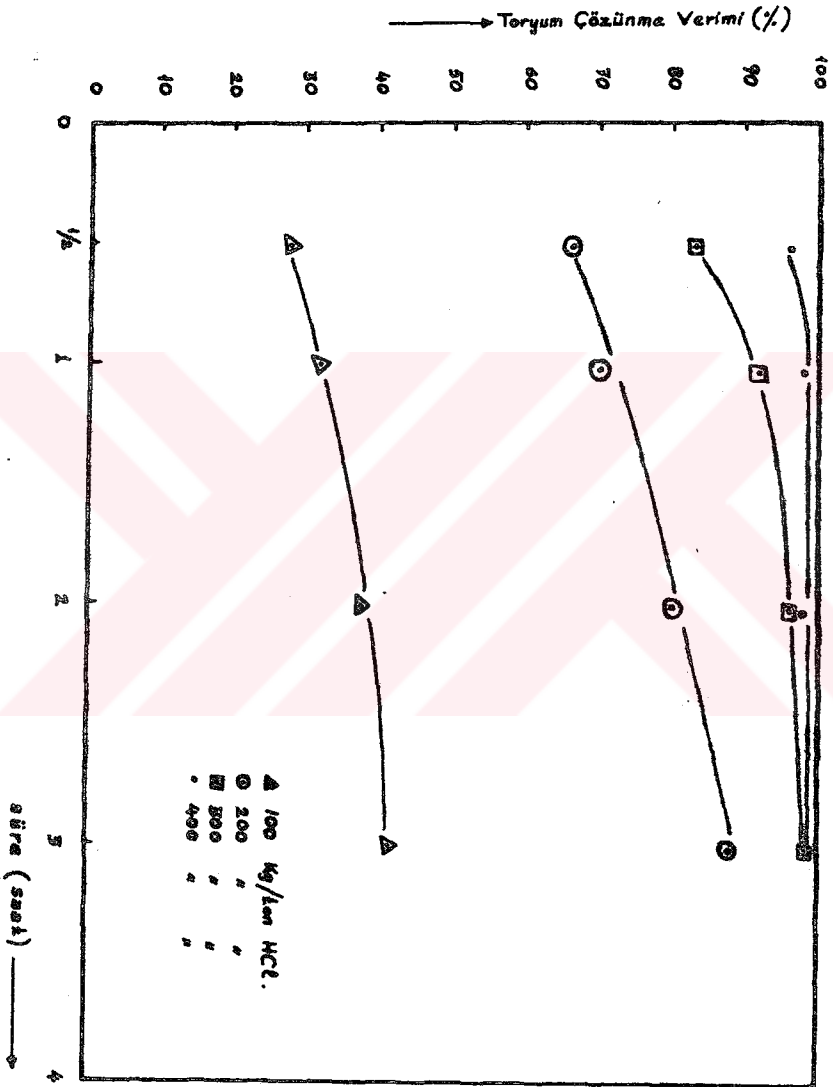
S Ü R E (saat)	ASİT MİKTARI (Kg/ton)	Ç Ö Z E L T İ		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	pH	
1/2	100	1.08	0.35	28
	200	2.70	0.1	66
	300	3.10	0.0	83
	400	3.40	0.0	96
1	100	1.20	0.7	32
	200	2.82	0.1	70
	300	3.20	0.0	92
	400	3.40	0.0	99
2	100	1.40	0.7	38
	200	2.92	0.2	80
	300	3.40	0.0	96
	400	3.52	0.0	99
3	100	1.54	0.7	42
	200	3.10	0.2	88
	300	3.50	0.0	99
	400	3.50	0.0	99



SEKİL: 2.16 Original Carburide, Th-Cözünme Verimleri, HCl Sıktarması Başlı Olarak Değişimi.

ÇİZELGE:238 Orijinal Cevheri,HCl ile Çözündürmede,Toryum Çözünme Veriminin, Çözündürme Süresine Bağlı Olarak Değişimi

ASİT MİKTARI (Kg/ton)	S Ü R E (saat)	Ç Ö Z E L T İ		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	pH	
100	1/2	1.08	0.35	28
	1	1.2	0.7	32
	2	1.40	0.7	38
	3	1.58	0.7	42
200	1/2	2.70	0.1	66
	1	2.82	0.1	70
	2	2.93	0.2	80
	3	3.10	0.2	88
300	1/2	3.10	0.0	83
	1	3.20	0.0	92
	2	3.40	0.0	96
	3	3.50	0.0	99
400	1/2	3.40	0.0	96
	1	3.40	0.0	99
	2	3.52	0.0	99
	3	3.50	0.0	99



Ş E K İ L : 2.17 Orijinal Çevrede, Th-Çözünme Veriminin, Çözündürme Süresine Bağlı Olarak Değişimi.

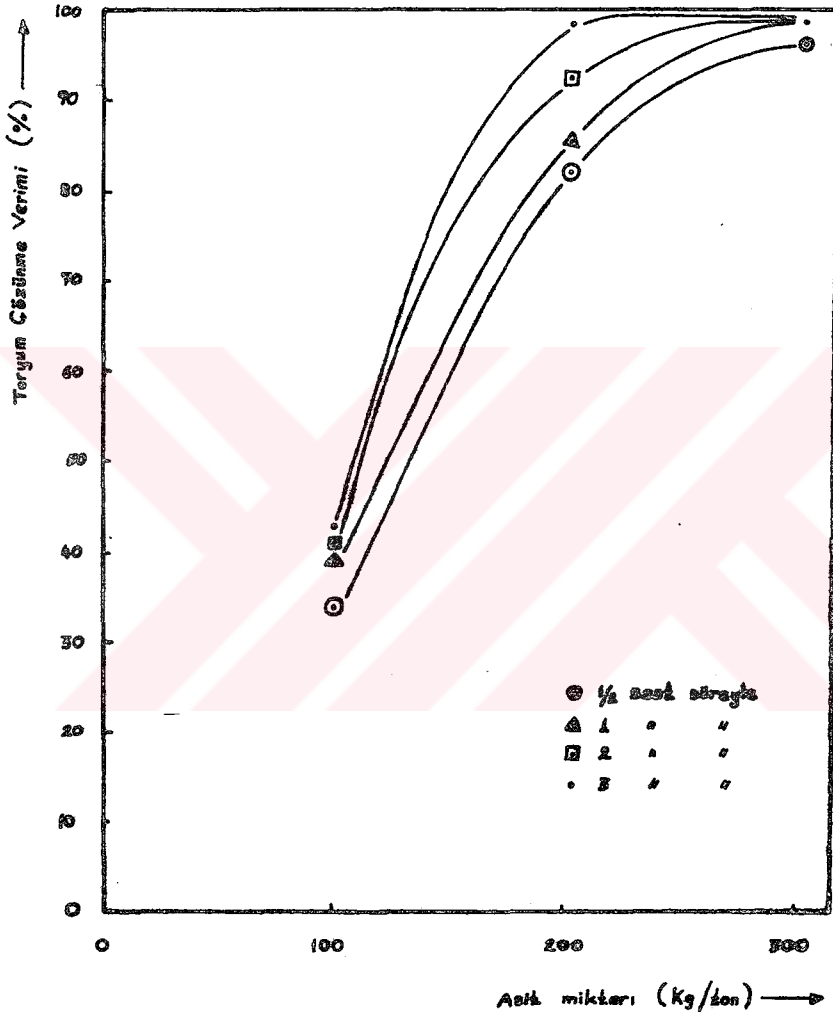
2.3.3.2 Toryum Ön Konsantresini Hidroklorik Asit ile Çözündürme

Hidroklorik asitin, toryum ön konsantresini çözündürmede çok etkili olduğu ve başarılı sonuçlar alındığı ÇİZELGE:2.39 ve 2.40 ile ŞEKİL:2.18ve2.19da görülmektedir.

ÇİZELGE:2.39 Toryum Ön Konsantresinde, Toryum Çözünme Veriminin HCL Miktarına Bağlı Olarak Değişimi

S U R E (saat)	ASİT MİKTARI (Kg/ton)	Ç Ö Z E L T İ		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	pH	
1/2	100	1.88	0.3	34
	200	4.45	0.0	82
	300	5.40	0.0	96
1	100	2.18	0.7	39
	200	4.60	0.0	85
	300	5.60	0.0	99
2	100	2.20	0.7	41
	200	5.16	0.0	92
	300	5.58	0.0	99
3	100	2.24	0.7	42
	200	5.52	0.0	98
	300	5.48	0.0	99

Toryum ön konsantresinin hidroklorik asit ile çözündürülmesi deneylerinde, 200 Kg / ton HCl kullanılarak, toryumun tamamı 3 saatlik çözündürme süresi sonunda gözeltiye alınabilmistir.



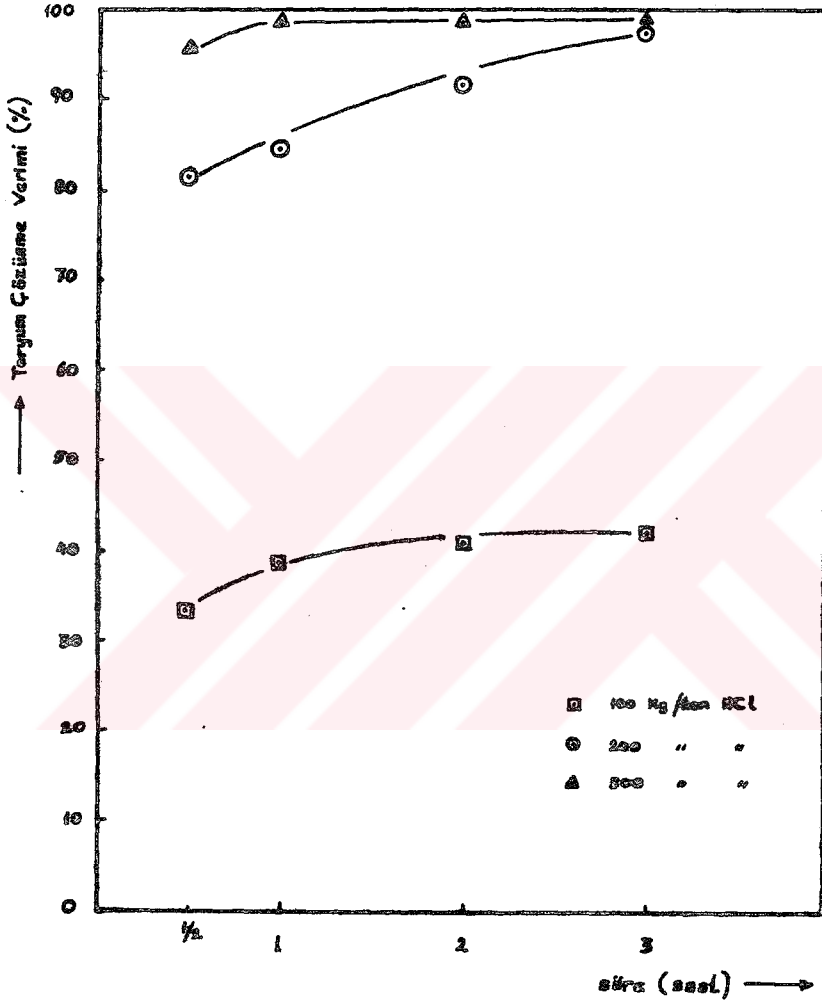
ŞEKİL : 2.18 Tergem Ön Konsantrasyonunda , Tergem Çözünme Veriminin HCl Miktarına Bağlı Olarak Değişimi.

ÇİZELGE:2.40 Toryum Ön Konsantresini, HCl ile Çözündürmede, Toryum Çözünme Veriminin, Çözündürme Süresine Bağlı Olarak Değişimi

ASİT MİKTARI (Kg/ton)	S Ü R E (saat)	Ç Ö Z E L T İ		Th-ÇÖZÜNME VERİMİ %
		Th(mgr/ml)	pH	
100	1/2	1.88	0.3	34
	1	2.18	0.7	39
	2	2.20	0.7	41
	3	2.24	0.7	42
200	1/2	4.45	0.0	82
	1	4.60	0.0	85
	2	5.16	0.0	92
	3	5.52	0.0	98
300	1/2	5.40	0.0	96
	1	5.60	0.0	99
	2	5.58	0.0	99
	3	5.48	0.0	99

Toryum orijinal cevherinde aynı verimi sağlamak için 300 Kg/ton hidroklorik asit kullanmak gerekmektedir. Klorürlü ortamda çökme olmadığından deneyin yapılışı sırasında karıştırma kolay olmuş, süzmede de hiçbir zorlukla karşılaşılmamıştır. Bu faktörler toryum çözünme veriminin artışını sağlamıştır(75,76).

Daha önce anlatılmış olan toryum tetra fluorür çökmesi hidroklorik asit ile yapılan çözündürme denemelerinde görülmemiştir. Diğer iki asit ile yapılan deneylerin aksine olarak çözünme süresi arttıkça toryum çözünme veriminde artmıştır. Çünkü hidroklorik asit numune içinde bulunan floriti (CaF_2) çözememektedir(77,78,79). Böylece çözeltide toryumu çöktürecek fluorüriyonu bulunamadığından çökeltide



ŞEKİL: 2.19 Teryum Ön Konsantrasyonu HCl ile Çözündürmede, Teryum Çözünme Veriminin, Çözündürme Süresine Bağlı Olarak Değişimi.

olmamaktadır.

Eskişehir - Beylikahır orijinal toryum cevherinin ve tambur ile aktarma deneyleri sonunda elde edilen toryum ön konsantresinin çözüldürülmesi için en etkili asitin hidroklorik asit olduğu söylenebilir.

3. SONUÇLAR

Hakkışehir - Beylikahır Toryum Cevherlerinden seçilen numuneler üzerinde yapılan mikroskopik incelemeler, toryum mineralinin çok küçük tanecikler halinde cevher içerisinde dağıldığını ve bu mineralin mikroskop altında görünmesi mümkün olmadığını göstermiştir. Ancak x - ray difraksiyonu metoduyla yapılan çalışma sonunda elde edilen bulguların Bastnaesit mineraline uygunluğu tesbit edilebilmiştir. Ayrıca cevher içerisinde flüorit, Barit, Dolomit, Limonit, Götite, Kuvars, Montmorillonit, Ortoklas ve Pirolusit mineralleri saptanmıştır.

Toryum cevher numunesi içerisinde tesbit edilen mineraller toryum mineralinden daha farklı özelliklere sahip olmalarına rağmen toryumun kolay kırılıp ufalanabilen ve ince taneye geçen kil mineralleri ile birlikte hareket etmesinden dolayı gravimetrik ayırma, manyetik ayırma ve flotasyon yöntemleriyle istenilen özellikte ve verimde bir ön konsantre elde edilemeyeceği anlaşılmıştır.

Orijinal Toryum cevher numunesi üzerinde yapılan aktararak dağıtma ve boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme deneyleri sonunda 0.105 mm. altındaki tane boyutunda tüvenan cevher girişine göre % 41.6 oranında, % 1.2 Th tenörlü ve % 73.1 toryum kazanma verimi ile bir ön konsantre elde edilmiştir. Bu ön konsantre çözündürme deneylerinde kullanılmıştır.

Orijinal toryum cevheri ve elde edilen toryum ön konsantresi sülfürik asit, nitrik asit ve hidroklorik asit ile çözündürme işlemine tabi tutulmuştur. Her üç asitlede toryum % 99 luk bir verimle çözeltiye alınabilmıştır. Ancak toryum ön konsantresi için kullanılan asit miktarları orijinal cevhere nazaran % 30 - 35 oranında daha azdır.

Çözündürme işlemleri sırasında, orijinal cevherde bulunan serbest SiO_2 nedeniyle toryum çökmesi olmazken, toryum ön konsantresinde fazla fazlalığı ve serbest SiO_2 nin çok az oluşu dolayısıyla çözeltiye geçen toryum tekrardan çökmektedir. Bu çökme nedeninin fazla olduğu ve çözündürme süresi yarım saati geçince çökmenin başladığı saptanmıştır.

Çözündürme işlemlerinde kullanılan nitrik asit ve hidroklorik asit gibi kuvvetli ve diffüzyon sabitleri yüksek asitler, katyonlarla çökecek bileşikler vermediklerinden sülfürik asitten daha etkin bir şekilde toryumu çözmekte, aynı verim için asit sarfiyatı sülfürik asitten daha düşük olmaktadır. Ayrıca karıştırma ve süzme işlemlerinde zorluk çıkarmadıklarından toryum çözünme verimini olumlu yönde etkilemişlerdir. Bu iki asitten hidroklorik asit sınıai uygulamalarda daha elverişli gözüktüğünden diğerine nazaran tercih edilebilmektedir.

Toryum ön konsantresi üzerinde hidroklorik asit ile yapılan çözündürme deneylerinde 200 kg/ton hidroklorik asit kullanılarak 3 saatlik çözündürme süresi sonunda % 99 luk bir verimle toryum çözeltiye alınabilmıştır. Orijinal cevherde ise bu verim, aynı çözündürme süresi sonunda 300 kg/ton hidroklorik asit kullanılarak elde edilebilmektedir.

K A Y N A K L A R

- 1 - Energy in a Finite World, International Institute for Applied System Analysis, Executive Report No:4 May, 1981. Austria.
- 2 - Nuclear Energy Digest, Westinghouse Nuclear Centre. 1980
- 3 - GÖKTEPE, G. - ADALIOĞLU, U. - Türkiye İçin Yakıt Çevrimleri ve Nükleer Güç Stratejisi Etüdü. Türkiye'de Nükleer Enerji Planlaması Semineri. 24, Kasım, 1981
- 4 - ÖZDEMİR, Ü. - Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim - Talep Dengesi 1984 - 2000 . T.C AEK Genel Sekreterliği.
- 5 - BİRSEN, N. - Dünya Uranyum Kaynakları, Yeterliliği ve Türkiye'nin Uranyum Potansiyeli. T.C AEK Genel Sekreterliği.
- 6 - AKAR, A. - ÖZMERİH, L. - Eskişehir - Beylikahır Toryum Cevherlerini Zenginleştirme Etüdü. MTA Enstitüsü Tek.Şb.Rapor No:2268,1974
- 7 - GÜLOVALI, M.Ç. - Türkiye Toryum Cevherlerinden Toryum ve Lantanitlerin Özütleme. A.Ü. Fen Fakültesi Kimya Bölümü Doktora Tezi. Nisan 1982.
- 8 - HOGERTON, J.F. - The Atomic Energy Deskbook. Reinhold Publishing Corporation, New York 1963.
- 9 - YEMEL'YANOV, V.S. - YEVSTYUKHIN, A.I - The Metallurgy of Nuclear Fuel. Pergamon Press Ltd. London 1969.
- 10 - GENIE ATOMIQUE Vol. 5 - Bibliotheque des Sciences et Techniques Nucleaires, Presses Universitaires de France (1965) 108. Bd. St. Germain - Paris - VI.

- 11 - HYDE, E.K. - The Radiochemistry of Thorium. NAS-NS:3004 US Atomic Energy Commission. 1960
- 12 - PASCAL, P. - Nouveau Traite de Chimie Minerale. Tome: 9 Masson et Cie, Editeurs. Paris 1963.
- 13 - PRAKASH, B. - KANTAN, S.R - RAO, N.K - Metallurgy of Thorium Production. IAEA Vienna - 1962.
- 14 - CUTHBERT, F.L - Thorium Production Technology. Addison-Wesley Publishing Co. Inc. Mass, USA 1958.
- 15 - AKAR, A. - ÖZMERİH, L. - Toryum. Madencilik Dergisi, Ocak 1974.
- 16 - RAND, M.N - GOLDBECK, O.V - FERRO, R - GIRGIS, K - DRAGOO, A.L - Thorium: Physico-Chemical Properties of Its Compounds and Alloys. IAEA - Special Issue No:5 Vienna - 1975.
- 17 - ALTIN, V. - ENGİNOĞLU, T. - YARMAN, T. - Toryum Nükleer Yakıt Çevirimi ve Türkiye Açısından Değeri. Çağdaş Fizik, Bilimsel ve Mesleki Dergisi. Mayıs 1981.
- 18 - RODRIGUEZ, P - SUNDARAM, C.V - Nuclear and Materials Aspects of The Thorium Fuel Cycle. J.Nucl.Mater. 100(1981) 227-249.
- 19 - HATCHER, S.R - and others. Thorium Cycle in Heavy Water Moderated Pressure Tube(CANDU) Reactors. Atomic Energy of CANADA Limited AECL - 5398 , 1976.
- 20 - CRITOPHE, E - and others - Prospects for Self-Sufficient Equilibrium Thorium Cycles in Candu Reactors. Atomic Energy of Canada Limited AECL - 5501 Chalk River Nuclear Lab. Ontario, March 1976.
- 21 - DORNUTH, K.W - LIDSTONE, R.F - A study of the Running-in period of a Candu - PHW Thorium Converter. Atomic Energy of Canada Ltd. AECL-5391. Pinawa, Manitoba, August-1977.
- 22 - HEINRICH, E. Wm. - Mineralogy and Geology of Radioactive Raw Materials. Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. New York 1958.
- 23 - OECD Nuclear Energy Agency and IEAE - Uranium, Resources, Production and Demand. 1979.
- 24 - FRONDEL, C. - Mineralogy of Thorium. U.S Geological Survey and Harvard University. Geology of Uranium and Thorium, International Conference. 1955.

- 25 - NAKOMAN, E. - Radroaktif Hammeddeler Jeolojisi. MTA Enstitüsü Eğitim Serisi No: 20 1979.
- 26 - DENVER EQUIPMENT COMPANY - Modern Mineral Processing Flowsheet. Colorado-USA.
- 27 - VLASOV, K.A - Mineralogy of Rare Elements.(Geochemistry and Mineralogy of Rare Elements and Genetic Types of Their Deposits) Vol.2 1966. Israel Program for Scientific Trans. Ltd.
- 28 - GÜNALAY, M.E - Eskişehir ili, Sivrihisar ilçesi, Beylikahır Bucağı Teryum Cevheri İşletme Projesi. MTA Enstitüsü - 1970.
- 29 - BLASKETT, K.S. - DUNKIN, H.H - Further Studies in the Behaviour of Monazite and Cassiterite in Re-Dressing Beach Sand Concentrates from Woodburn, N.S.W. Investigations Report No:428. Mining Department, University of Melbourne. 1952
- 30 - BLASKETT, K.S - DUNKIN, H.H - Concentration of Beach Sands from Jerusalem Creek, Near Woodburn, N.S.W. Investigations Report No:495 University of Melbourne.1955
- 31 - BLASKETT, K.S - DUNKIN, H.H - Re-Dressing of Low-grade Monazite Concentrate. Ore dressing Investigations Report No:350 University of Melbourne. 1948
- 32 - BLASKETT, K.S - HUDSON, S.B - Recovery of Monazite Concentrate from Beach Sand from Swansea. N.S.W. Ore Dressing Investigations Report No:515 University of Melbourne. 1955.
- 33 - DUNKIN, H.H - BLASKETT, K.S. - The Concentration of Beach Sands. Investigations Report No:303 University of Melbourne. 1949
- 34 - DUNKIN, H.H - BLASKETT, K.S. - DREWS, F.D - Concentration of Beach Sand from Minnipup, W.A. Ore Dressing Investigations Report No:320 University of Melbourne, 1949
- 35 - DUNKIN, H.H - BLASKETT, K.S - Re-treatment of Low-Grade Monazite Concentrates from Bureau of Mineral Resources. Ore Dressing Investigations Report No:423. University of Melbourne, 1953
- 36 - HUDSON, S.B - Magnetic Separation of Rutile and Ilmenite from Munmorah Lake, N.S.W.Ore Dressing Investigations Report No:511 University of Melbourne, 1955.

- 37 - HUDSON, S.B - BLASKETT, K.S - DUNKIN, H.H - Studies in re-dressing Beach Sand Concentrates from woodburn N.S.W Ore Dressing Investigations Report No:392. University of Melbourne 1950.
- 38 - MERRIT, R.C - The Extractive Metallurgy of Uranium. Colorado School of Mines Research Institute, U.S Atomic Energy Comm. 1971.
- 39 - BENEDICT, M. - PIGFORD, T.M - Nuclear Chemical Engineering. Mc.Graw-Hill Book Company, Inc. 1957 pp. 179-192.
- 40 - BRUCE, F.R - FLETCHER, J.M - HYMAN, H.H - KATZ, J.J - Process Chemistry. Vol. 1. Pergamon Press Ltd. London. 1956 p. 36-39.
- 41 - KAPLAN, G.E - USPENSKAYA, T.A - Investigations on Alkaline Methods for Monazite and Zircon Processing. Proceedings of the International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy. Vol.3 1958.
- 42 - MTA Enstitüsü Rapor No: 8744 Ankara - 1975.
- 43 - UZMEN, R. - İPEKOĞLU, B. - Dosage Radiometrique du Thorium Dans Les Minerais de Turquie. CNAEN- R - 147, 1975.
- 44 - BEYCAN, N. - Ağır sıvılarla Cevher Zenginleştirme. I.Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi. Şubat 1969.
- 45 - HUDSON, S.B - Examination of Beach Sand Samples from near Taree, NSW. Ore Dressing Investigations Report No: 514. University of Melbourne. 1955.
- 46 - HUDSON, S.B. - DUNKIN, H.H - Concentration of Beach Sand Minerals from near point Cowper, King Island, Tasmania. Ore Dressing Investigations Report No: 478. University of Melbourne 1954.
- 47 - HUDSON, S.B - DREWS, F. - Concentration of Beach Sands from Pulmoddai, Ceylon. Ore Dressing Investigations Report No:480 University of Melbourne. 1954.
- 48 - HUDSON, S.B - Treatment of a Beach Sand from Capel, Western Australia. Ore Dressing Investigations Report No:512. University of Melbourne 1955.
- 49 - HUDSON, S.B - DUNKIN, H.H - Concentration of Beach Sand Minerals from Ballina, NSW. Ore Dressing Investigations Report No:526. University of Melbourne. 1957.

- 50 - HUDSON, S.B - DUNKIN, H.H - Treatment of a Gravity Beach Sand Concentrate From Associated Minerals, PTY,LTD. Ore Dressing Investigations Report No:385. University of Melbourne. 1950.
- 51 - HUDSON, S.B - DUNKIN, H.H - Recovery of Zirkon,Rutile and Monazite From Weakly Magnetic Minerals From Mineral Deposits Syndicate, Southport, Queensland. Ore Dressing Investigations Report No:383. University of Melbourne. 1950.
- 52 - TAGGART, A.F - Handbook of Mineral Dressing. John Wiley and Sons Inc. 1954.
- 53 - TAGGART, A.F - Elements of Ore Dressing. J.W. and Sons Inc. 1951.
- 54 - HISELE, J.A - BAUER, D.J - Recovery and Separation of Rare-Earth Elements, Barium and Strontium from Bastnaesite with Sulfuric Acid. Report of Investigations 7990. Remo Metallurgy Research Center, Remo, Nev.
- 55 - CYANAMID of Canada Ltd. - Mining Chemicals Handbook. Mineral Dressing Notes No:26
- 56 - GLENNBOTSCHII, V.A - KLASSEN, V.I - PLAKSIN, I.N - Flotation. Monumment Press. New York 1963
- 57 - GISLER, H.J - Flotation Reagent. Denver Equipment Company, Bulletin No: R1-B3 Colorado USA.
- 58 - GISLER, H.J - Factors Affecting Flotation. Denver Equipment Company, Bulletin No: F 10 - B 60 Colorado USA.
- 59 - LIGHT, D.E - FREITAG, C.A - HUDSON, G.B - NURSES, E.J - Flotation of Radioactive Minerals. The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin for January, 1962 Montreal.
- 60 - THOM, C - GISLER, H.J - Flotation of Non-Metallics. Denver Equipment Company, Bulletin No: F 10 - B 84 Colorado USA.
- 61 - COOPER, A.R - Chemical Processing in The Atomic Energy Industry. Iliffe Books ltd. London 1964
- 62 - KAPLAN, G.E - Metallurgy of Thorium. Proceedings of The International Conference on The Peaceful Uses of Atomic Energy. Vol. 8 1955

- 63 - LERNER, B.J - Process for Recovering Thorium and Rare Earth Values. United States Patent Office, Patent No:3,159,452 1964
- 64 - RITCEY, G.M - Treatment of Radioactive Ores at CANMET. ERP/MSL Report No:77-139 CANMET Canada, 1977
- 65 - SALEH, F.A - FARAG, A.K - Recovery of Uranium, Thorium and Cerium From Egyptian Monazite Sands. Zeitschrift für Anorganische and Allgemeine Chemie. Band 375, 1970
- 66 - Mc CLURE, R.J - A Preliminary Survey of Canadian Thorium Resources and Possible Recovery Processes and Costs. Eldorado Nuclear Ltd. Ontario - Canada, 1975
- 67 - APPLE, R.F - WHITE, J.C - Chemist, Analyst. 49.49 (1960).
- 68 - ROSS, W.J - WHITE, J.C - Anal. Chem. 31 , 1847 (1959).
- 69 - TUĞSAVUL, A - Toryum Standart Referans Örneklerinin Hazırlanması. IAEA Projesi Kontrat No:2807 // RB , 1982
- 70 - BACHER, W - JACOB, E - Uranhexafluorid - Chemie und Technologie eines Grundstoffs des Nuklearen Brennstoff - Kreislaufes. Chemiker Zeitung, 106. Jahrgang (1982) Nr:3
- 71 - FLORENCE, T.M - Proceedings of A Symposium on The Analytical Chemistry of Uranium and Thorium. Paper 5. AAEC/TM 552 August 1970
- 72 - BAYKUT, F - Anorganik Kimya Praktikum. İ.Ü Yayınları No:1563, 1970
- 73 - SKEAFF, J.M - Nitric Acid Leaching of Uranium Ore. ERP / MSL Report No:75-165 CANMET Canada, 1975
- 74 - UZMEN, R - Türkiye Uranyum Cevherlerini Değerlendirme Çalışmalarına Katkı. ÇNAEM - Rapor No:185 , 1978
- 75 - HAQUE, K.E - İPEKOĞLU, B - Hydrochloric Acid Leaching of Agnew Lake Uranium Ore. ERP/MSL Report No:80-107 CANMET , Canada 1980
- 76 - HAQUE, K.E - İPEKOĞLU, B - Hydrochloric Acid Leach of Agnew Lake Uranium Concentrate. ERP/MSL Report No:81-128 CANMET , Canada 1981

- 77 - CHARLOT, G - Les Reactions Chimiques en Solution. Masson et C^{le}
Editeurs 120, Boulevard Saint-Germain, Paris VI, 1969 .
- 78 - MAHAN, B. H - Çevirenler: Prof.Dr. ŞENVAR, C - Dr. ERGÜER, E -
Üniversite Kimyası. Cilt.1 1972
- 79 - PERRY, R.H - CHILTON, C.H - Chemical Engineers Handbook. 5th Ed.
Mc Graw - Hill. 1973



TEŞEKKÜR

Doktora çalışmalarımın yönetimini kabul ederek bana bu tezi hazırlama olanağı sağlayan Sayın Hocam Prof.Dr.Turgut Cengiz BAYRAKTAR'a, çalışmalarım süresince öneri ve tenkitleri ile araştırmalarımın ışık tutan ve her konuda değerli yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç.Dr.Güven ÖNAL'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Ayrıca çalışmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm Maden Fakültesi Cevher Hazırlama Ana Bilim Dalında çalışan tüm elemanlar ile ÇNAES mensuplarına teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZGEÇMİŞ

Bedri İPEKÖĞLU, 1949 yılında Sivas'ın Zara ilçesinde doğmuştur. İlk öğrenimini Samsunda, orta ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladıktan sonra 1967 yılında Ankara Hacettepe Üniversitesi'nin Maden Yüksek Mühendisliği bölümüne girmiş ve 26.Haziran.1973 tarihinde Maden YÜk. Müh. olarak mezun olmuştur. Aynı yıl Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'na bağlı Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezinde araştırmacı olarak işe başlamıştır. 1979 - 1980 yılları arasında "Radyoaktif Cevherlerin Değerlendirilmesi" konusunda Kanada'da 1 yıl eğitim görmüştür. Halen İstanbul da Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezinde uzman olarak çalışmaktadır.

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi