

Dünya Kükürt Yataklarına Toplu Bir Bakış

Muammer ÖCAL *

Bilgin KAYNAR**

Arz kabuğunun yaklaşık olarak % 0.1 ini teşkil eden kükürt, tabiatta serbest halde, sülfür ve sülfat^ mineralleri ile ve hidrokarbonlarla birlikte bulunur.

Dünyanın çeşitli yerlerinde mevcut kükürt yatakları içerisinde en önemlisi Amerika'da Meksika Körfezi kıyısındaki yataklardır. Dünya üretiminin 1/3 ü bu yataklardan elde edilir. 1961 Yılında 24,7 milyon ton ve 1965 yılında 30 milyon ton olan dünya kükürt

üretimi başta A.B.D. olmak üzere Meksika, Rusya (Türkistan), Fransa Kanada, İtalya (Sicilya), Japonya, Şili, Peru, Polonya, Türkiye, Kıbrıs tarafından karşılanmıştır. Dünya kükürt üretiminin 1975 yılında 44 milyon tonu aşacağı ve bu miktarın 32-34 milyon tonunun Batı bloku ülkeleri tarafından karşılanacağı tahmin edilmektedir.

Aşağıdaki cetvel 1950-1965 yılları arasındaki dünya kükürt üretim miktarını göstermektedir.

**Dünya kükürt üretimi (1)
(1000 ton S)**

Yıllar	Kuzey ve Orta Amerika	Batı Avrupa	Diğer ülkeler	Batı bloku Toplam	Doğu bloku Toplam	Genel Toplam
1950	6 457	3 683	1 240	11 380	1641	13 021
1955	8 284	5184	2122	15590	2 815	18 405
1960	9 647	6 291	2 637	18 575	4 951	23 526
1961	10 266	6 596	2 778	19 640	5 066	24 706
1962	10 554	6 813	2 818	20185	5 464	25 649
1963	10 725	6 799	2 818	20 342	5 695	26 037
1964	11717	6995	3 120	21 831	6115	27 946
1965	12 966	7 047	3185	23198	6 429	29 629
1969	13 442	9 285	4 762	27'489	4 762	34 800

Oluşum menşesine göre kükürt elde edilebilen kaynaklar genel olarak aşağıda görüldüğü gibi sınıflandırılabilir :

- 1 — FRASCH metodu ile işlenebilen kükürt yatakları
- 2 — Cevher halindeki kükürt yatakları,
- 3 — Serbest kükürt elde edilebilen gazlı hidrokarbon rezervleri
- 4 — Bağlı kükürt ihtiva eden mineral ya-

1 — Frasch Metodu ,ile İşlenebilen Kükürt Yatakları :

Frasch metodu ile işlenebilen kükürt yatakları kubbe (dome) şeklinde bir kitle arz eder. Bu yataklardaki kükürt iç içe boruların birisinden geçen, 175°C a kadar ısıtılmış su buharı ile yerinde eritilir. Bu eritme yaklaşık olarak 10 metre çapındaki bir sahada

* Maden Y. Müh. Etibank Keçiborlu kükürt işletmesi.

** Maden Y. Müh. Etibank Keçiborlu kükürt işletmesi Müessesesi.

etkili olur. Eritilen kükürt, borunun dış gömleğinden pompa vasıtasıyla yeryüzüne çıkarılır. ABD kükürt üretiminin % 75 inden fazlası; Frasch metodu uygulayan sahalardan elde edilir.

Frasch metodu uygulanabilen kükürt yataklarının bilinen rezervi 135 milyon ton, muhtemel rezervi 275 milyon ton kadardır.

Kükürt ihtiva eden tuz kubbe (salt dome) formasyonları ABD, de Teksas ve Louisiana'nın sahil bölgelerinde ve Meksika körfezinde bulunur.

Sahil bölgelerinde Frasch metodu ile işlenilmeye uygun kükürt ihtiva eden 69 kubbe mevcuttur. -Şimdiye kadar bu kubbelerin 33 ü yarı işletilmiş veya jeolojik şartların güçlüğü nedeniyle terk edilmiştir. Diğer kubbelerin durumları ve rezerv tahminleri aşağıdaki cetvelde verilmiştir :

DUBUMU	ADET	REZERV (Milyon ton)	
		Asgarî	Azamî
1. Halen işletilmekte olan kubbeler	10	92	135
2. İşletmeye yeniden açılacak kubbeler	3-4	1	10
3. Ekonomik olarak işletilmeyen kubbeler	7	—	20
4. Şimdiye kadar ele alınmamış kubbeler	4-6	2	10
TOPLAM	24-27	95	175

Meksika körfezinde ise kükürt ihtiva eden 10-12 tuz kubbesi mevcuttur. Bu kubbelerdeki kükürt rezervi muhtemelen 150-200 milyon ton kadardır.

Bu kubbelerin üretim kapasitesi, sıcak su kapasitesine ve bir ton kükürt elde etmek için gereken sıcak su miktarına bağlıdır. Bir ton kükürt için gereken sıcak su miktarı 700 - 12000 amerikan galonu (2650-45420 litre) arasında değişir ve üst limit ekonomik faktörlere göre tayin edilir.

Dünyada bilinen en büyük kükürtlü kubbe A.B.D.nin Teksas eyaletinin Newgulf bölgesindeki Boling kubbesidir. Şimdiye kadar bu

kubbeden 58,5 milyon ton kükürt çıkarılmıştır. Boling kubbesinde elde edilen sıcak su/kükürt oranı 700 - 3000 Amerikan galonu (2650-11350 litre) olarak gerçekleşmiştir. Bu kubbenin üretim kapasitesi yılda 1,3 milyon tondur ve gelecekte bu kapasitenin 2 milyon ton kükürt üretimine kavuşacağı tahmin edilmektedir.

Meksika'da Frasch metodu ile elde edilebilen ve mineralojik bakımından A.B.D. nin Meksika körfezindeki kükürt kubbelerine benzeyen fakat jeolojik yapı bakımından muntazam kükürt kubbeleri mevcuttur.

Meksika'da kükürt kubbeleri rezerv tahmini (1)

	Milyon ton		
	Adet	Azamî	Asgarî
Halen işletilmekte olan kubbeler	2	30	50
Diğer kubbeler	4	10	20
Diğer kükürt teşekkülleri	—	—	50
TOPLAM	40	120	

1959 Yılındaki verilere göre 16.068.000 ton S olan kükürt üretiminin 5.846.000 tonu (% 36.38 i) frasch metodu ile işlenilebilen kükürt yataklarından elde edilmiştir. 1965 de bu oran % 26,5 olmuştur.

2 — Cevher Halindeki Kükürt Yatakları :

Bu şekildeki yataklar volkanik veya tortul menşeli olabilirler.

a — Volkanik menşeli cevher yatakları :

Sönmüş volkanik kraterlerin içinde veya civarında buhar halinde intişar eden ve kükürt ihtiva eden gazlar çatlakların cidarlarında yoğunlaşarak gözenekli tüf breş gibi kayaların içine nüfuz eder, ve bu şekilde cevherli kükürt yataklarını meydana getirirler. Bu yatakların tenörü zengin olup % 50-80 S arasındadır.

Türkiye'de halen işletilmekte olan Etibank Keçiborlu Kükürt İşletmeleri kükürt yatakları bu sınıfa dahildir. Keçiborlu kükürt cevheri teşekkülü bölgede jurasik devirden ö"

mevcut bulunduğu muhtemel olan ve üçüncü devir başlangıcına kadar içine önce kalkerlerle radyolerli jasperoidlerin ve daha sonra killi kalkerlerin yığıldığı jeosenkinalde olmuştur. Üst tersiyer zamanında tektonik hareketler pek şiddetlenmiş, yarıklar hasıl olmuş ve yarık hastalardan biri boyunca pek büyük bir volkanik faaliyet başlamıştır. Bu suretle magma çıkarak bir kaç kilometre uzunluğunda bir liparit daykı meydana getirmiştir. Bu dayka dik yarıklar da onu zayıflatmış ve yeni bir volkanik harekete sebep olmuştur. Böylece liparit magmasından çıkmaya başlayan fümeroller bu gün Değirmendere, Kumludere ve Kükü*-tdere'nin bulunduğu yerlerde inkişâf etmiştir. Kükürt madenlerinin vücut bulmasına sebep olan bu volkanik hareket, kükürtlü H₂S neşri halinde devam etmektedir (3).

Keçiborlu kükürt cevheri muhtevasında serbest kükürt, pirit ve silis gibi maddeler bulunur. Serbest kükürt oranı yataklara göre ve her yatakta mevzii olarak % 1 S ile % 80 S arasında değişir. Keçiborlu kükürt yataklarının görünür, muhtemel ve mümkün rezervleri toplamı 2,125,000 tondur. Keçiborlu Kükürt İşletmeleri Müessesesinin yıllık kükürt üretimi 1970 de 26.000 ton S olup 1971 programına göre 35.000 ton saf kükürttür.

Japonya'daki kükürt yataklarının çoğu volkanik menşeli olup Kuriles, Nasu ve Kirishima volkanik kuşaklarında toplanmıştır. Japonya'nın bilinen kükürt rezervleri şöyledir :

Görünür	119.0	milyon ton	% 31.4	S tenörlü
Muhtemel	72.0	»	»	% 28.3 S »
Mümkün	29.2	'»	»	% 29.1 S »

Japonya'nın yıllık saf kükürt üretimi 1963 de 221.400 ton, 1964 de 241.200 ton ve 1969 da 224.000 ton olmuştur.

Volkanik menşeli olan Şili kükürt yatakları Şili Andları boyunca 600 mil uzanır ve 3650-4260 metre yükseklikteki sönmüş volkanların krater veya yamaçlarında tezahür ederler. Şili kükürt yataklarının rezervi % 51 S tenörlü 40,7 milyon ton cevherdir. Şili'nin saf kükürt üretimi 1963 de 58.700, 1964 de 50.500 ve 1969 da ise 50.000 ton olmuştur.

Peru kükürt yatakları da Şili'deki yatakların bir devamı olup aynı özelliktedir. Fakat rezerv miktarı azdır. Perunun % 40 - 50 S tenörlü 20 milyon ton kükürt rezervi mevcuttur. Perunun saf kükürt üretimi 1969 yılında 20.000 ton olmuştur.

b — Tortul menşeli cevher yatakları:

Sicilya ve A.B.D. nin Louisiana eyaletinde bulunan kükürt yataklarının, sulardaki organik maddelerin etkisi ile, kükürdün alçı taşından (Ca SO₄. 2 H₂O) ayrışarak tortulaması neticesinde oluştuğu zannedilmektedir.

Sicilyadaki kükürt yataklarının hemen hemen hepsi tortul menşeli olup faylar ihtiva etmekte ve kükürtlü tabakalar dik dalım göstermektedir. Sicilya'da bilinen kükürt rezervi 4,4 milyon ton olup muhtemel ve mümkün rezervler toplamı 14-15 milyon ton kadardır. Sicilya kükürt yataklarının çok derinde olan küçük bir kısmı Frasch metodu ile işlenebilir, fakat diğer yataklar genellikle derinde oldukları için kapalı işletme metodları ile çıkarılmaktadır. Sicilya'da 1954 de işletilmekte olan kükürt madeni ocağı sayısı 183, 1960 da 39 iken 1966 da 17 ye düşmüştür. Sicilya'da kükürt üretimi, son yıllarda, 40.000 50.000 ton arasında değişmektedir.

Polonya'da Vistül nehrinin doğu ve batı yakasında bulunan 8 adet kükürt yatağı kalsiyum karbonat ve killi tabakalar arasında bulunur ve 100 milyon ton % 20-25 S tenörlü rezerve sahiptir. Açık işletme metodları ile işlenen bu yataklardan 1963 de 235.000 ton, 1964 de 280.000 ton, 1966 da 500.000 ton ve 1970 de 750.000 ton kükürt üretilmiştir.

Louisiana'daki frasch metodu ile elde edilebilen kükürt yataklarının ekserisi tortul menşelidir.

3 — Serbest kükürt elde edilebilen gazlı hidrokarbon rezervleri :

a — Petrolde bulunan S :

50.000 milyon ton olarak bilinen ve 2/3 ü Orta Doğuda ve geri kalanı Kuzey Amerika ile Rusya'da bulunan dünya petrol rezervleri

değişen oranlarda kükürt ihtiva ederler. jBu miktarın 400.000.000 ton S olduğu tahmin edilmektedir. Halen dünya ham petrol üretimi yılda 1800 milyon ton civarında olup bunun 20 milyon tonu kükürttür. Bu kükürdün ancak % 5 i bilinen izabe metodları ile kur-tarılmaktadır.

b — Tabii gazda bulunan S :

Tabii gazda bulunan kükürt rezervleri, frasch metodu ile elde edilebilen kükürt ya-taklarının azalması dolayısıyla artan bir önem kazanmaktadır. Tabii gazda bulunan dünya kükürt rezervleri tahminen şöyledir:

	Milyon ton
Fransa	30
Kanada	80
A.B.D.	45
Yakın Doğu	50-250
Rusya	50-200
Diğerleri	1
Toplam	256-616

Tabii gazdan kükürt üretilen en önemli kaynak Fransa'nın Lacq bölgesindedir. Tabii gazdan dünyada üretilen kükürt miktarı 1965 de 3.890.000 ton olmuş ve bunun takriben 1.500.000 tonu Fransada üretilmiştir. 1969 da Fransa'nın tabii gazdan elde ettiği kükürt miktarı 1.860.000 ton olmuştur.

Tabii gazdan ayrıca HBS elde edilmesi ve bu işlem esnasında yan ürün olarak da S el-de edilmesi bu kükürt kaynağının önemini arttırmıştır.

e - Petrol rezervuar kayalarında bulun-an S

Petrol rezervuar kayaçlarının bir çoğun-da kükürt mevcuttur ve bu kükürdün elde edilmesi mümkündür. Halen bu şekilde kü-kürt oldukça küçük çapta ve İsveç'te elde edilmektedir. Athabasca bölgesinde petrol rezervuar kayaçlarındaki kükürt rezervleri toplamı 2.100 milyon tondur. Bu rezervleri işlemek üzere 1967 yılından beri çalışmalar yapılmaktadır.

A.B.D. nin Colorado eyaletinde de bu tip kükürt rezervleri bulunmaktadır fakat henüz rezervleri tesbit edilememiştir.

4 , Bağlı kükürt ihtiva eden mineral ya-takları :

Bu tür yatakların çoğunluğunu demirli ve bakirli pirit yatakları teşkil ederler. Ayrıca pirotit yatakları da kükürt ihtiva ederler. Dünya pirit rezervi şöyledir:

	Milyon ton S
Batı bloku ülkeleri (görünür-f-muhtemel)	800
Doğu bloku ülkeleri	700
Toplam	1500

1964 de Batı bloku ülkelerinde üretilen kükürdün :% 25,9 u pirit yataklarından elde edilmiştir.

Pirit yataklarının bulunduğu başlıca ül-kelerin pirit rezervleri ve üretimleri aşağıda özet halinde verilmektedir.

Kıbrıs:

Bakirli ve demirli pirit zuhurları daha zi-yade adanın kuzey batı, kuzey ve güney do-ğu bölgelerindedir. Yataklar değişik büyük-lükte adeseler halindedir. Kıbrıs piritlerinin kalitesi arsenik yoksunluğundan dolayı önem kazanır. Kıbrıs pirit yataklarının rezervi 20-26 milyon ton kadardır. 1969 yılındaki Kib-risin pirit üretimi 832.000 tondur.

İtalya :

İtalyan piritleri Tuscany eyaletinin Ma-remma bölgesinde toplanmıştır. Bu bölge-den elde edilen pirit İtalya pirit üretiminin % 90 ını teşkil eder. Maremma bölgesindeki pirit yatakları ,% 35 S ihtiva etmekte olup, görünür rezervi 8-10 milyon ton, muhtemel rezervi 5-10 milyon ton ve mümkün rezervi 100 milyon ton civarındadır. İtalya'nın 1969 yılı pirit üretimi 1.475.000 tondur.

Norveç :

Değişik miktarlarda pirotit, kalkopirit, sfa lerit ve bazen de manyetit ihtiva eden ve

% 39-49 S tenörlü Norveç piritlerinin hemen hemen hepsi zenginleştirilmeye tabi tutulur. Kuzey Trondelag eyaletinin Grong bölgesinde bulunan bu pirit yataklarının rezervi 50 milyon ton civarındadır. 1965 yılında 750.000 ton (330.000 ton S) olan Norveç pirit üretimi 1969 da 836.000 tona ulaşmıştır.

İspanya :

Huelva bölgesinde bulunan İspanya pirit yatakları dünyanın en büyük pirit rezervine sahip olan yataklardır. Rezervi 800-1000 milyon ton kadardır. Halen İspanya pirit üretiminin büyük bir kısmı Rio Tinto açık işletmesinden elde edilmektedir. Rio Tinto'nun yıllık üretim kapasitesi 1,5 milyon ton pirittir. İspanyanın 1969 yılı pirit üretimi 2,5 milyon ton olmuştur.

Kanada :

Kanada pirit yatakları daha ziyade göller bölgesinde toplanmış olup geniş rezervlere sahiptir. 1969 yılında Kanada pirit üretimi 323.000 ton olmuştur.

A.B.D.:

A.B.D. Pirit yataklarının en önemlisi Tennessee eyaletindedir. A.B.D. nin pirit üretimi 1964 yılında 861.000 ton ve 1969 da 1 milyon tondur.

Japonya :

Japon adalarının hemen hemen her tarafında pirit yatakları mevcuttur fakat en önemli yataklar Shikoku ve kuzey Honshu bölgelerindedir. 1964 Yılında Japonya pirit rezervleri şöyledir :

Görünür	%38,5 S tenörlü	40,6 milyon ton
Muhtemel	%29,8 S	» 32,7 » »
Mümkün	%26,8 S	» 30,8 » »
Toplam	%32,3S	» 104,1 » »

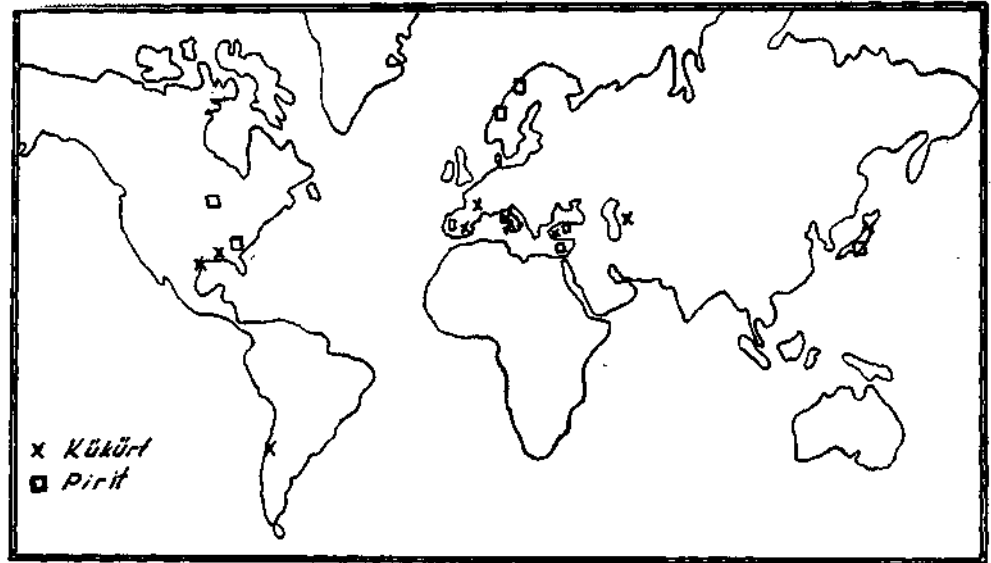
Japonyanın pirit üretimi 1969 yılında 4,9 milyon ton olmuştur.

Türkiye :

Türkiye'de Küre bölgesinde rezervi 100 milyon tonu aşkın olan bakırlı pirit yatakları mevcuttur. Küre'nin yıllık üretimi 1969 da 125.000 ton satılık pirit olmuştur. Memleketimizde ayrıca Ergani'de rezervi 19 milyon ton civarında olan pirit yatakları mevcuttur.

Diğer taraftan Portekiz, B. Almanya, Kuzey Afrika, Avustralya, İsveç ve Yugoslavya'da da pirit yatakları mevcut olup üretim yapmaktadırlar.

Dünya kükürt ve pirit yataklarının dağılımı Şekil 1 de gösterilmiştir :



Şekil:1 Dünyada kükürt ve pirit yataklarının dağılımı.

Dünya pirit üretiminin ülkelere göre dağılımı aşağıdaki cetvelde topluca görülebilir, (ton S olarak).

Yü	Batı Bloku Ülkeleri	Doğu Bloku Ülkeleri	Toplam
1960	5 526 000	3 036 000	8 562 000
1961	5 592 000	2 888 000	8 480 000
1962	5 530 000	3 050 000	8 580 000
1963	5 406 000	3 148 000	8 554 000
1964	5 577 000	3.224 000	8 801 000
1965	5 695 000	3 310 000	9 005 000

Yukarıda genel olarak dört sınıfa ayrılan dünya kükürt yataklarının dışında, kömürden ve izabe bacalarından çıkan SO₂den kükürt üreten kaynaklar da vardır. SO₂den kükürt üreten tek tesis İspanya'dadır.

Bütün bu bilgilere dayanılarak çeşitli kaynaklardan 1964 yılında üretilen kükürt miktarı aşağıdaki cetvelde toplanmıştır.

1964 Yılı Dünya S Üretim Kaynakları (% nisbet olarak)

Elde edilen kaynaklar <	Batı bloku ülkeleri			Dünya			
	Serbest S	Bağlı S	Toplam	Serbest S	Bağlı S	Toplam	
Tabii kükürt (Frasch)	341	1.3	35.4	31.9	1.0	32.9	
Pirit	0.4	25.5	25.9	0.5	31.5	32.0	
Sülfürler	—	10.0	10.0	—	10.5	10.5	
Petrol ve gaz	20.8	0.99	21.7	17.2	0.9	18.1	
Kömür	0.1	0.3	0.4	0.1	0.5	0.6	
Diğer kaynaklar			6.6	—	5.9	5.9	
Toplam	55.4	44.6 %	100.0	49.7	50.3	%100.C	
Milyon ton S	12.1	9.7	21.8	13.4	14.0	27.9	

1964 de 22.200 ton ve 1969 da 25.000 ton S olan Türkiye kükürt üretimi dünya S üretiminin takriben % 0.1 ine yakın bir kısmını teşkil eder.

BİBLİOGRAFİK TANITIM

- 1 — Sulphur Atlas : (1966).
- 2 — Schulze, Konrad : (1968) der Schwefel.
- 3 — Dr. Pils'in Keçiborlu Kükürt Havzası hakkında raporu.
- 4 — World Mining : Haziran, 1970.