

## TİTANYUM MİNERAL YATAKLARI, KAYAÇLARDA TİTANYUM: İÇERİĞİ VE BÖLÜMLENMESİ

**Titanium** mineral deposits, titanium contents and titanium partitioning in rocks

All Haydar GÜLTEKİN İTÜ Maden Fakültesi, Maslak-İSTANBUL

**ÖZ:** Bu makalede, titanyumun kayaçlardaki içeriği, ve dağılımı incelenerek titanyum yatakiarıyla ilişkin bazı yeni verilerin sunulması amaçlanmıştır... Yerkabuğunda, oldukça bol bir element olan ve oksijene karşı kuvvetli bir afiniteye sahip olan titanyumun metal ve alaşımları, günümüz uçak ve uzay endüstrisinde yüksek sıcaklığa karşı dayanaklı yapısal bileşenler<sup>1</sup> olarak kullanılır.

Birincil titanyum yataklarında rutil ve ilmenit gibi ticari nitelikli titanyum mineralleri esas olarak, magmanın kristalizasyon ürünleridir veya metamorfik kayaçlarda yeniden kristallenme sonucu oluşurlar. Magmanın kristallizasyon sürecinde titanyum davranışı, magmanın ilksel titanyum içeriğine, Fe, Si ve Al kimyasal aktivitesine, oksijen basıncına ve kristalizasyon sıcaklığına, bağlıdır.,

Rutil içeren, metamorfik kayaçlar yüksek sıcaklık ve basınç fasyesi kayaçlarıyla ilişkilidir. Anorlozit masifler, ticari, yönden, önemli titanyum kaynakların teşkil ederler.

**ABSTRACT:** This study is aimed to provide some new informations on the titanium content and titanium partitioning in rocks, and titanium deposits. Titanium is most abundant element in the earth's crust and has a strong affinity for oxygen... At the present» titanium metal and alloys are- used in the aerospace Industries as structural components stre.og.ht to high, temperatures.,

In the primary titanium deposits, titanium minerals such as rutile and ilmenite which have trade grade,, form as products of the crystallization of igneous magmas and as recrystallizaouon products in metamorphic rocks. The behavior of titanium In magmatic crystallization is depends on such factors as the initial titanium contents of the magma» the chemical activities-of iron, silicon, and. aluminum» the partial pressure of oxygen, and the temperature of crystallization.

Rutile-bearing metamorphic rocks are generally related to hightemperature and pressure-facies rocks. Anorthosite massifs are economically important sources of titanium minerals.

### GİRİŞ

Yerkabuğunda, bolluk yönüyle- 9. sırada yer alan ve bir yüzyılı aşkın zamandan beri endüstrinin bir çok kolonda kullanılan titanyum, metal halinde düşük yoğunluk, olağan üstü dayanım, ve sertlik özelliği gösterir. Mineral biliminde bilinen 70'in üzerindeki mineraline karşın., ekonomik açıdan, önemli, olanları Ti-oksidlerce sınırlıdır.

Titanyum minerallerinin en önemli birincil yatakları bazik kayaçlar, ikincil yatakları ise kıyı kumlan İçinde yer alır., Dünyanın birçok yerinde, titanyum istihsalinin yapıldığı, ticari, değeri, yüksek ve bulunduğu ülkelerin toplam, maden üretiminde önemli yeri olan yataklar biliniyorsa, da» bugüne- değin. Türkiye'de magmatik kayaçlarla ilişkili

bir titanyum yatağı ortaya koyulamamış, son yıllarda önemli rezervlerin, bulunduğu anlaşılan ikincil yatakların yer aldığı akarsu alüvyonları ile sahil kumları ise yeterli derecede araştırılmamıştır. Araştırmaların, ortaya koyacağı yeni. bulguların ışığında detaylı prospeksiyon çalışmalarının yaygınlaştırılmasıyla ülkemiz ekonomisi için. oldukça önemli olan. yataklarn tespiti» bugüne kadar yapılagelen çalışmaların ışığında, mümkün görünmektedir.

Bu çalışmanın başlıca amacından biri de Türkiye titanyum, potansiyelinin ortaya koyulmasına katkıda bulunmaktadır. Bu. amaçla, kayaç ve minerallerde- titanyum, dağılımı irdelenerek,,, titanyum yatakları sınıflandırılmış ve • tanımlanmıştır.,

## TİTANYUMUN DOĞADA BULUNUŞ ŞEKLİ VE ÖNEMİ

Litofil bir elemanı olan ve oksijen ile diğer bazı elementlere karşı son derecede kuvvetli bir afiniteye sahip olduğundan, doğada metal halinde bulunmayan titanyumun ana cevher minerallerini ilmenit; ve rutil teşkil eder. Titanyum eldesinde kullanılan ancak önemleri 'daha az olan diğer mineraller anatasa, löykoksene ve perovskittir. Saf hale gümüş parlaklığı vcpn^anmaz çelik davranışı sergileyen titanyumun bazı metallerle yaptığı, ala^ıtilen metal endüstrisinde arzulan bazı özellikler verir' ya da kuvvetlendirir. Bu nedenlerle metalurjistlerce yapı malzemelerinin en önemli üç metalinden biri olarak kabul edilir. Tablo 1 de. Lee ve Yao (1970) -tarafından önerilen yer kabuğunun, ortalama titanyum içeriği, farklı kabuk tipleri ve toplam kabuk, içindeki yüzdeleri dikkate alınarak verilmiştir.

Korozyona karşı dirençli oluşu ve beyaz faya. pigmenti olarak ağartıcı özelliği bulunması nedeniyle boya yapımında, kağıt endüstrisinde, vernik, plastik yapımında, kaynak çubuklarının kaplanmasında karbid, seramik,, fiber glas ve kozmetik, sâneyinde yaygınca tüketilen titanyumun bir yapı malzemesi olarak başlıca kullanım alanım uçak ve gemi sanayisi oluşturur. Son yıllarda,, tıbbi araç ve gereç sanayisi de titanyum metalinin yaygın şekilde kullanıldığı bir alan haline gelmiştir. Askeri amaçlı, uçakların motorlarında, ateş duvarlarında, dış .kaplanışlarda, yağ ve yakıt tanklarında, örtü yüzeylerinde, motor bağlantı elemanlarında yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı oluşu nedeniyle kullanılan titanyum metalini, tuzlu suların sebep olduğu aşınmalara, karşı dirençli, olduğundan, dolayı da denizaltı yapımında ve deniz suyundan içme sağlayan tesislerin imalatında kullanılır. ABD tarafından Merkür'e gönderilen uzay araçlarında yüksek, oranda titanyum metalini kullanılmış, Ay yüzeyine indirilen Lunar modelinde titanyum bileşiklerinden büyük, ölçüde faydalanılmıştır.

Kayaç oluşturan silikat mineralleri oksid minerallerle karşılaştıldığında. kayacın titanyum toplamının, büyük bir kısmını verirler. Kristal yapılarında titanyum bulunduran başlıca silikat minerallerini biotit, hornblende ve sfen oluştururken bunlara granat, klorit, muskovit ve titanlı ojit gibi mineraller eşlik eder. En yüksek titanyum oksid değerleri bazik (ancak ultrabazik hariç) ve alkali karakterli kayaçlarda kaydedilmiştir,, Ultrabazik kayaçlarda toplam TiO<sub>2</sub>'nin %90'ını, bazik volkaniklerde yaklaşık yansı, karbonatlıda tamamı, felsik ietrisif kayaçlarda ise %60'ı silikatlardan kaynaklanırken» metamorfik kayaçlarda bu oran değişkenlik gösterir.,

İlmenit» mağmatik kayaçlarda rutil oranla daha yaygındır ve bütün zamanların cevher üretiminde gelenek-

Tablo 1. Yer kabuğunda ortalama titanyum, değerleri. (Lee ve Yao» 1970)

Table I. Average titanium abundance in the earth's crust (From, Lee and Yao 1970).

Kabuk Tipi	Titanyum, içeriği (Ağırlık yüzdesi)-		Toplam kabuk içindeki yüzdesi
	Ti	TiO <sub>2</sub>	
Tüm kabuk	0,64	1,07	100'
Okyanusal kabuk	0,81	1,35	37
Kıtasal kabuk	0,53	0,88	63
Kalkanlar	0,55	0,92	44
Orojenik kuşaklar	0,50	0,83	19

sel titanyum minerali olmuştur. Birincil yataklar için tercih edilen teorik %56-60 TiO<sub>2</sub> kadardır. Rutil yönüyle daha fazla önem arz eden ikincil yatakların tenörü malzemenin, ufulanmış olmasından dolayı %0,5-LO rutil kadar düşer. Bu, nedenle günümüz madencilğinde titanyum minerallerinin yarısından fazlası bu tür yataklardan kazanılmaktadır. Görünen odur ki» önümüzdeki yıllarda plaserler, titanyumun kazanıldığı başlıca kaynakları oluşturmaya devam, edecek,, araştırmaların yoğunlaştığı başlıca, yataklar olacaktır. Gelecekte, dünya titanyum üretimini olumlu, yönde etkileyebilecek ve milyonlarca ton titanyumun kazanılmasını mümkün kılacak diğer bir kaynak yan. iftün madenciligidir.

## MİNERALLERDE TİO<sub>2</sub> DAĞILIMI

Doğada çok sayıda titanyum minerali, bulunmakla birlikte, bunlardan daha yaygın, rastlanılanları Tablo- 2'de topluca verilmiştir,, Titanyum, mineralleri içinde, kimyasal etkilere karşı yüksek dayanıklılık özelliği gösteren başlıca mineral, anatasa ve brukitle TiO<sub>2</sub> polimorfları oluşturan, rutildir. Bu özelliğinden, dolayı rutili her yaşta kayaçlar içinde saptamak mümkündür (Fettjohn, 1941).

Bir diğer yaygın titanyum cevheri olan ilmenit, nutilin aksine düşük kararlılık indeksine sahiptir. Teorik olarak %52.5 TiO<sub>2</sub> içermekle- birlikte kimyasal altcrasyona

Tablo 2. Çeşitli titanyum mineralleri.

Table 2.. Various titanium minerals,,

Mineral	Bileşim.	Mineral.	Bileşim
İlmenit	"	Titanomanyetit	(Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )FeTiO <sub>3</sub>
Rutil	TiO <sub>2</sub>	Fulvit	TiO
Brakit	TiO <sub>2</sub>	Knäpiti	(CaTiCeK)^
Anatas	TiO <sub>2</sub>	Kalkovskii	Fe <sub>3</sub> Ti <sub>3</sub> O <sub>9</sub>
Nigri.n	(Ti,Fe)>2	Doetlerit	TiO <sub>2</sub> .
Sfen (Titanic)	CaTiSiQs	Ansovit	Ti <sub>3</sub> O <sub>5</sub>
Arizcnüç	Fe <sub>2</sub> TiO <sub>5</sub>	Pirophanit	M11Ti <sub>3</sub> O <sub>3</sub>
Perovskit	CaTiO <sub>3</sub>	Uivil	^2X1.04
Geikielit	MgTiO <sub>3</sub>	Baritorit	BaTi(Si <sub>3</sub> O <sub>9</sub> )
Kro'ieretll	(ri,Cr)p2	Heptanic	Na <sub>2</sub> FeTi/Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub> )

• uğradığında çoğunlukla, daha yüksek titanyum içeriği kazanır. İlmenitin yüksek titanyum içeriği alterasyon etkisi sonucu yapısında bulunan demirin uzaklaşması sonucu oluşmaktadır., Bu tür ilmeni! mineralleri löykoksen olarak da adlandırılır, ilmenit ve rutil kadar önemi olan ve çoğunlukla alkali mağmatik kayalarda gözlenen. Perovskit nadir toprak, ve niobyum içeriği nedeniyle teorik içeriği olan %59 TiO<sub>2</sub>'den daha az titanyum oksid değerleri verir.

Kayaçlarda. ve minerallerde titanyumun bölümlenmesiyle ilgili çalışmalar, ekonomik yatakların, saptanmasında, uygun ortamların neler olduğunu ortaya koyma yönüyle önem arzeder. Fe, Ti, V, Cr, Al, Mg ve Mo. için yapılan elementsel analizler veya. oksid minerallerinde sürdürülen iz element çalışmaları ya da mağmatik ve metamorfik kayalarda bazı silikat minerallerinin göreceli oranı titanyum yataklarının saptanmasında önemli katkı sağlar. Tablo 3'de Türkiye'de ki bazı mağmatik ve metamorfik kayalarda. bulunan, minerallerin titanyum içeriğine ilişkin saptanan veriler topluca sunulmuştur. Sınırlı sayıdaki veri. nedeniyle sonuçların kesin olduğu söylenemez, ancak gerek mağmatik kayalarda. gerekse de metamorfik kayalarda silikat minerallerinin, özellikle de biotitin topları kayaç titanyum miktarının önem bir kısmını verdiği kapsamlı bir incelemeyi gerek, kalmadan dikkati çeker.,

Kayaçlarda. yaygınca karşılaşılan titanyumü silikat minerallerinden sfen., ideal yapıda, %41,9 TiO<sub>2</sub> içerirken biotit, kalk~al.ka.lin mağmatik kayalarda %5,9, metamorfik kayalarda %5,0 TiO<sub>2</sub>» homblend mağmatik

kayaçlarda %2/7, metamorfik kayalarda %3,0 TiO<sub>2</sub> kadar titanyum içermektedir. Bu mineraller dışında volkanik ve (veya) alkali kayalarda %9,0 TiO<sub>2</sub> içerebilen titanit ojit ile, bazı metamorfik kayalarda %17,1 kadar TiO<sub>2</sub> içerebilen melanitik anchadit titanyum içerikleriyle karakteristik diğer silikat mineralleridir. Titanyumca fakir silikaüeri, feldspat., muskovit, klorit, serpantin» bazı tür granatlar, dişten., olivin ve epidot gibi mineraller oluşturur. Ortopiroksen ve metamorfik. Minopiroksen benzer bir davranış birliği sergileyerek düşük miktarlarda titanyum değerleri gösterir .ancak metamorfik İdinopiroksen devamlı olarak bir arada bulunduğu ortopiroksene göre 'daha yüksek titanyum içeriğiyle dikkati çeker (Force 1976 b-c).

## TİTANYUM YATAKLARININ SINIFLANDIRILMASI

Uzun zamandan bu. yana titanyum üretiminin, yapılageldiği plaserler bir yana bırakılacak olunursa, ticari değeri olan birincil. Fe-Ti oksid yataklarının tamamı mağmatik orjinlidir. Bununla birlikte, rutilin egemen titanyum minerali olduğu, ekonomik önemleri 'daha az olan metamorfik kayalarla ilişkili yataklara, da rastlanılmaktadır. Titanyum, yataklarını aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür.

### 1. Mağmatik Yataklar:

A- Gabro, anortozit ve siyenit plütonları. içinde uyumsuz yataklar..

Tablo 3. Bazı mağmatik ve metamorfik kayalarda, minerallerin TiO2 içerikleri.

Table 3. Average TiO2 contents of minerals of some igneous and metamorphic rocks.

Kayaç		Referans	Mineral	Minerallerde TiO2 Yüzdesi (Âg, Wsi)	Kayaçta Mineral Yüzdesi (Ag. %'si)	MineralleriE içeriği Titanyum Kayacın Toplam Titanyuma Oranı (%)
Gnays	(0,45)*	Gilltekin (1.990)	Biotit	0,95	10,3	22,0
			Plajiyoklaz	0,06	18,5	2,9
			Muskovit	0,63	7,1	9,9
			Rutil	95,0	0,06	12,7
			Granat	0,53	1,80	2,1
	(0,31)	Evirgen (1979)	Plajiyoklaz	0,04	11,4	U
			Biotit	1,26	12,6	51,2
			Muskovit	0,08	8,1	2,1
			Biotit	1,02	21,93	24,3
			Muskovit	0,80	20,40	17,7
Grana.t-m.ika şist	(0,92)	Gtltekin. (1.990)	Plajiyoklaz	0,06	12,7	0,8
			Granat	0,81	2,6	2,3
			Rutil	95,0	0,3	40,0
			tlmenit	38,0	Eser	Geri Man
			Biotit	0,83	15,4	5,4
			Granat	90,0	3,4	1,31
			Rutil	0,38	2,10	79,41
Şist	(0,90)	Evirgen (1979)	Plajiyoklaz	0,43	10,9	4,60
			Muskovit	0,80	33,7	16,10
Amfibolü	(2,98)	Gültekin (1990)	Horn.bleod	0,10	75,83	20,0
			Plajiyoklaz	88,2	8,72	0,30
			Rutil	0,74	3,10	80-92
			Hornblendi	0,61	59,80	?
			Plajiyoklaz	0,05	23,90	47,0
Meimer	(0,21)	GulteMn(1990)	.Kalsit	0,05	89,54	21,3
			Rutil	?	Eser	Geri Kalan
Gebro	(0,93)	Tankut ve Sayın (1990)	Amfibol	0,31		
			.KMnopiroksefi.	0,05		
Graoit	(0,35)	Bürküt (1966)	Biotit	4,43	4,52	57,0
Giamdiyorit	(0,32)	Bürküt(1966)	Biotit	2,32	5,91	43,0
Diyorit	(0,22)	Bürküt(1966)	Biotit	2,95	4,17	56,0
Pegmatcrid	(0,04)	Bağ (1983)	Plajiyoklaz.	Eser	32,7	

\* Parantez içindeki rakamlar kayacın ortalama. TiO2 içeriğini göstermektedir.

\* (Average TiO2 contents of rocks in parentheses).

- a) Kalıntı sıvı toplanması yatakları.
  - b) Sıvı karışmazlığı sonucu oluşan magma eriyiğinin enjeksiyonu.
  - c) Pnömatolitik. yada Mdrotermalreplasman yatakları.
- B~ Bazik plütonik kayalarda uyumlu yatakları.
- a) Kalıntı magma eriyiği toplanması.,.
  - b) Sıvı karışmazlığı sonucu oluşan yatakları.
  - c) Magmadan kristalleşme sonucu oluşan yatakları.
- 2., Haser Yataktan
- A- Hüviy al plaser yatakları.
  - B- Kıyı plaser yatakları.
- 3- Metamorfik Yatakları
- A- Bölgesel metamorfizma sonucu oluşmuş, yüksek .. dereceli metamorfik kayalarla ilişkili yatakları.
  - B- Palinjenez magmalardan -türeyen yatakları.
  - C- Eski bir yatağın metamorfizmasıyla. oluşan yatakları.
4. Alterasyon Tipi Titanyum Yatakları:
- A-Gabro ve anortozMer üzerinde oluşan yatakları.
  - B- Metamorfik kayalarla ilişkin yatakları.
5. Volcano-Sedimanter Yatakları.,
6. Titanyumun Yan Ürün Olarak: Kazanıldığı Yatakları:
- A- Porfiri bakır yatakları.
  - B- Boksitler ve denizel fosfatlar.
  - C- Çok amaçlı plaserler.

## 1. MAĞMATİK YATAKLAR

### a) Titanyum un mağmatik kayalardaki içeriği:

Bir çok araştırmacının yayınladığı kimyasal analiz sonuçları, bıarada irdelendiğinde., oltrabazik kayaların %0.05, bazik kayaların %L5., nötr kayaların %L3 ve felsik kayaların %0.38 ortalama TiO2 içeriğine sahip oldukları ortaya çıkar. Genel anlamda» bazik ve nötr kayalar, ultrabazik ve asilik olana oranla daha yüksek. TiO2 değerleri içerirken, bir çok kayaç tipi için. alkali karakterde- olanlar, alkali olmayanlara, göre. yüksek titanyum içermeleriyle karakteristiktir. Alkali kayaların yüksek titanyum içeriği, mağmatik kayalarda titanyuma, yönelik sürdürülen prospeksiyonlarda göz önüne alınmasıda yarar' bulunan önemli bir noktadır... Tablo 4'de Force (1976 a)'nın mağmatik kayalarda saptadığı ortalama titanyum içerikleri toplu olarak verilmiş, Tablo 5'de ise Türkiye'de bazı. mağmatik kayaların kimyasal analiz sonuçları dikkate alınarak, belirlenen ortalama TiO2 değerleri sunulmuştur.

Gerek Tablo 4 ve gerekse. Tablo 5'de sunulan veriler

aynı tür kayalar' için birbirleriyle, uyum gösterirler, Yüksek titanyum değerleri veren gabro, bazalt, ve piroksenit türü kayalar aynı zamanda yer kabuğundaki her iki tablodan, kolaylıkla görüleceği gibi alkali kayaların TiO2 miktarı bu tür kayalardan beklenen yüksek titanyum içerikleriyle uyumludur.

### b) Mağmatik titanyum yataklarının oluşumu ve özellikleri:

Mağmatik titanyum yataklarının oluşum şekil ve zamanı jeosenkinal evrimiyle ilişkin ultrabazik magmanın differansiyasyon süreciyle ilintilidir..Gözlemler, en önemli yatakların yüzlerce km<sup>2</sup>Tik alanlara yayılım gösteren anortozitler ile gabrolar içinde bulunduğunu ortaya koyar.. Temel cevherleşme ya bütünüyle limonitten yada çeşitli oranlarda karışmış ilmenit-magnetit topluluğu mineralerden oluşmaktadır.

Fe-Ti yataklarının geç mağmatik evrede-oluşan yatakları oldukları ve oluşumlarında kristalleşme ile ayrılaşmanın, kalıntı ağır metal oksid eriyiklerinin. magma tabanında, toplanmasının ve kalıntı eriyiklerde ağır sülfürlü sıvıların, sıvı. karışmazlığı nedeniyle damlacıklar halinde ayrılarak, toplanmasının çeşitli derecede etkilerinin, bulunduğu, kabul edilir. Yatakların köken sorunu, kristalleşme zamanı ve oluşan Ti-oksit minerallerinin kristal yapısı, iz element içerikleriyle yataklanma şekilleri dikkate alınarak çözülmeye çalışılır... Bu nedenle» başla ilmenit ve magnetit olmak üzere, bunlara eşlik eden diğer bazı oksid. ve silikat minerallerinin iz element içeriklerinin niteliği ve niceliği pek çok. araştırmacının yoğun ilgisini çekmiş, magmanın differansiyasyon o sürecinde gelişen olayları belirlemede başvurulan, temel nokta olmuştur. Yapılan elementsel analizler, esas olarak minerallerdeki katyonik yerdeğişikme mekanizmasını ve koşullarını ortaya koymaya yönelik olup, bu amaçla kayaç ve minerallerin daha çok Fe., Ti, V, Cr> Al, Mg ve- Mh içeriği belirlemeye çalışılmıştır.

Mağmatik titanyum yataklarına yönelik yapılagelen iz element çalışmaları, V, Cr ve Áfun magnetiti, Mg ve Mn'in ise ihneniti tercih ettiğini, magma, kristalizasyonunun ilk evresinde oluşan, magnetitin iz element içeriğinin, daha 'yüksek olduğunu ortaya koyar. .Erken, mağmatik evreyi temsil eden magnetitlerin, Cr ve V içeriği, geç evrede kristalleşenlere oranla daha yüksektir,.. Genel, olarak, mağmatik magnetit metamorfik ve diğer tür magnetitlerle karşılaştırıldığında %25'lere varan oranda, yüksek TiO2 içeriğiyle belirgindir. Magma, .kristalleşmesinin erken evresinde oluşan ilmenit, geç evrede oluşana göre Mg'ça daha zengin, Mn'ça daha. fakir olup, bir arada bulunduğu magnetitten daima. daha. düşük As, ve Ga değerleri

Tablo 4. Bazı mağoiatlık kayalarda ortalama TIO<sub>2</sub> değerleri. (Ağırlık %'si, Force, 1976 a).

Table 4. Average TIO<sub>2</sub> cootenfö of some- igneous rocks (io. Weight percent,, from Force, 1976 a)...

Kayaç Tipi	1		2	
	TiQ <sub>2</sub>	Analiz Sayısı	TiO <sub>2</sub>	Analiz Sayısı
<b>Ultrabazik Kayaçlar</b>	0,20	9	0,07	118
Dunit	0,20	9	0,07	118
Peridotit	0,81	23	0,52	196
Alkali. Peridotit	1,30	12		
Ptoksenit	0,53	46	0,83	294
Alkali Piroksenit	3,31	21		
Hornblendit	2,86	15		
Kimberlit	1,43	14	2,17	4,21
<b>Bazik Kayaçlar</b>				
Toleitik Bazalt	2,03	137		
Olivinli Toleit	1,65	28		
Normal Alkali Bazalt	2,63	96		
Kitasal Bazalt			1,50	445
Jeosenldioal Bazalt			1,67	360
Okyanussal Bazalt			2,67	148 *
Gabro	1,32	160	1,13	762
Norit	0,89	39		
Alkali Gabro	2,86	42		
Aoortosl	0,32	17		
<b>Nötr Kayaçlar</b>				
Diorit	1,50	50	1,00	678
Andezit	1,31	49	0,83	866
Toleitik Andezit	2,60	26		
Alkali Andezit	2,84	37		
<b>Âsidik Kayaçlar</b>				
Tonalit	0,62	58	0,77	426
Dasit	0,64	50	0,57	480
Graodiorit	0,57	137	0,62	523
Riyodasit	0,66	115		
Adamelit	0,56	121		
Granit	0,37	72	0,33	1967
Riyolit	0,22	22	0,33	138
<b>Alkali Kayaçlar</b>				
Siyenit	0,83	18	0,68	426
Trakit	0,66	24	0,67	292
Monzonit	1,12	46		
Ladt	1,18	42		
Nefelinli Siyenit	0,66	80 '	0,50	584
Fonolit	0,59	47	0,40	245

içermektedir. Diğer yandan kristalizasyonun ilerlemesiyle birlikte kayaçta Ni/Co oranında azalma» Mn/Fe<sup>2+</sup>, Ga/Fe<sup>3+</sup>; Zn/Fe<sup>2+</sup> oranında artma ve V/Fe<sup>3+</sup> Cr içeriğinde azalma meydana gelir. Bu ve benzeri diğer değerler magmanın katılma, sürecinde titanyum minerallerinin kristalleşme işlevinin belirlenmesine önemli katkılar sağlayan birer ipuçlarıdır. (Duchesne, 1972). Lister (1966),» Fe-Ti oksid mineral yataklarının oluşumunu kontrol eden. ma, faktörleri şu şekilde ifade eder:

1) Magma eriyiğinin kimyasal bileşimi, özellikle Fe<sup>2+</sup> içeriği ve Fe/Ti oranı.

2) Ortamın oksijen fugasitesi.

3) Süs aMvitesi.

4)- Kristalleşmeden sonraki, soğuma zamanı.,

Mağmatik. yataklarda titanyum cevher mineralleri., ana kayaç içinde- erken mağmatik evrede katılmış silikatlarla reaksiyon fanları oluşturan, serpinti taneler halindedir veya silikatlardan oluşan bir katman üzerinde zenginleşmiş, zonlar oluştururlar. Bu yapılanmalar esas olarak, kayacın kristalleşme şekliyle ilişkilidir. Doğal olarak, kayaç katılma hızının yüksek olması kalıntı magma eriyiği içindeki Fe-Ti oksidlerin toplanma, ve zenginleşme olanağı bulamadan kayaç içinde serpinti halinde .kristalleşmesine yol açar.,. Ancak kayaç. katılma hızı kristalleşen oksid minerallerinin tabanda toplanmalarına uygun ise» çoğunlukla uyum yataklanma veren zengin cevherleşmeler oluşur. Diğer yandan orojenik kuşakların bazik, karakterli, intrüzyonlarında gözlenen yüksek, oksijen fugasitesi. bu, kristalleşmeyi kolaşır ve kristalleşen oksid minerallerinin miktarını denetleyen bir.rol üstlenir.

Fe-Ti yataklarında, Fe-Ti oksid. mineralleri iki farklı katı eriyik serisinin üyeleridir. Bu seriler magnetit-ulvöspinel (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-FeTiO<sub>3</sub>) ve hematit-ilmenit serileri (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeTiO<sub>3</sub>) olup, magnetit-ulvöspinel serisi mineralleri» yaklaşık 600°C sıcaklığın üzerinde, spinel yapıda, hematit-ilmenit serisi mineralleri, ise 950°Cnin üzerinde rombohedral yapıda tam bir katı eriyik verirler. FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> üçlü sistemleri üzerinde sürdürülen güncel çalışmalar, oksidasyon-eksölasyon sonucu magnetit-ulvöspinel serilerinde hematit-ilmenit serilerine geçişin mümkün olduğu ve birarada oluşmuş olan spinel ve rombohedral fazın bileşiminin sıcaklığın ve oksijen fugasitesinin bir fonksiyonu olduğunu ortaya koyar. Yüksek sıcaklık», düşük oksijen fugasitesi yüksek titanyum içeriğine sahip spinel fazın, düşük sıcaklık ve düşük oksijen fugasitesi ise düşük titanyum içerikli fazların oluşmasını sağlar (Buddington and Lindsley, 1964).

Titanyum, yataklarının oluşumunda magmanın differansiyasyon süreci, oksid minerallerinin kristallenmesini

ve titanyum içeriğini denetlemede önemli bir rol üstlenir. Bazı yataklarda differansiyasyonun başlangıcında, kristalleşme ile birlikte ilk olarak hemo-ilmenitin, daha sonra magnetitin olduğu ve birlikte differansiyasyonun ilk evresini temsil eden. Titanyumca fakir bir homojen magnetit+hemo-ilmenit birliğinin olduğu belirlenmiştir (Duchesne,, 1972). Ancak,, kristalizasyon ilerledikçe bu birlik yerini» titanyumca zengin magnetit+homojen ilmenit birliğine bırakır. Böylece, erken magmasal evreden geç magma;sal evreye doğru belirgin bir titanyum, artışının meydana geldiği anlaşılmaktadır. Ancak differansiyasyon sürecinde, Fe-Ti oksid minerallerinin birbirleriyle kontakta olmalarıyla gelişebilen bazı doğal reaksiyonların neden olduğu kimyasal değişimleri bu olaydan ayrı tutmak gerekir,. Diğer yandan» mağmatik evrenin sonlarına doğru minerallerin içindeki çatlaklarda veya, aralarında kapanlanarak varlığını korumuş olan H<sub>2</sub>O ve H<sub>2</sub> gibi uçucuların sebep olduğu, dörterik yapılanma sıvı ve oksidler arasındaki, reaksiyonel ilişkilerin hızlanmasına ve yeni fazların oluşmasına yol açar. Dörterik yapılanma, ulvöspinellerin oksidasyonu ile düşük sıcaklığı temsil eden\* yeni mineral birliklerinin, oluşmasını sağlar- ancak, sıcaklığın, daha da azalmasıyla difüzyon olayları tamamen durduğundan dörterik yapılanmada, sona erer.

Buraya kadar değinilmiş olan veriler- dikkate alındığında», Fe-Ti oksit minerallerinin kristalleşmesini, genel bir yaklaşımla, iki. farklı şekilde açıklamalı mümkündür. Birinci durumda, belirli fiziko-kimyasal koşullar altında ağır melal oksid. minerallerini oluşturmaya uygun, yüksek oksijen fugasitesi, ile Fe, Ti içeriğine sahip toleyitik bir magma, titanyum mineral yataklarını oluşturur. Bu tür bir magmada .kristalleşmeyle ayrılan oksit minerallerinin,, gravite etkisiyle magma tabanında birikmesi sonucu, çoğunlukla yalancı tabakalı (uyumlu) cevherleşmeler meydana gelmektedir. Titanyum oksid minerallerinin oluşmasını sağlayan ikinci faktör, silikat ve ağır metal oksid ile sülfürlü magma, haznesinden, kaynaklanan., Fe ve Ti yanında F<sub>2</sub> da, zenginleşmiş karışmaz sıvıların, varlığıdır. Bazı ilmenit ve titanomagnetit-apatit cevherleşmeleri oluşumu bu yolla açıklanmaya çalışılmaktadır« Ancak gerek, toleyitik, bir magmadan gravite etkisiyle, gerekse karışma sıvılarından. itibaren gelişen cevherleşmelerin oluşum süreci bütünüyle magmanın geç kristalleşme evresine- denk •düşer.

c) Anortozik masiflere bağlı titanyum yatakları

Anortozik masifler, dünyanın, en önemli, birinci titanyum kaynaklarını oluştururlar. Pek çok anortozik türü

Tablo 5.. Türkiye'de bazı mağmatik kayacđann ortalama TiO2 değerleri

5., Average TiO2 contents of some igneous, rocks from Turkey.

Kayaç Tipi	TiO <sub>2</sub>	Analiz Sayısı	Referanslar
<b>Ultrabazik Kayaçlar</b>			
<b>Dunit</b>	0,03	12	Özkoçak (1969), Örgün (1992)
Peridotit	<b>0.11</b>	35	Ketin (1983), Çapan. (1981), Örgün (1992)
<b>Harzburjıt</b>	0,01:2	11	Özkoçak (1969), Örgün (1992)
Pirokseni t	<b>0.14</b>	21	Özkoçak (1969), Örgün (1992)
<b>Bazik Kayaçlar</b>			
Gabro	<b>0.89</b>	43	Ketin (1983), Ayan (1959), Özkoçak (1969), Çoğulu (1975), Tankut ve Sayın (1990), Önen ve Unan. (1988).
Olivinli Gabro	0.50		Ketin (1983).
Toleyitik Bazalt	0.85	13	Çoban (1988), Tokel (1977)...
Alkali Bazalt	1.65	55	Ketin. (1983), Özpeker (1973), Eroin ve diğ., (1985)
Kalkalkali Bazalt	<b>0.92</b>	8	Battım (1978). Gedik ve diğ. (1985)
<b>Dolerit</b>	<b>1.32</b>	27	Gültekin (1990), Ketin. (1983), Çapan (1981), Özkoçak (1969)
<b>Nötr Kayaçlar</b>			
Diyorit	0.43	7	Biirküt (1966), Aydın (1974). Çoğulu (1975)
.Andezit	Ö..77	87	Ercan ve diğ., (1985,1990), Çoban (1988), Batanı (1978), Innocenü ve diğ. (1.975), Lambert ve diğ. (1974), Candan (1988), . Kibiei (1990).
Kalkalkali Traki-Andezit	0,69	19	Ketin (1983), Ercan ve diğ. (198,5,1990)
<b>Asidik Kayaçlar</b>			
Graeodiyorit	Ö:46	163	Biirküt (1966), Aykol (1979), Solmaz (1983), fzdar (1968), Özkoçak (1969), Örgün. (1992), Ayan. (1959), Çoğulu (1975).
Kuvarsdiyorit	0.47	13	Bürküt (1966), Çoğulu (1975)
Granit	0.42	108	Yılmaz (19:84), Aydın (1.974), <b>Tanyolu</b> (1979), Uz (1973), Dağ (1988), Boztuğ ve Yılmaz (1983)
Kuvars Monzonit.	0.13	15	Bürküt (1966), Çoğulu (1975)
Adamellit	0,10	2	Yılmaz (1.984)
Dasit	0.49	20	Ercan ve diğ. (1990), Lambert, ve <b>diğ.</b> (1977), Gedikoğlu ve diğ. (1985), Baş ve diğ. (1976), Ketin (1983), Innocent! veaiğ. (1976)
Kalkalkali Riyodasit	0.43	28	Ercan ve diğ. (198.5), Ketin (1983), Ercan. (1.990), .Lambert ve diğ. (1974),.
Kalkalkali Riyolit	<b>0.25</b>	35	Baş ve diğ. (1968), Savaşcın (1974), Pişkin (1979), Balım (1978), Innocenti ve diğ, (1975), Ercan (1978,1984,1990),
<b>Alkali Kayaçlar</b>			
Siyenit	033	33	Solmaz (1983), Aydın (1974), Baykan (1988),.
Trakit	0.45	18	Pişkin (1979), Özpeker (1973), Özgenç (1982).
Alkali Trakit	<b>1.18</b>	1	Özpeker (1973)
Alkali Trakit-Andezit	1.91	4	Özpeker (1973)
Monzonit	0.64	8	Aydın. (1974)
Latit	<b>0.77</b>	6	Gedik ve diğ. (1985)
Alkali Laıit	<b>1.39</b>	2	Özpeker (1973)



inde andezin-anortozit masifler, diğelerine oranla hem daha yaygındırlar, hem de daha zengin titanyum, cevherleşmeleri içermeleriyle belirgindirler. Kimyasal bileşimleri dikkate alındığında anortozit masiflere bağlı iki farklı titanyum yatak tipi ayırtdedir (Herz., 1976 a):

1) Alkali özellik göstermeyen anortozit. masiflere ilişkin gabrolar içinde yer alan. ilmenit yatakları.

2) Alkali andezin-anortozitler içinde bulunan ilmenit ve rutil yatakları.

Ultrabazik ve bazik komplekslerden, gravite etkisiyle ayrılmış, bütünüyle kalsik veya nötr plajiyoklazlardan meydana gelen anortozitler, masif ya da stratiform olmak üzere iki, ana gruba ayrılır. Ancak bugüne değin yapılmış olan çalışmalar mağmatik titanyum yataklarının büyük bir çoğunlukla, masif tip anortozitlere bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, Amerika Birleşik Devletlerinde Adirondack. (New York) anortozitine bağlı ilmenit yatakları Virginia'daki Roselant anortozitine bağlı rutil yatakları ve dünyanın en büyük ilmenit yatağı olarak kabul edilen Kanada'nın Quebec eyaletindeki Allard Lake anortozitine bağlı Lac. Tio yatağı bu grubun en önemli yatakları arasındadır. Diğer yanda,, Norveç'te Egersund-Sogndal anortozitine bağlı ilmenit yatakları, Ukrayna'daki ilmenit. yatakları bu tür yataklara verilebilecek diğer örnekleri oluştururlar. Anortozitlerde,, ana titanyum oksid minerallerini başta ilmenit ve rutil olmak üzere bu mineraller kadar yaygın gözlenen ilmeno-magnetit (Magnetit içinde ince taneli ilmenit), ilmeno-hematit (hematit içinde ilmenit)» hemo-ilmenit (ilmenit içinde hematit iç büyümeleri) titano-magnetit (elementsel titanyum içeren magnetit) ve ulvöspinal türü mineraller oluşturur. Cevher tamamıyla anortozit magması içinde kristalleşmiş ya da yan kayaç içinde uygun alanlara yerleşmiştir.

Titanyumü anortozitler içerdikleri plajiyoklaz ve oksid mineralleri türüne göre. de iki farklı gruba ayrılırlar (Herz, 1976a):

1) Labradorit-anortozit. masifler: Bu tip anortozitler  $^{68-4,5}$  plajiyoklaz oranları ve titano-magnetit, ilmenit, magnetit içerilderiyle belirgindir.

2) Andezin-anortozit masifler:  $^{45,25}$  oranında plajiyoklaz ve hematit-ilmenit içerirler,. Ortopiroksen/plajiyoklaz oranı diğer gruptan daha fazladır, "Adirondack tipi" olarak adlandırılan bu kayalar aralarında Roseland, Pluma Hidalgo ve St Urbain gibi yatakların da bulunduğu dünyanın en önemli titanyum, cevherleşmelerini içerirler. Kimyasal bileşimlerinde  $\%3-4$  oranında  $K_2O$  bulunması nedeniyle alkali tip\* anortozitler olarak da adlandırılan bu kayaçlar tekdüze olmayan bir mineral, bileşimi ve ilmenite

çelik, eden rutil içerikleriyle belirgin bir ayrıcalık gösterirler. Yaygın masifler oluşturmaları nedeniyle petrografik, mineralojik ve kimyasal yönden pek ayrıntılı incelemelere sahne olan andezin-anortozitler, çoğunlukla üst amfibolit yada granolit fasiyesi kayaçlarının egemen olduğu, metamorfik sahalarda, şarnokitik kayaçlarla ilişkili, oluşumlar sergilerler., Ancak, bazı sahalarda anortozitleri çevreler yapıda gözlenmiş olmalarına rağmen, şarnokitik kayaçlarla. olan olası ilişki tam olarak açıklığa kavuşturulmuş değildir. Labradorit-anortozitlerden perüitik feldspat, içermeleri ve ortopiroksen oranının feldspat ve sulu mafik minerallerden olan fazlalığıyla bileşimsel bir farklılık gösteren andezin-anortozitler hem stratiform hem de diğer tür masif anortozitlerden daha yüksek titanyum içeriğine sahiptirler,. Anortozitleri hedef olan. titanyum prospeksiyonlan stratiform (Labradorit) tipi anortozitlerin ekonomik titanyum yataklarını içermeleri yönüyle fakir olduklarını, buna karşın, ekonomik yatakların hemen daima andezin-anortozitlerle ilişkili, olduğunu, ortaya koymaktadır.

Şarnokitik birliği üyesi kayaçlarla. birlikte norit ve gabro türü kayaçlar ve bazı metamorfik. kayaçlarla olan bir aradalığı, bunlara, ek olarak, masiflerin yayıldığı sahalardaki, negatif Bouger anomalisi titanyum prospeksiyonunun en dikkati çeken yönüdür., Bununla birlikte, Adirondack, Allard Lake ve Roseland masiflerinde belirgin şekilde gözlenen. metamorfizma anortozitlere bağlı, titanyum yataklarının kökenin açığa çıkarmada, tam. bir görüş birliğine ulaşılmasını engellemiştir» Bu yataklar için yaygın kabul gören oluşum modeli cevherleşmenin mağmatik orjinli olduğu., daha sonraki bir evrede metamorfizmada farklı oranlarda etkilendiği şeklindedir (Force, 1976 c; Herz, 1976 a).

#### d) Alkali **kayaçlara bağlı** titanyum yatakları

Alkali kayaçlara bağlı önemli . titanyum cevherleşmelerine, Arkansas'da Magnet. Cove, Rusya'da Kola yarımadası, Brezilya'da Tapira» Minas Gerais, Kolorado'da Iron. Hill ve Idaho'da Lemhi County'de rastlanılır (Force, 1976 a-c; Herz, 1976 b).

Pekçok .alkali özellikli kayaç yerkabuğunun ortalama içeriğinden, daha fazla titanyum değeri içerir,. Bu türün, en büyük cevherleşmesi» Brezilya'nın Tapira bölgesinde yer alan. karbonatit kompleksine bağlı ve titanyum içeriği birkaç on milyon tonu bulan yataklardır. Titanyum konusundaki çalışmalarıyla tanınmış olan Force (1976 a-b-e) alkali kayaçların titanyum içeriğinin ortalama.  $\% 1.4-3.3$  .arasında olduğunu, ileri sürer,. Nitekim, Türkiye'de bazı mağmatik kayaçlarda sürdürülmüş olan. çalışmaların sonuçları, bir arada irdelendiğinde benzer

sonuçlara ulaşılmış, alkali, kayaçların yüksek titanyum içeriklerine sahip oldukları saptanmıştır' (Tablo 5)'.  
Alkali komplekslerin kristalizasyon sürecinde, Ti-oksit minerallerinin pek çoğu geç. kristallenir. Magma da belirli sıcaklık ve basınç koşulları altında Fe., Ti ve Fe zenginleşen ve avı karışmazlığı gösteren eriyikler, alkali kayaçlara bağlı Fe-Ti oksit mineralleriyle apatit içeren bazı daykılarla ilişkili cevherleşmelerde sorumludur. Magnetit, ilmenit ve apatitçe zenginleşen bu tür eriyikler, çoğunlukla yüksek Na değerleri kazanır ve diyoritik bir bileşim sergiler. Diyoritik bileşimli bu tür mağmalar, kuvvetli bir differansiyasyona uğradıklarında titanyumca zengin, esas olarak nütlin egemen olduğu., ancak, ilmenitin de görüldüğü yatakların oluşmasını sağlarlar.

Damar tipi yataklanma. yada. di&semine ^cevherleşme veren alkali kayaç toplulukları genellikle nefelinli siyenitler, karbon.ati.tler, trakit ve fonatitler, fenit türü feldspatik kayaçlar ile feldspat içenniyen ljoft türü kayaçlardan oluşur. 'Örneğin, rutilin baskın olduğu sfen, magoetit brukit ve perovskitln de- görüldüğü Arkansas'daki Magnet. Cove, alkali, kompleksi bir çember daykın çekirdeğine ijolik ve .karbonatitlerle başlayarak 'dışa do.ğru trakit ve fonolitle devam eda.' ve en dışta nefelinli siyenitti sona. erer. Kompleks İçinde yer alan feldspat-karbonat, feldspat, kuvars-feldspat ve fluorit bileşimli 'damarlar tipik nütlin cevherleşmeleri içerirler..

Damar tipi yataklanma. yada. di&semine ^cevherleşme veren alkali kayaç toplulukları genellikle nefelinli siyenitler, karbon.ati.tler, trakit ve fonatitler, fenit türü feldspatik kayaçlar ile feldspat içenniyen ljoft türü kayaçlardan oluşur. 'Örneğin, rutilin baskın olduğu sfen, magoetit brukit ve perovskitln de- görüldüğü Arkansas'daki Magnet. Cove, alkali, kompleksi bir çember daykın çekirdeğine ijolik ve .karbonatitlerle başlayarak 'dışa do.ğru trakit ve fonolitle devam eda.' ve en dışta nefelinli siyenitti sona. erer. Kompleks İçinde yer alan feldspat-karbonat, feldspat, kuvars-feldspat ve fluorit bileşimli 'damarlar tipik nütlin cevherleşmeleri içerirler..

## 2. PLASEM YATAKLAR

Mağmatik yataklar kadar önemli olan plaser zenginleşmeler, özellikle rutil açısından dünyanın en önemli yatak tiplerini oluştururlar, Ticari değeri olan tüm plaserler ya. bütününüyle rutil» yada rutille birlikte ilmenit üretiminin, yapıldığı kaynaklardır.

Sedimanter kayaçların TİO<sub>2</sub> değerleri Force (1976) ayının verileri dikkate alınarak. Tablo 6'da topluca sunulmuştur. Buna göre şeyller en yüksek, kireçtaşları ise en düşük TİO<sub>2</sub> değerlerine sahip kayaçlar olup, ilksel malzemeleri plaser oluşturmaya yatkın olan kumtaşlarıun titanyum miktarı çoğunlukla yüksek, değerler gösterir.

Plaser titanyum yatakları çoğunlukla kıyı ve fluviyal oluşumlar halinde, <daha seyrek, olarak ta, alüvyal plaseden şeklinde gözlenir. Ancak, kıyı plaserlerinin önemi diğer tür oluşumlara göre daha. fazladır.

Kıyı yataklar çoğunlukla, onlarca metre kalınlık, ve birkaç on kil.ometre uzunluğunda mercek, örtü, veya. tabaka. şekilli yapılar gösterir,.. Cevherli seviyeler, "birbiri, ardınca yataklaemiş 'kıyıya paralel şeritler' halinde veya korunmuş, fosil oluşumlar ile taraçalar şeklindedir. Zaman zaman deniz seviyesinin altında olanlarına, da rastlanmıştır. Büyük yataklar çoğunlukla, fosil ve teras plaserlerinin.

yeniden işlendiği, dalga hareketi ile kıyı .akıntılarının etkili olduğu sahillerde oluşur. Kıyı plaser yataklarda, yüksek boylanma özelliği kazanmış ağır ve- hafif mineral tanelerinden oluşan kırıntılarının taşınma ve yer değiştirmesi, esas olarak, deniz tabaniyla temas halinde gerçekleşir. Taşınma, eşdeğerliliği olarak. \*da tanımlanan bu hareket mekanizması kumlardaki eş boyutlu sedimanların çökelimini sağlayan, başlıca faktördür (Best, and Bratshaw, 1985; Reid and Hrostick, 1985; Tourtelot, 1986).

Tablo 6. Bazı sedimanter kayaçların ortalama TİO<sub>2</sub> içerikleri (Force, 1976 a).

Table 6, Average TIO<sup>^</sup> contents of some sedimentary rocks (From Force, 1976 a).

Kayaç Tipi	1		2		3	
	TiO <sub>2</sub>	Analiz Sayısı	TiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Analiz Sayısı	Analiz Sayısı
Kumtaşları	0,25	253	0,25	0,52	211	
Ortokuarsit	0,20	26	-	-	-	
Litik arenit	0,30	20	-	-	-	
Grovak	0,60	61	-	-	-	
Arkoz	0,30	32	-	-	-	
Silttaşı	0,59	235	-	-	-	
Şeyl	0,65	78	0,77	0,63	252	
Kireçtaşı	-	-	0,07	0,20	364	

Kıyı titanyum yatakları, Avustralya'nın doğu ve batı kıyılarında Birleşik Devletler'de Florida kıyılarında, Yeni Zelanda, Hindistan kıyılan ile Brezilya. Kıyılarında oldukça geniş bir alana yayılmış» büyük rezervler hainde bulunurlar. Ayrıca» Mısır'ın kuzey kıyılarında, Mozambik'te, Madagaskar'ın, kuzey kıyılarında ve •ilklenjizde doğu Karadeniz sahil kumlarında magnetitle birlikte ilmenitin yer aldığı plaserler bulunmaktadır; tmenlue birlikte magnetlin izlendiği 'kumlar koyu renkten dolayı "siyah kumlar" olarak adlandırılır ve çoğunlukla ince tanelenmiş, ve 100 meşin altında tane çapları içeren titanyum minerallerince zenginleşmişlerdir. Kıyı ilmenit yataklarının belirgin bir özelliği ilmenitin. atmosferik ayrışma sonucu löykoksene dönüşmesidir. Büyük çoğunlukla Tersiyer yaşlıdır. Bu tür oluşumlar en iyi bir şekilde Florida kıyı kumlarında görülmektedir.

Alüvyal plaser yataklar, Avustralya'nın, doğu ve batı kıyısında, bulunan, kıyı plaserler işletilene kadar,, dünyanın başlıca rutil kaynakları olarak. İşletilmiştir. Bu yataklarda

»

rutil farklı renk ve boyutlu, çoğu zaman birincil kayaçtaki kristal şeklini koruyan taneler halinde gözlenir. Çok ince boyutta İğnerasi ve saç kılı şekiller gösteren rutil, kıyı plasederden farklı olarak, zaman zaman 5-6 cm'yi bulan kristallenmiş taneler şeklindedir. Esas olarak rutil için işletilen fluviyal yataklar, Virginia'daki plaserler için pek rahatlıkla, söylenebileceği gibi, bazen önemli iimenit derişinden içerirler (Minard ve Others» 1976), Titanyum mineralleri çoğunlukla iri-orta taneli kum, ile çakıllı sedimanlar içinde, farklı kalınlık, gösteren zengin seviyeler ya da serpinti taneler halinde izlenir. Fluviyal. titanyum derişinden en. iyi bir şekilde,» kaynaktan itibaren 10 km'lik bir uzaklıktan, sonra ortaya çıkar., İşletilme tenörleri, **rutil** için ortalamı&%;LÖ dolayındadır, En büyük alüvyal rutil plaserleri. Sierra. Leone, Tbg ve Virginia (A,B,D) de bulunurken, özellikle son yıllarda yapılan bazı çalışmalar ülkemizde de bu Kirdeki yatakların önemli bir potansiyel oluşturduğunu ortaya koymuştur (Gültekin, 1991 c, 1992; Dickson» 1986; Göncü,1986).

Titanyum plaserlerinin önemli iki farklı yönüne değinmekte- fayda vardır., Birincisi, bu plaserlerin,, özellikle de fluviyal rutil oluşumlarının metamorfik masiflerle olan ilişkileridir. Bir çok yalak için metamorfüder, piaser rutil derişimlerine kaynaklık yapan, ve bo yönleriyle dikkate alınmaları gereken kayaçlardır. Şüphesiz ki. bu konu bir prospektör için önemli olacaktır. İkincisi rutilin bir yan ürün olarak bulunduğu pek çok plaserde, oldukça düşük tenörlerin, ekonomik olarak işletilmesidir. Bunun en güzel. örneği; Avustralya'nın doğu ve batı kıyılarında yer alan plaserlerde görülmektedir. Günümüzde bu yataklar esas olarak zirkon için işletilmekle birlikte %0,5 rutil içeriğine rağmen, yan ürün olarak, rutilin üretimine de olanak tanıyan dünyanın, başlıca rutil kaynaktır (Force 1976-a-b-c).

### 3. METAMORFİK YATAKLAR.

#### a) Metamorfik kayaların titanyum içeriği:

Dünyada bazı tür metamorfik kayaçların genel ortalama TiO<sub>2</sub> içerikleri Tablo 7'de, bunlarla karşılaştırma, amacıyla, Türkiye'de çeşitli araştıncıların analiz sonuçları dikkate alınarak tespit, edilen metamorfik. kayaçların ortalama TiO<sub>2</sub> içerikleri. Tablo 8'de sunulmuştur.

Şist. ve gnayslara bağlı yatakların en iyi. bilineni, ilksel kayalarını sedimanter, volkanik ve intrusiflerin oluşturduğu kabul edilen Meksika'daki Pluma Hidalgo yatağıdır, ancak, bu yatak, pek çok araştıncı tarafından, esas olarak mağmatik. orjinli kabul, edilir (Force. 1976 c; Hertz, 1976 a; Klemic ve diğerleri, 1976). Dünyanın bir çok ' yerinde metamorfitlerden elde edilen bulgular' yeşil şistlerin titanyum içeriğinin %5'in üzerine nadiren

çıktığını göstermiştir. Sedimanter orjinli şist ve gnaysların titanyum içeriği, diğer türlerine oranla daha düşük değerler gösterir. Benzer şekilde, kumtaşlarının metamorfizmasıyla oluşan kuvarsitlerin titanyum içeriği çoğunlukla %L0 TiO<sub>2</sub> değerinin altındadır.

Tablo 7., Bazı metamorfik. kayaçlarda ortalama TiO<sub>2</sub> içeriği (Ağırlık %'si, Force, 1976 a).

Table 7. Average TiO<sub>2</sub> contents of some Metamorphic rocks (in weight percents, from Force., 1976 a).

Kayaç Tipi	TiO <sub>2</sub>	Analiz Sayısı.
Amfibolü	1.37	370
Gnays	0.58	410
Şist	0.60	538
Yeşilşist	1.64	13
Kuvarsit	0.23	7
Serpantini!	0.015	91
Glokofan Şist	0.78	5
Eklojit	1.27	16

Jeokimyası titanyum çevrimi, gerek metamorfik kayaçların. titanyum İçeriğini kontrol etmede gerekse de blumlardan türeyen plaserlere olan katkısı yönüyle- önem arz eder. Yüzeysel koşullarda farklı türdeki. kayaçların atmosferik, ayrışmasıyla başlıyan titanyum çevrimi serbestleşen, kırıntılı malzemenin sedimantasyon havzasına taşınması, yığılması ve gömülmesiyle devam eder., Millet gömülen malzemenin yüksek sıcaklık ve basınç koşulları altında başkalaşım geçirmeye başlaması çevrimin son ve en önemli, halkasını teşkil eder. İlerleyen, metamorfizmayla birlikte, yeni. şartlar altında duraysız olan. titanyum içerikli bazı silikat minerallerinin, kayaç kimyasal bileşim ve oksijen basıncına bağlı olarak Ti-oksit minerallerine dönüşmesiyle çevrim tamamlanmış olur., Burda, metamorfizma süresince titanyumun davranışını ve titanyum, oksit minerallerinin oluşumuna denetleyen faktörlerin neler olduğunu yinelenmeyecek, yalnızca bu konudaki referansların sunulmasıyla yeünilecektir (Gjelsvik, 1957; Shannon ve Park., 1964; Buddington ve Lindsley 1964; Schuiling ve Vink 1967, Kwak 1968, Dachüle ve diğerleri 1968; Jamieson ve Olinger 1969; Force 1976 a-b, Marsh ve Sheridan 1976; Blake ve Morgan 1976, Goldsmith ve Force 1978; Gütekin 1986 b, 1992).

**Tablo 8.** Türkiye'de bazı metamorfik kayaların ortalama TiO<sub>2</sub> içerikleri

Table 8. Average TiO<sub>2</sub> contents of some metamorphic rocks from Turkey.

Kayaç Tipi	TiO <sub>2</sub>	Analiz Sayısı	Referans
Gnays	0,60	127	Bürküt (1977), Nuhoglu (1988), Genç (1990), Gültekin (1990).
Ortognays	0,91	22	Biiikit (1977)
Paraguays	0,90	43	Bürküt (1977), Gültekin (1990), ;
İnce taneli			
Gnays	0,49	41	Solmaz (1983), Nuhoglu (1988), Dağ (1988), Güfekin (1990), Candan (1988).
Şist	0,58	143	Solmaz (1983), Dağ (1988), Nuhoglu (1988), Candan (1988), Gültekin (1990),.
Kuarsit	0,09	67	Solmaz (1983), Gültekin (1990),
.Amfibolü	1,55	27	Aydın (1974), Evirgen (1979), Dağ (1988), Gültekin (1990).
Migmatit	0,86	6	Dağ (1988),.
Glokofan			
Şist	1,30	4	Eren (1979),.
Mermer	0,,	10	19 Solmaz (1983), Gültekin (1990).
Serpantinit	0,08	23	Arda (1972), Candan (1988).
EMojit	1,46	5	Eren (1979).

Metamorfik kayalara bağlı titanyum yatakları içinde, Urallarda eklojifler içinde bulunan %4.5 rutil içerikli Shubinsk yatağı, dünyada bu türde işletilmiş bir kaç yataktan biridir. Ancak azda olsa, diğer metamorfik kayalara bağlı ve zaman zaman madencilik faaliyetlerine sahne olunmuş bazı titanyum yataklarına rastlanılmıştır. Bunlara Orta, Urallarda ortalama %1.5 rutil içerikli Kuznechikha yatağı iyi bir örnek oluşturur (Smirnov ve diğerleri., 1983),. Metamorfik kayalardan, başta mavi şist ve ilişkili yüksek basınç, fasiyesi kayaların olmak üzere.

üst amfibolit ve daha yüksek derecede metamorfizmaya uğramış kayalar rutil açısından en umutlu olanlarıdır. Şüphesiz ki bu raslantı değildir, bütünüyle yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında rutil ve ilmenitin davranışı ile ilişkilidir.

Metamorfik kayalarda rutil detritik karakterli olabileceği gibi doğrudan metamorfik orijinli de olabilir. Detritik karakterli rutil, yeşil şist fasiyesi kayalarıyla sınırlıdır. Türkiye'de Menderes Masifi metamorfik kayalarında, biotit-granat şişler içinde bu tür rutilere rastlanılmış,, ancak ilerleyen metamorfizmayla birlikte disten-granat şist ve gnayslar içinde metamorfik orijinli rutil belirlenmiştir (Gültekin, 1990,1992).

Yüksek dereceli metamorfizma koşullarının temsil eden, kayalar örneğin; gnayslar, amfibolüer, mavi şistler ve eklojitle rutil içermeye daha yatkındır,.. Dünyanın bir çok yerinde gnayslara yönelik sürdürülen çalışmalar<sup>1</sup> bu kayaların bazı koşullarda %5-6'lara varan oranda yüksek rutil içeriğine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bugün için,, yüksek maliyet nedeniyle rutil işletmeciliğinin yapılamadığı bu tür kayalar, gelecekte ekonomik faktörlere bağlı olarak, önem kazanacak birer potansiyel kaynak olarak, kabul edilirler.,

#### b) Gnayslara, bağlı, rutil oluşumları:

Rutil içeren gnayslar büyük çoğunlukla Prekambriyen yaşlıdır ve rutil içerikleriyle mineralojik bileşimleri arasında belirgin bir ilişki yansıtırlar. Titanyumca, zenginleşmiş olanlar<sup>1</sup> esas olarak dişten ya da sillimat içeren türdedir., Rutil çoğunlukla 0.1-0.5 mm'lik tane boyutlu ve özşekilli, yarı özşekilli dissémine taneler' halindedir. Ancak, zaman, zaman, mercer veya tabaka, şekilli yataklanmalarda görülür,.. Örneğin; Colorada Front Range gnayslarında, kalınlığı, 15 cm-30 m. arasında olan, ve %2Ö-3Ö arasında, sillimanit içeriğiyle birlikte topaz kuvars, biotit, apatit, zirkon ve muskovit gibi minerallerde içeren mercer, şekilli yataklanmalar saptanmıştır. Rutil içeriği %5"lere kadar yükselebilen Front Range gnaysları bu özelliklerinden dolayı ayrıntılı incelemelere konu olmuştur. Pek çok metamorfik masife Front Range gnayslarına benzer şekilde, çoğunlukla dişten veya sillimanitin eşlik ettiği rutil oluşumlarına rastlanılmışsa da ise de bunlar, birer potansiyel rezerv olarak önem arz ederler. Bu oluşuklardan, Virginia'da Farmille sahasında %0.5-1 rutil içeren, Ye ABD"nio. bilinen dişten kaynakları.ön %50"sini oluşturan disten-kuarsitler, Kuzey-Güney Carolina'da King- Moontain sahasında sedimanter orijinli Ästen ve sillimanit kuarsitler, Georgia Graves Mountainin %05-1 rutil içerikli Paleozoyik serizit-disten kuarsitleri,

California'da White Mountain sahasında ticari değerde andaluzit içeren kuvars-serizit ve kuvars-mikatumalin şistler içindeki, rutil oluşumları, Arizona'da YumaCounty'te dissémine rutil. içeren. disten-kuvarsMer ile küçük hacimli kuvars damarları içinde gözlenen iri rutil kristalleri ve- Arizona'nın. Santa Cruz metamorfik sahasında yer alan, konglomera ve kumtaşlarının kontak metamorfizmasıyla oluşmuş ratilli kuvarsitler,, en iyi bilinenleri teşkil ederler (Marsh, ve Sheridan., 1976; Force» 1976 a-b-c; Sminov ve diğerleri. 1973). Pek çok. ülkede,, AB'D'nin metamorfik kayaçlarında görülen türde rutil oluşumlarına rastlamak mümkünsede, bu konuda yeterli, verilerin bulunduğunu söylemek gpçtür. Dünyanın en büyük rutil • üreticisi Avustralya'nın 'doğu. ve bau kıyılarında sahil kumlan, içinde bulunan .rutil, aynı zamanda kaynak, kayaçlar olan Prekambriyen yaşlı kristalin şistler içinde 'de bulunur,, Hindistan'da olasılıkla bazik lav ve boksitik kil orjinli biotit-sillimanit şistler içinde dissémine rutil oluşumları, saptanmıştır. İsviçre'de Prekambriyen kuvarsitler içinde ortalama içeriği %LÖ kadar- olan. çubuk şekilli rutil kristallerine ilmenit, profillit ve zirkon eşlik eder. Norveç'te sillimanit bileşimli, konındumda içeren gnayslar içinde %1.ö kadar rutil bulunur. Benzer şekilde, güney-batı Afrika'da, sillimanit-konındum içeren metamorfik. kayaçlarda. rutil %1.ö oranında. bulunan tali bir mineraldir.

c) Titanyumca. Zengin Kayaçların **Metamorfizmasıyla Oluşmuş Yalıklar:**

Titanyumca zengin birincil kayaçların. metamorfizmasıyla oluşmuş yataklara en iyi örnek Norveç'in baüsında,, Fjord bölgesinde bulunan cevherleşmelerdir. Dört farklı salıada yer alan ve bazılan işletilmiş olan titanyum yataklarından güney-bab ucda, Egersund-Sognal sahasında görülenler Avrupa'nın en büyük yalıklarını oluştururlar. Prekambriyen yaşlı gnayslarla çevrelenmiş büyük bir anortozit kütleri içinde ilmenitten. oluşan, merccek şekilli cevherleşmenin magmatik orjinli olduğu, kabul edilir. Ancak Sunmore sahasında bulunan 'dört farklı cevherleşmenin kökeni, tartışmalıdır. Biri dışında diğer üçünün etkili bir metamorfizmaya uğradıkları varsayılır. Gjelsvik (1957) tarafından önerilen, oluşum modeline göre, sahada, bulunan, dört cevherleşmeden biri olan. Qvre Roddai yatağının köken kayası, olivince zengin, bazaltik bir magmanın differansiyasyonu sonucu, oluşmuş ve .ilksel, özelliklerini büyük ölçüde korunmuş bir .gabrodur. Diğer üç cevherleşmeyi oluşturan Oyen, Verkshaugen ve .Fiskâ. cevherleri sedimanter kökenli malzemenin metamorfizmasıyla oluşmuş, ilmenitten meydana, gelmiş titanyum yataklarıdır. Bu, yatakların saptanan yüksek. Cr, Ni ve V değerlerinin olasılıkla, sedimanter orjinli bir malzemenin. kaynaklanmış olabileceği ileri sürülmüştür.

d) Metamorfik sahalarda **palinjenez magma-lardan türeyen yataklar:**

Bu tanıma, uygonluk gösteren, yataklar esas olarak, şist ve gnays karmaşığı ile migmatitlesmenin yaygın izlendiği büyük metamorfik masiflerde uyumlu yada. uyumsuz yerleşmiş kuvars damarlarına eşlik eder. Cevherleşme çoğunlukla ralliden ibaret olup, anatas diştin, apatit, plajiyokiaz gibi minerallerle birlikte izlenir,. Çoğu .zaman kuvars, kayacın mineral bileşiminin %90 veya daha fazlasını oluşturur. Kuvars damarları anateksis sonucu oluşmuş palinjenez magmaların son ürünleri olarak kabul edilir • (Sch.ül.ing, 1962; Gültekin, 1992).. Özşekilli yada özşekilsiz,, kristaller halinde ve tane boyutu geniş; bir- aralıkta değişimler gösteren rutil kimyasal yönden saf değildir,. Yer yer' yüksek Fe, Nb, Ta ve V içeriğiyle karakteristiktir.

Türkiye'de bu tür rutil oluşumları en belirgin şekilde,, Menderes Masifi metamorfik kayalarını kesen, en. fazla **100** metrelik uzunluklar halinde izlenen kuvars damarları içinde görülür. Varlığı uzun zamandan beri bilinen ve çoğunlukla metamorfilden beslenen rutili alüvyonlar için bir kaynak kaya olan kuvars damarları 5-6 cm.'yi bulan iri rutil kristalleri içermeleriyle karakteristiktir. Nitekim,, bu özelliklerinden dolayı bir kısmı küçük çapta madencilik faaliyetine de sahne olmuştur. Ancak, kuvars damarlarının küçük hacimli oluşu» .kapsamlı bir üretimin' yapımında büyük bir oluşturmaktadır.

4., **ALTERASYON TIPI TİTANYUM YATAKLARI**

Alterasyon tipi titanyum yatakları çoğunlukla gabro,, anortozit türü magmatik kayaçlar, daha az olarak, metamorfik kayaçlar üzerinde, atmosferik ayrışma sonucu oluşmuş ticari yönden fazlaca bir önem göstermeyen yataklardır. Alterasyon sonucu, gelişen zenginleşmeler ve oluşan yeni ürünler daha sonraki bir evrede metamorfizma surecine dahil olurlarsa, Colorada rutil içeren, sillimanitli gnays örneğinde görüldüğü .gibi, daha. büyük önem arzederler. Bu tür oluşumlara dünyanın bir çok. yerinde rastlanılmaktadır,, Hindistan'da iki bazı rutili disten-kuvarsitlerin bazaltların atmosferik ayrışması sonucu oluşmuş boksitik kil. orjinli olduğu, ileri sürülmüştür (Marsh ve Sheridan, 1976), Ukrayna ve Kazakistan'la gabro ve anortozitler ile metamorfik kayaçların atmosferik, ayrışması sonucunda bu kayaçların üzerinde oluşmuş bazı. titanyum yalıklarının varlığı bilinmektedir (Smimov ve diğerleri, 1983).

Bu tür yataklarda ayrışma sonucu oluşmuş kabuk kalınlığı bir' .kaç 10 metreye kadardır. ilmenit içeriği m'te bir kaç yüz kilogram,, rutil ise birkaç on. kilogram.

civarındadır. Ana kayacın titanyum minerali aynı zamanda ayrılmış kabağın titanyum cevherini oluşturur. Kazakistan'da metamorfik kayaların alterasyonu ile oluşmuş olan ve m<sup>-</sup>te 180 kg., ilmenit, 74 kg. rutil içeren Kundybay yatağı alterasyon sonucu oluşmuş yataklara iyi bir örnektir (Smirnov ve diğerleri, 1983).

## S." VOLKANO-SEDİMANTER YATAKLAR

Ticari değerleri az,, nadiren rastlanılan titanyum yataklarıdır. Çoğunlukla, bazik bileşimli kayalardan türemiş olan, kırıntılı malzeme içeriği zengin tuf, tufit ve tuf arakatlı kumtaşlarıyla ilişkilidirler,. Titanyum mineralleri esas. olarak birbirleriyle çimentolanmış iri. tufjenik kayaç parçacıkları içindedir,. Tane boyuüan 0,5\* mm.'nin üzerine ender olarak çıkar. Temjenik. malzemenin artışına ilişkin,, ilmenit yada rutil miktarında düşüş,, bazik. büşimli .kayaçlardan türemiş olduklarını kuvvetlendirir', Olasılıkla sığ denizel ortamlarda yerleşmiş ve çoğunlukla iknenitten oluşan bu tür yataklar zaman zaman, yoğun denizaltı volkanik aktiviteye de maruz kalmıştır. Bu türün en iyi bilinen cevherleşmelerine Rusya. Cumfauriyetfnde Voronezh. Bölgesinde yer alan Nizhny-Mamon yataklarında rastlanılır (Smirnov ve diğerleri, 1983).

## 6. TİTANYUMUN YAN ÜRÜN OLARAK KAZANILDIĞI YATAKLAR

İşletilen bazı madenlerden yan ürün olarak, titanyumun kazanılmasıyla dünya ilmenit üretiminin. %20, rutil üretiminin ise yaklaşık %7 dolayında bir artış gösterebileceği, ileri sürülmüştür (Force,, 1976 a). Ancak, bo oranları, bir çok ülkenin maden üretimi istatistik verilerinin, yeterince bilinmemesi nedeniyle, kesin olduğu söylenemez,..

Boksitlerde titanyum minerallerine, kimyasal işlevler sonunda oluşmuş kalıntı malzemeler- içinde rastlanılır. Bu konuyla ilişkili olarak yayınlanmış olan çok sayıda bilimsel eser daha çok ince 'taneli malzeme içinde bulunan titanyum, minerallerini kazanma imkanına yönelik kimyasal yöntemleri konu alır (Stamper, 1965). Ülkemizde Bayas ve Seydişehir'de boksitin işlenmesinden oluşan, kırmızı renkli çamurlu artıklar<sup>1</sup> %5.5-10,5 arasında titanyum içeriğine sahiptir,, .ancak bu çamurlu .artıkların değerlendirilmesi şimdilik, mümkün görünmemektedir.,

Rutil, porfiri bakır yataklarında bakırın oluşumundan sorumlu hidrotermal solüsyonların kayacda oluşturduğu alterasyon sonucunda oluşan, minerallerden biridir. Williams ve Cesbron. (1.977), hidrotermal alterasyooa uğramış kayalarda rutilin oluşumundan iki farklı reaksiyonun sorumlu olduğunu ileri, sürerler. Araştırmacılar göre, birinci reaksiyon doğrudan, sülfür girişi sonucu, hornblend vefriotit gibi mafik minerallerin, sülfür<sup>1</sup> basıncı etkisiyle parçalanarak pirit, magnetit rutü ve bazı çubuk şekilli silikatlara, dönüşmesiyle belirginleşir. Önceleri

Schulung ve Vink. (1.967) tarafından ileri sürülmüş olan, daha sonraları Williams ve. Cesbron (1977) tarafından da savunulmuş olan rutilin oluşumundan sorumlu, ikincil reaksiyon büyük ölçüde- yüksek CO<sub>2</sub> basıncının etkisiyle gelişmektedir. Bu modele göre rutil., sfen ve karbonattan oluşan üçlü bir sistemde reaksiyon dengesi CO<sub>2</sub> basıncının bir fonksiyonu olup,» yüksek CO<sub>2</sub> basıncı rutilin kristalleşmesi yönünde etkili olmaktadır.

Bazı denizel fosfatlar içinde rutil ve ilmenite rastlanılmıştır. Bu konuda bilinen en iyi örnek. Florida'da bulunan, fosfat yataklarıdır.,. Yatakta, gözlenmiş olan titanyum mineralleri, Bone Valley formasyonunda fosfat çakıllı konglomeralar içinde detritik 'taneler halindedir. Atmosferik ayrışmaya mazur kaldığı kabul edilen, ilmenitin. TiO<sub>2</sub> içeriği %60'dan daha fazladır.

Yukarda değinilen yataklar dışında pek çok farklı türde, yatakla titanyumun yan ürün- olarak kazanılması mümkündür; Güney Afrika'da bulunan ve dünyanın en. önemli krom, vanadyum ve platinyum. kaynağı olan Bushveld kompleksinde bir yan ürün olarak büyük miktarlara varan oranda titanyum kazandır. İlmenit tenoru. %1-10 .arasındadır. Yüzde birlik, bir tenor ortalamasına göre yalakta 2 milyon tonluk iimenitio bulunduğ, tespit saptanmışta\* (Espenshade, 1973),

## SONUÇLAR

Yerkabuğunda oldukça yaygın olan. ve birçok oksid ve silikat, minerali bilinen titanyumun cevher<sup>1</sup> oluşturabilen mineralleri rutil ve ilmenitle sınırlıdır. Titanyumdu silikat mineralleri kayacın toplam titanyumuna katkı sağlayan ekonomik değeri bulunmayan, yalnızca olabilecek bir jeo-kimyasal titanyum çevirimine' katılarak olası mineraiizasyonlara ilmenit ve rutil veren birer mineral olarak önem arz ederler,. Birçok kayaç türü içinde, alkali karakterde olanlar yüksek titanyum içerikleriyle dikkatleri, çeker. Özellikle doğrudan manto kökenli olan. alkali volkanitlerin yüksek titanyum dioksit değerleri, bu kayaçları. tanımlamada belirgin bir ip ucudur,. Bu kayaçların ortalama. TiO<sub>2</sub> 'değerleri çoğunlukla %2-4 arasında kalır;. Buna karşın kıtasal kabuk, veya kıtasal özünleme içeren manto ürünlerinden oluşan, mağmasal kayaçlar ile volkanitlerin ortalama, titanyum içerikleri, genelde %1,ö TiO<sub>2</sub> altında olup,, bu değerlerin üzerine nadiren, çıkar. Kıtasal kabağın,» okyanusal kabuk» •tan belirgin şekilde, düşük titanyum, içeriğine sahip olması vardan genel sonuçlara, uyumluluk, .gösterir.

Dünyanın en büyük magmatik titanyum yatakları, esas olarak andezin-anortozitler içinde yer alır.. Bu yataklarda cevher mineralleri, değişmez şekilde Fe-Ti oksid minerallerinden oluşur. Yatakların titanyum içeriği çoğunlukla % 10-30 TiO<sub>2</sub> arasında değerler alır,.. Alkali karakter kazanmış olanlarda ilmenitle birlikte rutille rastlamak olağandır. Ülkemizde bugüne, değin, magma.tik titanyum yataklarının bulunduğu dair verilere

rastlanılmamış, buna karşın titanyum içeriği yüksek, bazı demir yataklarının varlığı ortaya konmuştur.

Metamorfik kayaçlar içinde yüksek sıcaklık ve basınç koşullarını temsil eden kayaçların metamorfik orjinli yüksek rutil içerikleri bunların başlıca karakteristik özelliklerinden birini oluşturur. Buna karşın düşük sıcaklık, ve basınç koşullarında oluşmuş metamorfikler içinde zaman zaman anatasla birlikte detritik kökenli rutile rastlanılmaktadır. Eldojit, glokofan, şist ve amfibolitler en yüksek titanyum içeriğine sahip metamorfik kayaçlardır.

Metamorfikler içinde rutil ve ilmenitli oluşumundan ilerleyen metamorfizma sorumludur. Metamorfik rutil ilk defa dişten, zonunda ortaya çıkar. Sillimanit zonunda ise büyük ölçüde erbestleşmiştir. Bu nedenle dişten ve sillimanitin izlendiği metamorfik kayaçlar içinde rutile rastlama olanağı dala. yüksektir.

Plaser titanyum yatakları esas olarak rutilin üretildiği yataklar olup, dünya ratü üretimini, yandan fazlasını karşılarlar. Gerek, düşük tenörlerin işletilmesine elverişli olmaları gerekse rutil ve ilmenitin doğal olarak serbesleşmiş olması bu yataklara olan. ilginin artmasına yol açmıştır. Bu türdeki yataklar Türkiye içinde önemli birer titanyum potansiyelidir.

Alterasyon sonucu oluşmuş titanyum yatakları ile volkano-sedimanter titanyum yataklarının fazlayca bir önemleri yoktur. Doğada her iki şekilde oluşmuş olan yatakların, sayısı oldukça sınırlıdır.

Bazı yataklarda yan ürün olarak titanyumun kazanılması ilginç olabilir. Madencilik paşaları bazı durumlarda, yüksek TiO<sub>2</sub> değerlerine sahip olduğundan mutlaka değerlendirilmelidir ve bu yolla önemli bir titanyum potansiyeline, sahip olabileceği hatırlanmalıdır.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Arda, O., 1972, Adana'nın Osmaniye-Yarpuz-Kaynak Havalisindeki Serpantinlerin Kompozisyon ve Orjinlerinin Araştırılması ve Sınıflandırılması, M. T. A. Dergisi, Sayı: 78, Sayfa: 36-43.
- Ayan, M., 1959, Contribution a l'étude Petrographique et Géologique de la Région Située a'Nord-Est de Kaman (Turquie) Tome I-II, Doktora. Tezi, p.440.
- Aydın, Y., 1974, Elude Petrographique et Geochimique de la Parie Centrale de Massif d'Tstanca (Turquie) Doktora Tezi, 130 sayfa.
- Aykol, A., 1979, Kırklareli-Demirköy Sokulumunun Petroloji ve Jeokimyası, t. T., Ü. Maden Fak., Doçentlik Tezi, 204 sayfa.
- Baş, H., ve diğ. 1986, Ulukışla-Çamardı (Niğde) Volkanitlerinin Bazı Petrolojik ve Jeokimyasal Özellikleri.» Jeoloji Mühendisliği, Sayı: 26, Sayfa: 37-34,
- Bayhan, H., 1988, Bayındır (Kaman) Yöresindeki Alkali Kayaçların Jeokimyası ve Kökensel Yorumu, Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 31, Sayfa: 59-70.

- Balom, L., 1978, Nevşehir Güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl Yöresi Volkanitlerinin Jeolojisi ve Petrografisi, Yerbilimleri., Sayı: 4,, 1-2,,
- Best, J. L., Bratshaw, A. C., 1985, .Flow Separation-A Physical Process For The Concentration of Heavy Minerals Within Alluvial Channels, J. Geol. Soc. London, Vol. 142, pp. 347-375.
- Blake, M. L. C. and Morgan, B. A., 1976, Rutile and Sphene in Blueschist and Related High-Pressure-Facies Rocks, Geological. Survey Professional, paper 959. C1-C6.
- Boehm, G. A. W., 1949, Titanium: A New Metal, Scientific American, pp.258 1-6.
- Boztaş, D. ve Yılmaz, O., 1983, Büyükçağ-Elmaüçağ Granitoidi (Kastamonu) ve Çevre Kayaçlarının Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Yerbilimler Dergisi, Sayı: 10,, Sayfa: 71-39.
- Buddington, A. F., and Lindley, D. H., 1964, Iron-Titanium Oxide Minerals and Synthetic Equivalents, Journal of Petrology, Vol. 5, Part. 2, pp. 310-357.
- Bürküt, Y., 1966, Kuzeybatı Anadolu'da Yarı Plutonların Mukayeseli Jeolojik Etüdü. 1. T. Ü., doktora Tezi, 272 sayfa.
- Bürküt, Y., 1977, Orta ve Para Gnaylarda. Li, Rb, Cs ve Sr'un Dağılımı ve Bazı Petrolojik Sonuçlar» L. T. Ü., Maden. Fak. 68 sayfa.
- Çandan, O., 1988, Demirci-Borlu Arasında Kalan Yörenin (Menderes Masifi Kuzey Kanadı) Petrografisi, Petrolojisi ve Mineralojisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Doktora Tezi
- Çağafay, A., 1979, Hakkari-Çukurca-Taşbaşı Fosil Plaser Zuhuru ve İçinde Gözlenen Prekambriyen Yaşta Ultrabazik Kayaç İzleri, Jeoloji Mühendisliği, Mayıs sayısı. Sayfa: 15-22,,
- Çapan, U. Z., 1981, Toros Kuşağına Ait Beş Ofiyolit Masifinde (Marmaris, Mersin, Pozantı, Pınarbaşı, Divriği) Major Element Analizlerinin İstatistiksel Yorumu: L Ortalama Değerlerin Karşılaştırılması. Yerbilimleri, Sayı: 7.
- Çoban, F., 1988, Batı Karadeniz Bölgesinde Üst Kretase Yaşlı Akçakoca Volkanitlerinin Petrokimyasal Özellikleri, Jeoloji Mühendisliği, Sayı: 16, Sayfa: 43-48...
- Çoğulu, E., 1975, Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik araştırmalar, L T. Ü. Kütüphanesi, No. 1034.
- Dachille, R and Others, 1968, Pressure-Temperature Studies of Anatase, Brookite Rutile and TiO<sub>2</sub>-II. The American Mineralogist, Vol., 53, pp. 1229-1939.
- Dağ, N., 1988, Gördes Pegmatoidlerinin Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Doktora Tezi, 142 Sayfa.
- Dickson, T., 1986, Turkey's Minerals, Industrial Minerals, No. 227.

- Duchesne, J., 1972., Iron-Titanium Oxide Minerals in the Bjerkrem-Sognal Massif, South-Western Norway; Journal of Petrology. Vol. 13, Part. 1, pp. 57-31.
- Ercan, T. ve diğ., 1978-, Uşak Yöresindeki Neojen Havzaların Jeolojisi. T. J. K. Bülteni, Sayı: 21/2,
- Ercan, T. ve diğ., 1979, Uşak Volkanitlerinin Petrolojisi ve Plaka Tektoniği. Açısından Ege Bölgesindeki Yeri, T. J. K. Bülteni, 22/2, Sayfa: 185-198,
- Ercan, T., ve diğ., 1985, Batı Anadolu Senozoyik Volkanitlerine Ait Yeni Kimyasal, İzotopik ve Radyometrik Verilerin Yorumu, T. J. K. Bülteni, Cilt., 28, Sayı: 2, Sayfa: 121-136..
- Ercan, T. ve diğ., 1990, Balıkesir-Bandırma Arasının Jeolojisi, Tersiyer Volkanizmasının Petrolojisi ve Bölgesel. Yayını, M. T. A. Dergisi Sayı: 110, Sayfa: 113-130.
- Ercan, T., ve Türkecan, A., 1984, Batı Anadolu-Ege Adaları-Yunanistan ve Bulgaristan'daki Plütonların Gözden Geçirilişi, T. J. K., Ketin Simpozyumu, Sayfa: 1.89-20«.
- Erdoğan, B., 1990, İzm.ir-Aok.ara Zonu ile Karaburun Kuşağının Tektonik. İlişkisi, M. T. A. Dergisi, Sayı: 110, Sayfa: 1-15.
- Eren, R. B., 1979, Kastamonu-Taşköprü Bölgesi Metamorfizmasının Jeolojik ve Petrografik Etüdü, L T. Ü. Doktora Tezi.
- Erkan, Y., 1975., Orta Anadolu Masifinin Güneybatısında (Kırşehir Bölgesi) Etkili Rejyonel Metamorfizmanın Petrolojik İncelenmesi, Doktora Tezi, Sayfa: 149..
- Espenshade, G., 1973, Kyanite and Related Minerals, U, S. Geol. Survey Prof. Paper, 820, pp. 304-312.
- Evirgen, M. M., 1979» Menderes Masifi Metamorfizmasına Petroloji, Petrokimya ve Jenez Açısından Yaklaşımlar (Ödemiş-Tire-Bayındır-Turguüü Yöresi) H, Üniversitesi, Doktora. Tezi.
- Force, E. R., 1976 a. Titanium Contents and Titanium Partitioning in Rocks, Geological Survey Professional paper, 959, A1-Ag.
- Force, E. R., 1976 b, Titanium Minerals in Deposits of Other Minerals, Geological Survey Professional Paper, 959, F1-F14.
- Force, E. R., 1976 c, Metamorphic Source Rocks of Titanium. Placer Deposits- A Geochemical. Cycle, Geological. Survey Professional Paper, 1959, B6-B13.
- Force, E. R., 1980, The Provenance of Rutil, Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 50, No, 2, pp. 485-488,
- Gallagher, M. J., 1974, Rutile and Zircon in North Umbrian Beach Sands., Institution of Mining and Metallurgy Bulletin, No., 81.3, pp., B97-98.
- Gedikoğlu, A. ve diğ., 1935, Boşu Karadeniz Cevherleşmesine bir örnek: Ocaklı (\* açka-Trabzon) .Manganez Zuhuru. Jeoloji Mühend 'p., Sayı: 25, Sayfa: 23-38,,
- Genç, S., 1990, Bitlis Masifi, Çökekyazı-Gökyay (Hizan, Bitlis) Yöresi Metamorfizmasının Petrografisi, Metamorfizması ve Kökeni T. J. K, Bülteni, Cilt. 38, Sayı: 2, Sayfa: 1-14.
- Gjelsvik, T., 1957, Geochemical and Mineralogical Investigation of Ti-Taniferous Iron Ores, West Coast of Norway, Economic Geology, Vol. 52, pp. 482-498.,
- Goldsmith, R., Force, E. R., 1978, Mineral Deposita, 13, pp., 329-343.
- Göncü, N., 1986, Titanyum Mineralleri ve Geleceği, Yeryuvarı ve İnsan, Cilt. 1.1, Sayı: 4, Sayfa: 3-7.
- Gültekin, A. H., 1989 a, Titanyum. Yatakları ve Türkiye'nin.'Potansiyeli, Maden dergisi.» Yıl. 1, Sayı: 3, Sayfa: 11-13.
- Gültekin, A. H., 1986' b, Metamorfik Kayaçalarda Titanyumun Dağılımı, I, T. Ü. Dergisi,, Cilt. 47, Sayı: 2,,
- Gültekin, A. H., 1990, Menderes Masifi (Çiniyeri-Küre Bölgesi) Plaser Rutil Yalıkları,, İ. T.. Ü. Fen Bilimleri EnsL, Doktora Tezi, Sayfa: 256.
- Gültekin, A. H., 1991 a. Titanyum Endüstriyel Önemi, Maden Dergisi,, Eylül Sayısı, Sayfa: 12.
- Gültekin,, A. H., 1991 b, Dünya Alüvyal Altın Plaseden, I, T. Ü. Dergisi Cilt 49. Sayı: 2, Sayfa: 30-39,
- Gültekin, A. H., 1991 c, Çiniyeri-Küre (Tire) Sahasındaki Fülival Sedimanların Ağır Mineralleri,, Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 34, Sayfa: 73-83\*
- Gültekin, A. H., 1992, Çiniyeri-Küre Bölgesi (Menderes .Masifi) Metamorfik Kayalarında Rutilin Kökeni ve Fluvial Sedimanların Rutil İçeriği,, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt. 35, Sayı: 1.
- Herz, N., 1976 a,, Titanium deposits in Anorthosite Massifs, Geological Survey Professional Paper» 959, D1-6,,
- Herz, N., 1976 b, Titanium Deposits in Alkali Igneous Rocks, Geological Survey Professional Paper», 959,, E1-E6.
- İzdar, E., 1968, Kozak intrusif Masifi. Petrolojisi ve Paleozoyik Çevre Kayaçları ile Jeolojik Bağlanmaları, T. J. K. Bülteni, XVI-2.'
- Innocenti, F., et al., 1975, The- Neogene. Calcalkaline Volcanism of Central. Anatolia: Geochronological Data on Kayseri-Niğde Area., Geol. Mag.,, 11.2/4, pp. 349-360.,
- Jarnieson, J., C, and. Olinger, B., 1969, Pressure-Temperature Studies of Anatase, Brookite, Rutile and TiO2 (H): A Discussion, the American Mineralogist, Vol.54, pp., 1477-1481.
- Kartasjov, I. P., 1971, Geological Features of Alluvial Placers, Economic Geology, Vol. 66, pp., 870-885.,
- Kelin, L, 1983, Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış, t. T. O. Maden Fak. Sayı: 1.259, Sayfa: 595,
- Kibici, Y., 1990, Sarıcakaya (Eskişehir) Volkanitlerinin Petrolojisi ve Kökensel Yorumu. T. J. K. Bülteni, Cilt. 33, Sayı: 2, Sayfa: 69-78.



- Klemic and Others, 1976, Titanium» Geol. Survey Prof. Paper, 820, pp. 653-665.
- Kwak, A. P., 1968, Ti in Biotite and Muscovite as an Indication, of Metamorphic Grade In Almandine Amphibolite Facies Rocks From Sudbury Ontario, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol., 32, pp., 1222-1229.
- Lambert» R. J., et al. 1974, Chemical Petrology of a Suite of Calcic Lavas From Mount Ararat, Turkey, *Journal of Geology*, Vol. 82, pp. 419-438,
- Lee, T. and Yao, C., 1970, Abundance of Chemical Elements in the Earth's Crust and its Major Tectonic Units: *Internal. Geology Rev.* V.12, pp. 778-786.
- Lister, G. F., 1966, The Composition and Origin of Selected Iron-Titanium Deposits, *Economic Geology*, Vol 61, 1^275-310.
- Marsh, S., and Sheridan,, D. M., 1976, Rutile in Precambrian Sillimanite-Quartz Gneiss and Related Rocks., East-Central Front Range, Colorado, Geological Survey Professional Paper, 959,, G1-G17.
- Minard, J., P, and Other, 1976,, Alluvial Titanite Placer Deposits, Central Virginia, Geological. Survey Professional Paper,, 959-H.
- M., T. A., Dergisi, 1966', Ağır ve Nadir Mineraller ve Kıymetli Mineraller Arama Projesi, Mo: 4636.
- Nuhoğlu, L» 1988,. Çavdar-Demirtepe (Söke-Aydın) Demir Yatağının Petrokimyasal İncelenmesi, T. J. K. Bülteni, Cilt., 31, Sayı: 2, s. 37-50.
- Önen, A. P. ve Onan, Ç., 1988, Kaman (Kırşehir) Kuzeydoğusunda Bulunan Gabroların Mineralojisi, Petrografisi, T. J. K. Bülteni, Cilt. 31, Sayfa: 23-28.
- Örgün, Y., 1992, Orhaneli Bölgesi Ultrabaziklerinin Kimyasal Özellikleri. *LTÜ Dergisi*, (Yayınlanacak).
- Özpeker, L., 1973, Nemrut Yanardağının Volkanolojik İncelenmesi., Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Temel Bilimler Araştırma Grubu, proje No: TBAG-83, Sayfa: 68.
- Özkoçak, O» 1969, Etude Geologique du Massif Ultrabasique d'Orhandi et de Sa Pioche Bordure, These,, Univ. Paris., 181 p.
- Pişkin, Q., 1979,, Kadikalesi-Günelbelen (Torgutreis-Muğla) Pb-Zn-Cu Cevherleşmelerinin Mineralojik-Jenetik İncelenmesi» Doçentlik Tezi, Ege Üniversitesi.
- Pettijohn, F. J., 1941,, Persistence of Heavy Minerals and Geologic Age, *The Journal of Geology*, Vol XLIX., No. 1, pp., 610-625.,
- Reid, L, and Frostck, L., E., 1985, Role Setting Entrainment and Dispersive Equivalence and Interstic Trapping in Placer Formation., *J. Geol. Soc. London*, Vol. 142, pp., 739-746.,
- Savaşçın, Y., 1974, Batı Anadolu'da Andezit ve Bazalt. Jenezi Sonununa Katkıları, T.J.K.,Bülteni,, Sayı: 1.211.
- Schulung, R. D., and Vink, B. W., 1967,, Stability Relations of Some Titanium-Minerals (Sphene, Perovskite, Rutile» Anatase), *Geochemica et cosmochimica Acta*, Vol 31, pp. 2399-2411.
- Schulung, R. D., 1962,, Türkiye'nin Güneybatısındaki Menderes Migmatit Kompleksinin Petrolojisi, Yaşı ve Yapısı Hakkında» M. T. A. Dergisi, Sayı: 58,, Sayfa: 71-33.,
- Scott,, P, W., 1977, Titanium in Aegirines-a Comment On: Crystallizations Trends of Pyroxenes From The Alkaline Volcanic Rocks of Tenerife, Canary Islands, *Mineralogical Magazine*, Vol. 41, pp. 553-554,
- Shannon, R. D., and Piri, J, A., 1964, Topotaxy in the Anatase-Rutile Transformation, *the American Mineralogist*, Vol. 49..
- Smirnov, W. L. and Other, 1933, Studies of Mineral Deposit, Moscow, pp. 50-59.
- Solmaz, O., M., 1983,, Çukur (Kayseri) Bölgesi Siyenitik Kompleksinin Petrolojik Etüdü. L T., Ü. Doktora Tezi, Sayfa: 85.
- Stamper, J.W., 1965, Titanium, Mineral Fact and Problems, *Buletin* 630, pp. 970-990..
- Tanyolu, E., 1979, Marmara Adası Metamorfik Serilerinin. Petrolojik Etüdü, Z. D. M. M. A. Maden. Bölümü, Doktora Tezi.
- Tanket, A., 1990, Ankara Ofiyolit Melanj Kuşağı İçindeki Ofiyolitik Kayaçların Tektonik Oluşum Ortamlarına Jeokimyasal Bir Yaklaşım, M. T. A. Dergisi, Sayı: 110, Sayfa: 17-28.
- Tankut, A., ve Sayın N. M., 1990, Ediğe Ofiyolit Kütlesindeki Mineral. Fazları,, M. T., A., Dergisi., Sayı: 110, Sayfa: 97-111.
- Tokei, S., 1977, Doğu Karadeniz Bölgesinde Eosen Yaşlı Kalk-Alkalin Andezitler ve Jeotektonizma, T. L K. Bülteni 20/L Sayfa: 49-54,
- Tourtelot, H, A., 1968, Hydraulic Equivalence of Grains of Quartz and Heavier- Minerals and Implications for the Study of Placers. U. S. Geol. Survey Profess, Paper, 594-F, pp. F1-F13,
- Uncugil, G., 1969, Küçük. Menderes Nehri Alüvyonlarında Titanla İlgili Ağır Minerallerin. Alüvyoner Prospeksiyon Raporu., M., T. A. Raporu, No: 8653, Sayfa: 6,
- Uz, B., 1973, Les Formation Métamorphiques et Granitiques du Massif Ancien d'Akdag (Simav-Turquie) et Leur Conversion Volcano-Sedimentaire. Tome, I-II, Doktora. Tezi. \*-
- Williams, S, A., and Cesbron, F. P. 1977, Rutile and Apatite: Use Full Prospecting Guides for Porphyry Copper Deposits., *Mineralogical. Magazine*, Vol. 41, pp.. 288-292.
- Yılmaz, Y., 1984, Türkiye'nin Jeolojik Tarihinde Magmatik Etkinlik ve Tektonik. Evrimle İlişkisi, Türkiye Jeoloji Kurumu., Ketin Simpozyumu, Sayfa: 63-81.