

## NADİR TOPRAK ELEMENTLER, ÖZELLİKLERİ, CEVHERLEŞMELERİ VE TÜRKİYE NADİR TOPRAK ELEMENT POTANSİYELİ

Pınar ŞEN, Ercan KUŞCU\* ve Sebahattin AK\*\*

### GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile endüstride kullanılan metal çeşitliliğinin ve beraberinde fiyatlarının da artması, ülkeleri kendi yer altı kaynaklarını daha etkin bir şekilde araştırmaya ve iç tüketimleri için gerekli olan madenleri ya kendi kaynaklarından ya da ithalat yoluyla tedarik etmeye yöneltmektedir.

Dünyada gelişen endüstriye paralel olarak, hızla gelişen ve büyüyen ülkemizin de sanayide kullanmış olduğu maden çeşitliliğini arttırması, yer altı kaynaklarımızın daha etkin bir şekilde belirlenmesi ve ortaya çıkarılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu nedenle ülkemizin de ileri teknoloji element potansiyelini belirlemek amacıyla, na-

dir toprak element arama ve araştırma projelerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

### NADİR TOPRAK ELEMENTLER VE ÖZELLİKLERİ

Nadir toprak elementleri (NTE) periyodik tabloda atom numaraları 57'den (Lantanum- La) 71'e (Lutesyum- Lu) kadar olan ve kimyasal olarak benzer özellikler gösteren 15 elementi içermektedir (Şekil 1). Bu elementlere ayrıca lantanid grubu elementler de denilmektedir. Atom sayısı 39 olan yttrium (Y) ile atom numarası 21 olan skandiyum (Sc) elementleri de benzer iyon çapları ve küçük atomik çapları nedeniyle NTE grubuna dahil edilmektedir. NTE'lerinin büyük bir bölümü +3 değerlidir. Bu durum benzer iyon potansiyelleri ve iyon yarıçapları ile ilgilidir. NTE grubu elementler atomik ağırlıklarına göre 2 alt gruba ayrılmaktadır; lantanyum'dan (La) europiyum (Eu) elementine kadar olan ve atom numaraları 57 ile 63 arasında değişen elementler hafif nadir toprak elementler, atom sayıları 64 ile 71 arasında değişen ve

H <sup>1</sup>	AĞIR NADİR TOPRAK ELEMENTLER																He <sup>2</sup>				
Li <sup>3</sup>	Be <sup>4</sup>	HAFİF NADİR TOPRAK ELEMENTLER														B <sup>5</sup>	C <sup>6</sup>	N <sup>7</sup>	O <sup>8</sup>	F <sup>9</sup>	Ne <sup>10</sup>
Na <sup>11</sup>	Mg <sup>12</sup>	Sc <sup>21</sup>	Ti <sup>22</sup>	V <sup>23</sup>	Cr <sup>24</sup>	Mn <sup>25</sup>	Fe <sup>26</sup>	Co <sup>27</sup>	Ni <sup>28</sup>	Cu <sup>29</sup>	Zn <sup>30</sup>	Ga <sup>31</sup>	Ge <sup>32</sup>	As <sup>33</sup>	Se <sup>34</sup>	Br <sup>35</sup>	Kr <sup>36</sup>				
K <sup>19</sup>	Ca <sup>20</sup>	Y <sup>39</sup>	Zr <sup>40</sup>	Nb <sup>41</sup>	Mo <sup>42</sup>	Tc <sup>43</sup>	Ru <sup>44</sup>	Rh <sup>45</sup>	Pd <sup>46</sup>	Ag <sup>47</sup>	Cd <sup>48</sup>	In <sup>49</sup>	Sn <sup>50</sup>	Sb <sup>51</sup>	Te <sup>52</sup>	I <sup>53</sup>	Xe <sup>54</sup>				
Cs <sup>55</sup>	Ba <sup>56</sup>	La-Lu*	Hf <sup>72</sup>	Ta <sup>73</sup>	W <sup>74</sup>	Re <sup>75</sup>	Os <sup>76</sup>	Ir <sup>77</sup>	Pt <sup>78</sup>	Au <sup>79</sup>	Hg <sup>80</sup>	Tl <sup>81</sup>	Pb <sup>82</sup>	Bi <sup>83</sup>	Po <sup>84</sup>	At <sup>85</sup>	Rn <sup>86</sup>				
Fr <sup>87</sup>	Ra <sup>88</sup>	Ac-Lr**	Rf <sup>104</sup>	Db <sup>105</sup>	Sg <sup>106</sup>	Bh <sup>107</sup>	Hs <sup>108</sup>	Mt <sup>109</sup>													
NADİR TOPRAK ELEMENTLER																					
*Lantanid Serisi	La <sup>57</sup>	Ce <sup>58</sup>	Pr <sup>59</sup>	Nd <sup>60</sup>	Pm <sup>61</sup>	Sm <sup>62</sup>	Eu <sup>63</sup>	Gd <sup>64</sup>	Tb <sup>65</sup>	Dy <sup>66</sup>	Ho <sup>67</sup>	Er <sup>68</sup>	Tm <sup>69</sup>	Yb <sup>70</sup>	Lu <sup>71</sup>						
**Aktinid Serisi	Ac <sup>89</sup>	Th <sup>90</sup>	Pa <sup>91</sup>	U <sup>92</sup>	Np <sup>93</sup>	Pu <sup>94</sup>	Am <sup>95</sup>	Cm <sup>96</sup>	Bk <sup>97</sup>	Cf <sup>98</sup>	Es <sup>99</sup>	Fm <sup>100</sup>	Md <sup>101</sup>	No <sup>102</sup>	Lr <sup>103</sup>						

Şekil 1- NTE'lerin periyodik tablodaki yeri.

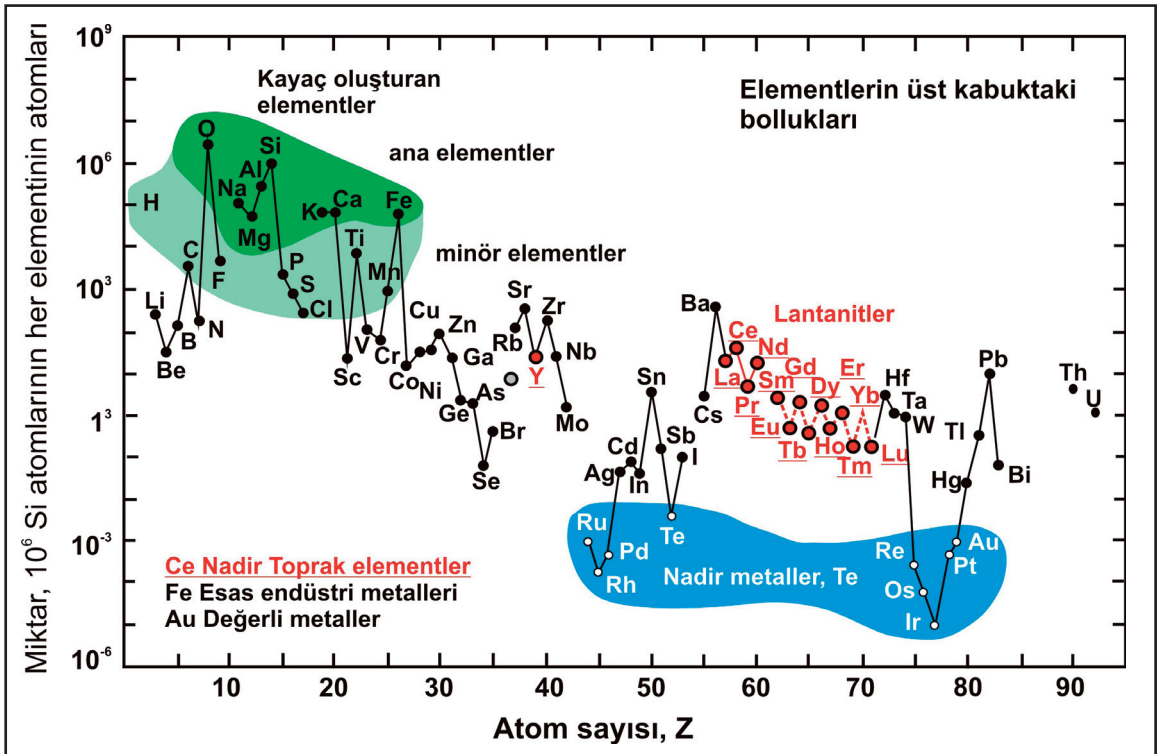
\* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi - ANKARA

\*\* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Orta Anadolu II. Bölge Müdürlüğü - KONYA

gadolinium (Gd) ile lutesyum (Lu) arasındaki elementler ise ağır nadir toprak elementler olarak ayrılmaktadır. Yttrium ve skandiyum elementleri, atom numaraları sırasıyla 39 ve 21 olmasına rağmen, ağır nadir toprak elementlerine benzer kimyasal ve fiziksel özellikler sunmaları nedeniyle bu grup elementlere dahil edilmektedir.

NTE'ler günümüzde hibrid arabalarını, elektrikli taşıt araçlarını, rüzgar türbinlerini, güneş enerjisi panellerini, MR makinelerini ve bir çok temiz enerji teknolojisini hayata geçirmektedir. NTE'ler birçok yeşil enerji teknolojilerinde gerekli olmalarından dolayı "yeşil elementler" olarak da bilinmektedir. Bununla birlikte NTE'ler, LCD ve LED TV'lerde, mıknatıslarda, şarj edilebilir pillerde, dijital kameralar ve cep telefonları gibi günümüzde yaygın olarak kullanılan bir çok ileri teknoloji ürünlerinde kullanılmaktadır.

NTE'ler aslında adında da söylendiği gibi doğada pek ender rastlanan elementler değildir. Bu elementlere "nadir" denmesinin nedeni, nadir olarak görülen mineraller içinde oksit bileşenleri olarak 18. ve 19. yüzyıllarda tespit edilmiş olmalarıdır. Ce, en yaygın olarak bulunan NT elementi olup, yer kabuğunda bakır ve kurşundan miktarca daha fazladır. Tüm NTE'leri (Pm hariç) yer kabuğunda miktar bakımından gümüş ve civa elementlerinden daha fazla bulunurlar (Taylor ve McLennan, 1985) (Şekil 2). NTE'lerin yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonları 150-220 ppm arasında değişirken, bakır ve çinkonun yer kabuğu ortalamaları sırasıyla 55 ppm ve 75 ppm civarındadır. NTE'ler yer kabuğunda, bir çok baz metal elementlerine kıyasla daha bol bulunmalarına rağmen ekonomik anlamda derişimleri oldukça az elementlerdir ve iş-



Şekil 2- Elementlerin üst kabuktaki miktarlarının atomik sayılarının bir fonksiyonu olarak dağılımı. (USGS, Foct Sheet 087-02)

letilebilir cevher yataklarında nadiren zenginleşirler.

## NADİR TOPRAK ELEMENTLERİNİN JEOLJİSİ

Nadir toprak element cevherleşmeleri esas olarak, alkalin kayalar ve karbonatitler olarak adlandırılan özel magmatik kayalar ile ilişkilidir. Bunun dışında, plaser yataklarda da NTE içeren mineral konsantrasyonlarına ekonomik olarak rastlanılmaktadır. Ayrıca, magmatik kayaların derinlerde bozunmasıyla oluşan artık yataklarda (residual deposit), pegmatitlerde, Fe-oksit-Cu-Au yataklarında (Olympic dam) ve denizel fosfatlarda da NTE cevherleşmelerine rastlanılmaktadır (Çizelge 1).

## ALKALİ MAGMATİZMAYA BAĞLI NTE MİNERALİZASYONU

Alkali magmatik kayalar manto malzemesinin düşük dereceli kısmi ergimesi ile türeyen magmalardan itibaren oluşmaktadır. Kuvvetli alkali kayaların oluşumu karmaşık bir süreçtir ve halen tartışmalıdır. Ancak, NTE'ler gibi uyumsuz/mobil elementlerin yoğunlaştığı jeolojik bir süreç olarak düşünülmektedir. Bu şekilde oluşan alkalin magmalar çok yaygın değildir ve Zr, Nb, Sr, Ba, Rb, Li ve NTE gibi elementler bakımından da oldukça zenginleşmiştir. Bu tür magmalar yeryüzüne doğru yükseldiğinde, basınç, sıcaklık ve çevre kayaların bileşimi nedeniyle bazı değişikliklere uğrarlar. Sonuç olarak oluşan kayalar da bazı ekonomik mineral bakımından (NTE gibi) zenginleşmiş olabilir. Bu nedenle, bu yatakların kendine özgü özelliklerinden dolayı, bu tür kayalarla ilişkili mineral yataklarını sınıflamak da zordur.

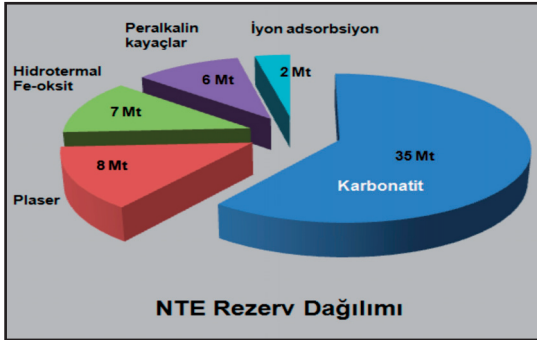
Alkalin kayalarla ilişkili cevher sınıflaması halen tartışmalıdır. Alkali mag-

Çizelge 1- NTE içeren mineral yataklarının sınıflaması (USGS, Scientific Investigations Report 2010 5220, <http://pubs.usgs.gov/sir/2010/5220/>)

İLİŞKİLİ OLDUĞU SÜREÇ		TİP
Alkali magmatizmaya bağlı yataklar	Karbonatitler	Magmatik; dayklar ve damarlar; hidrotermal damarlar ve ağsal yapılar; skarn; karbonat kayaç ornatma; metasomatik-fenit
	Peralkalin magmatik kayalar	Magmatik (alkali-ultrabazik); pegmatit dayklar (alkali-ultrabazik); pegmatit daykları (peralkalin); hidrotermal damar ve ağsal yapılar; volkanik; metasomatik-albitit
Fe-oksit-Cu-Au yatakları		Manyetit-apatit ornatması, Hematit-manyetit breş
Pegmatitler		Abisal (ağır NTE); Abisal (hafif NTE); muskovit (NTE); NTE-allanit-monazit; NTE-öksenit; NTE-gadolinit; miyarolitik-NTE-topaz-beril; miyarolitik-NTE-gadolinit-fergusonit
Porfiri Mo		Climax-tip
Metamorfik		Migmatize gnays; uranyum-NTE skarn
Artık Stratiform Fosfat		Platform fosforit; karbonat ilişkili; granite bağlı laterit; Badeleyit boksit; karst boksit
Paleoplaser		Uranyumlu piritik kuvars çakıllı konglomera; altınlı piritik kuvars çakıllı konglomera
Plaser		Ti-ağır mineral kıyı plaserleri; kalay dere kumu plaserleri

matizmaya bağlı cevher sınıflamasında karbonatit yatakları ile peralkalin kayalarla ilişkili NTE yatakları ekonomik önem arz etmektedir. NTE cevherleri ile ilişkili veya NTE içeren alkalin magmatik kayalar, birincil karbonat ve fosfat mineralleri içeren karbonatit ve foskoritlerdir. Karbonatitler ve özellikle foskoritler dünyada çok yaygın değildir. Dünyada bilinen sadece 527 adet karbonatit bulunmaktadır (Woolley ve

Kjarsgaard, 2008). Karbonatit yatakları al-kalin kompleksler ile ilişkilidir ve genellikle rift zonlarında oluşur. Magmatik kökenli kalsit ve dolomit içerirler. NTE bakımından zenginleşmişlerdir. Karbonatitler 70 km den daha fazla derinliklerde küçük kısmi ergimeler sonucu oluşurlar. Peralkalin kayaçlar ise, karbonatitlere göre daha yüksek kısmi ergimeler ile daha sığ derinliklerde oluşurlar. Karbonatit yataklarının esas cevher mineralleri bastnazit ve monazittir. Peralkalin kayaçlarla ilişkili REE yataklarının esas cevher minerali ise loparit, apatit ve eudialittir. Hidrotermal alterasyon ürünü yataklardır. Karbonatitler ile ilişkili NTE cevherleşmeleri rezerv bakımından en büyük yataklardır (Şekil 3).



Şekil 3- NTE'lerin oluşum koşullarına göre rezerv dağılımı (Mt: milyon ton) (Watanabee, Y., sözlü görüşme).

### NTE Plaser yatakları

Her çeşit kayacın bozunmasıyla sedimanlar oluşmaktadır. Aşınma süreci ağır minerallerin konsantrasyon olmasına–özellikle plaserlerdeki altın gibi–neden olur. Aşınma ürünlerinin kaynağına bağlı olarak, monazit, ksenotim gibi NTE içeren mineraller, diğer ağır minerallerle birlikte konsantrasyon olur. Kaynağın alkali magmatik kayaç veya onlarla ilişkili NTE yatağı olması gerekmektedir. Bazı magmatik, metamorfik ve eski sedimanter kayaçlar da monazit içeren

plaser oluşturmak için yeteri kadar monazit içermektedir. Sonuç olarak, monazit, plaserlerde bulunabilir. Buna karşın, yüksek oranda monazit içeren plaser tipleri genellikle ilmenit-ağır mineral plaserleridir.

### Hidrotermal-Fe-oksit yatakları

1980'lerde Güney Avustralya'da Olympic Dam yatağının keşfi ile Fe-oksit, Cu-Au tip yatakları farklı yatak tipi olarak değerlendirilmektedir. Olympic Dam yatağı sıra dışı bir yataktır çünkü büyük miktarlarda NTE ve U içermektedir. Ancak, bu tür yataklardan NTE elde etme yöntemleri halen bilinmemektedir. Dünyada bu tip çeşitli yataklar bulunmaktadır ancak, NTE içerikleri ile ilgili bilgiler eksiktir.

### Diğer NTE yatakları

Tropik ortamlarda, kayaçların derinlerde bozunmasıyla Fe-Al'ce zengin toprak ve laterit içeren toprak profilleri oluşur. Toprak oluşum süreci genellikle ağır mineralleri zenginleştirir. Bu gibi ortamlarda, NTE bakımından zengin granitik kayacın yıkanmasıyla iyon adsorbsiyon tipi NTE yatakları gelişebilir. Magmatik kayaçtan yıkanma yoluyla ayrılan NT elementleri kil minerallerinde (kaolin) adsorbe olur. Bu tip yatakların hafif nadir toprak element tenörleri düşüktür fakat bazıları ağır nadir toprak element tenörü bakımından zengindir. İyon adsorbsiyon türü yataklarda radyoaktif elementler yoktur ve bu yataklardan NTE'leri çıkarmak diğerlerine göre oldukça kolaydır. Bu tür yatağa verilecek tek örnek, Güney Çin ve Kazakistan'dır ve bunların oluşumu da tam olarak anlaşılmış değildir. Bir diğer NTE içeren yatak tipi ise pegmatitlerle ilişkili NTE cevherleşmesidir. Pegmatitler, çok iri taneli intrüzif magmatik kayaç olup, Nb-Y-F ailesi olarak da adlandırılır. Farklı jeolojik ortamlarda oluşmuş birçok çeşitli alt tipler içermektedir. Bu alt tipler granitik

bileşimlidir ve genellikle büyük granitik intrüzyonların çevresinde bulunur. NTE içeren pegmatitler genellikle küçüktür.

Nadir toprak elementlerini içeren en önemli nadir mineraller bastnazit, monazit, ksenotim ve allanittir (Çizelge 2).

**Çizelge 2- Bazı cevher minerallerinin NTO, ThO<sub>2</sub> ve UO<sub>2</sub> içerikleri (Veri kaynakları: USGS, Scientific Investigations Report 2010 5220, <http://pubs.usgs.gov/sir/2010/5220>; Castor ve Hedrick, Watanabee, Y. sözlü görüşme).**

Mineral	Kimyasal Formül	% ağı. NTO	% ağı. ThO <sub>2</sub>	% ağı. UO <sub>2</sub>	Yatak türü
Bastnazit	(REE)(CO <sub>3</sub> )F	70-74	0-0.3	0.09	Karbonatit
Monazit	(REE)PO <sub>4</sub>	35-71	0-20	0-16	karbonatit hidrotermal, alkalin plaser
Ksenotim	YPO <sub>4</sub>	52-67	-	0-5	Plaser alkalin
Fergusonit	(REE)(Nb,Ti)O <sub>4</sub>	47	-	-	Alkalin artık (residual)
Loparit	(Ce,Na,Ca)(Ti,Nb)O <sub>3</sub>	32-34	-	-	Alkalin
Apatit	Ca <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (F,Cl,OH)	0-21	0-0.01	-	Karbonatit, hidrotermal, alkalin
Kaolinit	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	<1	-	-	İyon adsorbsiyon

% ağı: % ağırlık; NTO: Nadir Toprak Oksitleri.

**Bastnazit [(Ce,La,Y)CO<sub>3</sub>F].**- NTE içeren florokarbonat minerali olup, karbonatit kayaçlarda, metamorfik zonlarda ve pegmatitlerde bulunur. Karstik boksit yataklarında residual mineral olarak gözlenebilir. Bastnazit, allanit, serit, tisonit gibi NTE içeren mineraller ile birlikte bulunabilir. Hafif oranda radyoaktif bir elementtir (Th içeriğinden dolayı).

**Monazit [(Ce,La,Y,Th)PO<sub>4</sub>].**- NTE ve Th içeren fosfat minerali olup, % 60-62 nadir toprak element oksitleri içerir. Monazit kimyasal bozunmaya karşı dirençli olması ve yüksek gravitesi nedeniyle ilmenit, manyetit, rutil ve zirkon gibi diğer dirençli mineraller ile birlikte bulunabilir. Monazit radyoaktif bir mineral olduğundan, radyoaktif parçalanmadan dolayı kristal yapısını kaybedebilir.

**Ksenotim (YPO<sub>4</sub>).**- Y içeren fosfat mineralidir. Asidik ve alkalin kayaçlarda

genellikle aksesuar minerali olarak bulunur. Mika-şist ve kuvars bakımından zengin gnaylarda da gözlenmektedir. Ksenotim minerali çoğunlukla zirkon minerali ile karıştırılabilir ancak zirkondan daha serttir.

**Allanit [Ca(Ce,La,Y,Ca)Al<sub>2</sub>(Fe<sup>+2</sup>, Fe<sup>+3</sup>)SiO<sub>4</sub>](Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)O(OH)].**- Epidot grubu bir mineral olup, magmatik kayaçlardaki en yaygın NTE içeren mineraldir. Genellikle, granit, siyenit, diyorit ve bunlarla ilişkili pegmatitlerde aksesuar mineral olarak bulunur.

Çizelge 2 de yatak türlerine göre NTE içeren bazı cevher minerallerinin % nadir toprak oksit (%NTO), %ThO<sub>2</sub> ve % UO<sub>2</sub> içerikleri gözlenmektedir. Buna göre, bastnazit, manazit ve ksenotim mineralleri % ağırlık olarak en yüksek miktarda NTO içeren minerallerdir.

## DÜNYA'DAKİ NTE POTANSİYELİ

1965 yılına kadar monazitli plaserlerden elde edilen NTE ihtiyacı, daha sonra 1985 yılına kadar ağırlıklı olarak ABD'deki Mountain Pass bölgesinden sağlanmıştır. 1985 yılından sonra, bu bölgelerde üretim gittikçe azalmış ve NTE üretiminde Çin öne çıkmıştır (Şekil 4). Günümüzde, Çin, gerek NTE rezervi gerekse üretimi açısından dünyada 1. sırada yer almaktadır (Çizelge 3). Dünya NTE üretiminin %95'ten fazla-

sını Çin yapmaktadır. Çin sadece nadir toprak elementlerini üretmekle kalmayıp, nihai ürünü de sağlamaktadır. Dünya NTE rezervinin % 45'den fazlası da Çin'de bulunmaktadır (Şekil 5). Çin'in NTE ihracatı üzerinde uyguladığı kota ve gümrük vergileri, NTE fiyatlarını yükseltmiştir. Dünya genelinde özellikle az sayıda ülkede (Çin, Rusya, Amerika, Avustralya, Kanada, Hindistan vb.) bulunan ve fiyatı sürekli artış gösteren NTE üretimi, yakın gelecekte talebi karşılamayacak durumdadır.

Çizelge 3- 2009-2011 yılları Dünya NTE üretimi ve rezervi (Veri kaynağı: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, Ocak 2011-2012).

	Üretim Yılları			Rezerv
	2009	2010	2011	
<b>ABD</b>	-	-	-	13.000.000
<b>Avustralya</b>	-	-	-	1.600.000
<b>Brezilya</b>	550	550	550	48.000
<b>Çin</b>	129.000	130.000	130.000	55.000.000
<b>Bağımsız Devletler Topluluğu</b>	md	md	md	19.000.000
<b>Hindistan</b>	2.700	2.800	3.000	3.100.000
<b>Malezya</b>	350	350	30	30.000
<b>Diğer Ülkeler</b>	md	md	md	22.000.000
<b>Dünya toplamı</b>	<b>132.600</b>	<b>133.700</b>	<b>133.580</b>	<b>113.778.000</b>

Md: mevcut değil

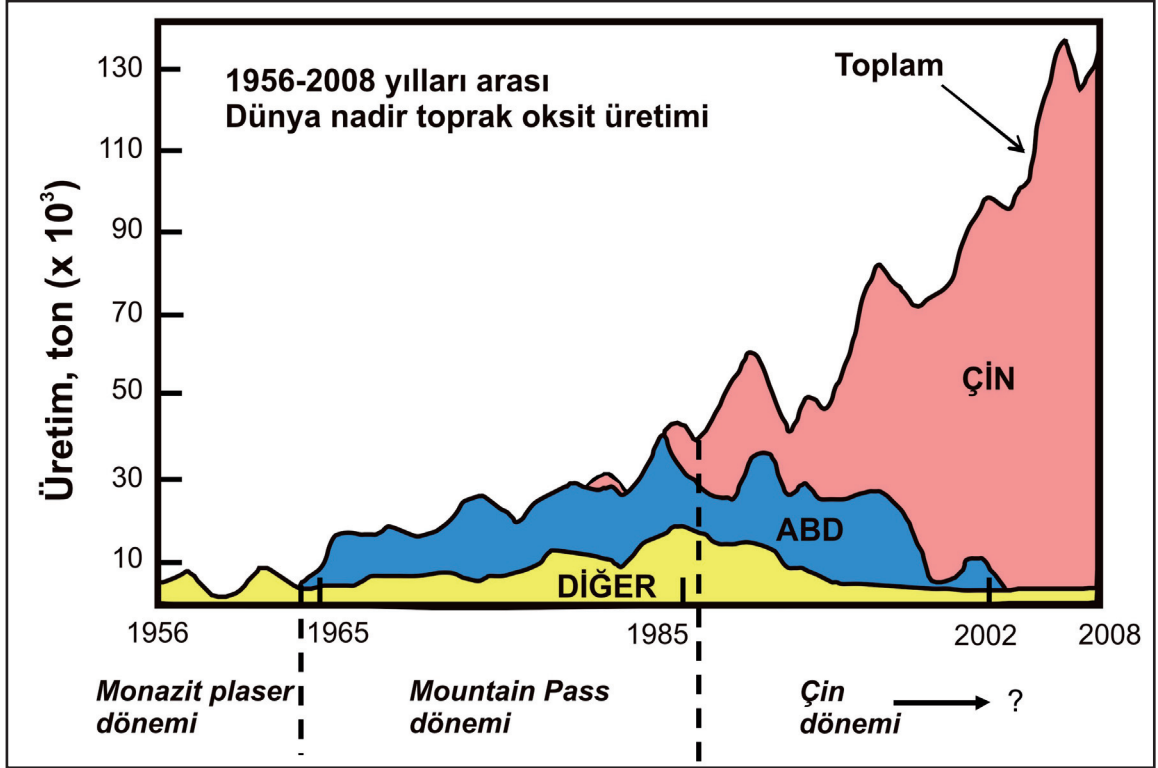
## TÜRKİYE NTE POTANSİYELİ

Türkiye'de bilinen tek NTE ve toryum kaynağı Eskişehir ilinde bulunan Kızılcaören kompleks cevher yatağıdır. Kompleks bir mineralizasyona sahip olan cevher yatağı değerli mineraller olarak florit, barit ve bastnazit içermektedir (Zararsız ve Tanrıkuş, 2003). Nadir toprakların bir çoğu vardır ve bastnazit bünyesindedir. Fakat başlıca lantanyum, seryum ve neodyum bastnaziti oluşturmaktadır. Kızılcaören (Eskişehir) florit-barit ve nadir toprak element yatağı Triyas yaşlı altere metakumtaşları ve alkali trakit ve fonolitlerin yakınlarındaki Oligosen-Miyosen piroklastik kayalarında epitermaldamarlar ve breş dolguları şeklinde

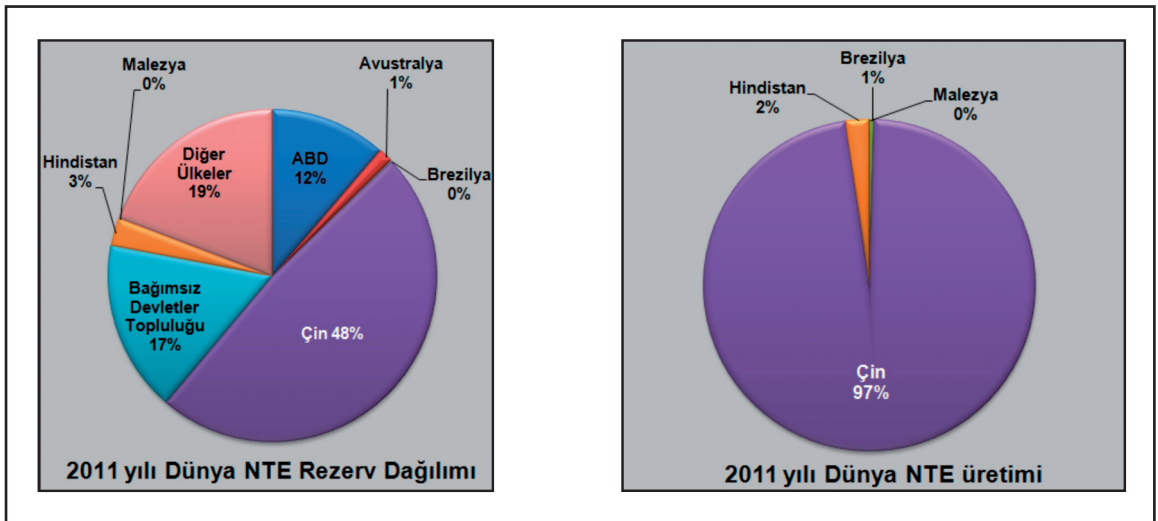
gelişmiştir (Gültekin ve Örgün, 2000). Bu yatak, Türkiye'deki tek ekonomik NTE ve toryum kaynağıdır. Kızılcaören'deki florit-barit-NTE mineralizasyonu esas olarak hidrotermal çözeltilerle oluşmuştur. Bu hidrotermal çözeltilerin kaynağının da alkali volkanizma ile kökensel olarak ilişkili olduğu düşünülmektedir (Gültekin ve Örgün, 2000; Gültekin ve diğerleri, 2002).

Bununla birlikte, Isparta, Aksu bölgesinde özel bir madencilik şirketi tarafından "Aksu Diamas Projesi" adı altında 2006 yılında başlayan ve halen devam eden arama ve işletme çalışmaları sonucunda (AMR Technical Report, 2011) bölgede alkali ultrapotasik volkanizma ile ilişkili, kon-





Şekil 4- Dünya NTE üretimi (USGS, open-file report 2011-1042, <http://pubs.usgs.gov/of/2011/1042/>)



Şekil 5- 2011 yılı Dünya NTE üretimi ve rezerv dağılımı (U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, Ocak 2011-2012).

solide olmayan piroklastik döküntü çökellerinde NTE ve beraberinde yan ürün olarak zirkon ve manyetit tespit edilmiştir. Rapor da Çanaklı-1 yatağı olarak geçen ve proje çalışmalarının en çok odaklandığı saha, Isparta ilinin 22 km GD'sunda yer almaktadır. 398 ppm Zr, % 0.75 manyetit, % 0.48 Ti ve 725 ppm toplam NTE (15 element) içeren Çanaklı-1 yatağının mümkün/çıkarılmış kaynağı (inferred resource) 49 Milyon ton olarak tahmin edilmektedir (AMR Technical Report, 2011). Esas NTE içeren mineraller allanit, çevkinit ve sfendir (titanit). NTE'lerinin yanı sıra, yan ürün olarak manyetit mineralleri ve beraberinde zirkon, titanyum, skandinyum, niobyum ve toryum da içermektedir. Nadir toprak mineralleri konsolide olmamış piroklastik malzemelerde yoğunlaşmıştır. Cevherli malzemeler volkanik erüpsiyonların bozunmuş kül-döküntü çökellerinden kaynaklanmaktadır.

Sivrihisar-Kızılcaören ve Isparta-Çanaklı-1 yataklarının potasik ve kuvvetli alkali bir volkanizma (trakitik ve fonolitik) ile ilişkili olması, ülkemizde de alkali magmatizma içeren bölgelerin NTE potansiyeli açısından araştırılmasını gerekli kılmaktadır.

Bu veriler temel alındığında, Türkiye'nin NTE potansiyelini belirlemek ve dolayısıyla gelecekte ihtiyacı olacak NTE cevherini kendi kaynaklarından elde etmesi amacıyla Türkiye'de alkali magmatizmanın (volkanik-plütonik) yoğun olarak gözlemlendiği bölgelerin NTE cevherleşmesi açısından detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Gültekin, A. H. ve Örgün, Y., 2000. Kızılcaören (Sivrihisar-Eskişehir) yöresi Tersiyer Alkali Volkanitlerle ilişkili nadir toprak elementli fluorit-barit yatakları. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi. Cilt:1, Sayı: 1, 85-94.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ ve Suner, F., 2002. Geology, mineralogy and fluid inclusion data of the Kızılcaören fluorite-barite-REE deposit, Eskişehir, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 21, 365-376.
- Taylor S., R. ve Mc Lennan, S. M., 1985. The continental crust: its composition and evolution. An examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks. Blackwell Scientific Publications, 46 pp.
- Technical Report 2011. AMR Technical Report on the Aksu Diamas Rare Earth Element Project, Isparta district, Turkey, NI 43-101.
- USGS Foct Sheet 087-02.
- USGS Mineral Commodity Summaries, Ocak, 2011.
- USGS Mineral Commodity Summaries, Ocak, 2012
- USGS open file report 2011-1042 by Pui-Kwan-Tse, 2011. China's Rare-Earth Industry. <http://pubs.usgs.gov/of/2011/1042>; USGS rapor no: of 2011-1042.
- USGS, Scientific investigations Report, 2010. 5220 by Keith R. Long, Bradley S. Van Gosen, Nora K. Foley, and Daniel Cordier, 2010. The Principal Rare Earth Elements Deposits of the United States—A Summary of Domestic Deposits and a Global Perspective. <http://pubs.usgs.gov/sir/2010/5220>; USGS rapor no: SIR10-5220.
- Woolley A.R., ve Kjarsgaard, B.A., 2008, Paragenetic types of carbonatite as indicated by the diversity and relative abundances of associated silicate rocks—evidence from global database: The Canadian Mineralogist, v. 46, p. 741–752.
- Zararsız, S. ve Tanrıku, A., 2003. Türkiye'nin nadir toprak elementleri ye toryum kompleks cevheri üzerine yapılan çalışmalar ve ileriye yönelik önlemler. TAEK Rapor.