

# ABD'ndeki kumtaşı türü uranyum yataklarının Jeolojisi ve bunların Türkiye Jeolojisine uygulanabilirliği

HÜSEYİN YILMAZ, Batı Ontario Üniversitesi, KANADA

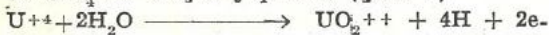
## GİRİŞ:

Yeryüzünde, tüm kumtaşı içindeki uranyum yatakları ve belirtileri arasında, ABD'deki denizel olmayan Mezozoik ve Tersiyer yaşlı yataklar en önemli olanlardır. Türkiye'nin görsel Tersiyer çökelleri içinde de bazı uranyum yatakları bilinmektedir. (Ayan, 1973; King ve diğerleri 1976). ABD'deki uranyum zenginleşmesine neden olan paleocoğrafya ve çökelim koşullarının Türkiye'de geç Paleozoik ve Tersiyer'deki benzeri oluşumlar ile karşılaştırılması ve Türkiye uranyum mineralizasyonları için olasılıklı sahaların litolojik stratigrafik, yapısal ve jeokimyasal özellikleri gözönünde tutularak sınırlandırılması bu yazının özüdür. Bu amaçla ABD'deki karasal kumtaşı yataklarındaki uranyum konulu önemli çalışmalar yeniden ele alınıp yazının bireysel gözlemleriyle birlikte bunların Türkiye Jeolojisindeki uygulanabilirliği araştırılacaktır.

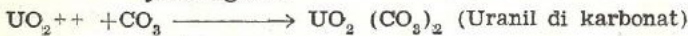
## URANYUM JEOKİMYASI

Uranyum doğada kompleks uranil  $UO_2^{++}$ , ve uranus  $O^{+4}$  iyonları şeklinde iki ayrı değerde görülür. Kompleks içindeki iki oksijen atomu kuvvetli bir şekilde uranyuma tutunmuşlardır. Uranyum  $U^{+4}$  doğal ortamlarda duraylı değildir.

Uranil iyonları çözünme taşıyıcıları için  $CO_3$ ,  $SO_4$ ,  $VO_4$ , ve  $SiO_4$  ile bileşim yaparlar. (Şekil 1)

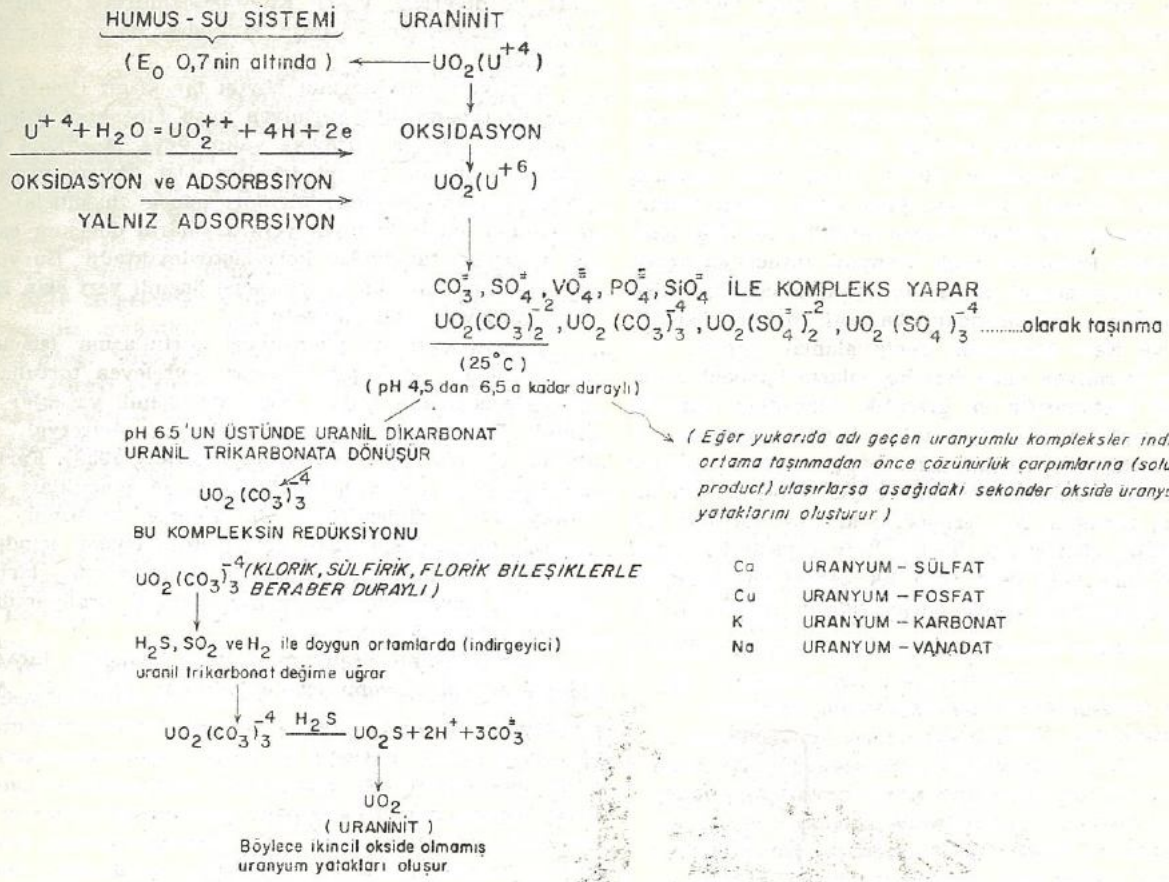


←  
yükseltgenme

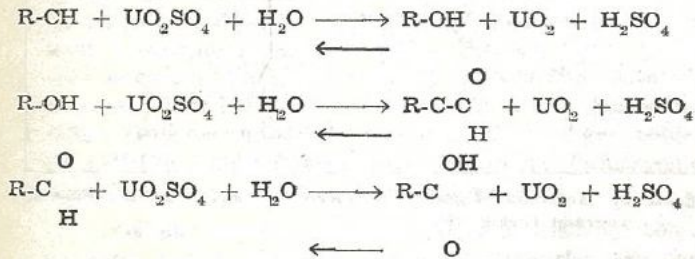


←

En kolay çözülebilen kompleksler Uranil-karbonat ve sülfatlardır. Uranil sülfat kompleksi 3.5 pH'e kadar duraylıdır. Bu kompleks 3.5 pH'nin üstünde  $(Na,K)_2 UO_2(SO_4)^{-2}$  ve  $UO_2(OH)^{+1}$  e dönüşür. 4.5 pH'in üzerinde  $(Na,K) U_2O_7$  ve  $UO_2(OH)_2$  şeklinde çöklerler.  $UO_2(CO_3) = 4.5$  dan 6.5 pH'e değin duraylıdır. 6.5 pH'nin üstünde  $UO_2(CO)_3^{-2}$ ,  $UO_2(CO)_5^{-4}$  e dönüşür.  $UO_2(CO_3)^{-4}$  11.5 pH'a kadar duraylı olup, bu değer üstünde  $UO_2(OH)_2 \cdot XH_2O$  olarak çökler. (Miller, 1958). Uranil karbonat kompleks iyonları  $H_2S$  ve  $H_2$  gazlarının etkisi ile sıcaklığın  $50^\circ$  yi geçtiği ve bütün pH değerlerinde pehblend olarak çökler. Sülfür ve hidrojen gazlarının elektronları, uranilkarbonat kompleksi iyonunca alınır. Bu karşılıklı reaksiyon uranyumu 6 değerliden 4 değerliğe indirger. Okside uranyum mineralleri farklı çevresel koşullar altında çöklerler. Uranil iyon aktivitesinin bu minerallerin solubility product'larına (Çözünürlük ürünü) ulaşabilmesi için yeterince yüksek olması gerekir. Diğer bir deyimle Uranyum fosfat, karbonat ve sülfat komplekslerinin daha indirgeyici ortama ulaşmadan ( $H_2S, H_2$  tarafından temsil edilen) solubility product'larına ulaşırlarsa yukarıda sözü edilen komplekslerin Ca, Cu, K ve Na ile birleşme yeteneğine bağlı olarak farklı adlar altında okside uranyum mineralleri halinde çöklerler. Uranyum çökelişi  $H_2S$  ve  $H_2$ 'e gereksinim göstermeksizin de organik malzemenin adsorbsiyon ve indirgeyici etkileriyle sağlanabilir. Uranyum kompleksleri aşağıda görüldüğü gibi organik malzemelerce indirgenebilirler (Andreyev ve diğerleri, 1964).



Şekil 1: Uranyumun kumtaşı içindeki oksidasyon ve redüksiyonu

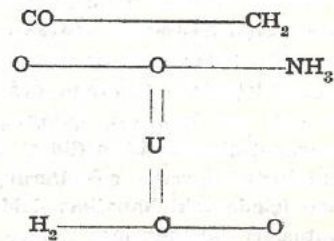


Sözü edilen yazarlar uranyum dioksit ve sülfürik asit arasındaki reaksiyonları ihmal etmişlerdir.

Bu indirgeme işlevi, organik malzemenin CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya oksitlenmesine değin sürer. İndirgemenin etkinliği, organik malzemenin moleküler ağırlığının yükselmesiyle artar. Bu nedenle, humus maddeleri (C<sub>69</sub>H<sub>35</sub>O<sub>17</sub> ve N) uranyum için en kuvvetli indirgenler olarak düşünülebilir. 6 değerli uranyumun çözünmeyen ağır organik moleküllerle indirgenmesi karboksil (COOH) ve karbonil (C=O) topluluklarının da katıldığı uranyum - organik komplekslerinin içinde yer alır. İndirgeme sonucu oluşan 4 değerli uranyum oksit ve hidrooksitleri katı fazda çözünmeyen bileşimler olarak kalırlar. Büyük bir olasılıkla doğada bulunan bitki artıkları ve bunların oksidasyon ürünleri, uranyumu hidrojen sülfürün (H<sub>2</sub>S) yardımı olmaksızın doğrudan indirgeyebilir.

Humus-Su sistemi içinde uraninit (UO<sub>2</sub>), UO<sub>2</sub><sup>++</sup> uranil iyonlarına oksitlenir ve aşırı uzaklara taşınabilir. Eğer E<sub>0</sub>=7 (Standart yükseltgeme-indirgeme potansiyeli) veya bunun altındaysa UO<sub>2</sub><sup>++</sup> iyonları humus tarafından adsorbe edilir. Eğer bu çözeltinin asitliği gözönünde tutulursa en büyük adsorbsiyonu 4.75-pH'de gözlenir. Ortamdaki pH değeri 7'nin üstüne çıktığında Uranyum-organik kompleksleri olarak çökelir. Bu bileşikler jel (Chelate) şeklindedirler ve bunların lejant-bağ açılarının çözülmesi zor olduğundan çok duraylıdır.

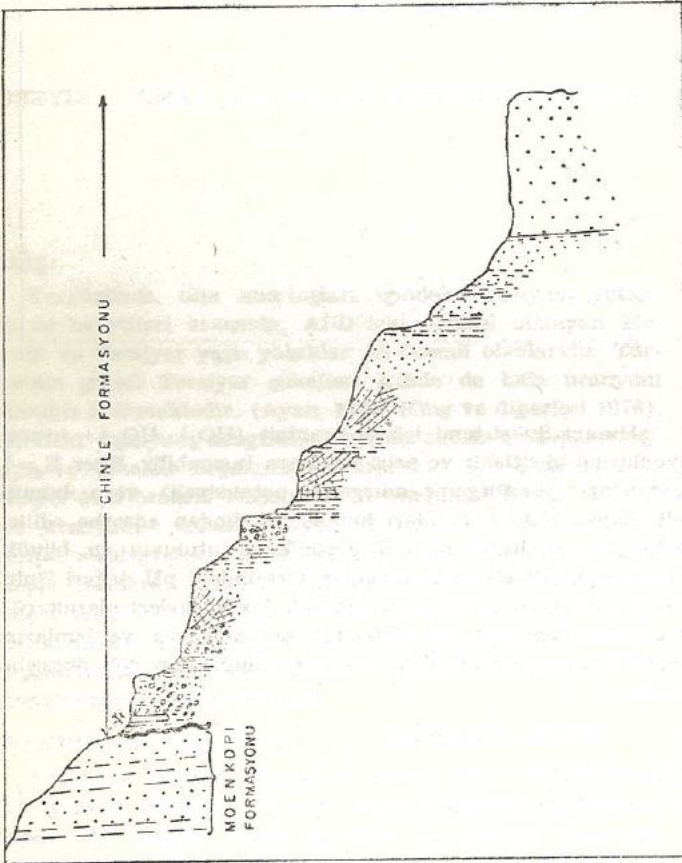
U : Elektron kabulcüsü  
NH<sub>3</sub> : Lejant  
N : Elektron verici



## ABD'deki KUMTAŞI TİPİ YATAKLARIN KISA ÖZETİ

ABD'deki uranyum yataklarının pek çoğu "Kordiller Foreland" olarak adlandırılan bir alanda oluşmuşlardır. Bu bölge Kuzey Dakota'dan başlayıp Arizona ve New Mexico'ya değin sürer. Duraylı kraton ile duraysız dağ oluşum alanları arasında kalan bu yer foreland (ön ülke) olarak isimlendirilir. Mineralizasyon sıcaklık derecesi önülkeye doğru düşme gösterir (Gabelman, 1970). Daha önce oluşmuş olan düşük ısılı mineral yatakları daha sonra gelen bindirme dağ oluşumlarıyla önülkeye doğru sürülür. Ön ülke içindeki erken ve geç Paleozoik yaşlı uranyum tutucu kayalar, transgressif epikontinental deniz alanlarında çökelim gösterirler. Karboniferin sonlarındaki karasal çökeller özellikle Colorado ve New Mexico'da geniş alanlar kaplar. Üst Karbonifer ve Permian yaşlı formasyonların içindeki uranyum yatakları metamorfik ve granitik yükseltiler yanında arkozik tipteki gösel kökenli tortullar içinde oluşurlar.

Bunlar Kordiyerde oluşan daha genç uranyumu içeren tortullar yanında oldukça önemsiz bir yer tutarlar. Ön ülkedeki denizel tortullar Alt Triyas'ta, karasal tortullar üst Triyas'ta çökelim gösterirler. Önemli Triyas yaşlı Uranyum yatakları ABD'nin 1967'deki %15'lik gereksinimi karşılayan Chinle Formasyonu içinde oluşmuşlardır (Şekil 2). Bu



Şekil 2: Chinle Formasyonundan kesit (Moab/Utah)

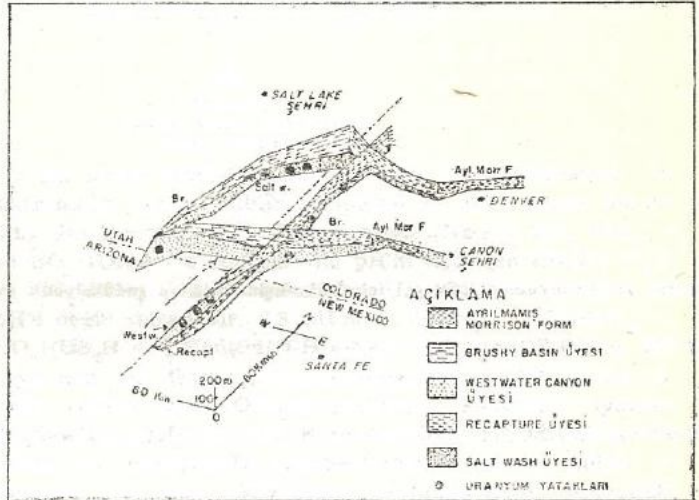
formasyon Arizona, Utah ve Colorado eyaletleri içinde yer alır. Genellikle açık gri kumtaşı, çakıllı mercerler ve çamurtaşlarına arakatlı olarak istiflidir, çakıllı kumtaşı özelliğindeki tortullar daha çok Permian yaşlı Moenkopi Formasyonu içinde eski kanalları dolduracak biçimde gelişmiştir. Kumtaşları kabadan ince taneyle değin değişmek-

te olup gözeneklilik ve kötü derecelenme gösterirler (Stewart, ve diğerleri, 1972). Kumtaşı-çamurtaşı oranı 1:1 den 1:4'e değin değişim gösterir. Milttaşları da formasyon içinde olağandır.

Uranyum yataklarının büyük bir kısmı Chinle Formasyonu ile tabanındaki Permian yaşlı Moenkopi Formasyonu arasındaki aşınma yüzeyine yakın veya Moenkopi Formasyonu'nun aşınma yüzeyi içindeki Üst Triyas yaşlı Chinle Formasyonu'nun kanal dolguları içinde oluşmuşlardır. Formasyonun içinde bulunan yeraltı suların dolaşımı eski aşınma yüzeyleri tarafından kolaylaştırılmaktadır. Bu yüzey aynı zamanda uranyum çökmesine önemli yeri olan H<sub>2</sub>S gazlarının difüzyonunu kolaylaştırır.

Paleotopografya yükseltileri tortullaşma işlevini etkileyen önemli yapılardır. Bunları çevreleyen tortullar içinde özellikle böğürlere yakın yerlerde önemli yataklar vardır. Chinle Formasyonu içindeki karbonlu materyal oldukça önemli bir yer alır. (Hawley ve diğerleri, 1958). Farklı oranlarda yayılım gösteren komürleşmiş ağaç artıkları çoğu kez uranyum ile yüklenmiştir. Bu nedenle, karbonlu artıklar yüksek tenör gösterirler. Chinle Formasyonu içindeki Sanrafael Swell bölgesindeki asfalt ve uranyum birbirlerinin ayrılmaz parçası olarak belirler. Asfalt uranyumun çökmesinde başrolü oynamıştır.

Diğer önemli uranyum taşıyan kayalar Jurasik yaşlı Morrison Formasyonu içinde bulunur. (Şekil 3). ABD'deki



Şekil 3: Kolorado bölgesindeki Morrison Formasyonu'nun Fens diyagramı (Craig, 1955)

en önemli uranyum yatakları bu formasyon içinde yer alır. 1967'deki ABD üretiminin %60'ını sağlamışlardır. Ekonomik önem taşıyan Morrison Formasyonu bir çok yazar tarafından üyelerine ayrılmıştır. Burada yalnız uranyum içeren birimlerden söz edilecektir. Litojik özellik gözönünde tutulduğunda hemen hemen hepsi nehir ve alüvyal ortamlarda çökelmişlerdir (Craig ve diğerleri, 1955; Osterwald, 1961; Kelly ve diğerleri, 1968). Genellikle kumtaşı, çakıllı ve çamurtaşlarından oluşurlar. Litolojik oranları yerel değişiklik gösterir. Bu formasyonun Salt Wash Üyesi'nin çamurtaşı yüzdesi çok fazla olup, önemli uranyum yatakları kumtaşı çamurtaşı fasiyesi içinde gözükür (Gabelman, 1970; Motica, 1968). Birim kaba ve ince taneli Kuvars, feldspat ve tüf kırıntılarında oluşur. Tüfler çökeltilerin kaynağının bir volkanik alana yakın olduğunun göstergesidir. Üye içindeki

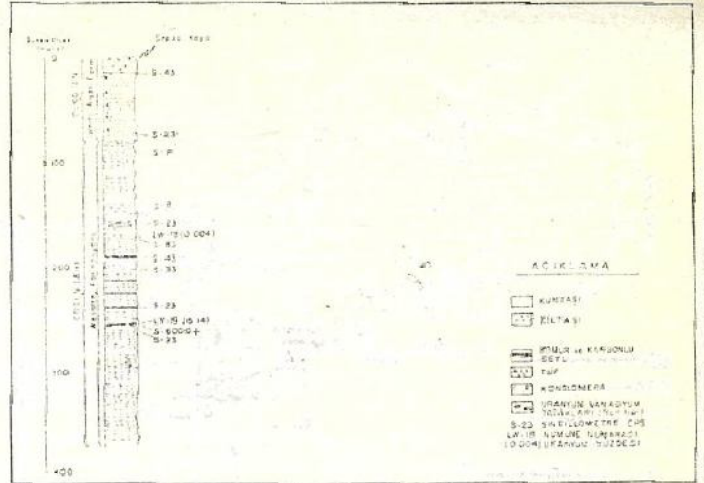
bentonitlerce zengin olan çamurtaşları tüflerin alterasyonu sonucu olmuştur (Gabelman, 1970). Ayrıca karbonlu bitki artıkları da önemlidir. Bunlar eski kanalların tabanında ve yan kenarlarında uranyum yatakları ile birlikte bulunurlar. Yukarıda belirtilenin tersine, Morrison Formasyonu'nun en fazla uranyum üretimini sağlayan Westwater Canyon Üyesi çoğunlukla kumtaşlarından oluşmakta pek az oranda çamurtaşı içermektedir. Bu üye alüvyon düzlüğünde çatallaşmış nehir kanallarının biriktirdiği kumtaşlarından yapılmıştır (Grutt, 1972). Üye içindeki bütün uranyum yatakları matif kumtaşı ile çamurtaşının arakatıklı olarak ortaya çıktığı yerde görünürler. Buna göre uranyum, çamurtaşı içermeyen diğer bölgelerden yeraltı sularıyla taşıyıp, bu üyenin çamurtaşı ile arakatıklı olarak belirtildiği yerde çökelmiştir. Çamurtaşı, uranyum taşıyan çözeltiler için önemli bir depolama görevi görmüştür. Bu üye önemli oranda kaba ve orta taneli feldspat ve az oranda kuvars tanelerinden yapıldır. Karbonik malzeme ise humus olup uranyum cevherleşmesi ile her zaman beraberdir. Ne humusun olmadığı yerde uranyum, ne de uranyumun olmadığı yerde humus vardır.

Kretase sırasında Güney DAKOTA'daki Black Hills'lerin "Inyan Kara Group" adı verilen nehirsiz, alüvyal, gölsel ve deniz kıyısı tortulları içinde az önemli uranyum yatakları oluşmuştur. Bu formasyon, beslendiği bir Kretase öncesi topografik yükseltiyi çevirecek biçimde oluşmuştur. Yapı genel olarak bir elipsoid biçimde olup eğimlerde değişiklik göstermektedir. Bütün uranyum yatakları yapısal özelliklerine göre sınırlanmıştır. (Bell ve diğerleri, 1956). Buna göre uranyum cevherleşmesi, formasyon eğimlerinin çok az olduğu yerlerde toplanmıştır. Yapısal özelliğin sonucu olarak uranyum mineralizasyonu için uygun olabilecek bölgelerin hepsinde cevherleşme gözükmez. Yapısal sınırlandırmadan sonra uranyum litolojik olarak ta sınırlandırılmış olup gözenekli çakıltımsı kumtaşları ve kumtaşları içinden bugünkü cevherleşmeyi göstermişlerdir.

Tersiyer başlangıcında, karasal tortullar yaygınlaşmış ve Powder River (Wyoming) gibi dağ arası basenlerin oluşumuna yol açmıştır. Tersiyer çökelleri içinde bulunan uranyum yatakları önemli olup 1967'de ABD'nin % 30 gereksinimini karşılamıştır (Finch, 1967). Powder River basenindeki uranyum yatakları senkinal kanatlarının eğimlerinin az olduğu yerlerde eksene yakın olan alanlarda kümelenmişlerdir. Gass ve Cave Hills diye adlandırılan diğer bölgelerde uranyum mineralizasyonunun Mezozoyik formasyonlarının aşınma yüzeylerince sınırlandırılmıştır.

Litolojik özellikler uranyum birikimi açısından bölgesel ve yerel alanlar ölçeğinde önemlilik gösterirler. Bu önemi göstermek için Powder River baseninin Pumken Buttes yöresindeki uranyum içeren Wasatch Formasyonu örnek olarak verilecektir (Şekil 4). Eosen yaşlı Wasatch Formasyonu'nun gökeli alüvyal ve nehir ortamında oluşmuştur. Uranyum içeren kaya kaba taneli, kötü derecelenmiş nehirsiz arkozik kumtaşı bitkisel karbonlu malzemeyi kapsayan çamurtaşları ile arakatıklıdır (Grutt, 1972; Lova, 1952). Uranyum taşıyan kayanın beslenme kaynağı granit ve metamorfittir. Bu formasyon Oligosen olarak yaşlı White River Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üstlenmiştir. Tüflü White River Formasyonu'nun tamamen aşınıp taşınmasından önce bütün baseni kaplamış olduğu bilinmektedir.

Wasatch Formasyonu içindeki çamurtaşı ve kumtaşı ardalanması uranyum taşıyan eriyikler için eşi bulunmaz



Şekil 4: Pumken Butte kayalarının düşey kesiti (Love, 1950)

litolojik çevreyi yaratmıştır. Bu eriyikler kumtaşı içinde hareket etmişler ve bunların hareketi kumtaşlarının altındaki ve üstündeki çamurtaşlarınca sağlanan bir akifer sistemi tarafından kontrol edilmiş olup indirgeyici koşulların karbonlu malzeme tarafından sağlanmış olduğu bölgelerde uranyum eriyiklerinden çekilerek çökeltilmiştir.

Uranyum yükseltgenmesi (Oksidasyonu) ve indirgenmesi (Redüksiyon) verimli yatakların oluşumuna değin değerlerca tekrarlanmış olup eriyiklerin bu hareketi formasyon eğimlerinin yavaş yavaş artmasıyla da hızlandırılmıştır. Lova (1952) uranyum kaynağının Wasatch Formasyonu'nun üstündeki tüf malzeleri (White River Formasyonu) olduğunu belirtir. Yazar uranyumun ilkel olarak White River Formasyonu içindeki tüflerden geldiğini ve onlardan yıkandığını ve alt düzeyde yer alan Wasatch Formasyonu'na doğru yeraltı sularıyla taşındığını ve de indirgen ortam bulunduğunu da çökeltilmesini bildirmektedir.

Rastlantıdan daha da ileri olarak, uranyum yataklarının bulunduğu her yerde tüflü White River Formasyonu'nun varlığı, mineralizasyonun kuvvetli bir olasılıkla bu volkanik küllerin yeraltı sularıyla yıkandığı daha aşağı düzeylerindeki kumtaşları içinde çökmesine bağlı olduğu sonucu akla en yakın olanıdır.

#### TÜRKİYE'DEKİ KIYIYA YAKIN SİĞDENİZ VE KARASAL ÇÖKELLERİN KISA AÇIKLAMASI

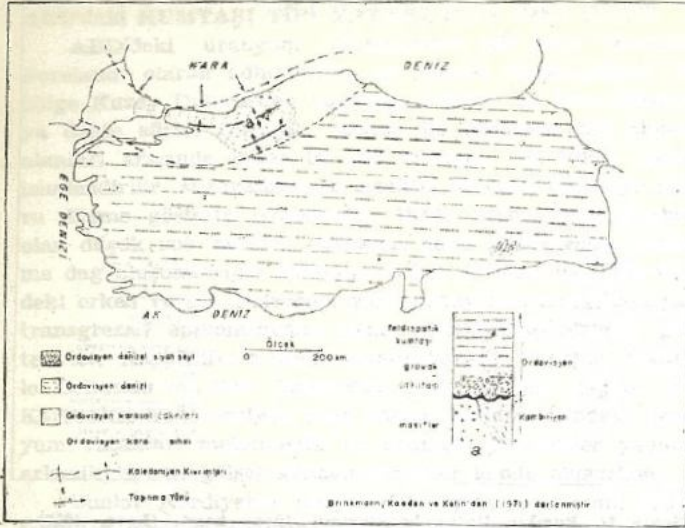
Uranyum mineralizasyonları için önemli olabilecek Fanerozoik karasal ve kıyıya yakın deniz ortamları bu yayında ele alınacaktır.

##### Ordovisyen

Ordovisyen'in karasal ve kıyıya yakın deniz çökelleri Türkiye'nin kuzeybatı bölümünde, dar bir kuşak içinde yer alır. (Şekil 5). Buradaki Ordovisyen serisi grovak ve feldspatik karasal kumtaşlarından oluşur. Bu çökellerin Karadeniz'in bulunduğu yerdeki metamorfik bir kütlede türemiş olduğu söylenir (Brinkmann, 1971). Kaledoniyen dağ oluşumu sırasında, denizin geri çekilmesi ve karanın da yükselmesi sonucu bölge aşınmaya uğramıştır.

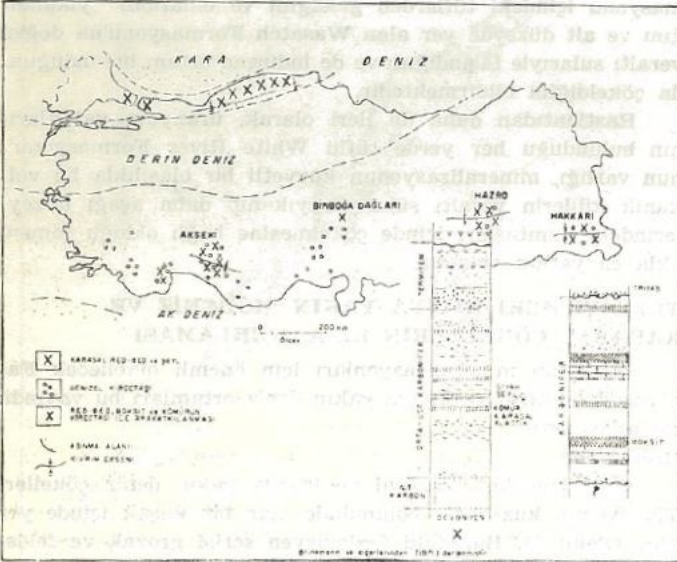
##### Karbonifer-Permien

Karbonifer-Permien'de Türkiye yükselmelere ve alçalmalara maruz kalmıştır. Varisk orojenezi ilk kez kendini göstermiştir. Ordovisyen'de olduğu gibi Türkiye'nin ku-



Şekil 5: Türkiye de Ordovisyan

zeybatısı deniz düzeyi üstüne çıkmış ve gölsel fasiyes ege- men olmuştur. (Şekil 5). Orta bölgede derin bir deniz yer almıştır. Türkiye'nin hemen hemen yarısına ulaşan bir alan, güney kısmında sığ bir denizle kaplanmıştır. Bu devirde denizin defalarca ilerlemesi ve geri çekilmesi deniz veya kara çökellerinin birbirine olan giriklikleriyle yansıtılır. Kuzeydeki çökeller arkozik kumtaşları, kara denizel şeyl ve çakıtaşlarının kömür damarlarıyla ardalanması biçiminde ortaya çıkmıştır. (Brinkmann, 1971). (Şekil 6). Hemen hemen aynı ortam, kireçtaşları ve boksitlerin oluşumu dışında Güney Anadolu bölgesinde de kuzeydekinin aynı koşullarda görülür.



Şekil 6: Türkiye'de Permo\_Karbonifer

#### Paleozoyiktaki Kristalin ve Metamorfik Masifler

Metamorfik ve granitik kayalar, Türkiye'nin batı kısmında geniş alanlar kaplarlar (Ketin, 1966). Bunlar gnays, granit ve düşük derecedeki mikasitlerden oluşmuşlardır. Metamorfik kütlelerin merkezi kısımları Paleozoyik devrinde aşınmaya açılmamış olup, yalnız bu düşük metamorfitlerde görülmüştür.

#### Mezozoyik

Mezozoyik'te Türkiye'nin hemen her yerini deniz kaplamıştır. Doğu Anadolu-Hakkari yakınında karasal Liyas ve Batı Anadolu-Bahkesir yakınındaki karasal Triyas çökelleri çok çok küçük alanlar kaplarlar. Bütün metamorfik evrim Alpin dağ oluşumunun ilk ve orta devirlerinde tamamlanmış (Ketin, 1960) ve metamorfizmadan sonra bazı asitik kayalar metamorfik masifler içine sokulmuştur.

#### Tersiyer

Bu Paleojen ve Neojen olarak incelenecektir.

#### Paleojen

Türkiye'nin tamamen deniz altına gömülmesinden sonra, denizel koşullar jurasik başından Oligosen'e kadar sürülmüştür. Oligosen ve Üst Paleosen'de, denizel koşullarda bir gerileme görülür. Bunun sonucu olarak bazı karasal Paleosen formasyonları oluşmuştur (Şekil 7).

Eosen sırasında Türkiye'nin kuzey ve güney kısımları, denizin geri çekilmesiyle birlikte yükselme göstermiştir. Oligosen sırasında güney ve kuzey dağ sıraları Orta Anadolu basenini 1000 metreyi aşkın çakıtaşlarıyla doldurmuş ve bu oluşuma evaporitlerde eşlik etmiştir. Çökeltme ortamı somatr ve gölseldir. Bu çökeller marn, kireçtaşı, şeyl, jips ve kumtaşlarından oluşmakta olup linyitlerle arakatlıdır. Genel olarak bütün formasyonlar bol miktarda karbonlu malzeme içerirler.

#### Neojen

Miyosen'de bütün Toros dağ sırası tamamlanmış ve Türkiye tamamen deniz üstüne çıkmıştır. (Şekil 8). Miyosen sırasında iklim oldukça nemlidir. Orta Miyosen'de oluşan bataklıklar. Üst Miyosen'de tatlı su göllerine dönüşmüştür (Brinkmann, 1971). Önemli kömür yatakları bu devirde oluşmuştur. Miyosen'in sonunda iklim daha da kuru olduğundan ve ormanlar yerlerini steplere bırakmıştır. Miyosen sırasında volkanik etkinlik yeniden canlanmış ve Türkiye'nin pekçok yeri andezitik, dasitik ve bozaltık lavlar ve tüflerle kaplanmıştır (Brinkmann, 1971; Ketin, 1956). Bütün kristalin masifler aşınmaya uğrar. Batıdaki volkanik etkinlikler Pliyosen ile sınırlandırılmış olup orta batı Anadolu'dakiler bütün Neojen ve Kuvaterner boyunca sürmüştür. Neojen'in litolojisi birçokları tarafından iyi bir şekilde incelenmiştir. Bu çökeller uranyum jeolojisi yönünden aşağıda izlenen başlıklar altında incelenecektir

#### Trakya Havzası

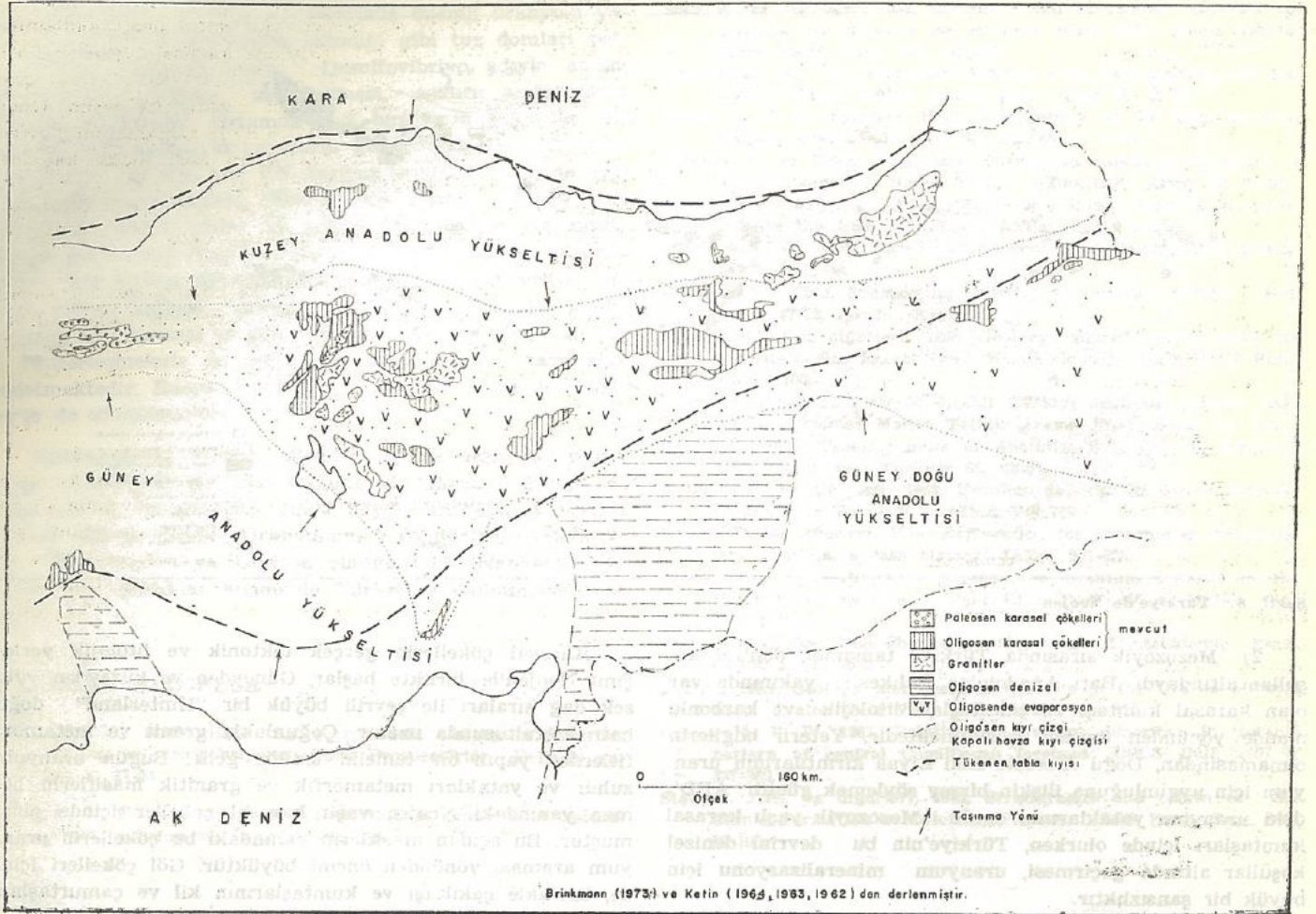
Bu havzanın Neojen çökelleri Istranca granitik ve metamorfik masifleri tarafından sağlanmıştır. Litoloj, linyit marn ve killerin içinde arakatlı olarak yer alan karasal kumtaşlarından oluşmuştur (Erentöz ve Tokay, 1959).

#### Batı Anadolu Bölgesi

Bu bölgenin göze çarpan en önemli özelliği andezitten riyolite kadar değişen tüf, lav ve aglomeralardan oluşmasıdır. Tersiyer denizel ve karasal çökelleri içinde volkanik tabakaları görmek olağandır. Bu çökeller inceden kabataneliye değin değişmekte olup bol oranda linyit damarları içerirler (Nebert, 1960). Alüvyal ve nehirselle ortamlarda çökelmişlerdir. Bunlar kumtaşı, miltası ve çamurtaşlarından yapılmış olup volkanik kaya ve linyit damarları ile arakatlıdır. Çökeller içindeki volkanik katkı güneye doğru gidildikçe azalırken, tersine metamorfik katkıların arttığı görülür.

#### Orta Anadolu Bölgesi

Neojen çökelleri yine alüvyal, nehirselle ve gölselle ortamlarda oluşmuş olup metamorfik ve granitik masiflerce beslenmişlerdir. Ayrıca volkanik kayaların, bu bölgenin kuzey



Şekil 7: Türkiye'de Paleojen

ve güney kenarları boyunca arttığı görülür. Çökeller, çakıltı, kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı ve marnlardan ibarettir. **Doğu Anadolu Bölgesi**

Bu bölgelerde Neojen karasal ve gölsel çakıltı, kumtaşı, marn, kıltaşı ve jips gibi kayalar oldukça yaygındır. Özellikle güneydoğu Anadolu bölgesinde petrol yataklarının bulunuşu bu çökellerin önemini artırır.

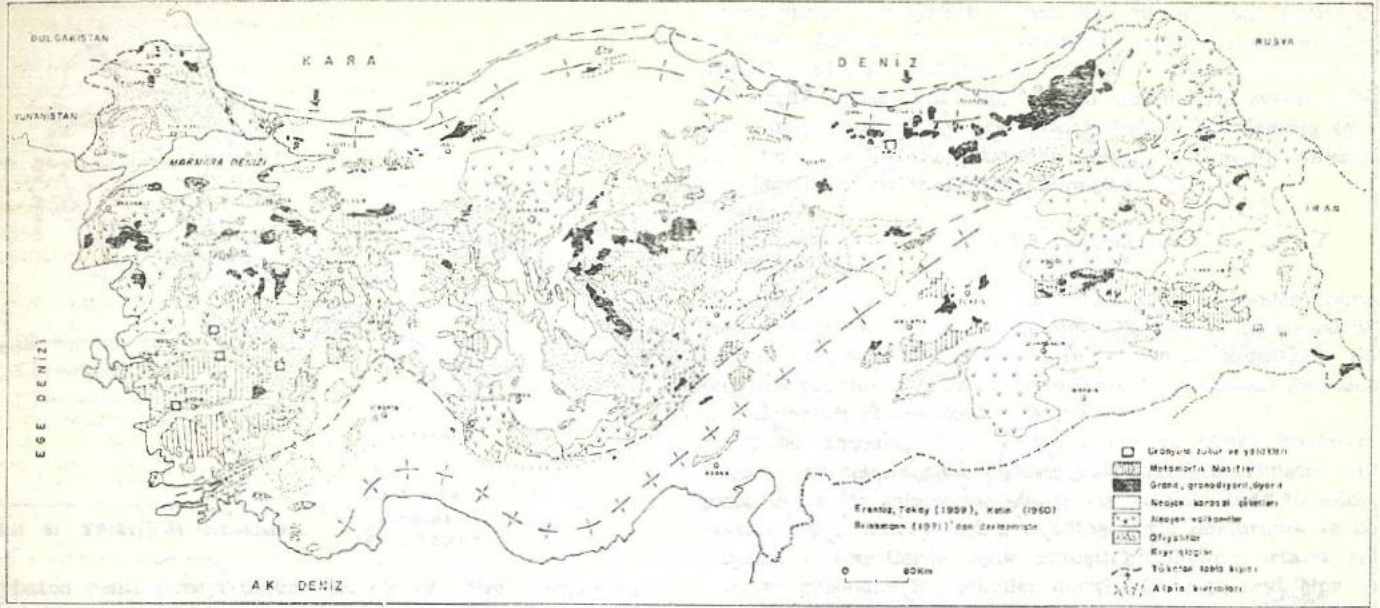
#### TARTIŞMA VE SONUÇLAR

1967'deki ARD kaynaklarına göre, uranyum üretimi ve toplam rezervlerin dağılımı oldukça ilginç gözükmemektedir (Şekil 9). Örneğin Üst Karbonifer-Permiyen %1.3, Üst Triyas %10, Üst Jurasik %60, Eosen çökelleri %25 uranyum rezerv ve üretimini sağlar. Fakat uranyumdaki maden yatağı anlayışı bugün çok değişikliğe uğramış ve %0.1  $U_3O_8$  içeren yataklar 1967'de uranyum madeni kabul edilirken, enerji gereksinimi sonucu bu sayı bugün %0,05  $U_3O_8$ 'e düşmüştür. Şekilde görüldüğü gibi ABD'nin büyük uranyum rezervleri Üst Triyas, Üst Jurasik ve Eosen'e içindedir. Şimdi Türkiye'nin uranyum olanaklarını araştıralım:

1) Türkiye'nin Paleozoik formasyonlarının büyük çoğunluğu denizeldir. Yazar Ordovisyen karasal çökellerinin uranyum mineralizasyonu yönünden uygun olmadığına inanır. Çünkü uranyum mineralizasyonu için yaşamsal öneme sahip olan şeyl ve çamurtaşları bu çökeller içinde hemen hemen yok gibidir. Buna ek olarak uranyum için önem-

li olan karbonlu materyallerde eksiktir. Gerçi bazı uranyum birikimlerini Ordovisyen'in kıyıya yakın denizel çökelleri içinde bulmak olasılığı vardır. Çünkü çakıltı, kumtaşı ve şeyl gibi çökellerin oluşumu ve alglerden türediği düşünülen organik elementlerin Eh ve pH içinde yarattığı değişiklikler uranyum için yapılacak bölgesel ölçekte bir jeokimyasal araştırma bunların uranyum yönünden potansiyelini ortaya koyacaktır.

Permo-Karbonifer karasal çökellerinin şeyl, kumtaşı arakatıkları gibi litolojik geçitlenmelerin ve bol miktarda karbonlu malzemenin göz önünde tutulması halinde uranyum cevherinin oluşumu için uygun olduğu düşünülebilir. ABD'de aynı çökeller içinde bazı uranyum yatakları vardır. Kapı komşumuz Avrupa ülkelerinde (İtalya, Fransa v.ö.) aynı çökeller içinde önemli uranyum yatakları oluşmuştur. Üst Karbonifer yaşlı gri arkozik kumtaşlarının (Kuzey Nova Scotia / CANADA) içinde yer alan karbonlu malzemenin %0.7 ye kadar  $U_3O_8$  içerdiği söylenir. Türkiye'deki Karbonifer yaşlı karasal kıyıya yakın kumtaşları da bu yönden ümitli olabilir. Bu formasyonların yüzeylediği yerde toplanacak kaya örneklerinin vereceği uranyum oranlarına göre belli hedefler saptanabilir. Yüksek uranyum anomalilerinin bulunduğu bölgelerde yapılacak ayrıntılı çalışmalar sonucu yeni uranyum yataklarının bulunma olasılığı vardır.

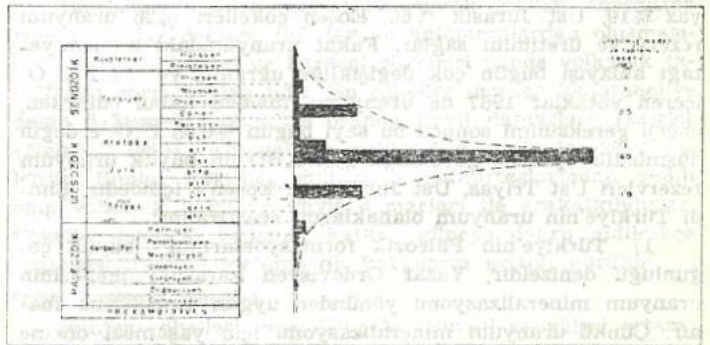


Şekil 8: Türkiye'de Neojen

2) Mezozoyik sırasında Türkiye tamamen denizel koşullar altındaydı. Batı Anadolu'da Balıkesir yakınında var olan karasal kumtaşı ve çakılları litolojik ve karbonlu madde yönünden ümitsiz gözükmektedir. Yeterli bilgilerin olmamasından, Doğu Anadolu'daki Liyas kırıntılarının uranyum için uygunluğuna ilişkin birşey söylemek güçtür. ABD'deki uranyum yataklarının % 70 i Mezozoyik yaşlı karasal kumtaşları içinde olurken, Türkiye'nin bu devrini denizel koşullar altında geçirmesi, uranyum mineralizasyonu için büyük bir şanssızlıktır.

3) Oligosen sırasında Türkiye karasal çökellerin tektonik yerleşimi başlamıştır. Kuzey ve güneydeki yüksek yerlerden taşınan malzeme kapalı vadileri evaporitlerle birlikte doldurmuştur. Bu süre içinde uranyum sıvıları getirebilecek olan Alpin orojenezini granitleri Kırıntılı çökeller içinde uranyum cevherleşmesini sağlamış olabilirler, veya metamorfik ve granitik kayaların derince oksitlenmesi sonucu zayıf kimyasal bağlarla bağlı olan uranyum yeraltı sularınca eritilir, ve göç edebilir. Bu eriyiklerin her zaman  $H_2S$ ,  $H_2$  ve hümkik asit aracılığıyla çöktürülmüş oldukları umulabilir. Yukarıdaki verilerin ışığı altında, granit ve metamorfitlerin çökellerle ilişkili olduğu yerlerde uranyum aramalarının yapılması önerilir. Ayrıca asitik tüflerin önemli bir uranyum kaynağı olması nedeniyle, bunların çökellerle arakatlı olduğu veya çökellerin tüflerce üstlendiği bölgeler uranyum araştırmaları için son derece önemlidir. Diğer önemli bir konu da, kapalı bir akifer sistemi içindeki sülfat fasiyesleri ile karbonatlı fasiyesler arasındaki geçiş zonlarının uranyum mineralizasyonu için önemli olabileceğidir. ABD'deki Black Hills'ler/Güney DAKOTA çevresinde sülfat ve karbonatlı fasiyesler arasında bulunan zonalardaki yeraltı suları içinde uranyum yüzdesinin oldukça düşük gösterdiği ve  $SO_4$ 'ün bakteriyolojik olarak  $H_2S$ 'ye indirgenliği gözlenmiştir. Sülfatlı suların fazla uranyum içermesi ve bunun geçiş zonunda oldukça az oluşu, uranyumun bu zon içinde çöktüğünü belirtir. Bu bilgilerin ışığı altında Türkiye'deki sülfat-karbonat fasiyesleri arasındaki geçiş zonları uranyum araması sırasında dikkate alınmalıdır.

Karasal çökellerin gerçek tektonik ve litolojik yerleşimi Neojen'le birlikte bağlar. Güneyden ve kuzeyden yüksek dağ sıraları ile çevrili büyük bir "Hinterland" doğu batı doğrultusunda uzanır. Çoğunlukla granit ve metamorfitlerden yapı bir temelin üstüne gelir. Bugün uranyum zühur ve yatakları metamorfik ve granitik masiflerin hemen yanındaki Neojen yaşlı karasal çökeller içinde oluşmuştur. Bu açıdan masiflerin yanındaki bu çökellerin uranyum araması yönünden önemi büyüktür. Göl çökelleri içinde, özellikle çakılları ve kumtaşlarının kil ve çamurtaşları ile geçiş gösterdiği zonların önemi büyüktür. Eski aşınma yüzeyleri yine önemli mineralizasyon alanlarıdır. Batı ve Orta Anadolu'da yer alan riyolitik ve dasitik tüfler uranyumun baş kaynağı olması yönünden önemlidir. Çökellerle arakatlı olarak bulunan tüf camlarının yaygın devitrikasyonu, silisleşmiş ve ayrışmasıyla kanıtanan diyajenetik bozunma işlevi sırasında silisyum ve uranyum, özellikle camdan serbest bırakılır. Taneler arası sıvılar biçiminde olan uranyum özellikle  $UO_2(CO_3)_2 \cdot 2H_2O$  kompleks biçiminde, çökelebileceği uygun ortama doğru taşınır. Her zaman kayaların geçirgenliğinin değiştiği, organik madde ve hidrokarbon, hidrojen sülfat ( $H_2S$ ) gibi indirgeyici gazların üretildiği yerlerde uranyum derhal çökeler. Örneğin:



Şekil 9: Amerika Birleşik Devletleri uranyum yataklarındaki rezerv kayaların jeolojik yaşlarına göre dağılımı (Finch, 1967)

Texas'da gaz kuyularının yakınlarında önemli uranyum yatakları bulunmuştur. Çünkü bilindiği gibi tuz domları petrolle yakın ilişki içindedir. Desulfovibriyo adıyla anılan bakteriler, sülfatların indirgenmesi sonucu açığa çıkan enerjiyi kullanırlar. Ortamda H<sub>2</sub>S birikimini sağlarlar. Bu gaz hafifliği nedeniyle kayaların gözenekleri arasında yükselir ve U, Cu, Fe, Mo, v.b. taşıyan sıvılarıyla yanyana geldiklerinde bu metalleri çökeltir. Bu yüzden karasal formasyonlar, asitik tüfler ve petrol rezervlerinin bir arada olduğu yerler çok önemli uranyum hedefleri olarak düşünülebilir. Bu açıdan Güneydoğu Anadolu bölgesi asitik tıflerin varlığı halinde uranyum yönünden önemli olabilir. Türkiye'deki karasal ve görsel Neojen çökelleri, bulunan bazı cevherleşmelerle de saptandığı gibi, önemli kaynaklar vadetmektedir. Bunun yanında Oligosen ve Permo-Karbonifer'in de unutulmaması gereklidir..

Katılaşmamış Neojen çökelleri içinde uranyumun kolayca yükseltgenmesi (oksidasyon) ve tekrar dağılımı sonucu olarak, bu çökeller içinde büyük uranyum yatakları bulmak olanak dışıdır. Uranyumun Wyoming'de (ABD) olduğu gibi "rol" veya Utah'da olduğu gibi "blanket" veya tabaka tipi yataklar biçiminde Türkiye'de bulunması ümit edilir.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

Ayan, M., 1973, Salihli-Köprübaşı çevresindeki uranyum zuhurları oluşumu ve prospeksiyonu: Türk Prospectörler Derneği yayını, 2, 37-51

Andreyev, P. F. ve diğerleri, 1964 Reduction of uranium by natural organic substances, Inter Geoch, 3-8.

Bell, H. ve diğerleri, 1956, Lithology and Structural controls of uranium deposition in the southern Black Hills, South Dakota: USGS Prof. Pap., 300, 345-349.

Brinkmann, R., 1971, Kuzeybatı Anadolu genç Paleozoik ve eski Mesozoik: Maden Tetkik Arama Enst. Derg. 76, 61-75.

Craig, L. C. ve diğerleri, 1955, Stratigraphy of the Morrison Formation: USGS Bull., 1009 E. 125-167.

Erentöz, C. ve Tokay, M., 1959, Türkiye'de muhtemel uranyum ve toryum bölgeleri: Maden Tetkik Arama Enst. Derg. 52, 76-93.

Frich, W.I., 1967, Geology of epigenetic uranium deposits in sandstone in the USA: USGS Prof. Pap., 538, 1-121.

Gabelman, J.W., 1970, Matelotectonic control of uranium distribution: IAEA, 187, 204.

Grutt, E.W., 1972, Prospecting criteria for sandstone-type Min. Mett., 47-72. London/England.

Hawley, CC., ve diğerleri, 1968, Geology, altered rocks and ore deposits of San Rafael Swell, Emery County, Utah: USGS Bull., 1239, 1-109.

Ketin, İ., 1960, 1: 2 500 000 ölçekli Türkiye tektonik haritası hakkında açıklama: Maden Tetkik Arama Enst. Derg. 54, 1-6.

Ketin, İ., 1966, Tectonic units of Anatolia, Bull mineral Research Exploration inst. Turkey: 66, 23-34.

Kelly, V.C. ve diğerleri, 1968, Uranium deposits of Grants Region: Graton Sale Vol. - N.Y. AIME, 748-768.

King J.D. ve diğerleri, 1976, Exploration for uranium in Southwestern Anatolia, a case history: IAEA, 501-529.

Love, J.D., 1952, Preliminary report on uranium deposits in the Pumpkin buttes area, Powder River Basin, Wyo: USGS Cic., 716, 1-37.

Miller, L.J., 1958, The Chemical environment of pitchblende: Econ. Geolb, 53, 521-545.

Motica, 1968, Geology and uranium deposits in the Uravon Mineral Belt: Graton Sale Vol., N.Y., AIME, 806-813.

Osterwald, F. W., 1961, Relation of uranium deposits to tectonic pattern of central Cordilleran foreland: USGS Bull. 1987 I. 337-369.

Stewart, J.H., ve diğerleri, 1972, Stratigraphy and origin of the Chinle Formation in Colorado Plateau: USGS Prof. Pap., 680, 52-100.

Tuz domları, petrolle yakın ilişki içindedir. Desulfovibriyo adıyla anılan bakteriler, sülfatların indirgenmesi sonucu açığa çıkan enerjiyi kullanırlar. Ortamda H<sub>2</sub>S birikimini sağlarlar. Bu gaz hafifliği nedeniyle kayaların gözenekleri arasında yükselir ve U, Cu, Fe, Mo, v.b. taşıyan sıvılarıyla yanyana geldiklerinde bu metalleri çökeltir. Bu yüzden karasal formasyonlar, asitik tüfler ve petrol rezervlerinin bir arada olduğu yerler çok önemli uranyum hedefleri olarak düşünülebilir. Bu açıdan Güneydoğu Anadolu bölgesi asitik tıflerin varlığı halinde uranyum yönünden önemli olabilir. Türkiye'deki karasal ve görsel Neojen çökelleri, bulunan bazı cevherleşmelerle de saptandığı gibi, önemli kaynaklar vadetmektedir. Bunun yanında Oligosen ve Permo-Karbonifer'in de unutulmaması gereklidir..

Kitap yeryuvarını inceleyen ve gözetim altında tutulan bir bilimdir. Daha sonra gözetim, koruma, değerlendirme, dinamik ve statik süreçlerin anlaşılması için kullanılır. Kitap yeryuvarının dinamik ve statik süreçlerini inceleyen ve gözetim altında tutulan bir bilimdir. Daha sonra gözetim, koruma, değerlendirme, dinamik ve statik süreçlerin anlaşılması için kullanılır. Kitap yeryuvarının dinamik ve statik süreçlerini inceleyen ve gözetim altında tutulan bir bilimdir. Daha sonra gözetim, koruma, değerlendirme, dinamik ve statik süreçlerin anlaşılması için kullanılır.

Kitap yeryuvarını inceleyen ve gözetim altında tutulan bir bilimdir. Daha sonra gözetim, koruma, değerlendirme, dinamik ve statik süreçlerin anlaşılması için kullanılır. Kitap yeryuvarının dinamik ve statik süreçlerini inceleyen ve gözetim altında tutulan bir bilimdir. Daha sonra gözetim, koruma, değerlendirme, dinamik ve statik süreçlerin anlaşılması için kullanılır. Kitap yeryuvarının dinamik ve statik süreçlerini inceleyen ve gözetim altında tutulan bir bilimdir. Daha sonra gözetim, koruma, değerlendirme, dinamik ve statik süreçlerin anlaşılması için kullanılır.

Kitap yeryuvarını inceleyen ve gözetim altında tutulan bir bilimdir. Daha sonra gözetim, koruma, değerlendirme, dinamik ve statik süreçlerin anlaşılması için kullanılır. Kitap yeryuvarının dinamik ve statik süreçlerini inceleyen ve gözetim altında tutulan bir bilimdir. Daha sonra gözetim, koruma, değerlendirme, dinamik ve statik süreçlerin anlaşılması için kullanılır.