

**TÜRKİYE  
JEOLOJİ KURUMU  
BÜLTENİ**

**BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SOCIETY  
OF TURKEY**

**Cilt: XIII — Sayı: 2**

**Vol: XIII — No. : 2**

1970

# TÜRKİYE JEOLOJİ KURUMU

## BÜLTENİ

Bulletin of the Geological Society of Turkey

Eylül - 1970 - September

### İÇİNDEKİLER—CONTENTS

M. AYAN : Nükleer tekniğinin maden kaynaklarının prospeksiyon ve inkişafına tatbiki .....	3
F. BAYKAL, Y. TATAR : Erciyes volganizmasının yaşı hakkında yeni gözlemler ....	19
M. TAŞDEMİROĞLU : Türkiye kütle hareketleri .....	26
A. TABBAN : Türkiyenin sismisitesi ve deprem bölgeleri haritasının geliştirilmesi .....	36
M. AYAN : Fosfat yataklarının teşekkülü ve aranması.....	49
S. KAVLAÇOĞLU : Petrol aramalarında yeni bir büyüklük iletken sıvıyla ıslanmış dielektrik, tanecikler ortamında frekans efekt .....	83
İ. KETİN : Türkiyede önemli jeolojik aflörmanların korunması .....	90
O. ARDA : Dünyada rastlanan belli başlı Ultramafik ve Ultrabazik kayaç toplulukları ve bu topluluklar içinde Alpin tipinde olanların yeri ve problemleri .....	94

**TÜRKİYE JEOLojİ KURUMU**  
**(The Geological Society of Turkey)**



1970-1971 YILI YÖNETİM KURULU (Officers for 1970-1971)

Başkan (*President*)

Esat KIRATLIOĞLU

İkinci Başkan (*Vice President*)

A. Mesut ÇETİNÇELİK

Genel Sekreter (*General Secretary*)

Selçuk BAYRAKTAR

Muhasip Üye (*Treasurer Member*)

Güngör ÇAMLIYURT

Faal Üye (*Executive Member*)

Kaler SÜMERMAN

YAYIN KURULU (Editorial Committee)

Cemal ÖZTEMÜR

Sehavet MERSİNOĞLU

Kemal LOKMAN

Muammer ÇETİNÇELİK

DENETLEME KURULU (Controllers)

Yalçın HATUNOĞLU

Turhan AKLAN

Yılmaz DAĞDELEN

HAYSİYET DİVANI (Disciplinary Committee)

Cahide KIRAĞLI

Sırrı KIRAN

Özkan GÜMÜŞ



N. B. — Bütün muhaberat aşağıdaki adrese gönderilmelidir:

*All correspondence should be addressed to:*

Genel Sekreter (*The General Secretary*)

TÜRKİYE JEOLojİ KURUMU

Posta Kutusu No. 512

ANKARA

# NÜKLEER TEKNİĞİN MADEN KAYNAKLARININ PROSPEKSİYON VE İNKİŞAFINA TATBİKİ

**Mehmet AYAN**

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü,  
Ankara

**ÖZET.** — Bu yazıda, dünyadaki birçok ülkelerde nükleer teknikten faydalanılarak maden prospeksiyonunun nasıl ve hangi metodlarla yapıldığı kısaca gözden geçirilmekte ve bu tip operasyonlarda kullanılan özel cihazlardan da bahsedilmektedir.

**ABSTRACT.** — Nuclear techniques have been successfully utilized until recent times in Geiger and Scintillometers used in research for radioactive minerals and in also Neutron Gamma Logging method applied to the evaluation of oil deposits. In recent years, studies on applying nuclear techniques to every kind of mineral researchs have been intensified in many countries and new apparatus are developed. Many new methods are established in prospecting, research for and development of mineral deposits in chemical analysis, in are treatment and in research for oil and development. This article includes the methods which are used successfully and produced good results and also those apparatus both portable and stationary.

## **GİRİŞ**

Dünyadaki birçok memleketlerde nükleer teknikten istifadeyle bazı madenlerin prospeksiyonu yapılmakta ve bu gaye için bazı cihazlar kullanılmaktaydı. Bunların başında, Uranyum ve Toryum gibi radyoaktif madenler ile Zirkon, Monazit, Fosfat ve nadir toprak minerallerinin prospeksiyonunda kullanılan Geiger ve Scintillometer sayıcıları gelir. Ayrıca, petrol yataklarının evalüasyonunda Nötron Gamma Logging metodları kullanılmaktaydı. Fakat son yıllar araştırmacılar nükleer tekniğin maden prospeksiyonunda, maden sahalarının inkişaf ve değerlendirilmelerinde, cevher analiz ve tretmanında kullanılmasına imkân veren yeni metodlar ve cihazlar geliştirerek tatbikat sahasına geçilmiş ve olumlu sonuç-

lar alınmıştır. Bu son gelişmeleri bir arada izleme imkânını verebilmek için I.A.E.A. (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı) tarafından «5-9 Kasım 1968» tarihlerinde Arjantin'in Buenos Aires şehrinde bir Simpozyum tertibedilmiştir. Halen madencilikte bu teknikten edilen istifade aşağıdaki beş başlıca konuda toplanmıştır.

- I — Uranyum prospeksiyon ve aramaları;
- II — Maden Jeofiziği ve cevher tretmanı;
- III — Radyoizotop X - Ray Floresans tekniği;
- IV — Aktivasyon Analiz tekniği;
- V — Petrol Jeofiziği.

Bu konularda kullanılmakta olan metod ve cihazları ayrıntılı olarak görelim.

## I. URANYUM PROSPEKSİYONU

Genel olarak bütün dünyada yapılmakta olan Uranyum prospeksiyonunda 3 ana disiplinden istifade edilmektedir. Bunlar; Jeolojik, Jeofizik ve Jeoşimik metodlardır.

a) Jeolojik araştırmalar sonunda Uranyum yataklarının tipleri sınıflanmış ve her tip yatak için müsait ortam ve şartların tanınması için jeolojik kriterler tesbit edilmiştir.

Bunlardan istifade edilerek yapılan jeolojik çalışmalar sonucunda tesbit edilen favorable sahalarda Uranyum araştırmalarına geçilir.

b) Jeofizik tekniğinden Uranyum araştırmalarında şu metodlar kullanılarak istifade edilmektedir.

### **Direkt olarak :**

- 1 — Portable Geiger sayacı
- 2 — Portable scintillometer sayacı
- 3 — Yan portable gamma ray spectrometer
- 4 — Kuyu Ölçen radiometrik probe
- 5 — Uçakla scintillometer
- 6 — Uçakla gamma ray spectrometer

Bilhassa birçok strüktürel problemlerin açıklanmasında istifade edilmek üzere,

### **İndirekt olarak :**

1 — Uçakla magnetometer

2 — AFMAG

3— Sismik refraksiyon ve refleksiyon metodu

Bazı memleketlerde özel şartlarda bazı problemlerin açıklanmasında Induced - Potential, Self - Potential, Resistivity, Uçakla Elektromagnetometer ve Portable Isotop Fluorescence (P.I.F.) Analyser metodları da kullanılmıştır.

c) Jeoşimik metod, bundan önceki metodlara yardımcı olmak gayesiyle geliştirilmiştir.

Başlıca;

1 — Hidrojeoşimik prospeksiyon metodu;

2 — Stream sediment prospeksiyon metodu;

Radon prospeksiyon metodu

İlk ikisinde Kolorimetrik analitik (dibenzylmethane ile Uranyum reaksiyonu esasına dayanır) tekniğiyle daha hassas olan Fluorimetrik analiz tekniği tatbik edilir.

Radon gazıyla yapılan prospeksiyonda şişe içine toplanan gazda R 222 tayin edilir. 130 ml kadar gaz cidarı ZnS ile kaplı bir tübe boşaltılarak 4 dakika müddetle scintillometrik usulle sayılarak radyometrik olarak analiz edilir.

Yukarıda zikredilen jeofizik metodlardan Geiger ve Scintillometear sayaçları ve radiometrik sondaj probe'ları genellikle ilk plânda ve uzun zamandan beri bu alanda kullanılan bir tekniktir.

### **1 — Gamma Ray Spectrometer Tekniği :**

Gamma ray spectrometer'in Uranyum aramalarında kullanılması oldukça yeni olup, bazı ileri batı memleketlerinde son birkaç yıldan beri kullanılmakta ve geliştirilmektedir.

Bu metodun sağladığı en büyük avantaj; arazide radyoaktivitenin Uranyum, Toryum veya Potasyumdan geldiğini tesbit ederek numune alıp, homojenize edip, merkez lâboratuvarına gönderilip, analiz neticesini beklemeden arazide tenörünü öğrenmenin mümkün olmasıdır. Bu

metodla yapılan analizler kimyasal metodlara nazaran çok daha çabuk ve sıhhatli olup, 1 p.p.m. değerine kadar analiz yapılabilmektedir.

Gamma fay spectrometerinin prensibi şöyledir :

Uranyum ve Toryum serilerinin elemanları doğrudan doğruya gamma ışını neşretmezler fakat alfa beta ve gamma radyasyonlarını birlikte neşrederler. Bu bakımdan sıhhatli netice almak için serilerin en çok gamma ışını neşreden elemanları seçilir. Uranyum serisinde Gamma ışınlarının büyük bir kısmını neşreden Ra ( $Pb^{214}$ ) veya RaC ( $Bi^{214}$ ) seçilebilir. Gamma ışını spectrometerinde elementin tepe notkasını içine alan enerji aralığından (meselâ: RaC ( $Bi^{214}$ ) için tepe değeri 1.76 Mev dir) spektrumu çizilir. Bu spektrum muayyen faktörler ve enterferanslar göz önüne alınarak Standard Uranyum numunelerinin verdiği spektrumla karşılaştırılarak kantitatif analiz yapılır.

Toryum analizleri için da aynı yol takip edilir. Burada Toryum serisinin ThC<sup>11</sup> ( $Tl^{208}$ ) veya ThB ( $Bi^{212}$ ) eleman kullanılır.

Bu çalışma için temel cihazlar scintillation dedector ve gamma ray spectrometredir.

Scintillation dedector :

Nal (T.I.) scintillator, photomultiplier tube, proumplifier ve Lead Shield gibi parçalardan, Gamma Ray Spectrometre ise stabilized EHT ünit. Non bloching Lineer pulse amplifier, Differentiel pulse high analyser, ratemeter strip - chart potantiometric recorder, Low - voltage supply ve scaler gibi parça ve ünitelerden teşekkül ederler.

Gamma Ray spectrometresi önce uçakla havadan prospeksiyonda kullanılmaya başlanmıştır.

Kanada'da Geological Survey ile Atom Enerjisi Teşkilâtı müştereken memleketlerinin bazı bölgelerinde  $K^{40}$ ,  $B^{210}$ ,  $Te^{208}$  konsantrasyonunun haritasını çıkarmak ve Monitör olarak kullanılan elementlerle Potasyum, Uranyum ve Toryumun jeoşimik ilgisini bulabilmek için çift motorlu STOL tipinde bir uçağa gamma ray spectrometresi monte ederek uçuşlar yapmış ve faydalı sonuçlar alınmıştır.

Amerika'da uçak ve helikopterlere monte edilen gamma ray spectrometreler ile U, Th, K prospeksiyonunda kullanılmakta olduğu gibi

magnetometer ilâvesiyle kombine uçuş yapılmıştır. Bu cihazlar aynı zamanda fosfat, lateritik demir, aliminyum ve manganer aramalarında da uygulanabilmiştir.

Yakın zamanlarda Danimarka Atom Enerjisi Teşkilâtı tarafından arazide taşınabilen cinsten portatif bir gamma ray spectrometer geliştirilmiştir.

Görnland'ın güneyinde yapılan prospeksiyon çalışmalarında kullanılan bu spectrometer ile Ilimaussag Alkali intrüzyonunda yapılan çalışma ve aramalarla Uranyum (5000 ton) ve Th (12.500 ton) tesbit edilmiştir. Kvanefeld sahasında da önemli U. Th zuhurları bulunmuştur.

## 2 — Gamma Logging Tekniği :

Prospeksiyon neticesi tesbit edilen zuhurların değerlendirilmesi için tenör ve rezervin bilinmesi gerektiğinden sondaj ameliyesine gidilmektedir.

Sondaj sırasında karot alınmadan ilerleme maliyeti çok ucuzlattığından bu tip çalışmalarda numune alınmadığından kuyunun radyoaktivitesi ölçülerek geçilen cevherli kısımların kalınlık ve değerleri hakkında bilgi edinilir. Geiger tipi sayaçlara bağlı probe ile yapılan bu ölçmeler ile meydana gelen gamma log'una tesir eden birçok faktörler vardır.

Bunlardan casing tüpü tarafından absorbe edilen gamma radyasyonu edüt edilmiş ve tüpün yapıldığı metal alaşımı ile çeşitli çaptaki boruların cidar kalınlıkları yoğunluk ve yüzey yoğunluklarının tesiri ile koeffisientleri hesaplanmıştır.

Ayrıca cevheri ihtiva eden çevrenin litolojisi dokusu rutubetin ve kütle tesirinin meydana getirdiği yanıtıcı faktörlerin etkisini azaltmak için bir gamma GROSS COUNT PROBE geliştirilmiştir. Bunun kristal büyüklüğü cevher tenörüne göre değişerek kullanılır.

Meselâ; % 2 ile 05 arasında  $U_3O_8$  ihtiva eden yüksek tenörlü yataklarda probe kristal büyüklüğü  $3/4$  "X<sup>2</sup>", % 0,05 0,01  $U_3O_8$  arasındaki düşük tenörlü cevher yataklarında probe kristal büyüklüğü  $3/4$ "X<sup>4</sup>" olmakta ve ölçü neticeleri hakikate daha yakın ve sıhhatlidir.

Sondaj kuyularındaki Uranyum tenörünü ölçmek için Uranyumun denge halinde oluşu ve yoğunluğu nazarı itibare alınmadan içindeki (Bis-



mith 214) miktarı tayin edilerek selektif tabii, gamma ismiyle radyo-karotaj metodu geliştirilmektedir.

### **3 — İzolan içinde fisyon parçalarının kaydedilmesi metodunun Maden ve taşlardaki Uranyum ve Toryum dağılımının etüdünde kullanılması :**

Uranyum cevheri veya taş numunelerindeki mevcut Uranyumun radyometrik veya kimyasal analizleri numunedeki global olarak Uranyum miktarını vermektedir. Halen Uranyumun taşın neresinde konsantre olduğunu öğrenebilmek için nükleer fotoğraf plâkalarındaki emülsiyon için alfa şularının trajektuarlarını sayma metodu kullanılmaktadır. Bu metodun birçok mahsurları vardır: Radyoaktivitesi düşük olan taşlarda poz süresinin uzun olması, Uranyum ve Toryumun ayrılması zorunluğu ile bilhassa radioaktif denge halinde bulunup bulunmaması gibi. Bu sebeplerden dolayı yapılan ölçmeler hatalı olmaktadır.

Yeni teklif edilen metod Uranyum fisyonunda husule gelen fragmanların izolan bir ortama havi plân üzerinde tesbit ederek sayılması esasına dayanır.

Bunun için numune 200 mg miktarlar halinde Bayer firması tarafından imâl edilen Polycarbonate terkipteki makrofol denen bir madde üzerine konur ve 300 g/l 60 c lık NaOH ile 30 dakika müddetle atak yapılır. Irradiation bir araştırma reaktöründe veya bir nötron generator ile  $10^{12}$ n/cm<sup>2</sup>S akımda 70 dakika müddetle yapılır ve bilâhare fission fragmanları sayılarak daha önce hazırlanmış U yüzdesi bilinen numunelerden yapılmış etalon vasıtasıyla analiz yapılır.

### **4 — Dahili çevirimdeki X ışınlarının ölçülmesiyle sıvılarda Uranyum miktarının tayini :**

Bir çok hallerde sıvılar içinde az miktarda bulunan Uranyum miktarının sür'atle tayini gerekmektedir. Uranyum cevherinin konsantrasyonunda işleyen Uranyum madenlerinden çıkan suların tekrar kıymetlendirilmesinde rafinaj ve reaktörlerden çıkan suların devamlı olarak kontrollerinde buna lüzum vardır.

Dahili çevirimdeki X ışınlarının ölçülmesi metoduyla yapılan sıvı analizlerinde litrede 10 mg. Uranyum ve daha fazla olan miktarlar tayin edilmektedir. Ölçme işlemi 20 ml numune üzerinde 10 dakikada bitirilir.

Kullanılan cihazlar: Bir fotomultiplikator, berilyum pencere, NaI (tl) ince kristalli bir ölçü sondası ve bir preamplifikatörü havi sintallasyon tipi bir dedektör ile MAP 30, MSA 11, MİLİ 11, M6D 11, MHT 30 elemanlarından teşekkül edilen tek kanallı bir selektörden ibarettir. Numunelerden küçük plâstik krözelere konup kurşun odada ölçülür. Metod tabii sular ile maden ve sanayi tesislerdeki suların ihtiva ettikleri Uranyum miktarlarının süratle ölçülmesi bakımından çok faydalı ve pratiktir.

## II. MADEN JEOPİZİĞİ VE CEVHER TRETMANI

### 1 — Moisture gauge :

Arazide toprak ve diğer maddelerin nem muhtevası yoğunluğunu süratli, doğru ve yerinde ölçebilmek için nükleonik cihaz geliştirilmiştir. Nem, nötron geçleriyle yoğunluk ise gamma ışını transmisyonu veya geriye saçma geçleriyle ölçülür.

Ziraat, ormancılık, hidroloji, inşaat ve endüstri dallarında tatbik sahası bulan «Moisture Gauge» nem gayçleri bilhassa su tesviyesi, toprağın su depolama kapasitesi, evapotranspirasyon, topraktaki nem profillerinin ekinler üzerine tesiri, gübrelerin etkisi, bitkiler üzerinde toprak pekişmesi ve sulamanın etkisi, su hareketleri, sulama uygulamaları, bina, baraj yol ve hava alanları inşaatlarında pekişik temelin çukurlara doldurulan ramble, beton, çimento - stabilize, asfaltlamadaki ham maddelerin nem ve yoğunluk muhtevalarının ölçülmesinde, baton vibratörlerinin etkisini değerlendirme ve vibrasyon süresinin kontrolü gibi işlemlerde kullanılmaktadır.

Hafif portatif ve güvenilir bir alet olan bu geçler tecrübesi olmayan operatörler tarafından kullanılabilir kadar basittir.

### 2 — Portable Berilyum Prospeksiyon cihazı :

Berilyumun nükleer yakıtların hazırlanmasında zarf malzemesi olarak kullanılmaya başlanmasından sonra bu madene karşı olan alâka artmış ve prospeksiyonundan faydalanmak için yeni cihazları meydana getirilmiştir,

$9\text{ Be} (8\text{ n}) 8\text{ Be}$  reaksiyonu esasına göre çalışan portatif bir arazi ale-tinin geliştirilmesi berilyum aramaları için çok faydalı olmuştur. Bilâhare piyasada  $\text{He}^3$  ile doldurulmuş nötron dedektörlerinin bulunması ve küçültülmüş elektronik parçalar üzerindeki ilerleme bu tip cihazların arazi

üzerinde kullanılacak şekilde inkişaf ettirilmesine yardımcı olmuştur.

1965 yılında Danimarkalılar tarafından Grönland'da yapılacak berilyum prospeksiyonu için bir cihaz geliştirilmiştir. İlk cihaz nokta üretici kaynak olarak 100 m Ci 124 Sb ve 2 adet BF<sup>3</sup> nötron dedektör kullanılması esasına göre inkişaf ettirilmiştir.

Arazide 2000 den fazla yapılan ölçme ile elde edilen neticelerin müsbet oluşu kullanılan metodun uygunluğunu gösterir.

Aletin ağırlığının 40 kg. a yakın oluşu taşınması bakımından bir dezavantaj teşkil eder Yakın bir gelecekte daha hafif ve hassas cihazların geliştirileceği muhakkaktır.

### **3 — Gamma ışını geriye saçma tekniği ile maden kuyu ve sondajlarında cevher konsantrasyonunun tesbiti :**

Maden yataklarının değerlendirmesinde tenör ve rezervinin hesap edilmesi gerekmekte ve bu gaye için sondajlı aramalar yapılmaktadır.

Tenör ve cevherli zonların kalınlıklarını tesbit için sondajın karot olarak ilerlemesi ve alınan numunelerin kimyasal analize gönderilmesi gerekir. Bu işlem hem zaman almakta ve hem de sondajda karot olarak ilerleme daha pahalıya malolmaktadır.

Bu nedenle petrol ve kömür aramalarında uygulanan Density - Logging, diğer maden aramalarına da tatbik edilmiştir.

Avusturya'da (Bleiberger - Bergwerksunion) Çinko - Kurşun yatağında yapılan uygulamada gamma ışını geriye saçma tekniğinin sondaj kuyularında Çinko - Kurşun tenörlerinin ve kalınlıklarının ölçülmesinde faydalı neticeler verdiği görülmüştür.

Tekniğin esasını, sayaca bağlanan ve sondaj kuyusuna sarkıtılan probe teşkil eder.

Muhtelif denemeler sonuca kaynak olarak en iyi neticeyi 130 cm. uzunluktaki Cs<sup>137</sup> kullanıldığı probe vermiştir. Probe 14 cm uzunluktaki kurşun silindir içinde yuvarlanmış Cs<sup>137</sup> kaynağını 3/4 inç çapında NaI kristali, fotomultiplikator ve proamplifier ihtiva eder.

14 adet sondaj kuyusunda bu tip probe ile yapılan ölçülerde % 1-10 arasında çinko ve kurşun konsantrasyonları ile geçilen cevherli ve steril seviyeler hemen tesbit edilebilmiş ve bu tip ölçmelerin metalik maden

aramaları sırasında muvaffakiyetle kullanılacak maden jeologuna yardımcı olacağı ortaya konmuştur.

#### 4 — Cevher hazırlamada radyoizotop kullanılarak dinamik test yapılması :

Ekonomik olabilecek düşük tenörlü cevherlerin konsantrasyon edilmesi gerekmektedir. Genellikle bu tip cevherlerin kalitelerinin çok değişik olması ve bunların karakteristiklerini çeşitli parametrelerle belirtmek güç olduğundan muhtelif cevher tiplerinin karışımı üzerinde yapılan konsantrasyon ameliyesinde de çok miktarda reagent zayi olabilmektedir. Konsantrasyon edilecek cevher üzerine optimum verimi elde edebilmek için tatbik edilecek tekniğe göre matematik bir model hazırlanmakta ve laboratuvarlarda radyoizotoplarla yapılan denemeler sonunda en iyi şartlar tesbit edilerek formüle edilip sınai tesise tatbik edilir.

Bunun için iki önemli hususun tesbiti gerekir.

1 — Çeşitli tipteki flotasyon hücreleri içinde katı, sıvı ve gazların direnme zaman dağılımlarının ölçülmesi.

2 — Katı izleyicilerin kullanılmasıyla flotasyon şartlarında çalışan bir hücrenin dinamik durumunun karakterize edilmesi.

Bu gayelerle kullanılan izotopların sağlığa zarar vermeyen, yarı ömrü kısa ve çevrede kolayca tesbit edilebilmeleri çalışma ortamı içinde gamma ışını neşretmeleri tercih edilir. İzleyici kütle malzemeyle aynı tarzda davranış göstermelidir.

**Katı safhada;** izleyici olarak 10 gramlık numuneler bir reaktör veya nötron generatör ile irradiye edilir. Numuneler ortalama  $3 \times 10^3$  nötron  $\text{cm}^{-2} \text{san}^{-1}$  lik termik bir nötron akımında ORR - tipi bir reaktör (hidrolik safaril) içinde 3 saat irradiyona tabi tutulur ve bilâhare testlerde kullanılır.

**Sıvı safhada;** Yarı ömrü, 2,57 dakika olan ve kuvvetli neşredici olan  $\text{Ba}^{137}$  traseri seçilmiştir. Bu izotop J.R. Smit tarafından geliştirilen bir iyon değiştirici «COW» içinde tutulan  $\text{S}^{137}$  den ayrılarak hazırlanır.

Gaz safhasında; Bu safhada  $\text{Kr}^{85}$  kullanılır. Bu izleyici kolayca elde edilebilmekte ve kimyasal ataleti sebebiyle zararsız ve yarı ömrü kısadır.

Bu radyo izotop izleyicilerin laboratuvar çalışmalarında kullanılma-

sıyla hazırlanan modeller Endüstriyel teslislere tatbik edilerek optimum randıman alınması sağlanmaktadır.

### III. — RADYOİZOTOP X RAY FLUORESANS TEKNİĞİ

Dispersiv olmayan radyoizotop x ray flüoresans tekniği kısa zamanda maden prospeksiyon ve aramaları ile cevher konsantrasyonu ameliyelerinde başarıyla kullanılmakta ve faydalı olmaktadır.

X ışınları radyoizotop Flüoresans (XRF) metodunun, ana prensibi, aranan elementlerin izotop kaynaklarıyla K ve L yarım yörüngenin ekzite edilip X ışınlarının elde edilmesine bağlıdır. Bu ışınlar bir veya iki filtreden geçirilerek sintilasyon dedektörleriyle sayılır. Bu dedektörler propertinal counter sistemi ile birleştirilerek arazi çalışmalarında kullanılır.

Kaynak olarak çok miktarda Nuklid kullanılabilir. Böylece aranan elementte en yüksek enerjiyi elde edebilmek için rahat seçim yapabileme imkânı bulunur.

Meselâ; FeK X ışınlar serisi  $H^3/Zr$  kaynağı ile eksim edilmekte ve  $4X10^5$  Fotom/  $\beta$  istihsal edilip 2-12 KeV enerji vermektedir.

Dağılımı olmayan radyoizotop X ray fluoresan analizlerinde en önemli şey analizi istenen elemanın X ışını karakteristiğini verecek optimum eksitasyon için gerekli X ışını enerjisini doğru seçmek ve müsait diskriminatörlü dedektör sistemi ile radyasyonları tesbit etmek ve istenmeyen elementlerin radyasyonlarının karakteristiğini meydana çıkarmaktır.

Bu metod gamma ışınları saçmalı metodla kombine olarak arazide demir aramalarında kullanılabilir.

XRF metodla analiz, yapılan ölçmelerde elde edilen neticelerin aynı geometride kimyasal analizleri yapılmış numunelerle mukayesesi suretiyle yapılır.

XRF analiz tekniği : laboratuvarlarda sabit olarak, arazide yapılacak aramalarda portatif olarak, sondajlı aramalarda ise ilâve edilen sonda cihazı (Probe) sayesinde kuyu ölçmelerinde de kullanılmakta olup, analiz 1 - 3 dakika arasında yapılabilir.

XRF tekniğinin prospeksiyon ve madencilik konularına tatbiki şöyle sıralanır:

— Arazi üzerinde satih çalışmalarında :

Aranan elementin veya mineralin arazide konsantre olan yerlerinin tesbitinde ve bulunan yerlerde ekonomik ölçülerde olup olmadığının tahkikinde. Bu gibi hallerde prospeksiyonun yapıldığı sahrelerin tane iriliği ve heterojen oluşları muayyen miktarda yanılıcı tesir icra edebilir. Bu metodla yapılan demir, kalay, çinko ve kurşun aramalarında olumlu neticeler alınmıştır.

— Sondaj karotlarının tahlillerinde:

Sondaj karotlarının kimyasal analiz yoluyla değerlendirilmesi uzun zaman almaktadır. Karotlar üzerinde doğrudan doğruya yapılan ölçmelerle aranan elementin tenörü öğrenilmektedir. Cu, Fe, Pb, Zn, Sn tahlillerinde faydalanılmıştır.

— Sondaj kuyusu (Logging) ölçmelerinde :

Bir ilâve probe vasıtasıyla sondaj kuyusu içinde cevherli kısımları ve tenörlerini çok kısa zamanda öğrenmek mümkün olmaktadır.

Neticelerin sıhhatli olabilmesi için sondaj kuyusunun kuru ve muntazam olması gerekmektedir.

— Toprak ve sedimentlerde :

Toprak ve plaserlerde yapılacak araştırmalarda muvaffakiyetle uygulanmaktadır. Tayland'da bu metodla yapılan Kalay prospeksiyonunda 50 ppm kadar ölçüler yapılabılmıştır. Ve olumlu sonuçlar alınmıştır.

— Öğütülmüş olan taş numunelerinde :

Tane iriliği ve heterojenite mahsurları ortadan kalktığı için daha hassas netice elde edilmektedir.

— XRF tekniği ile titan, demir, nikel, bakır, çinko, kurşun, kalay, gümüş, tungsten ve altın tahlilleri muvaffakiyetle yapılabilmektedir.

— Cevher konsantrasyon tesislerinde konsantrelerin devamlı kontrollerinde.

— Çimento sanayiinde kalsiyum muhtevası ile alüminyum silis ve demir miktarlarının devamlı olarak ölçülmesinde.

— Blast materyellerin kullanılmasında CaO/SiO<sub>2</sub> oranlarının bulunmasında

— Kömürlerde ASH kontenin tesbitinde başarıyla kullanılmaktadır.

#### IV. AKTİVASYON ANALİZ TEKNİĞİ

Aktivasyon analiz, günümüzde analiz problemlerinde geniş çapta kullanılmakta olan son derece hassas ve spesifik basit bir analitik methodur. Bu method hassasiyetinden dolayı bilhassa elementsel mikroanaliz problemlerinde ve trace elementlerin analizlerinde çok kullanılmaktadır. Bunların yanında bu method kimyasal saflaştırma sahasında diğer analitik methodları kontrol ve yardımcı olarak uygulanmaktadır. Aktivasyon analiz birçok hallerde analizi yapılacak numunenin elementlerine kantitatif ayrışımını gerektirmediğinden analizlerin süratli yapılmasına imkân verdiği gibi reagentlerin empurite kontaminasyonlarından doğan hataları da ölçmüş olur.

Aktivasyon analiz methodunun prensibi şöyledir :

Analiz edilecek numune partiküllerle veya yüksek enerjili fotonlarla bombardıman edilmek suretiyle numune içindeki element veya elementler radyoaktif izotoplar haline dönüştürülür. Elde edilen herbir radyoizotop, neşrettiği karakteristik nükleer radyasyonunun ve yarı ömrünün incelenmeleriyle kantitatif olarak; hasıl olan radyoizotopların aktivitelerinin ölçülmesiyle de orijinal numunedeki ana izotop veya elementler kantitatif olarak tayin edilir.

Cihazlar:

Nötron jeneratörü ( $10^8$ n/S akılı)

100 - 400 kanallı spektrometer

Dedektörler

Monitörler.

Aktivasyon tekniğinin tatbik edildiği yerlerin başlıcaları şunlardır.

- Jeoşimik araştırmalarda
- Tras elementlerin analiz ve aramalarında
- Sulardaki zararlı maddelerin tesbitinde
- Jeolojik formasyonların karakteristiklerinin tesbiti ve korelasyonunda
- Prospeksiyonu yapılan elementin kontur haritasının çıkarılmasında
- Deniz dibindeki sedimentlerin incelenmesi ve deniz dibi jeolojisinde
- Zirkonium da hafniyum tesbitinde
- Cevher konsantrasyonu ameliyelerinde istihsalin ve prosesüsün

devamlı kontrollerinde kullanılmaktadır.

Analizler çok küçük miktarlar üzerinden yapılmakta olup, günde 200 numune analiz edilebilmekte ve bir numune tahlili 10.— TL malolmaktadır.

Metodun hassasiyeti çok fazla olup, suda U ve Th analizlerinde 0,01 p.p.m. element analizlerinde 0,01 p.p.m. maden analizlerinde % 0,01, zikronlu kumlarda hafnium tesbitinde 30 p.p.m. kadar, taş numuneleri korelasyonunda 1-100 p.p.m. minerallerin determinasyonunda 0,1 - 1000 p.p.m.

Bu cihazlar genellikle laboratuvarlarda kullanılmakta ise de Kanada Atom Enerjisi tarafından otomobil ve uçaklara yerleştirilerek arazide direkt olarak aramalarda kullanılmıştır.

Bu aletin mahzurlu tarafı Cobalt ve berilyum kaynaklarının pahalı oluşu ve senede 3-4 defa değiştirilmesi gerektiği hususudur.

## **V. PETROL JEOFİZİĞİ**

Nükleer teknik petrol ve tabii gaz rezervuarlarının prospeksiyon ve developmanında çeşitli problemlerin hallinde muvaffakiyetle tatbik edilmektedir. Başlıca aşağıdaki gayelerde kuyu ölçmeleri yapılarak kullanılmaktadır.

1 — Verimli zonun hesabedilmesinde:

Petrol ihtiva eden formasyonların jeolojik karakterlerinin (şeyl ve dolomit miktarları) tayin için Konvansiyonel Nötron Logging, Nötron Induced - Nötron Logging, Nötron Induced - Gamma Logging, Scattered Gamma Radyasyon Logging, Compensated Gamma - Gamma Logging metodları kullanılır.

2 — Formasyonun litolojisinin tayininde şu metodlar kullanılır:

Naturel Gamma Ray Logging, spektral Diskriminasyon ile Naturel Radyoaktif — Logging, çeşitli numunelerin radyoaktivitelerinin ve spektral analizlerinin yapılması, Densite Nötron Induced - Nötron - Transit Time, Nötron Aktivasyon.

3 — Petrolün niteliklerinin ve akışkanın kontak yüzeyini tesbit için :

Klorin dedeksiyon, Nötron dedektör pulse kaynak, Nötron Life time Log, su numunelerinin Radyometrik analizleri, Petrol ve su fazlarında seçilmiş Radyoaktif izleyici metodları kullanılır.



#### 4 — Rezervuarın değerlendirilmesinde ve işletilmesinde :

Permeabl ve porü formasyonların tesbiti, kırıkların içindeki hidrolik durumun tayini ve aynı formasyonların civara yayılmasının kontrolünde bu metodlar kombine olarak tatbik edilmektedir.

#### **NETİCE :**

Nükleer tekniğin yalnız radyoaktif madenlerin aranmasında değil bütün metalik madenlerle petrol araştırmalarında kullanıldığı ve tatbik edilebileceği hususu yapılan çalışmalar neticesinde ortaya konmuştur.

Uranyum ve Toryum aramalarında bilinen klasik aletler meyanında gamma ray spektrometreleri önemli bir yer tutmaktadır ve büyük gelişmeler göstermiştir. Bu cihazın portabl olanları bir çok memleketler tarafından arazi çalışmalarında kullanılmaktadır. Ayrıca sonda (probe) aletinin akkuple edilmesiyle de sondaj kuyusu ölçmelerini de yerinde yapma imkânı vardır.

Bu spektrometrelerin arazi tipi olarak geliştirilmiş şeklinin yakında ticari yönden yapılarak piyasaya çıkacağı ve prospeksiyon çalışmalarında önemli bir yer alacağı muhakkaktır.

Solüsyonlarda Uranyum dozajının tesbiti metodu bilhassa hidrojeoşimik prospeksiyon ve sınai tesislerdeki artık suların ve tretman sırasında sıvıların devamlı kontrolleri için çok faydalı olacaktır.

XRF tekniğin de gelişmiş ve pertabl arazi cihazı yapılmıştır. Ticarî imalâtına başlandığı takdirde hertürlü madenlerin prospeksiyonunda faydalı olabilir.

Nötron aktivasyon tekniği ile en hassas analizleri kısa zamanda yapmak mümkün olabilecektir. Bu metod başlıbaşına bir analiz Laboratuvarı mahiyetinde görünmektedir.

Bütün burada görülen yenilikler meyanında Fransızlar havalı sığ sondajların çok ucuza malolması nedeniyle bunu sondajla prospeksiyon şekline getirmişlerdir. Bu usulde kuyu yıkanıp fotoğrafı çekilmekte, formasyon ve litoloji tesbit edilmektedirler. Amerika'da bir firma bu iş için özel bir kamera imâl etmiştir.

#### **BİBLİYOGRAFYA**

1 —J.A.S. Adams : Total and spectrometric gamma-ray surveys from helicop ters and vehicles. Presented in the «proceedings of the symposium on the use of nuclear techniques in the prospecting and

- development of mineral resources» No : SM-112/10
- 2 — R. Bourseau, P. Fabre et E. Zini : Dosage de l'uranium en solution par la mesure du rayonnement X de conversion interne No : SM 112/17
  - 3 — L. Blaga: Mesure de la distribution isotopique dans revaluation des gisements Pétrolifères No: SM-112/27
  - 4 — P. G. Burkhalter : Radioisotopic X-ray analytical techniques for gold and silver ores No: SM-112/18
  - 5 — J. F. Cameron : Nucleonic soil density and moisture gauges No : SM-112/18
  - 5 — J. F. Cameron : Nucleonic soil density and moisture gauges No : SM-112/6
  - 6 — R. L. Caldwell, W. R. Mills and W. W. Givens : Advances in nuclear geophysical methods in oil geology and rock analysis No: SM 112/25
  - 7 — C. G. Clayton : Applications of radioisotope X-ray fluorescence analysis in geological assay, mining and mineral processing No : SM-112/20
  - 8 — J. A. Czubek et P. Dumesnil : Radiocarottage gamma naturel sélectif No: SM-112/16
  - 9 — J. A. Czubek: Neutron methods in geophysics No: SM-112/5
  - 10 — A. G. Dandey, Q. Bristow and D. K. Donhoffer : Airborne gamma-ray
  - 11 — D. K. Donhoffer: Determination of ore concentration in exploration holes by the gamma-ray backscattering technique No: SM-112/2
  - 12 — K. E. Duftschmid : A versatile field instrument for X-ray fluorescence analysis No: SM112/21
  - 13 — B. Dziunikowski and J. Niewodnicanski : Field determination of iron using X-ray fluorescence and gamma-ray scattering No : SM-112/22
  - 14 — R. S. Foote : Improvement in airborne gamma-radiation data analyses for anomalous radiation by removal of environmental and pedologic radiation changes No: SM-112/13
  - 15 — R. P. King, E. T. Woodburn, R. P. Colborn, R. Edwards and W. E. Smith: Dynamic testing of mineral processing equipment using

radioisotopes No: SM-112/34

- 16 — L. Lövborg, H. Kunzendorf and J. Hansen : Portable beryllium prospecting instrument with large sensitive area No: SM-112/4
- 17 — L. Lövborg, H. Kunzendorf and J. Hansen : Use of field gamma-spectrometry in the exploration of uranium and thorium deposits in South Greenland No: SM. 112/14
- 18 — P. L. Olgaard : Use of theoretical models for neutron moisture gauge calibration and desing No: SM-112/1
- 19 — G. Peteu : Nuclear techniques currently used in oil field exploitation No: SM-112/24
- 28 — A. Pradzynski : Photo-nuclear and fast neutron activation analysis of copper in copper ores and flotation products No: SM-112/29
- 21 — J. R. Rhodes, T. Furuta and P.F. Berry : A radioisotope X-ray fluorescence drill hole probe No : SM-112/23
- 22 — G. G. Santos, L. E. Fite, W. E. Kuykendall, R. E. Wainerdi, A. H. Rouma and W. R. Bryant : Preliminary study on the use of fast-neutron activation analysis on seas floor compositional mapping No : SM-112/30
- 23 — Silvia Sircana et G. Gloria : Utilisation de la méthode d'enregistrement des fragments de fission dans les isolants pour l'étude de la répartition de l'U et du Th dans les roches et dans les minéralisations No : SM h 112/19
- 24 — R. E. Wainerdi, E. A. Uken, G. G. Santos and H. P. Yule : Neutron activation analysis and high resolution gamma-ray spectrometry applied to areal elemental distribution studies No : SM -112/32
- 25 — J. W. Winchester and J. A. Catoggio : Application of neutron activation analysis to geochemical studies of mineral resources No : SM-112/28



# ERCIYES VOLKANİZMASININ YAŞI HAKKINDA YENİ GÖZLEMLER

**Fuat BAYKAL**

İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeoloji Enstitüsü, İstanbul

**Yusuf TATAR**

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Trabzon

## ÖZET :

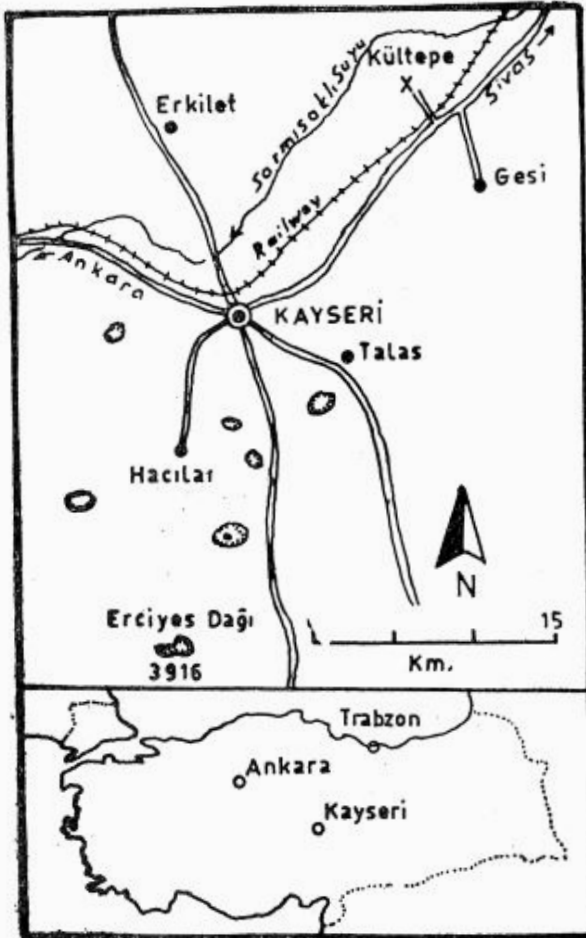
Kayseri'nin 15 km. kadar kuzeydoğusundaki Kültepe'de (eski Kaniş), arkeolojik kazılar sırasında çıkan alüvyon içinde sünger taşı dokulu, karışık tüf bileşimli (genellikle kırıklı fenokristler ve kriptokristallin-camsı hamurdan yapılı) açık renkli volkanik cüruf lar görülmüştür Bu tür bir cüruf nümunesi içinde seramik parçaları bulunmuş ve böylece Erciyes volkanizmasının tarihi devirlerde de faaliyet gösterdiği kesinlikle isbatlanmıştır

## GİRİŞ

Anatolid ve Torid kuşakları sınırında, Orta Anadolu'nun en yüksek volkan konisi olan Erciyes Dağının (3916 m.) bünyesinde esas itibariyle andesit lav ve cürufları, daha az olarak da bazaltlar yer alır. Erciyesin etrafında 100 km kadar uzaklara yayılmış olan ve Neojen gölleri içinde, Neojen sedimentleriyle birlikte çökelmiş bulunan tüfler vardır. Bunlar çoğunlukla açık renkli asidik tüflerdir ve içlerinde Ponsiense temsil eden H i p p a r i o n gracile kemik ve dişleri bulunmuştur. Romalılara ait bazı madeni paraların üzerinde Erciyesin aktif halde resmedildiği (Kayseri Müzesi) ve Erciyes'ten ateş ve duman püskürdüğüne dair Strabo'nun tasvirleri bilinmektedir. (J. Westerwald 1956, İ. Ketin 1963). Buna göre Erciyes volkanizması Ponsiense başlamış ve Kuaternerde de devam etmiş olmalıdır. Sonuncu deliller Erciyesin tarihi devirlerde de aktif halde bulunduğunu gösteriyorsa da, bunu kesinlikle isbatlamağa yeterli değildirler.

Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Bölümü öğrencileri için tertiplediğimiz gezi (F. B.) Kayseri'nin 15 km kadar kuzeydoğusunda bulunan Kültepe'ye (eski Kaniş) de uğramak mümkün olmuştur.

Coğrafi konumu şekil 1 üzerinde görülen Kültepe, morfolojik bakımdan geniş Kayseri düzlüğü üzerinde, takriben 1 km<sup>2</sup> alanlı ve 20-30 m. yükseklikte, tablo şeklinde bir tepedir. Burada volkanik küllerle karışık alüvyon altından, kazılarla ortaya çıkarılan ve kısmen Hititlere kısmen de Romalılara ait olduğu söylenen harabeler mevcuttur. Kazı materyelleriyle beraber bulunan, açık renkli volkanik cürüfların içinde bazı seramik parçalarının varlığı görülmüştür. (Y. T.). Bu cüruf ve sera-



Şk. 1. Kültepe'nin coğrafi konumu

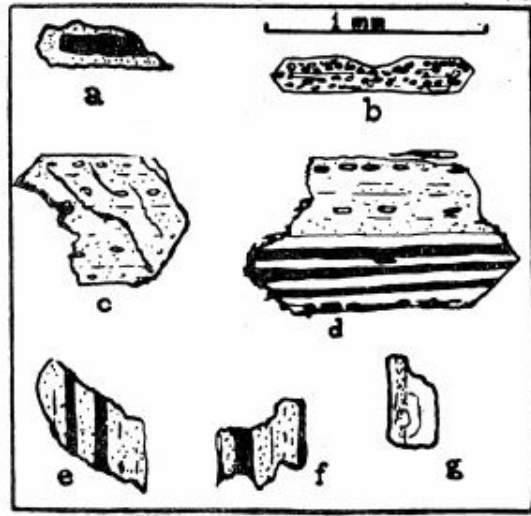
mik paraçaları laboratuvarında her iki yazar tarafından kısaca incelenerek aşağıdaki not hazırlanmıştır. İlerde arkeolojik etüdlerden de faydalanmak suretiyle, daha ayrıntılı bir çalışma hazırlanması düşünülmektedir.

### **İçinde Seramik Parçaları Bulunan Volkanik Cüruf Nümunesi**

Söz konusu nümune sünger taşı dokulu bir «karışık» tuf nümunesidir ve kazıdan çıkan alüvyon yığınları arasında bulunmuştur. Mat sarı renkte ve tamamen gözeneklidir; normal sünger taşma kıyasla daha ağırdır. Gözenekler herhangi bir yönleşme göstermezler, şekilsizdirler ve tuf içinde aşağı yukarı homojen olarak dağılmışlardır. Büyüklükleri ortalama 1-2 mm çapındadır. Tufün bazı kısımları obsidiyan siyahıdır, içinde en fazla 1 mm büyüklüğünde, beyaz ve saydam feldspat kristalleri ve nadiren de küçük siyah mineraller (kısmen magnetit-hematit, kısmen piroksen) görülür. Tüfte bunlardan başka koyu kahverengi, tuğla kırmızısı, 1-5 mm büyüklüğünde yabancı parçalar da bulunmaktadır Chapuit (1936), Erciyesin açık renkli tüflerinin riyolitik bileşimli olduğunu belirtmektedir.

**Mikroskopik inceleme**, tufün yabancı parçalar haricinde iki kısımdan yapıldığını göstermiştir. 1. Hamur kısmı (matriks) 2. fenokristler (plajioklas, kuvars, nadiren piroksen ve Fe-mineralleri). Matriks; kriptokristalin camsıdır. Bazı gözenek veya büyük kristallerin kenarlarında, matriksten türemiş, çok küçük, iğne şeklinde, mikroskopla tayini yapılamayan kristaller görülür. Matriks hacim bakımından kayacın 95 % ini (gözenekler hariç) teşkil eder.

**Plajioklas**; en fazla 1 mm büyüklüğünde, nadiren idiomorf, daha çok hipidiomorf veya ksenomorf kristaller; daha doğrusu genellikle kristal kırıkları meydana getirir. Albit ve kısmen de Karlsbad ikizleri gösterir. İkizlenme levhalarına paralel olarak dizilmiş, çoğu kahverengimsi volkanik camdan ibaret olan inklüzyonlar vardır. Sönme açısı değerlerine göre plajioklas entermediyer (andesin) bileşimlidir. Matriks, plajioklasları kenarlarından az veya çok resorpsiyona uğratmıştır. Tamamen bozulmuş kristallere de rastlanır. Bir yerde idiomorf bir plajioklas çubuğunun tamamen değiştiği ve içinin çok küçük taneli magnetit ve (hematit) dolduğu görülmüştür. (Şk. 2/b). İkizlenmeden başka zonlu yapı ve piroklastik çatlaklar da mevcuttur (Şk. 2, c).



Şk. 2. Volkanik cüruf içinde plajioklas fenokristleri. a) Tamamen bozulmuş zonlu plajioklas, b) Tamamen değişmiş ve içi magnetit (kısmen hematit) kristalcikleriyle dolmuş, idiomorf plajioklas, c) Oriente volkanik cam inklüzyonları ve piroklastik çatlakları bulunan plaj. d) Hem albit hem Karlsbad ikizlenmesi gösteren ve içinde volkanik cam inklüzyonları bulunan idiomorf plaj.,e) ve f) Matriks tarafından kenarlarından resorbe edilmiş plajioklas kırıkları, g) Taze, zonlu plajioklas.

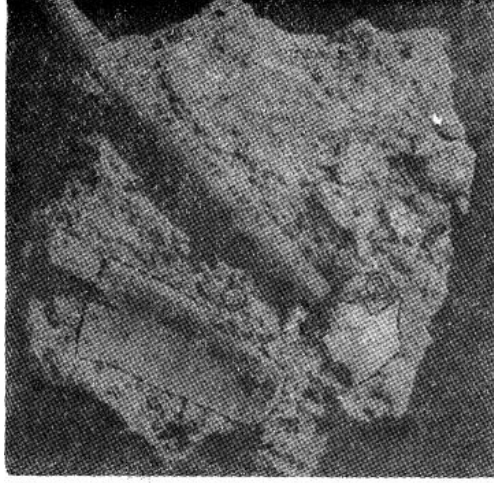
**Kuvars;** plajioklasa nazaran daha az bulunur. Oval bademler içinde dolgu, veya matriks içinde ksenomorf kristaller halindedir. Kenarlarında korrozyon olayları görülür. Bazı yuvarlağımsı kuvars toplulukları kendi içlerinde mozaik dokusu gösterirler ve eski kayalardan gelme parçalar olduğu hissini verirler.

Nadir olarak görülen piroksen kristalleri **diopsid** olarak tayin edilmişlerdir.

### Volkanik Cüruf İçindeki Seramik Parçaları

Şekil 3 ve 4 de görüldüğü gibi numune içinde iki parça seramik kırıntısı mevcuttur. Bunlardan büyük parçanın (Şk. 4-1) konkav, küçüğün ise konveks yüzü dışarı yönlüdür. Tüf çok kaba ve pürüzlü olduğu

halde, tüfle büyük parça arasındaki yüzey düzgündür. Her iki parçanın da yüzeyleri sırlanmış gibi sert ve pürüzsüzdür. Sadece büyük parçanın üst kenarı orijinal durumda, diğer kenarlar ise kırıktır. Büyük parçanın



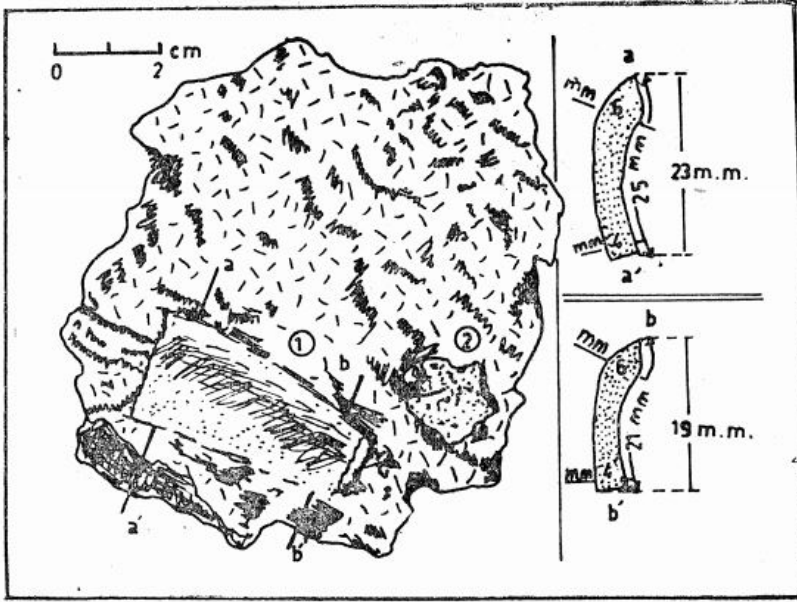
**Şk. 3. Volkanik cüruf içinde  
seramik parçalarını gösteren fotoğraf**

kalınlığı üst kenarın şişkin kısmında 6, alt kenarda 4 mm. dir. Seramik parçasının şekil ve kenarı, bunun küçük bir tas veya başka bir kaba ait olduğunu hatırlatmaktadır. Küçük parçanın kalınlığı ise 9 mm. dir. Sonuncunun cüruf dışında kalan kısmı koparılarak incekesit yapılmış ve kullanılmıştır. Her iki parça da renk ve materyel bakımından açık renkli tufün aynısıdır, dokuları ise farklıdır. Seramik parçalarının gözenekleri tufünkinden çok daha küçüktür; seramiklerin gözenekleri ancak bir büyüteç yardımıyla farkedilmekte ve bunlar parçaların yüzeylerine paralel olarak sıralanma göstermektedirler. Mikroskop altında, kırıklı plajioklas kristallerinin de, seramik parçaları içinde daha küçük boyutlu olduğu görülmüştür. Bu plajioklasların özellikleri de tuf içindekilerden farksızdır. Böylece söz konusu seramik parçalarının daha yaşlıca tuf materyalinden yapılmış olduğu anlaşılmıştır. Cürufun yukarıda anlatılan mineralojik bileşimi ve dokusu ise, bunun bir volkanik cüruf olduğunda şüphe bırakmamaktadır.

Kültepe'de bu açık renkli cüruf parçalarını birbirine yapıştıran, daha genç, koyu gri renkli, bazaltik, poröz lavların da varlığı gö-



rülmüştür. Bu lavların üzerinde bulunan bazı gastropod ve lamellibrans kavkı izleri ise, lavların bir göl içine aktığının delilidir.



Şk. 4. Önceki fotoğrafa göre çizilmiş eskiz.  
Burada ölçüler ve yan kesitler yardımıyla,  
1 no. lu parçanın şekil daha iyi ortaya  
çıkılmaktadır.

#### Netice

İnsan eliyle yapılmış seramik parçalarının, mineralojik bileşim ve dokusuna göre şüphesiz volkanik olan cüruf içinde Ksenolit olarak bulunması, Erciyes volkanizmasının tarihi devirlerde de faal olduğunu göstermektedir. İlerde arkeolojik çalışmalardan faydalanılarak seramik parçalarının yaşı tam tesbit edilebilirse, volkanik cürufun teşekkül ettiği devir, daha da hakikate yaklaşık olarak öğrenilecektir.

## B İ B L İ O G R A F Y A

- BURRI, C. & TATAR, Y. & WEIBEL, M. (1967) : Zur Kenntnis der jungen Vulkanite der Halbinsel Bodrum (SW-Türkei). Schw. Min. Petr. Mitt. 47/2.
- CHAPUIT, E. (1936) : Voyages d'Etudes géologiques et géomorphogéniques en Turquie. Mémoires de l'Institut Français d'Archéologie d'Istanbul.
- KETİN, İ. (1963) : Explanation to the geological map of Turkey. 1.500.000. Sheet Kayseri, M.T.A. Ankara.
- PICHLER, H. & ZEIL, W. (1969) : Die quartäre «Andesit» - Formation in der Hochkordillere Nord - Chiles. Geol. Rundsch. 58/3.
- RITTMANN, A. (1960) : Vulkane und ihre Tätigkeit. Ferdinand Enke, Stuttgart.
- STRECKEISEN, A. (1967): Classification and nomenclature of igneous rocks N. Jb. Miner. Abh. 107/2.
- WESTERVELD, J. (1956) : Phases of neogene and quaternary volcanism in Asia Minor. Congr. Geol. Intern XXa Session, Mexico.



# TÜRKİYEDE KÜTLE HAREKETLERİ

**Mehmet TAŞDEMİROĞLU**

İmar ve İskân Bakanlığı, Ankara

## GİRİŞ

Yeryüzü şeklini değiştiren doğal olaylardan bir kısmında kütle hareketleridir. Çeşitli nedenlerden dolayı geniş veya dar bir arazi parçasının hissedilir bir şekilde yer değiştirmesine kütle hareketi denir. Bunuda serbest yüzeyle ve serbest yüzeysiz olmak üzere iki türlü tanımlamak mümkündür. Bunlarda heyelan, akma ve kaya düşmesi gibi hareketlerdir.

Heyelan, jeolojide aşınmanın bir basamağı olup aşınan ve ayrılan malzemelerin gravite etkisi ile şekil ve yer değiştirmesidir. Yer değiştirme her zaman hareket haline geçmiş olan kütlenin daha düşük bir potansiel enerjiye sahip olmasıyla sonuçlanır. Diğer serbest yüzeyle bir hareket de akmadır. Akma su muhtevasının Likit limiti aşması veya su muhtevasının az artarak plastik limiti aşması ile olur. Kaya düşmelerinde belirli bir hareket yolu yoktur, yerinden kopan ve hareket haline geçen kaya kitlesi topoğrafyanın elverdiği oranda mevcut potansiel enerjisinin kinetik enerjiye çevrilmesiyle bir hız kazanarak düşmesidir.

Her üç harekette sökülme bölgesi, hareket yolu ve yığılma yerine sahiptir. Bu hareketlerin olduğu her yerde tabiatın şekli bozulduğu gibi insan eliyle yapılmış yapılarda tahrip olmaktadır. Ekonomik yönden büyük zararlar yapmaktadır.

Tek veya toplu yerleşme alanları, tarımsal ve orman bölgeleri, tünel, taş ocağı, madenocağı, kanal, su, baraj, karayolu, demiryolu gibi yerleri tahrip eder.

Türkiyede 182 yerleşme alanında heyelandan 4557 konut ve 12 kaya düşmesinde de 258 konut yıkılmıştır. Ayrıca 1055 heyelanda 45617 konutun da muhtemel afete maruz kaldığı tesbit edilmiştir.

Görülüyorki kütle hareketleri gibi doğal olaylar yer yüzünde durmadan tabiatı ve sonradan yapılan yapıları tahrip etmeye devam etmektedir. Bu durumlar gözönünde tutularak Türkiyede kütle hareketlerinin nedenleri üzerinde durulacaktır.

Meydana gelen heyelan ve kaya düşmelerinin dağılış durumunu anlamak için 1600 heyelan ile 200 kaya düşmesi incelenmeye tabi tutulmuş ve bir Türkiye haritasına işlenmiştir. Şunu belirtmek icabederki kütle hareketlerini meydana getiren nedenler çok çeşitlidir. Fakat, bu nedenlerin en önemlileri aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

— Şev ve yamaç eteklerinde yapılan kazı veya sular tarafından aşındırmalar,

- Dolgu veya birikinti yamacın aşırı derecede yüklenmesi,
- Yeraltı ve yerüstü sularının etkileri,
- Klimatolojik etkiler,
- Kayaçların aşınması,
- Bitki örtüsünün değişmesi,
- Sismotektonik ilişkiler,
- Jeolojik formasyonların ilişkisi,
- Orohidrografik ilişkiler.

Heyelanlarda bu nedenlerin çoğu birlikte rol oynamaktadır. İlk görünüşte bunları ayırmak güçtür. Ancak bunlardan bir veya bir kaç son etken olarak gözükmektedir.

#### **Şev ve yamaç eteklerinde yapılan kazı veya sular tarafından aşınmalar :**

Şev ve yamaç eteklerinde yapılan bazı kazılarda stabilite bozulmakta ve heyelan olmaktadır. Bu gibi olaylar özellikle Demiryolu, karayolu güzergâhlarında ve bazı yapılarda görülmektedir.

Akar ve yağmur suları tarafından şev ve yamaç eteklerinin aşınması ve eğimin artması nedeniyle genellikle kohezyonu zayıf formasyonlarda olan heyelanlardır.

#### **Dolgu ve birikinti yamacın aşırı derecede yüklenmesi :**

Eğimli dolgu ve birikinti malzeme aşırı derece yüklendiği zaman eğim dengesi bozulduğu andan itibaren heyelan hazırlığa geçer. Bu tip

heyelanlar memleketimizde genellikle yapı zeminlerinde görülmektedir. Bunlar yaygın olmayan heyelanlar olup tabiattan veya insan eliyle yapılan yapılardan meydana gelen statik ve dinamik yüklerle ilgilidir.

#### **Yeraltı ve yerüstü sularının etkileri :**

Su hemen bütün heyelanlarda eksik olmayan bir etkidir. Kar ve yağmur suları yeraltı suyu seviyesinin değişmesine dolayısıyla boşluk suyu basıncının artmasına ve içsel sürtünmenin azalmasına etken olmaktadır. Bundan dolayı büyük heyelanlar genellikle şiddetli yağışlardan sonra meydana gelmektedir.

Ayrıca su, formasyonların Birim Hacım Ağırlığını çoğaltır ve ince taneli kumlu zeminlerde kohezyonu sağlayan yüzeyse gerilim azalır. Yüzeysel suları çatlak ve yarıklardan derinlere nüfuz ederek formasyonların yüzeyden aşağıya doğru başkalaşmasına sebep olur. Aynı zamanda gözenek ve boşlukların artmasını sağlar. Su zeminde bulunan eriyici maddeleride eritir. Bu suretle kaymalara yardım eder.

#### **Klimatolojik etkiler :**

Türkiyede üç ana iklim tipi ayırt etmek mümkündür. Akdeniz, Karadeniz ve iç kısımların az veya çok şiddetli kara iklimidir. Küzey ve Güneydeki yüksek kenardağların yağış dağılışı ile sıcaklık derecesi üzerinde etkisi vardır. Dağlık bölgeler çevrelerine oranla daha fazla yağmur alır. Dağların denize bakan yamaçları çok yağışlı olduğu halde, içeriye bakan yamaçlar daha az yağışlıdır. İç kısımlar ise en az yağışlı olan bölgelerdir. Yağış, kuraklık, don, ısı gibi çeşitli etkenler kayaların ayrışmasını ve taşınmasını sağlarlar. Bu etkenler heyelana elverişli olan depozitlerin artmasını temin eder. Klimatolojik etkiler heyelanlarda, özellikle uyuyan heyelanlarda tutucu görevi olan bitki örtüsünün yayılışına tesir eder. İç Anadolunun kenarlarındaki kaya düşmelerinde klimatolojik etkiler önemlidir. İklim koşullarının hakim olduğu heyelanlar daha çok doğu Anadolu bölgesindedir. Mevsim şartları heyelanlara etkindir.

#### **Kayaçların aşınması :**

Yeryüzünü meydana getiren kayaçlar aralıksız olarak aşınmaktadır. Aşınma fiziksel, kimyasal ayrışma ile hazırlanır. Bunu taşınma ve sonra depolanma izler. Bu koşullar altında meydana gelen ufalanmış oluşum

ya bizzat ayrıştığı kayaç üzerinde depolanır veyahutta taşınma suretiyle çeşitli yerlerde birikir. Ayrışmış taşınan veya taşınmayan malzeme çok çeşitli etkenler altında heyelan yapmaktadır. Türkiyede pelitik kayaçlar hariç heyelanların çoğu bu tip oluşumlarda meydana gelmektedir. Her tarafta yaygın durumdadır.

#### **Bitki örtüsünün değişmesi :**

Kayma hareketlerinin nedenlerinden biride mevcut ağaç ve bitki örtüsünün tahribidir. Bu Türkiye için oldukça duygulu bir konudur. Eğimi bol olan bir ülkenin orman ve bitki örtüsünü yok etmek o ülkenin erozyon ve kütle hareketlerine terkedilmesi demektir. Orman için en elverişli yerler yamaç örtüsü ile kaplı ve gözenekli kayaçlardır. Bu gibi formasyonlarda heyelana müsaittir. Ormanlık bölgelerde kaymaların sık görüldüğü bir gerçektir. Bunada sebep orman kıyımıdır. Ağaçsız yerlerde olan kaymalar civarındaki ağaçları da yıkmakta ve kurutmaktadır. Esasında ağaç heyelanı önleme usullerinden biridir. Toprak yüzünü kurutur ve kökleri toprağı tesbit eder. Batı ve orta Anadoluda yaygın ve heyelana çok müsait bir formasyon olan karasal Neojen üzerinde orman kalmamıştır. Ancak yer yer noktalar halinde serpintiler vardır. Bunun yanında bitki örtüsü de oldukça zayıflamış hatta bazı yerler çıplaklaşmıştır. Karadeniz kıyı dağlarının Kuzeye bakan versanları bol yağışlı olduğundan zengin bir orman ve bitki örtüsüne sahiptir. Bundan dolayı heyelanlı yerler çok azdır. Ancak Rize, Trabzon arasındaki bölgede bulunan heyelanlı alanlar ormandan yoksun yerlerdir.

#### **Sismo Tektonik ilişkiler :**

Türkiyenin Dünya deprem kuşaklarından biri üstünde olduğu bilinen bir gerçektir. Bu bakımdan sık sık depremler olmaktadır. Episantr haritasıyla heyelan dağılım haritası karşılaştırıldığı vakit büyük bir uygunluk görülmektedir.

Kuzey Anadolu fay kuşağı üzerinde sık heyelan alanları göze çarpmaktadır. Kuzey Anadolu fay kuşağı Yenice, Sapanca, Bolu, Çerkeş, Havza, Erbaa, Zara, Erzincan ve Varto kesimlerindedir. Diğer bir sismik bölgede Antakya, Maraş, Malatya Bingölden kuzeydeki sismik kuşağa kavuşmakta ve Kuzey Doğuya doğru geçmektedir. Heyelan dağılımıda bu duruma uymaktadır. Kuzey Anadolu fay kuşağı üzerinde ayrıca bazı

yerlerde çok ağır formasyon hareketleri olmaktadır. Bunlara heyelan demek zordur (Mudurnunun Taşkesti köyü civarı) bu hareketler daha ziyade depremle ilgilidir. Bundan başka Pötürgenin kuzeyinde, Eosen kristaliten, serpantin kantağında, Zara-İmranlı civarında Oligo Miosen Jipsli seri ile volkanik Eosen kantağında, Babadağ karasal Neojen ile kristalin kantağında, ve Sarıoğlanın kuzey batısındaki Oligo Miosen jipsli seri ile karasal Neojen kantağındaki faylar civarında heyelanlar olmaktadır. Batı Anadoludaki depremler aktif grabenlere bağılıdır. Bu bölgedeki kayma



Mudurnu Suyu Vadisinde bir Heyelan

hareketleri de büyük Menderes ve Gediz grabenlerinde sık görülmektedir. Göze çarpacak şekilde sismotektoniğe uymayan bölge Mut Alt Miosenin yayıldığı alandır. Bu da formasyon ve Göksu drenajı ile ilgili olmalıdır. Aktif fay, graben ve şaryaj bölgelerinde kaymalar olmaktadır. Türkiyede deprem episantrları çoğunlukla genç formasyonlarda (tersier) yayılmaktadır. Kütle hareketleride buna uymaktadır. Buda çağdaş tektoniğin heyelanları etkilediğini göstermektedir.

Türkiyede formasyon yaşına göre kütle hareketlerinin dağılışı eskiden yeniye göre artmaktadır. Bundan çoğunluğunu düzlüklerin teşkiletlediği kuaterneri istisna tutmak gerekmektedir.

Zaman	Heyelan (%)	Kaya düşmesi (%)
Paleozoik	% 11	% 13
Mesozoik	% 19	% 12
Neozoik	% 70	% 64

### Jeolojik formasyonların ilişkisi :

Türkiye çapında incelenen kütle hareketlerinde formasyonun mukavemeti, geçirgenliği, plastiklik indeksi ile ilgili özelliklerden ziyade litolojik ve yaş durumu üzerinde durulmuştur. Bu duruma göre meydana gelen kaymaların % 66 sı tortul kayaçlarda, veya onların ayrıışmış malzemelerinde olmaktadır. Diğer kısımlar, % 12 magmatik, % 18 volkanik ve % 4 de metamorfiklerin ayrıışmış malzemelerinde olmaktadır.

Türkiyede litostratigrafik duruma göre tortul kayaçlardan en fazla kaymalar Neojen formasyonlarında meydana gelmektedir. Bunu Eosen ve daha sonrada kretase formasyonları izlemektedir.

Toplam kayma yüzdesine göre;

Neojen formasyonlarında	% 34
Eosen »	% 12
Kretase »	% 11

olarak tesbit edilmiştir. Neojen formasyonları da heyelan yapma yeteneğine göre ayrılacak olursa

Neojen karasal fasiesi	: % 12
Oligo Miosen jipsli seri	: % 7
Miosen Denizel formasyonları	: % 5
Alt Miosen formasyonları	: % 4
Orta » »	: % 2.2
Üst » »	: % 1.5
Pliosen »	: % 1.3

Şeklinde bir dağılışı göstermektedir.

Fazla kaymaların görüldüğü Neojen Karasal Orta ve Batı Anadolu yaygındır. Genellikle yumuşak marn, kil, göl kalkerleri, kumtaşı ve konglomera gibi litolojik yapıya sahiptir.

OligoMiosen jipsli seri Sivas, Çankırı civarında, Zile, Çorum yörelerinde yaygındır. Konglomera aralarında jips yatakları bulunan kil ve marn grelerden ibarettir. Orta Anadolu karasal fasieste olup, konglomera, gre üst seviyelerde renkli marn ve killerden meydana gelmiştir. Marn jips ve tuzlar hakim durumdadır. Bu bölgelerde heyelanlar oldukça sık gözükmemektedir.



Eosen devresinde en çok heyelanlar iki türlü formasyonda meydana gelmektedir. Bunlar Fliş ile Eosen volkanik fasiesindedir. Eosen Fliş Türkiyede oldukça yaygın bir durumda olup daha fazla marn, gre, kalker, şist nöbetleşmesi şeklinde meydana çıkar. Heyelanların yaygın bulunduğu Araç bölgesi çoğunlukla gre kumlu şist ile ince tabakalı gremsi kalker banklarından meydana gelmiştir. Eosen volkanik fasiesi Kuzey Anadolu Dağlarında olduğu gibi andezit, basalt, lav, tuf ve aglomeralar kalın yataklar halinde fliş tabakaları arasında nöbetleşe devam eder. Ordu, Giresun güneyindeki dağlarda daha çok volkanik karektere bürünür. Fazla heyelanların bulunduğu İskilip, Osmancık yörelerinde Eosen volkanik serisinin üst seviyeleri greli ve volkanik malzemeli alt seviyeler ise maralıdır.

Kretase; heyelan doğuran formasyonların hemen hemen büyük kısmı üst kretaseye aittir. Bunun % 81 kretase fliş serisine ve % 4 ü de Üst Kretase volkanik fasiesine bağlıdır. Kretase flişinde yaygın bir heyelan alanı bulunan Kumlucada gre, kumlu ve killi şistler, marnlar yer yer gremsi kalker tabakaları halinde gelişmiştir.

Üst kretase volkanik fasiesi genellikle andezit, bazalt, lav, tuf, aglomera, kalker, marn ve grelerle ara katkılar halindedir. Doğu hududumuzdan Samsuna kadar Karadeniz sahilinde geniş bir alana yayılmaktadır. Şavşat Ardanuç havalisindeki heyelanlı alanlar bu formasyon üzerindedir.

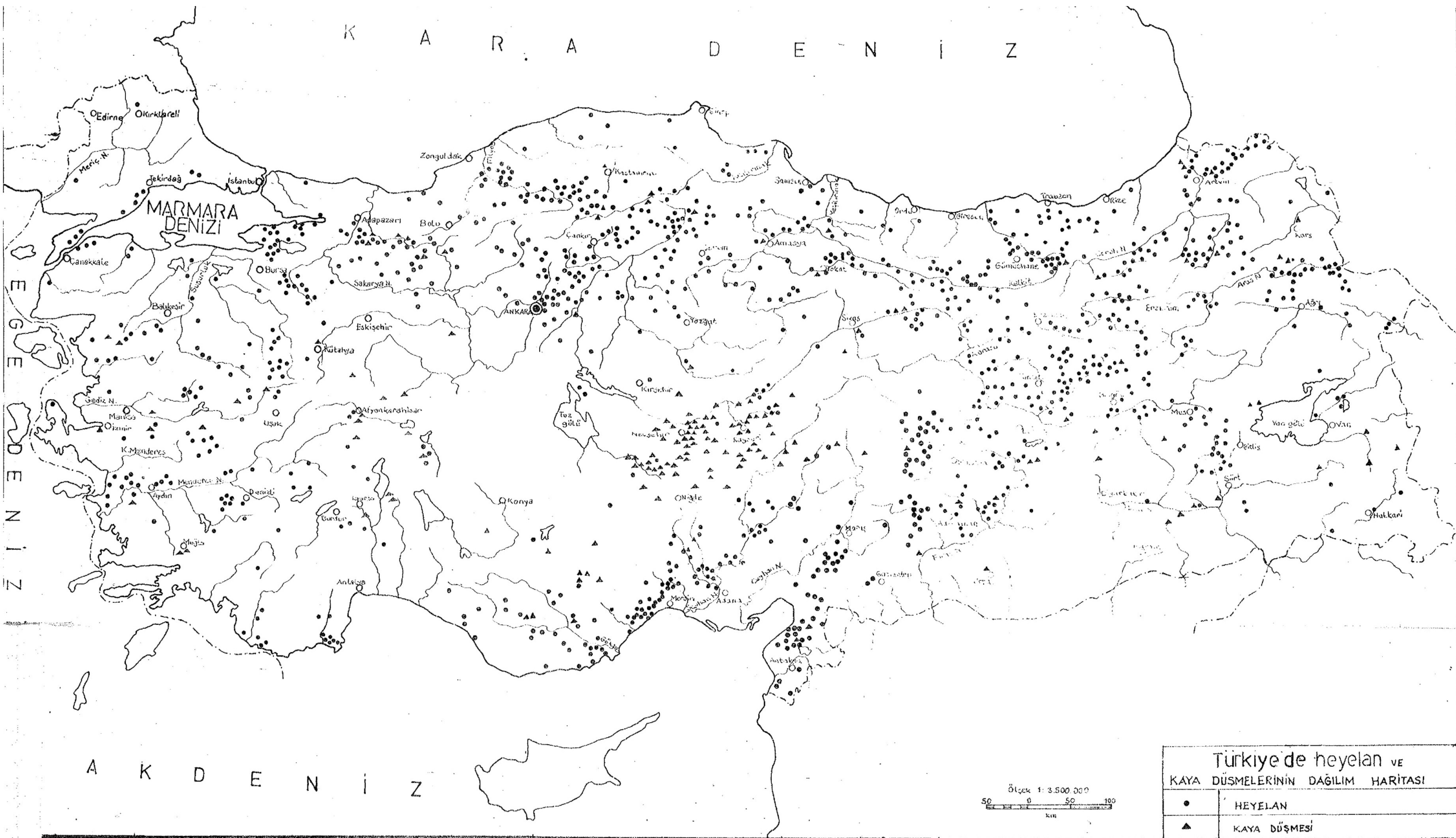
Magmatik kökene bağlı oluşumlarda meydana gelen kaymaların hepsi ofiolitlerde olmaktadır. Ofiolitler çoğunlukla Kretase Paleosen yaşında olup geniş alanları kaplamaktadır. Bazik, ultrabazik karakterli intrüzif ve ekstrüzif elemanlardan meydana gelmiştir. Gabro, diyabaz, serpantin, spilit, plov-lava, tüfojen, radyolarit, killi şist ve greden bileşik bir komplekstir. Ofiolitlerde meydana gelen heyelanların % 45 i serpantinlerde olmaktadır. Toros dağlarının güney doğu yamaçlarında serpantin Kratase karışık serisinde önemli heyelan alanları vardır.

Türkiyede geniş alanlara yayılan volkanikler bazı yerlerde kıt tüflü bâzanda tuf ve aglomeralarla karışıktır. Tersier ve kuaterner yaşta andezit, sipilit, bazalt, tuf, aglomera ve volkanik breşlerdir. En fazla bunların başkalaşmasından meydana gelen oluşumlarda heyelanlar olmaktadır. En çok Andezitlerde heyelan görülmektedir. Bunuda andezitin diğer volkaniklere göre daha fazla başkalaşmasına atfetmek mümkündür.

K A R A D E N İ Z

E G E DEN İ Z

A K DEN İ Z



Türkiye de heyelan ve KAYA DÜŞMELERİNİN DAĞILIM HARİTASI

●	HEYELAN
▲	KAYA DÜŞMESİ

Ölçek 1: 3.500.000  
50 0 50 100  
km

### **Kaya Düşmesi :**

Kaya düşmesinin ana nedeni daha fazla klimatolojiktir. Bunda kayanın cinsinin de etkisi vardır. Kayaçtaki çatlak ve kırıklar arka arkaya gelen don ve gevşeme olaylarıyla açılır. Gece ile gündüz arasındaki fazla ısı farkı çatlamayı arttırır. Deniz kenarlarındaki falezlerde, dalga ve rüzgarın etkisi ile kayalar çatlar ve yarıklardan ayrılarak aşağıya düşerler. Kayalar dağ doruklarından yamaçlardan ve mağara tavanlarından iri ve küçük parçalar halinde düşer. Depremlerde de bol miktarda kaya düşme olaylarına rastlanmaktadır. Türkiyede meydana gelen şiddetli depremlerde kaya düşme olayına hemen her zaman tesadüf olunmaktadır.

Türkiyede litolojik duruma göre kaya düşme olayı en çok Neojen volkanik fasieste görülmektedir. Bunu sırasıyla Andezit tüf ve aglomera izlemektedir. Diğer kaya düşmeleri çeşitli kayaçlardadır.

Neojen volkanik fasies	: % 20
Andezit	: % 18
Tüf aglomera	: % 15
Diğer kayaçlar	: % 47

Bu durum gösteriyor ki kaya düşmesi Neojene ait kayaçalarda fazla olmaktadır.

Memleketimizde en çok kaya düşme olayı İç Anadolu kenar yörelerindedir. Özellikle Nevşehir, Kayseri, dolaylarına toplanmış vaziyettedir. Neojen volkanik fasiesinin tipik örneği Nevşehir güneyi Derin Kuyu civarındadır. Marn, kil (gölkökenli), marnlı beyaz tüfler gre, tüf, aglomera, breş, bazalt lavları, kalker gibi çeşitli cins ve yapıdaki kayaçlar Ürgüp ile İncesu arasında tüflü Neojone dönüşmektedir. Kaya düşmesi olayında önem taşıyan bir kayaçta tüf aglomeradır.

Bunun da tipik örneği yine aynı bölgededir. Ürgüp, Uçhisar civarında beyaz renkte tüfler andezin, biotit parçalarını havi kalker çimentolu çökeliler halindedir. İçlerinde ayrıca süngertaşı parçaları da görülür. Bunlar çok defa olivinli bazalt lavları ile örtülmüştür.

Ürgüp, Göreme ve Uçhisar dolaylarında tüfler çeşitli şekiller meydana getirmiştir. Derin yarıntılar, keskin sırtlar ve peri bacaları bölgeye tipik bir manzara vermiştir. Sert parçaların altında nisbeten gevşek çir-

mentolu tüfler şiddetli yağmur ve sel sularıyla aşınmak suretiyle peri bacalarını meydan getirir. Bu duruma iklimin etkisi büyüktür. Peri bacaları çok değişik iriliktendir. Ortahisar, Ürgüp ve Uçhisarda halkın kale diye adlandırdığı dev peri bacaları vardır. Bunlardan Ortahisar ile Uçhisarlardaki kalelerden meskun alana kaya düşmeleri olduğundan etraftaki binalar başka yere nakledilmiştir. Diğer bir kaya düşme bölgesi Karapınar doğusunda andezit ve bazaltik alanlardadır.

#### Oro hidrografik İlişkiler :

Dağ sıraları memleketimizin Kuzey ve Güney kenarları boyunca sıralanır. Batı Anadolu'da dağlar denize dik iner, büyük dağ sıraları iki yerde birbirine yaklaşır, adeta birer düğüm noktası teşkil ederler. Buralarda yükseklik artar. Düğüm noktalarından biri Tunceli'de, ikincisi ise iç batı Anadolu'dadır. Büyük akarsular genellikle dağ sıralarının uzun eksenine paralel vadiler kazmışlardır. Orografik duruma hidrografik durum bir uygunluk göstermektedir. Dağlara dik gelen akarsular derin boğazlardan geçmektedir. Kayma hareketleri iki dağ paraleli arasından geçen akarsu vadisinin yamaçları ve drenaj alanlarına yayılmıştır. Bu duruma pek uymayan Kızılırmak versanlarındaki heyelanlar daha ziyade formasyon ve diğer faktörlere bağlıdır. Diğer bir durumda memleketimizin yükseltisi Batıdan Doğuya doğru artmaktadır. Bu durumda yükselen yerlerde kaymalara bol rastlanmaktadır. Tunceli düğüm noktasına yakın yerlerde olduğu gibi kuzey ve güney kıyılardaki yüksekliklerden içerilere doğru düzlüklere inilir. Burada da aynı durumda yüksek yerlerde heyelan dağılımı artmaktadır. Dağ sıralarının birbirinden uzaklaştığı yerlerde üç bölge meydana gelmiştir. Bunlarda Doğu Anadolu platoları, İç Anadolu ve Ege bölgesidir. Bu üç bölge de kademe, kademe birbirinden farklı yüceltidedirler. Heyelanlar yine en yükseği olan Doğu Anadolu platosunda daha fazladır.

Kütle hareketi olayı çeşitli etkenlerin faaliyetlerinden meydana gelir. Bunların arasında zaman etkeni önemli bir yer tutar. Denge bozulmasının ilk işareti yamacın yukarı taraflarında yarıkların görülmesidir. Daha sonra gevşemiş kütle harekete geçerek yamaç aşağı kayar ve birikir. Kayan kütlelerin aşağıda birikimi ile tabiat geçici denge koşullarını sağlar. Kütle hareketleri o derece çeşitli faktörleri içine alır ki çok sayıda sınıflama yapılabilir. Kayma yüzeyinin formuna, malzemenin cinsine,

hareketin yaşına, hızına ve teşekkül safhasına göre sınıflandırılabilir.

— Gelişme derecesine göre: başlamış, gelişmiş ve son bulmuş (Köken alanı tamamen boşalmış) kaymalar.

— Stabilizasyon derecesine göre: aktif, uyuyan, stabilize olmuş kaymalar.

— Yaşlarına göre: çağdaş, fosil kaymalar diye ayrılabilir.

Kaymaların büyük bir kısmı yüzeydeki depozitlerde meydana geldiğinden bunları ayrı bir grup teşkil ederek hareketin tipine göre alt gruplara ayırmak mümkündür.

Ana kayaçtaki kaymaların sınıflaması kayacın cinsine ve hareketin tipine göre yapılabilir.

1 — Yüzeysel depozitlerdeki yamaç hareketleri

a — Moloz kripi

b — Çok ince örtü malzemesinin kayması

c — Toprak akması

d — Moloz akması

2 — Pelitik, sertleşmemiş veya kısmen sertleşmiş kayaçlarda kaymalar (kil, marn, kilaşı, pelitik şeyl)

a — Kesme direnci aşıldığı zaman silindirik yüzeyler boyunca meydana gelen kaymalar

b — Eski yüzeyler boyunca yer alan kaymalar

c — Aşağılardaki yumuşak kayaçların sıkışarak çıkmasından meydana gelen kaymalar.

3 — Sert kayaçlardaki kayma hareketleri

a — Tabakalaşma, şistozite, kontakt veya dislokasyon düzlemleri boyunca yer alan kaymalar

b — Kaya düşmeleri

c — Dağ yamaçlarının uzun süreli deformasyonları

4 — Su altı kaymaları

Bu incelemeden anlaşıldığına göre Türkiyede meydana gelen kütle hareketlerinden gerek heyelanlar ve gerekse kaya düşmeleri en fazla Neojen devrindeki formasyonlarda görülmektedir.. Yüzey depozitlerinden sonra genellikle kayma yapan formasyonlar, killer, marnlar ve flišlerdir. Bu formasyonlar da sertleşmemiş veya yarı sertleşmiş kütlelerdir.

# TÜRKİYE'NİN SİSMİSİTESİ VE DEPREM BÖLGELERİ HARİTASININ GELİŞTİRİLMESİ

Ahmet TABBAN

İmar ve İskân Bakanlığı, Ankara

## GİRİŞ

(1968-69) döneminde Japonya'da katılmış bulunduğum (Sismoloji ve Deprem Mühendisliği) kursundaki kişisel çalışma devresinde «Türkiye'nin Sismisitesi» konusunu seçmiştim.

Bu konu ile ilgilenmem; mensubu bulunduğum Bakanlığa, mevcut bulunan deprem bölgeleri haritasının geliştirilmesinde yardımcı olabilemem içindi. Sizlere kısaca dünyadaki deprem kuşaklarından ve bazı büyük depremlerden bahsederek konuya girmek isterim

Bilindiği gibi yeryüzünde deprem yönünden aktif olan bölgeler kuşaklar halinde uzanmakta ve birçok ülkeleri içerisine almaktadır. Bu ülkeler zamanı ve yeri bilinmeyen gelecekteki depremlerin tehdidi altındadır. Tarihi istatistiklere ve aletsel gözlemlere göre, yeryüzündeki aktif deprem kuşakları değişik sismik aktiviteler göstermektedir.

### **Aktif Kuşaklar :**

1 — Pasifik Çevresi Kuşağı :

**Kuzey Amerika :** Alaska ve Meksika körfezi arasındaki kısım olup, sığ depremler bilinir, ( $M > 8$ ) güneyde bulunan San Andreas fayı uzun zamandan beri faaliyet gösterir.

**Meksika Merkezi Bölge:** Bu kısımlarda sık vukua gelen sığ ve orta derinlikte depremler meydana gelir.

**Peru Şili :** Bu kısımlar yüksek seviyede sismik aktiviteye sahiptir. Faylanmalar kıyıya paraleldir. Çok sayıda sığ bazanda orta derinlikte depremler olur. Dünya üzerindeki en aktif bölgelerdendir.

**Yeni Zelanda ve Japonya :** Sahile paralel dip fay sistemleri vardır. Büyük tarihi depremlerin yer aldığı kısımdır. Kuzeye doğru Alaskanın güneyindeki adaların sismisitesi çok yüksektir. Faylanmalarda düşey atım yatay atıma nazaran daima fazla olmaktadır. (Aleution adaları)

## 2 — Akdeniz Alpin Deprem Kuşağı :

Bilindiği gibi yurdumuz'da bu kuşak içerisinde bulunmaktadır.

Bu kuşakta sığ orta ve derin odaklı depremler yer almaktadır. Akdenizin batı kısımlarında Sicilya ve İtalya SW (W-E) istikametindeki kuşağın civarında orta derinlikte şoklar (300 km) vuku bulur. Yunanistanın güneyi ve Ege denizinin S kısımlarında (100 km), Doğu Karpatlar Romanya'da (150 km), Hazar Denizi bölgesinde takriben (150 km), Pamir Hindikuşi zonunda (2-300 km), Himalyalarda (100 km) derinlikte yer alan deprem odakları mevcuttur. Tabii ki bu bölgelerde sığ deprem odakları pekçoktur. Türkiyede vuku bulan depremler ise sığ depremlerdir. Kuzey Anadolu fay zonunda orta ve derin odaklı depremlere rastlanılmamıştır. Yalnız SW da Rodos civarında (60 km) nin aşağısında derin odaklı depremlere rastlanılmaktadır. Bu kısım Yunanistan Rodos ve Kıbrıs hattı üzerinde bulunmaktadır ki buna göre bu bölgedeki tektonik faaliyetlerde Ege ve civara nazaran büyük farklar bulunabileceği düşünülebilir.

## **Bu Kuşaklardaki Bazı Büyük Depremler :**

### **Amerikada : 18.4.1906 Sanfirsisko (Kalifornia D.)**

M > 8 deprem hasar sahası 350x70 mil kare sahayı kapsar. Depremi takiben çıkan yangın hasarı arttırmış 28200 ev hasar görmüş 1390 kişi ölmüş tahmini zarar 350.000.000 \$ dır.

**1964.3.27 Alaska D. M = 8.5**

**Ölü : 1150 zarar : 330.000.000 \$**

**1939 Şili : 30.000 ölü**

Avrupada: 1.11.1775 Lizbon depremi 70.000 ölü İspanya Portekiz ve N. Afrikada hasar.

Skopje depremi 1963 ölü 1078

İtalya :	8 IX.1905 (Callapria D.)	2 000 ölü
	1908 Messina Reggio D.	46 900 »
	1915 Avezzano D.	30 000 »
Asya :	1902 Antillerde	40 000 »
	1920 Kansu (Çin)	200 000»
	1935 Hindistan (Kuetta)	50 000 »
	1950 »	30 000 »
	1960 Agadir D.	10 000 »

Japonya : 1900 yılından sonraki depremlerde  
158 300 ölü  
727 464 Yıkılan ev  
456 300 yanan ev

Dünyanın en büyük depremlerinden biri olan 1.9.1923 Kwanto D.  
140 000 yakın ölü  
1 286 000 ev hasar görmüş  
440 000 ev yanmış  
2.750 000 000 \$ tahmini zarar.

**Türkiyedeki Büyük Depremler :** 1900 den sonraki depremlerde  
53.580 kişi ölmüş 400.000 binanın yıkılmış olduğu görülmüştür.

Bu büyük depremlerin manevi ve maddi zararlarının kısaca anlatılmasından maksat : Bu tabii afetin büyüklüğü hakkında genel bir fikir verebilmektir. Bugün bu konu ile ilgili bilgi ve tecrübelerimiz artmış bulunmasına rağmen eskiye nazaran kendimizi bu tabii afetin karşısında daha emniyetli hissedemiyoruz.

Esas emniyet, depreme mukavim yapıların yapılması, bazı tedbirlerin alınması ile olacaktır bunun içinde pek çok ülkelerde deprem yönetmenlikleri hazırlanmıştır. İşte bu yönetmeliklerin uygun ve ekonomik şekilde tatbiki içinde sismik bakımdan aktif bulunan bölgelerde, deprem



yönünden farklı özelliklere sahip bir takım zonların ayrılması gerekmektedir.

Bir ülke içerisinde sismik bakımdan farklı özelliklere sahip bölgeleri gösteren ve sismik kuvvetlerin tahmininde kullanılan haritalara sismik zonlar veya deprem bölgeleri haritası adını vermekteyiz.

Bu konu ile ilgili olarak ülkelerden bazılarında, deprem bölgeleri haritalarının hazırlanış esaslarını ve geçirilen safhaları görelim.

**Amerikada :** İlk olarak 1948 de deprem ihtimali haritası adı altında F.P. Ulrich tarafından hazırlanmıştır. Bu haritada hasarın bekleniş durumuna göre hasarsız, az, orta ve ağır hasar beklenen sahalar numaralanmıştır. Hazırlanış esası istatistiki donelere dayanır. Ve yer yerde jeoloji nazarı itibara alınmıştır. Tarihi kayıtların az olduğu bu bölgedeki bu haritada süreksizlikler görülür. 1959 Richter'in şiddet değişimi esasına göre hazırladığı harita yürürlüğe konmuş tarihi malumatlar, jeolojik ve jeofizik doneler nazarı itibara alınmış Los Angeles havzası için yaptığı belgelendirme haritalarında sismisiteye uygun olarak jeolojiyi şiddete tahvil etmiştir. Bugün ise Amerika'da büyük şehirler için Mikro-zon haritaları yapılmaktadır.

#### **Rusyanın Deprem Bölgeleri Haritası :**

Mühendislik işlerinde kullanılmak üzere deprem haritası ilk olarak 1947 de Gorskhov tarafından depremel bölgelendirme haritası olarak yapılmıştır. Bu harita 1954 Gubin tarafından çok eski tarihleri kapsadığı için tenkid edilmiş 1947 den sonraki depremler gözönüne alınarak 1957 senesinde yeni bir harita hazırlanmıştır. Sismisite ve tektonik arasındaki münasebetler araştırılmış, bölgeler muhtemelen deprem şiddetlerine göre (VI-IX) 4 e ayrılmıştır. Sonraları ufak bölgelendirme (Mikro zon) haritaları yapılmıştır. İspanya'da genel bölgelendirme haritası muhtemel deprem frekansları haritası adı altında yapılmıştır. Sonraları Sismotektonik harita ile takviye edilmiştir. Ve sismisitenin tektonikle olan münasebeti ortaya çıkarılmıştır. Depremle ilgili çalışmalar bu ülkede hayli ilerlemiştir.

#### **Japonyanın Deprem Bölgeleri Haritası :**

Japonyada deprem bölgeleri haritası sismisite esasına göre yapılmakta ve jeolojik yapı veya zemin şartları 1952 senesinden beri ayrı bir faktör olarak hesaba katılmaktadır.

Her depremin tesir bölgesinde muhtelif noktalardaki şiddetleri hesaplanmış deprem şiddeti ile ivme arasındaki formüle dayanılarak herhangi bir noktada belli bir (T) zaman aralığında beklenen muhtemel ivme değerleri hesaplanmıştır. Bundan sonra deprem bölgeleri haritası hazırlanmış ve zelzele bölgesi katsayıları konmuştur.

### **Türkiyedeki Gelişmeler :**

Türkiyede 1945 senesine kadar deprem haritası ile ilgili çalışma olmamıştır. Ancak kanuni zorunluklar sebebi ile 1945 yılında Bayındırlık Bakanlığınca deprem bölgeleri haritası adı altında ilk harita yapılmıştır.

Bu haritanın yapılışında depremle ilgili yabancı ve yerli yayınlardan istifade edilmiş ve Türkiye'nin tektonik durumu nazari itibara alınmıştır.

Bu haritada Türkiye deprem bakımından :

- 1 — Büyük hasar görmüş bölgeler,
- 2 — Tehlikeli yer sarsıntısı bölgeleri,
- 3 — Tehlikesiz bölgeler diye 3 bölgeye ayrılmış.

Bu harita; Bugünkü mevcut olan ana dokümanların hiçbirinin bulunmadığı bir zamanda yapılmış olması ile, takdir edilecek bir çalışmadır. Türkiyede depremle ilgili çalışmalara bundan sonra hız verilmiştir. 1952 yılında Bayındırlık Bakanlığınca Türkiye Depremleri izahlı Kataloğu adı altında Sayın N. Pınar ve E. Lahn tarafından çok kıymetli bir deprem kataloğu hazırlanmıştır. Bundan sonra 1959 da İ.T.Ü. Sismoloji Enstitüsünce Sayın Omote ve M. İpek tarafından Türkiye'nin Sismisitesi incelenmiş ve bir kitap halinde yayınlanmıştır. Bakanlığımızın kurulduğundan sonra depremle ilgili çalışmalar yapılmış eldeki mevcut donele-re göre ilk harita geliştirilerek 1963 yılında yürürlüğe konulmuştur. Bu haritanın hazırlanışında deprem kataloğundan ve tektonik haritalardan faydalanılmıştır. Bundan sonra bu konunun geliştirilmesine ışık tuta-cak birçok çalışmalar yapılmış, sismisite, tektonik ve sismo tektonikle ilgili yayınlarda bulunulmuştur. Türkiye'nin tektoniği ve sismotektoniği ile ilgili Sayın Prof. İhsan Ketin ve M.T.A. tarafından yapılmış olan değerli çalışmalar ve yayınlar mevcuttur. Deprem bölgelerine ait haritaların hazırlanmasına esas teşkil eden maddeler (Paris 1964) Hükümetlerarası Sismoloji ve Deprem Mühendisliği toplantısında kararlaştırılan

prensipeler şöyle sıralanmıştır :

- 1 — Deprem katalogları,
- 2 — Episantr haritaları,
- 3 — Hissedilen Maksimum şiddet haritaları,
- 4 — Sismo tektonik Zonları Haritası.

Bu sebeple, çalışmalarım bunları kapsayan doküman ve haritalar üzerinde olmuştur.

### **1 —Deprem Katalogları**

Depremle ilgili bölgelendirme haritalarının hazırlanmasında esas teşkil edecek olan deprem kataloglarıdır. Türkiyede bu konu ile ilgili olarak ilk defa 1952 yılında Sayın N. Pınar E. Lahn tarafından «Türkiye Deprem Bölgeleri İzahlı Kataloğu» adı altında bir katalog hazırlanmıştır. Sonra 1967 yılında İ.T.Ü. Arz Fiziği Enstitüsünce «Türkiye ve Civarı Deprem Kataloğu» tanzim edilmiştir.

### **2 —Episantr Haritaları :**

Depremlerin yeryüzündeki dağılımını ve böylece depremin gelecekte nerelerde olabileceğini gösteren bir «Probabilite» haritasıdır.

Bu bölümde,

a) Koordinatları (36-42N) ve (26-45E) arasında kalan bölgede 1600-1969 yılları arasında meydana gelen depremlerden  $M > 5.7$  büyük olan 215 depreme ait episantr haritaları hazırlanmıştır.Har: 1

b) 1963-1969 May periyodu arasında  $M > 2.5$  olan 194 depreme ait episantr haritaları hazırlanmıştır. Har: 2

Her iki haritada da Türkiyenin kuzey ve batısında yüksek sismisite gösteren bölgelerin yer aldığı görülüyor.

Bu haritalar Türkiye ve civarının Deprem Kataloğunda mevcut bulunan (11-1964) yani 1953 yıllık devreye ait episantr haritaları ile mukayese edilmiştir. Aynı zamanda bu haritalar, Türkiyenin teknotik haritası ile mukayese edilirse mevcut fay, graben ve deperasyon zonları ile tamamen alakalı oldukları bilhassa kuzey Anadolu fay zonunda ve batı Anadoludaki merkezileşmiş bölgelerde açıkça görülür.

### 3 — Hissedilen Maksimum Şiddet Haritaları :

Bu bölümün incelenmesi için Türkiyenin Sismisitesinin incelenmesi gerekmektedir. Bir bölgenin sismisitesi çeşitli yollar takibedilerek araştırılabilir. Bu da o memleketin bünyesinde, istikbaldeki depremlerden korunabilmek için elzemdir.

Bunun için o bölgede geçmişte kaç defa deprem olduğunun ve bunların şiddet derecelerinin buldukları yerlere göre bilinmesi önemli bir konudur. Memleketimizin birçok bölgelerindeki sismik aktiviteler deprem katoluğundaki episantr merkezlerini kullanarak hesaplanabilir. Bu konu; Tokyo Üniversitesinden Prof. S. Okamoto ve tarafından Türkiyenin 119 noktasında (1600-1964) yılları arasında meydana gelmiş  $M > 5.7$  olan depremlerin şiddetleri, sismik şiddetin episantrdan olan mesafe ile azalması esasına dayanılarak hesaplanmış ve bir katalog hazırlanmıştır. (A Catalogue of Earthquake Intensities in Turkey Graphically Represented for Engineering Use)

Bu katalogun hazırlanış esasları şöyle özetlenebilir.

Deprem kayıtlarının esas alındığı, Türkiye ve civarının deprem kataloğunda, 1904 den önceki depremlere ait, episantrlardaki şiddetler verilmiş olduğundan Sayın M. İpek tarafından verilen ( $I_0 = 1.689 M - 2.753$ ) formülüne göre, episantrlardaki deprem magnitüdlerinin değerleri hesaplanmıştır. Sismik şiddetin episantrdan olan mesafe ile azalmasını gösteren birçok formüller vardır.

Prof. H. Kawasumiye ait şu formülde :

$$I_j = M_k - 0.00183 (\Delta - 100) - 4.605 \log \Delta/h \quad (2)$$

$I_j$  = Japon ölçeğindeki deprem şiddeti

$M_k$  = Kawasumi magnitüdü

Buradaki ( $M_k$ ) Richter  $M$ . ile bağıntılıdır.

$$M = 4.85 + 0.5 M_k \quad (3)$$

Japon ölçeğindeki deprem şiddet, MM ölçeğindeki değerlerle şu şekilde bağlaştırılmıştır.

$$I = 1 + 1.5 I_j \quad (4)$$

3 ve 4 formülleri 2 de yerine konarak şu formül elde edilir.

$$I = 3M - 13.55 - 0.00275 (\Delta - 100)6.908 \log \Delta/100 \quad (\text{formüllerden})$$

Türkiye için deprem odak derinlikleri 30 km. kabul edilmiştir). Ufak değerli episantr mesafeleri için tatbiki mümkün olmadığından, (1) formülü adapte edilmiştir.

Bulunan değerlere göre yatay ekseninde yıllar, düşey ekseninde şiddetleri göstermek üzere grafikler çizilmiştir. Böylelikle (1600-1964) yılları arasında  $M > 5.7$  olan depremlerin, coğrafi koordinatların kesim noktalarındaki şiddet değerleri bulunmuştur.

Sonra bu kataloğ esas alınarak Türkiye'nin şiddet haritaları hazırlanmıştır.

Har. 3) (1600-1964) yılları arasında en az VII veya daha yüksek şiddette hissedilen sarsıntıların sayıca dağılışı ve tekerrür sayıları gösterilmektedir. Bu haritaya göre İzmir bölgesinde 19, İstanbul'da 13, Erzurum bölgesinde 11 olan sayıca dağılışı görülür. Demek oluyor ki ortalama İzmir bölgesinde 19 yılda, İstanbul bölgesinde yirmi sekiz yılda bir defa VII veya daha yüksek şiddetle sarsıntıların bu bölgede meydana geldiği söylenebilir.

Har. 4) Şiddeti VIII veya daha yüksek derecede hissedilen sarsıntıların, sayıca dağılışı ve tekerrür sayıları gösterilmektedir.

1 ve 2 mukayese edersek max. şiddet tekerrür sayısını Marmaranın güney kısmına, Büyük Menderesi takiben göller bölgesine doğru ilerlediği ve Bolu - Gerede, Erzurum - Muş bölgeleri arasında tekerrür sayılarının yüksekçe bulunduğu görülür.

Har. 5) Şiddeti IX veya daha yüksek derecede hissedilen sarsıntıların tekerrür sayılarını incelersek Marmaranın güneyi, Çandarlı körfezi dolayları Dinar bölgesi, kuzeyde Çerkeş - Kurşunlu bölgesinde bir merkezleşmenin bulunduğu yüksek şiddette hissedilen depremlerin doğu bölgesinde azaldığı sonra Har. 4 de güneyde görülen asismik bölgenin genişliyerek kuzeye doğru yayıldığı görülmüştür. (Yani bu sahalarda yüksek şiddette deprem hissedilmemiştir.)

Har. 6) Şiddeti X olarak hissedilen sahalarda görülmektedir. Bu duruma göre Türkiye'de Marmaranın güneyinde, Ege denizi Marmaris bölgesinde Doğuda Erzincan bölgesinde yüksek şiddette depremlerin kaydedilmiş olduğu görülür.

Bu haritalardan sonra Türkiye'nin Sismik zon haritası (maxşiddet H.) hazırlanmıştır.

Bu haritaya göre Orta Anadolu'nun bir kısmı güneye doğru, Kuzeyde Sinop bölgesi, güneydoğu da bazı bölgelerin az aktiviteli bölge olduğu yani şiddeti VII den aşağı depremlerin meydana gelebileceği görülmektedir. V-VI şiddetindeki deprem hareketleri binalar üzerinde çok hafif hasar yapmaktadır. Bu bakımdan yapılan binaların VI şiddetindeki bir depreme dayanıklı olabileceği kanısıyla, inceleme ve hesaplarımız VII ve daha yukarı şiddetler için yapılmıştır.

Har. 7 11 1969 yılları arasında meydana gelen deprem episantrları ile 1600 - 1964 yılları arasında meydana gelen depremlerin şiddet dağılışı arasındaki korelasyonu göstermektedir.

Türkiye'nin sismisitesini inceleyebilmek için ayrı, ikinci bir yol dah takip ettim. Şöyleki :

Tokyo Üniversitesinden Prof. Okamoto'nun Japonya için hazırlamış olduğu (Grafiklerle Japonya'nın Sismik Aktivitesi) adlı katoloğun esasları örnek alınmıştır.

**Gayesi :** Bir bölgede meydana gelen bir depremin episantrdan ( $\Delta$ ) km. uzaklıktaki mesafelerde yaptığı max. deplasmanların hesaplanmasıdır. Max. deplasman genellikle depremin Mag. ve episantrdan olan mesafesi kullanılarak hesaplanabilmektedir. Aralarındaki bağıntıyı veren şu formülden faydalanılmıştır.

$$A_s = 10^M - 1.73 \log \Delta + 0.83$$

$A_m$  = Deprem esnasındaki yer hareketinde meydana gelen max. deplasman (Micron olarak)

$M$  = Depremin magnitüdü

$\Delta$  = Episantr mesafesi (km. olarak)

#### **Açıklamalar :**

Türkiyede 1900 - 1969 yılları arasında meydana gelmiş büyük depremler memleketin 30 yerinde işaretlenmiştir. ( $M > 6$ ) Har. 1. Episantrlardaki Magnitüdlere göre  $\Delta$  mesafesinde (Har. 2) noktalar için max. deplasmanlar hesaplanmıştır. Ve değerler grafikler halinde (89) noktada gösterilmiştir. Grafiklerde yatay eksenler episantr merkezlerini, dikey eksenlerde maksimum deplasmanları göstermektedir. (Tatbik edilen formül de  $\Delta \geq 100$  km. için iyi neticeler vermektedir.

#### 4 — Sismo-tektonik Haritalar :

Bu tip haritalardan maksat, sismisiteyi jeolojik yapı ile karşılaştırmak veya sismik ve jeolojik olayların ortak taraflarını bulmaktır.

Kabul edilen genel prensibe göre bir bölgenin sismisitesi tektonik aktivitesinin bir fonksiyonudur.

Milletlerarası kabul edilen prensiplere göre :

Bölgelerin tektonik yapılarının bilinmesi içinde aşağıdaki haritaların hazırlanması öngörülmektedir.

1 — Büyük Strüktür kompleksleri H. sı

2 — Son tektonik olaylar H. sı

3 — Büyük Fay Zonları H. sı

Bunlarla kıyaslanacak verileri sağlamak üzere;

a) Farklı magnitud veya şiddetler için muhtemel deprem frekansları H.

b) Açığa çıkan sismik enerji H.

c) Odak derinliği H. nında hazırlanması tavsiye edilmiştir.

Bu bölümle ilgili olarak, tam ayrıntılı olmamakla beraber yukardaki esasları kapsayan «Türkiyenin Tektonik Haritası» (M.T.A.) ile yeni yayınlanmış bulunan Türkiye sismotektonik H. sından faydalanılmıştır. (M. T. A. Prof. İ. Ketin)

Ayrıca bu bölümde istenen, farklı şiddetler için muhtemel deprem frekanslarına ait haritalar hazırlanmıştır, (max. şiddet H. sı bölümünde görüldüğü gibi)

1600 - 1969 yılları arasında meydana gelen  $M \geq 5.7$  olan depremler esas alınarak açığa çıkan sismik enerji H. hazırlanmıştır. (Buna ait bilgi verilecek.)

Hazırlanmış olan bu haritaların tektonik ve jeolojik haritalar ile korelasyonları yapılmıştır. Bu bölümde, Türkiyenin deprem bölgelerinden de kısaca bahsetmek isterim.

Episantr ve enerji dağılımına ait haritalarına bakacak olursak, Türkiyeyi 4 bölgeye ayırarak incelemek uygun olur kanaatindayım.

**1 — Kuzey Anadolu Deprem alanı :** Bu deprem kuşağı Biga yarımadasından başlayıp, Marmara bölgesini içine alarak Bolu - Kurşunlu

- Amasya - Erzincan – Muş, Van gölüne doğru uzanır.

Bu sahada birbiri ile ilgili devamlı ve devamsız çeşitli tektonik arızalar yer alır. Depremlere sebep olan bu zondaki fayların Yenice - Gönen - Manyas - Sakarya nehri - Mudurnu vadisi, Bolu - Gerede - Çerkeş - Havza - Ladik - Yeşilırmağı takiben, Kelkit vadisi, Erzincan ovası - Karlıova - Varto ve Van gölünün kuzeyinden İran'a ulaşan fay serisi Karadeniz sahil dağları eksenlerine paralel vaziyette uzandığı görülür. Her yeni meydana gelen depremlerle bu arıza sistemleri gelişmiştir. Bugünkü toplam fay uzunluğunun 1000 km. ye yakın olduğu söylenebilir. Bu alan deprem bakımından çok aktif bir bölgedir. 1939 Erzincan depreminden sonra meydana gelen seri büyük depremlerle önem kazanmış olan bu bölge; Kuzey Anadolu Fay Zonu Problemi olarak ele alınmıştır.

Türkiye'de 1900 yılından sonra meydana gelen 53 depremden ( $M \geq 5.5$ ) 34 tanesi bu bölgede meydana gelmiştir.

1939 yılı Erzincan depreminden sonra (1942 Erba D. 1943 Havza Ladik D. 1944 Bolu - Gerede - Çerkeş depremi) 1944 yılları kadar meydana gelen depremlerin episantrlarında doğudan batıya doğru bir kaymanın olduğu, Karnik tarafından ilk olarak not edilmiştir. Uzun periyot içerisinde böyle bir şey görmek mümkün olmamıştır.

Yalnız bu bölgede sığ depremler görülür. Bu bakımdan tektonik arızaların buralarda Manto'ya kadar inmediği söylenebilir. Kuzey Anadoludaki fay hareketlerinde fay hattının kuzeyindeki arazi parçası güneyindeki parçaya nisbetle (doğuya) sağa doğru bir kayma göstermiştir. Bu fay serisi sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay karakterindedir.

Bu deprem alanı içerisinde incelenen Marmara bölgesi 1600 - 1969 yılları arasında meydana gelen büyük depremlerle en fazla enerji açığa çıkarmış bulunması ile sismisite bakımından önemli bir bölge olarak görülür.

İstatistiki kayıtlara göre bu bölgede büyük depremler meydana gelmiştir. Yalnız bu depremler büyük şehir hüviyetini taşıyan İstanbul, Bursa, İzmit, İzmit gibi şehirlere maledilmiştir. 360 yılından beri İstanbul'da 20, İzmit'te 6, Bursa'da 4 büyük yıkıcı depremin meydana geldiği maddi ve manevi birçok zararlara sebep olduğu kaydedilmiştir. Böyle olmakla beraber İstanbul'a atfedilen 20 büyük deprem tektonik bakımdan



düşünüldüğü zaman, buranın bir üst merkez olamayacağı, yalnız İzmit Körfezi ve Marmara çukurluğuna yakın bulunması ile buralardaki depremleri şiddetli olarak duymuş olmasının bir neticesidir.

**2 — Batı Anadolu Deprem Alanı :** Türkiye'nin batı kısmını teşkil eden bu alan Edremit körfezinden Akdenize kadar uzanır. Daha ziyade grabenler bölgesi olarak tanınan bu sahadaki episantrlar N-S ve W-E doğrultulu fay sistemleri ile alakalıdır.

Derin odaklı depremlerin güney batı sahilleri ile Girit adası arasında kalan bölgede konsantre olduğu görülmektedir.

**3 — Antakya Bölgesi Deprem Alanı :** Amik ovası grabeni, Adana Ceyhan havzaları gibi depreyon sahalalarını kapsayan bu alan güneydeki Suriye çukurluğunun devamı olarak görülür.

Bu bölge : a — Antakya - Maraş - Malatya - Elâzığ takriben  
Bingöl - Muş depresyon alanına uzanır.  
b — Antakya - Adana - Kayseri - Amasya olarak  
Kuzey Anadolu Fay Zonuna ulaşır.

**4 — Dağınık Episantr Sahaları :** SE Anadolu'da Urfa, Orta Anadolu'da Afyon - Akşehir - Ankara - Eskişehir kırık bölgesi, Kırşehir - Yerköy gibi bölgeler.

Diğer taraftan göller bölgesi (Isparta - Burdur) ayrı bir ünite olarak incelenebilir. Bu bölge Grabenler sahasıdır. Denizli - Sarayköy - Acıpayam - Acıgöl depresyon sahalaları gibi. Yalnız bu depresyon sahalalarının batıdan uzanan Menderes depresyon sahalaları ile mi ilgili yoksa, bu kısımda derin odaklı depremlerin bulunduğu görüldüğüne göre ayrı bir ünitemi teşkil etmektedir, bu ayrı bir araştırma konusudur.

Bu çalışmalardan sonra mevcut Türkiye deprem bölgeleri haritasının geliştirilmesi, 1965 Tiflisteki Unesco toplantısı kararlarına uyularak aşağıdaki şekilde düşünülmüştür.

VI	Şiddetinde bulunan yerler	4. derecede tehlikeli bölge,
VII	» » »	3. » » »
VIII	» » »	2. » » »

IX ve daha büyük şiddet gösteren yerler 1. derecede tehlikeli bölge olarak kabul edilmiştir.

Sonra harita üzerinde tehlikeli bölgeleri ayıran çizgilerin hangi esaslara uyularak geçirilmesinin uygun olabileceği araştırılmıştır. Şiddet haritalarındaki bölgeleri ayıran çizgiler, sahada nereden geçtiğini tesbit edebilmek tatbikat bakımından çok zor hattâ imkânsızdır. Aynı zamanda da bu çizgilerin şehir ve kasabaları bölerek geçmeside olağandır.

Bu bakımdan uygulamada zorluklarla karşılaşılacaktır. Bu nedenlerle bölgesel sismik zonlar haritasının hazırlanması fazla zaman alacağından derecelendirme ile ilgili bölgelerin hudutlandırılmasında kısmen ilçe hudutları ile tabii hudutlar esas olarak alınmıştır. İlçe merkezi hangi bölgede ise hudutları ile birlikte o bölgeye dahil olduğu düşünülmelidir. Bunu daha ileri safhaya götürerek çizgi kenarlarına isabet eden, belgelendirmede rol oynayabilecek, kasabaların yazılmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Eldeki mevcut done ve imkânlarla göre geliştirilmiş bulunan bu haritanın tam anlamıyla mükemmel olduğu söylenemez.

Teknik imkânların ilerlemesi ile meydana çıkacak yenilikler ve meydana gelebilecek yeni depremler ile zaman zaman değiştirilip, geliştirilecektir.

Bugün için en mükemmel şekil, gelişmiş memleketlerde olduğu gibi Lokal sismik zonlar haritasının hazırlanmasıdır.

Memleketimizde de bu yolda çalışmalar başlamıştır. Bakanlığımızın, ilk olarak Jeolojik Etüd Dairesi Başkanlığınca Kuyucakta yapmış olduğu Lokal Sismik çalışmaları vardır.

Arzum, memleketimizde bu yoldaki çalışmaların, geliştirilmesidir.

---

# FOSFAT YATAKLARININ TEŞEKKÜLÜ ve ARANMASI

**Mehmet AYAN**

**Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara**

## **ABSTRACT.—**

The uses and production of phosphate, phosphote bearing minerals and rocks, formation of phosphate deposits, the ways to be followed in phosphate explorations and the geology and evaluation of phosphate deposits found in Turkey are also discussed in this article.

## **GİRİŞ**

Dünyamızda her yıl çoğalmakta olan nüfusun artışı bir çok memleketler için önemli bir problem olarak ele alınmakta ve çok sayıda bilgin, insanların beslenmesi için yeni gıda maddeleri aramaktadır. Denizin gıda hazinesi, yosunların istikbalde insanları besliyeceği, petrol artıklarından protein yapılacağı gibi aktüel haberleri gazete sütunlarında zaman zaman okumaktayız.

İşte bundan 30 yıl kadar evvel de açlığın giderilmesi için fosfor en büyük ümit teşkil ediyordu.

Eskiden fosfat yataklarının yer yüzünde yalnız bir kaç bölgeye inhisar ettiği zannedilirdi. Son senelerde gelişen teknolojik ve jeolojik ilerlemeler fosfatın daha bol olduğunu ve istikbalde daha da bollaşacağını müjdeler.

Bu ilerlemelerden zenginleştirme ve gübre teknolojisinde olanlar ehemmiyet taşır.

1 — Çeşitli yıkama ve flotasyon usulleriyle % 5 — 10  $P_2O_5$  ihtiva eden konsalide olmamış yataklardan satışı elverişli konsantreler elde olunabilmektedir (Ruhlman 1958.5.10)

2 — Son zamanlarda istihsal edilen sülfürik asite ihtiyaç göstermemekte veya daha az miktar kafi gelmektedir. Durum için daha az sülfürik asitle fosfat gübresi imâl edilebilmektedir. (Walthall 1953-S-205)

3 — Bazı fosforitlerin bilhassa fazla hidroksilopatit ihtiva edenlerin toprak eriyiklerinde ayrıştığı anlaşılmıştır. (Nötre amonyum sitratta yapılan denemede ayrışmaktadır.) Bu çeşit yataklar bir ameliyeye tabi tutulmadan öğütülerek, gübre olarak kullanılırlar. Bu çeşit fosfatın bilhassa mutedil iklim ve asit topraklarda kullanılması daha verimlidir. Buna misal Curacao adası Kuzey Afrika yataklarından bazıları (Jacob and Hill 1953 S. 336). gösterilebilir.

**Fosfatın kullanıldığı yerler ve miktarları şu şekildedir :**

A — Gübre sanayii % 90

1) Tabii fosfat olarak % 10 dünya istihlaki direk olarak öğütülerek toprağa verilir. Bilhassa Fas GAFSA fosfatları.

2) Süper fosfat % 60

Son seneler de daha yüksek P ihtiva eden gübre imâline gidilmektedir. % 14  $P_2O_5$  ihtiva eden süper artık terkedilmiş % 16 lık yerini % 18 liğe terketmiştir. Bazı memleketlerde % 20 lik süper yapılmaktadır.

3) Fosforik asit imalinde % 10

Bunun için muhtevasında demir ve Alüminyum olmayan (kil ihtiva etmeyen) fosforit kullanılır, önce  $H_2SO_4$  ile sonra filtre edilerek tekrar  $H_3PO_4$  ile muamele edilir.

4) Kompleks Gübreler : % 10

Attak nitrik asitle yapılır.

B — Kimya Sanayiinde % 10

1) Monokalsik ve monosodik fosfatlar baking powder'ün imalâtında.

2) Di ve trisodik fosfat halinde suların, tatlılaştırılmasında ve deterjan olarak.

3) Sodyum metafosfat olarak deterjan ve sondaj çamurlarının inceltmesinde.

4) Tetrasodik pirofosfat; deterjan olarak.

5) Metal satırlarının fosfatlanmasında monomanganik ve monozenk fosfat olarak.

6) Tripl süper fosfat olarak şeker sanayiinde suyu beyazlatıcı olarak

kullanılmaktadır.

Bütün bu maksatlarla dünyada kullanılan tabii fosfat miktarı 80 milyon ton civarındadır.

1968 yılı Dünya fosfat cevheri üretimi aşağıda gösterilmiştir.

**1968 yılı Dünya Fosfat Cevheri  
Üretimi**

Amerika B. D.	37.422.000	Ocean Island	528.000
Fas	10.503.000	Christmas Island	1213.000
Tunus	3.361.000	Mısır	600.000
Cezayir	361.000	Ürdün	1.162.000
Togo	1.375.000	İsrail	850.000
Senegal	1.270.000	Komünist Ülkeler	16.210.000
Güney Afrika	1.087.000	Diğer Ülkeler	542.000
Nauru Island	2.254.000		

**78.738.000 ton**

Fosfatlı gübrenin kullanılmasıyla hem ekonomik olarak avantaj sağlanacak hemde bir kısım yeni araziye gübreleyerek ziraata açıp ekilen toprak yüzeyi fazlalaşacaktır.

Fosfatlı gübrenin kullanılmasıyla bazı mahsüllerdeki artma miktarı yapılan tecrübelerle göre dönüm başına şöyledir :

Buğday

Arpa 600-900 Kg. tane randıman %50-60  
Yulaf ve büyük sap

Çavdar

Şeker pancarı 11-13 ton » %45-55

Patates 5-7 » » %50-60

Şarap 800-1200 litre » » %50-60

Ot 2-2,5 ton » » %60-70

Çeşitli Sebzelerde » » %70-80

Bu listede görüldüğü üzere fosfatlı gübrenin icap ettiği şekilde kullanılmasıyla zirai alanda elde edilen artış ortalama % 50-60 fazla olmaktadır.

Memleketimiz topraklarına ihtiyacı olan gübre ve su verildiği takdirde bugün takriben ziraatten elde edilen 50 milyon TL. civarında olan gelir 75-80 milyona çıkacak ve milli gelirden bir artış olacaktır. Ayrıca bu husus göstermektedir ki memleketimiz toprakları gübrelendiği ve korunduğu takdirde 50-60 milyon insan besleyebilecek kapasitededir.

Yurdumuzun 1968 yılında yalnız fosforlu gübreye olan ihtiyacı 550 bin tondur. Bunun tutarı 42.350.000 dolar olup 420 milyon TL. sidir. Fosfata olan ihtiyaç ve önemini belirttikten sonra fosfatın tabiatta bulunuşuna göz atalım.

### I. MİNERALJİ :

Arz kabuğunda mevcut belli başlı primer fosfat minerali magmatik kayalardaki Apatite'dir.

(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Ca <sub>5</sub>	F	Flüor Apatite
»	Cl.		Chlor Apatite
»	OH.		Hydro ile Apatite

Karbonat Apatite (PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub> Ca<sub>5</sub> CO<sub>3</sub> H<sub>2</sub>O Colaphanite Dahlite

#### Sekonder ve Alterasyon Mineralleri

- Pyromorphite 3. (P<sub>2</sub>As<sub>2</sub>) : 5. 3 PbO PbCl<sub>2</sub>  
Mimétése arsenik fazlaşır.
- Vanadite 3. (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3. Pb O) PbCl<sub>2</sub> (Variyete Endlichitedesclouite)

— Amblygonite P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2 Li (F.OH) % 10 kadar Li. Bunun bir nevi olan triphylite; Li. (Fe, Mn) PO<sub>4</sub> bileşiminde demir ve mangan ihtiva eder.

Triplite: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3. RO. R. (F.OH) 2R — Fe. Mn Bazan Ca — Mg

#### Alüminli :

- Wavellite 2 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13 H<sub>2</sub>O spesleri Crandalite, angelite
- Turquoise 2 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> CuO. 8 H<sub>2</sub>O spesleri : Calcosidenite
- Vivianite P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3. Fe.O 8. H<sub>2</sub>O
- Liebethénite Cu<sub>2</sub> PO<sub>4</sub> OH
- Monazite xenotime gibi nadir toprak mineralleriyle Parsonsite,

renardit, chalcocite, autinite, monocircite gibi sekonder Uranyum minerallerinin terkibinde  $PO_4$  mevcuttur.

Sedimanter fosfat yataklarında fosfat ekseriya tane ve nodül olarak konsantre olur. Bunlar karbonatlı hidrate Fluor apatitden teşekkül etmişlerdir. Bu nodülleri meydana getiren minerallerin incelenmesi oldukça zordur. Kriptokristalin ve izotropurlar, ayrıca birçok inpurite ve inclusion ihtiva ederler. Kriptokristalin olan cinsine Colophanite adı verilir. Bazan konkresyon ve spherolitikdir Radial structurlü olan Flüor apatite de Francolite adı verilir.

Taneler ekseriya oolitiktir. Ebatları ekseriya 1/20 mm. kadardır.

### **Fosforite :**

Karstik kalkerlerde, etrafta az fosfat ihtiva eden formasyon veya guanolardan lesivajla gelen kalsiyum fosfat çatlaklarda birikerek fosforitleri meydana getirirler.

## **II FOSFATLI KAYAÇLAR**

Bileşimlerinden birinin  $P_2 O_5$  olduğu kayaçlara fosfat kayaçları diyoruz. Bunlar başlıca 4 kısımda toplanabilirler :

- 1 — Magmatik kayaçlar
- 2 — Denizel sedimanter kayaçlar
- 3 — Fosforun taşınması suretiyle teşekkül eden kayaçlar
- 4 — Guano'lar.

### **1 — MAGMATİK KAYAÇLAR :**

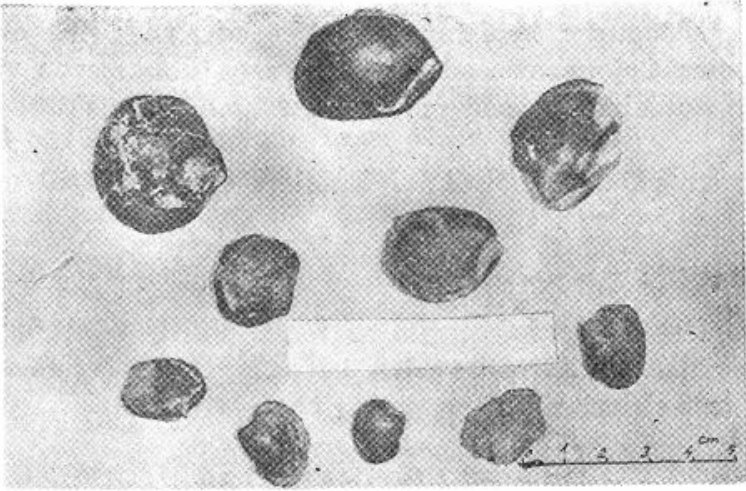
Magmadan teşekkül eden kristalin kayaçların başlıca fosfat minerali APATİTE'dir.  $(PO_4) 3Ca_3 (F,Cl)$  bu minerale aksesuar olarak kristalin kayaçlarda çok sık rastlanır. Bazan, bilhassa alkalın kristalin kayaçlarda ehemmiyetli miktarda konsantrasyonlarına rastlanır ki bu halde; işletilen fosfat yatakları teşkiline imkan verirler. Canada'da Ontario da Kinton, Rusya'da Kola yarımadasında Khibine, Güney Afrika'da Pelabora'da olduğu gibi.

### **2 — DENİZEL SEDİMANTER KAYAÇLAR :**

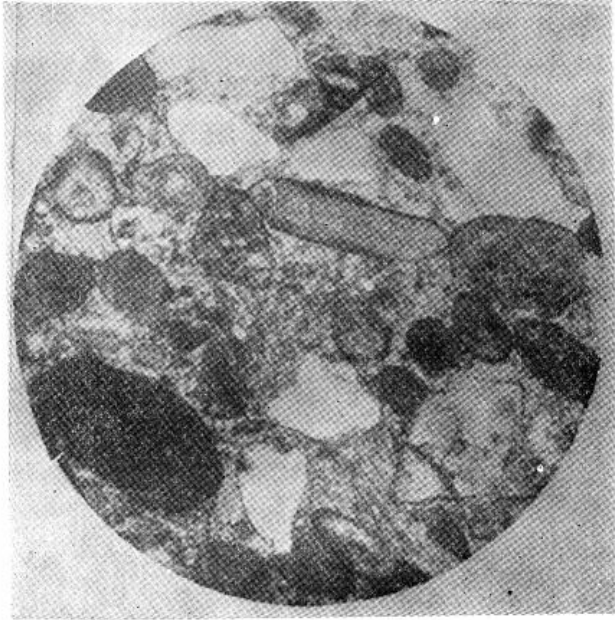
Denizel sedimanter seriler içinde münavebe eden kayaçlar içinde bazı seviyelerde yer alan fosfatlı kayaçlarda fosfat, apatit serisi mineralleri tarafından temsil edilirler. Bunlar genellikle flüorapatit  $Ca_5(PO_4)_3$

F ile Hidroksilapatit  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$  arasında olup ekseriyetle bir miktar  $\text{CO}_2$  ihtiva ederler. Colophanite bunların ekseriyetini teşkil eder.

### GANG : EXO-ENDO GANG

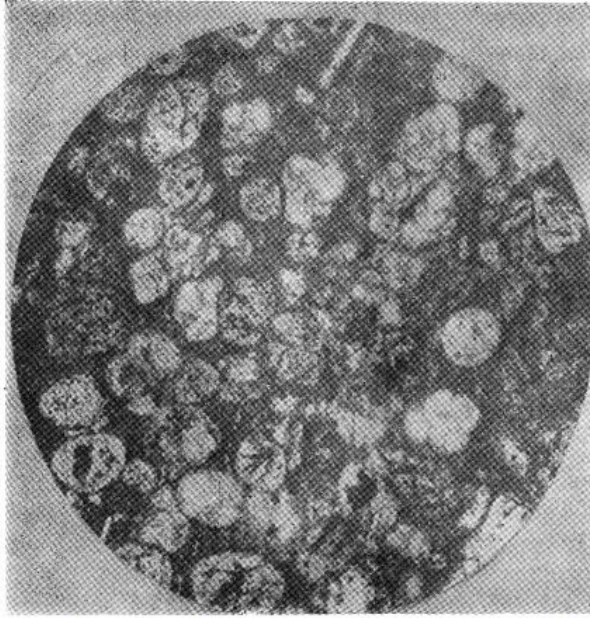


Şekil : 1 Çeşitli Fosfat Modülleri



Şekil 2 - Fosfat Nodül ve kupolitlerinin mikroskopta görünüşü





Şekil 3 - Oolitik Fosfat teşekkülünün mikroskoptaki görünüşü



Şekil 4 - Fosfat ihtiva eden bir Oolitik mikroskopta büyütülmüş hali

Fosfatlı kayaçlar umumiyetle, fosfatın büyük kısmının konsantre olduğu detritik bir kısım ile çok az fosfatlı olan başka orijinli bir gang olmak üzere 2 kısım ihtiva ederler.

L. Visse (1953) e göre 2 türlü gang vardır.

1) Exogang : Kalsiyum fosfat elemanlarının dışında kalan Steril veya çok az mineralize olan kısım. Kayacın kendisi.

2) Endogang : Mineralize olan fosfat elemanları içindeki steril kısım.

#### a) Fosfatlı Elemanlar :

Kalsiyum Fosfat elemanları kayaç içinde (Exogang'da) başlıca nodül, tane ve koproilit halinde bulunurlar.

1) **Nodül'ler** : Çeşitli şekil ve ebatda olup bazan yumurta büyüklüğüne kadar erişir. (Fransa'da Pireneler'de, Dinansiyende olduğu gibi) Kalker veya fosil parçalarının tamamen epigenizasyonundan meydana gelir. Mikroskobik fragmanların etrafları konsantrik olarak ince bir fosfat tabakasıyla zarf şeklinde kuşatılır. Endogang Kalsit, quartz, glokon, veya diğer fillitö mineraller, demir oksit veya pirit ve organik maddeler olabilir.

2) **Taneler** : Tane şeklinde olan fosfat elemanları 2-3 mm. kadar olabilirse de umumiyetle çok daha küçüktür. Bunlar genellikle oolit'lerdir. Oolit'ler organik bir madde parçası veya bir foraminiferin teşkil ettiği merkez etrafında konsantrik kalsiyum fosfat zarflarının çevrilmesiyle meydana gelir. Bu çekirdek kalsit, quartz veya kalker parçası da olabilir. Gine sık olarak görülen psödo oolitler oval ve sferik bir şekil gösterirlerse de konsantrik bir tekstüre sahip değillerdir.

3) **Koproilit** : Küçük silindir şeklindeki ve organik menşeli parçalar dır. Bunları bir nevi nodül gibi de farzetmek mümkündür.

a — **Endogang** : Ekseriyetle kalsit, organik madde, demir bazan quartz veya glokoniden teşekkül ederler. Tanelerin rengine tesir ederler. Endogangın çok az olduğu veya sırf kalsitten meydana geldiğinde tanelerin rengi beyaz, sarımtırak veya gri olur. Demir rengin esmer, organik maddeler de gri veya siyahımtırak olmasını sağlar. Nodül ve taneler şekilleri itibariyle çalkantılı bir denizde teşekkül ettiğini gösterirler (Nadiren breşik ve masif halde kalsiyum fosfata da rastlanır:)

b) Exogang : Exogang şimik veya detritik olarak karalardan gelen malzemenin fosfat sedimantasyonun vuku bulduğu denizde teressüp etmesiyle meydana gelir. Ekseriyetle kalker, tebeşirli kalker ve killerden müteşekkildir. Silise, detritik (quartz) veya şimik (çört, silex) halinde çok sık rastlanır.

### **3 — FOSFATIN TAŞINMASI SURETİYLE TEŞEKKÜL EDEN FOSFATLI KAYAÇLAR :**

Karalardaki taşınma 2 kategoride mütalaa edilir :

1 — Kalsiyum fosfat bakımından zenginleşme

2 — Fosfatın minerolojik transformasyonu.

#### **1 — Kalsiyum fosfat bakımından zenginleşme :**

Zenginleşme iki şekilde vuku bulur. İlk halde : Bilhassa kalkerden meydana gelmiş gangın yıkanması (Lesivage) suretiyle elimine olmasıyla meydana gelen zenginleşme. Buna misal olarak Paris baseni senoniye-  
indeki yüksek tenörlü fosfat cepleri zikredilebilir. Bunun daha yeni bir misali : Fas'ta Kfouribya bölgesinde trikalsik olarak % 75 tenöründeki işletilen cevherin endogangi kalsit olduğundan zenginleştirme mümkün olamamıştır. Fakat bir kaç yıl sonra aflöre eden bir zonda fosfat tabakalarının tabii suyla yıkanmış olan kısımlarında kalker olan endogangın büyük bir kısmının gitmiş olduğu görülmüş ve killi olan exogangın yıkanmasıyla tenör % 80 çıkarılmıştır. Fosfat yatağı eğimli bir yerde aflöre ettiğinde lesivage aynı zamanda fosfat elemanlarının da nakledilmesine sebep olur. Bu halde aşağı kotlarda zenginleşme şimik ve mekanik olarak vukuu bulur. Doğu Fransa'da Sinemurien de nodüllerin mekanik olarak birikmesiyle teşekkül eden yatağın eskiden işletildiği zikredilir.

İkinci hal fosfatın solüsyon halinde göç etmesidir. Buna misal olarak fosfatlı tabakaları katederek aşağı geçen suların tabanda yaygın bazı seviyeleri zenginleştirilmesi gösterilir. Okyanusyadaki işletilen fosfatlar guanoların lesivajından ve civarındaki kalkerin fosfatlı sularla epigenizasyonundan meydana gelmiştir. Ouercy'deki fosforitler zayıf fosfat tenörlü sedimanter kayaçlardaki fosfatın lesivajle karstik çatlaklarda birikmesinden meydana gelmiştir. (Masif - Demirci Ragıllarda olduğu gibi)

## 2 — Fosfatın Mineralojik Transformasyonu :

Sıcak ratıp bölgelerde tabii sular tarafından icra edilen yıkanma olayı gangı elimine ettikten maada fosfat minerallerinin de bir değişikliğe uğramasına sebep olurlar. Bu latertik tipte bir alterasyondur. Bu olayda fosfat anionu elimine olmaz. Burada apatit serisinden olan mineraller alümino-calcique fosfat olan crandallite  $(PO_4)_2 Al_3 Ca(OH)_5 H_2O$  ve alümin fosfat olan augelite'e  $PO_4 Al (OH)_3$  e döner. Bazan demir de ihtiva eden bileşikler meydana gelebilir. Aynı zamanda karbonatların elimine olmasıyla killi olan faz kaolinik bir hale dönüşür. Silex mütesir olarak ufanılır. Demir konsantr olur. U. Zn. Cr. Cu gibi oligo elemanların tenörleri artar. Bu çeşit zenginleşmiş fosfatların satışı zordur.

## 4 — GUANO'LAR

Aktüel ve eski guanoların asit fosforik imali için iyi bir kaynak olduğunu unutmamak lazımdır. Peru'da genç Guanolar % 11  $P_2O_5$  eski guanolar % 15  $P_2O_5$  ihtiva etmektedirler ve işletilmektedirler. Netice olarak magmatik kayaçlar ve taşınma ile teşekkül eden fosfatlı kayaçların haricinde önemli olan ve büyük fosfat yataklarının teşekkülüne imkan veren denizel sedimanter fosfat kayaç ve yataklarını tetkik etmek gerekir.

## III — FOSFAT TEŞEKKÜLÜ VE SEDİMENTASYONU :

### 1 — Fosfat ve Litoloji :

Sedimanter bir basenin geçirmiş olduğu tekamül (tarihi) sakin ve basit ise bu basenin dolması sırasında teşekkül eden çeşitli fasiyesler düzenli bir sıralanma (süksesyon) gösterir.

A. Lombard bir basende yer alan fasiyelerin yukarıdan aşağı doğru olmak üzere genel bir seri olarak şunları ihtiva ettiğini tesbit etmiştir.

1 — Tuz teşekkülleri (evaporitler)

2 — Dolomi

3 — Dolomitik kalker

4 — Kalker

5 — Meta jenetik

6 — Kolloid kil

7 — İnce klastikler

8 — İri klastikler

9 — Konglomeralar

Bazı basenlerde bunlardan bir kısmı olmayabilir. Çok sık rastlanan bu hale lokal seriler denir. Bir basende genel veya lokal olsun seriler aşağıdan yukarıda doğru serideki sırayla giderse buna pozitif sekans, aksine de negatif sekans denir. Stratigrafide pozitif sekans bir transgresyona ve negatif sekans ise regrasyona tekabül etmektedir.

A. Lombard'ın serisinde, Metagenetik terimi adı altında dimanter demir yatakları ile kömür ve fosfat sedimantasyonları guruplandırılmıştır. Böyle bir litolojik sekansda fosfat kolloidal bir fasiyesle kalker fasiyesi arasında yer almış olur. Bu hal bir çok yerlerde müşahade edilmiştir. Mesela Tunus'ta Gafsa baseninde, Cezayir'de Jebel Onk da fosfat Thannetiennes marn veya killeriyle İpresien kalkerleri arasında yer alır. Florida da fosfat Miosen kalkerleri üzerinde yer alan kille birleşik olarak bulunur. Fosfatın kil ve kalker fasiyesi arasında bulunması bu maddenin aranmasını da bir klavuz teşkil eder. Fakat maalesef bu kaidenin daima tahakkuk etmesi mümkün değildir. Kuzey Afrika, Senegal ve hatta Florida killeri yakından tetkik edilirse bunların Montmorillonit ve Atapulğite minerallerinden teşekkül eden şimik menşeli killer olduğu ortaya çıkar. Bu Lombardın serisindeki kolloide diye vasıflandırdığı detritik seriden farklıdır. Binanaleyh problem bu kadar basit değildir. Netice olarak fosfatın kil, marn ve kalkerlerle olan beraberliği her yerde görüldüğüne göre bu depolanmanın orijinini etüd etmek lüzumludur.

2 — Sedimanter Kayaçların Orijinleri :

Sedimanter serilerde rastladığımız kayaçların ekserisinin kıtaların erozyonu neticesi denizlerde teressüb ederek teşekkül ettiklerini kabul etmekteyiz. Bu erozyon karaların röliyefi, iklimi ve malzemenin cinsiyle yakından ilgilidir. Bu safhada tropikal veya ekvatoryal enlemde oluşu ve toprak örtüsünün mevcut olup olmayışı mühimdir. Buna göre başlıca 3 hal mümkündür :

1 — Sıcak ve ratıp bir iklim ve sakin bir röliyef, yüzeyde nebatların ve bir toprak örtüsünün inkişafını sağlar.

2 — İklimin değişmesi, röliyefin gençleşmesi, yani yükselmesi, bitkilerin inkişafı için müsait bir peryod yaratmaz. Fakat daha önce müsait bir periyotta teşekkül etmiş olan toprak kara parçasını kaplar.

3 — İklim ve röliyef öyle değişirki, kıtanın kayaçları tamamen çıplak hale gelir ve örtü kalkar.

H. Erhart (1956) kayaç teşekküllerinde jeolojik hadiseler kadar Pédogénese'inde rol oynadığını ortaya koymuş ve sıcak ratıp bir iklim ve sakin röliyefin hakim olduğu safhaya (Biostasie), bunun aksine bitkilerin inkişafı için müsait olmayan peryoda da (Rhexistasie) adını vermiştir. En sondaki toprağın fakir olduğu safhaya da post Rhexistasie denir,

#### a) Biostasie :

Sıcak, rutubetli ve röliyefin tatlı olduğu peryod bitkilerin inkişafına müsait olduğundan ormanlar teşekkül ederek kıtayı kaplar. Pedologlar böyle bir peryodun lateritik tipte bir toprağın teşekkülü için müsait olduğunu ortaya koymuşlardır. Lateritik toprak ana kayacın derinine nüfuz ederek ona tesir edip dekompozisyonunu sağlar. Bu hal iki fazda olur :

a) Geç Fazı : Bu fazda alkalınler, toprak alkalınler Na, K, Mg Ca, ana sahredeki silikatların silisi ve fosfatlı minerallerdeki fosfat anionu solüsyon haline gederek yer altı sularına ve akifer naplarına karışır.

b) Yerli Faz : Aliminyum ve demir oksitler, Mn, Ti ve diğer ağır metaller, quartz, lateritik alterasyonla teşekkül eden kaolinitin yer aldığı bu fazdaki elemanlar yerinde kalır.

Biostatik periodda teşekkül eden kalın toprak tabakası ana kayacın direk erozyonuna mani olur. Gelişen bitki örtüsü hatta residuel fazda bile toprağı muhafaza eder. Bu safhada yalnız göçfazındaki elemanlar basene gelir ve bunlar dominant olur. O halde bu zonlarda teşekkül eden kayaçlar ve Al bakımından fakir  $\text{SiO}_2$ , CaO, MgO bakımından zengin kimyasal selüsyonlardan teşekkül eder. Bu taşlar öyleyse Dolomi, kalker ve şimik orijinli silex (çört) ile Al bakımından fakir Mg bakımından zengin olan Montmorillonit  $\text{SiO}_4 \text{Al}_{10} 5/3 \text{Mg} 1/3 \text{Na} (\text{OH})_2$  Sepiolite  $\text{Si}_8\text{O}_{20} \text{Mg}, (\text{OH})_2 (\text{OH}_2)_4$ .

Atapulgitte (Kimyasal terkibi sepiolitinkine çok yakın olup Mg, ve Si, aliminyum ile ramplace olur. Sepiolitten daha aluminli ve az magne-

ziyenlidir.) gibi yeni teşekkül eden killer meydana gelir.  $\text{Ca PO}_4$  işte bu safhada teşekkül eder. Çünkü göç eden solüsyonlarda fosfat anyonunda mevcuttur. Yalnız fosfatlı kayaçların gelişi diğer elemanlara nazaran daha az olduğundan teşekkül eden kayaçlardan miktarı diğerlerine nazaran daha azdır. Bazı kayaçların diğerlerine nazaran tercihan bazı bölgelerde muayyen zamanlarda teşekkül etmesi konusunda çok etüd ve münakaşalar yapılmıştır. Denizin PH ve Eh derecesi, suyun çalkantısının çok veya az oluşu, biojenetik hadiseler, derinlik, sıcaklık bu kayaçların teşekkülünde önemli rol oynar. Mesela kalker; organizmaların yaşayabileceği oldukça hareketli sularda depolanır. Halbuki sepiolite, atapulgite nevindeki killer aksine favnanm mevcut olmadığı hareketsiz sakin sularda teşekkül eder. Batı Afrika'daki basenlerde etüd edilen killer göstermiştir ki basenin kıyısından açıklara doğru neoformasyon killer mineralojik bir değişme gösterir. Kıyıya yakın yerde Montmorillonite, sonra atapulgite ve en son sepiolite yer alır. Horizontal olarak mevcut olan bu kil sekansı jeoşimik bir sekansa tekabül eder ve Al tenörü kıyından açıklara doğru azalarak kaybolur. Bu sekans karalardan basene gelen kimyasal solüsyonların kayaçların teşekkülüne olan tesirini göstermekte olup basenin kıyıya yakın kısımlarında su sakinse alüminli neoformasyon kil bulmak normaldir. Eğer deniz hareketliyse Al daha açıklara kadar dağılabileceğinden Montmorillonite cinsi bir mineral basenin her yerinde görülebilir. Killerin teşekkülü üzerinde bu kadar durmanın sebebi bunun sedimantasyon ve paleocoğrafik tefsirler ile fosfat ve stratiform maden yataklarının aranmasında ne kadar mühim rol oynadığını belirtmek içindir.

#### **b) Rhexistase :**

Bu periyod normal olarak biostaziye takip eder. İklim değişir ve Vejetasyonun gelişmesi durur. Ayrıca tektonik hadiselerle röliyefin yükselerek şiddetlenmesi karşısında yamaçlardaki toprak ve bitki örtüsü erode olur. Böyle olunca erozyon kayaca tesir eder ve Lateritizasyon durur. Lateritik toprağın sertleşen kısımları olan Kaolinite, quartz, demir ve alüminli maddeler ile bitki parçaları baseni doldurmaya başlar. Basende meydana gelen taşlar başlıca; gre, kum, kil, killi kumdur. Demir gelişi güzel olarak çeşitli sedimanlar içinde yer alarak killeri renklendirir, bazı

grelerin çimentolarını teşkil eder ve bazanda müstakil seviyeler halinde konsantre olarak yataklar meydana getirirler. Biriken nebatlar, üzerindeki tortu tabakaları vasıtasıyla oksidasyondan korunur ve kömür yatakları teşekkül eder.

Büyük bir basende rhexistasie olayı sonucu teşekkül eden sedimanlar tanelerinin büyüklüğüne göre sıralanırlar. Bu gronülometrik sıralanmada kıyıya yakın yerde iri taneli çakıl, gre ve kumlar yer alır. Açıklara doğru sedimanların taneleri çok daha ufaldır, en nihayetinde kaolinit zerrecikleri yer alır. Bu çeşit kil biostazi safhasındaki şimik olarak teşekkül eden magnezyumlu killerin aksine karalardan kopan çok ince zerreciklerin birleşmesiyle meydana gelen bir nevi detritik kildir.

Görülüyorki Rhexistasie safhası fosfat teşekkülüne imkân vermektedir.

### **c) Post Rhexistasie :**

Rhexistasie safhasını Post-Rhexistasie takip eder. Toprak ve bitki örtüsü tamamen kalkar, erozyon anakayaca tesir ederek mevcut magmatik ve sedimenter kayaçların parçaları basene taşınır. Bu faz ekseriya tektonik hadiselerin tesiriyle röliyefin gençleşmesi sırasına rastlar ve basen çeşitli detritik malzemeyle dolar. Sedimentasyon Konglomera, arkoz, psammit gibi daha önce karalardaki mevcut kayaç parçaları ile teşekkül etmiş olur. Bu safhada da fosfat teşekkül etmez. Ancak karalarda bol apatitin konsantre olduğu veya mevcut bir fosfat yatağının parçalarının denizin içinde bir yerde birikmesiyle detritik orijinli fosfat depoları meydana gelebilir.

### **d) Bio-Rhexistasie hakkında düşünceler :**

Yukarıda bahsettiğimiz bio-rhexistasie ideal bir şemadır. Esasında tamamen bir biostazik peryot nadirdir. Zira bazı reliyef şekillerine göre vejotasyonun devamlı olarak erozyondan korunması zordur. Biostazi peryodunda da basen bir kısım detritik sedimentasyonu kabul eder.

Bu sedimentasyon tercihen kıyı bordüründe bulunur. Meselâ bir basende şimik orijinli Montmorillonit, atapulgit, sepilolit gibi killer teşekkül ederken, basenin kıyısında detritik menşeli kaolinit, kum ve gre bulunur. Aynı hal Rhexistasie peryodu içinde varittir. Bilhassa tektonik



hadiseler sonucu vuku bulan yükselmelerde kıtaların bazı kısımlarında bitki örtüsü adacıklar halinde muhafaza edilmiştir. Böyle olunca bu kısımdan göç fazındaki iyonlar da detritik malzemeyle birlikte denizlere taşınır. Bu safhada basende detritik sediman dominant olur. Fakat bazı şimik orijinli sedimanların lateral geçişlerine veya enterkalasyonlarına rastlanır. Genellikle biostasie ve rhexistasie basene hakim olan şimik veya detritik sedimantasyon ile teşhis edilir. Bir basenin jeolojik tarihçesi mevzii bir etüdle değil basenin genel olarak komple bir etüdünün yapılmasıyla anlaşılabilir.

#### IV. — FOSFATIN MENŞEİ VE YATAKLANMALARI

Fosfatın menşei hakkında birçok hipotezler ortaya atılmıştır. Balık ve diğer organizmaların tabiatça toplu halde imhası, deniz dibindeki bitkilerin ölmesi ve denizdeki dengenin bozulması gibi. Bundan evvel bahsettiğimiz gibi kıtalardan biostazie peryodunda ancak fosfat gelişi vardır. Kalkerler, bazı killer ve marnlar biraz fosfatlıdır. Bu fazda karalardan denize taşınan  $PO_4$  miktarı solüsyon içindeki mevcut diğer maddelere nazaran daha azdır. Bu az miktardaki fosfatın çok zengin fosfat yatakları meydana getirmesi güç gibi gelmektedir. Karalardan gelen fosfat basende hemen kullanılmaz ve deniz suyunda kalır. Ca, Mg gibi elementler bol miktarda taşındığından daha çabuk satürasyona uğrarlar ve kalker dolomi gibi sık rastlanan kayaçların teşekkülüne imkan verirler.

Okyanusların ekseriya mütecanis bir halde olduğu zannedilir. Zira yalnız tuz, PH ve ısı bakımından hafif değişiklikler gösterir. Fakat bu sözde kalmaktadır. Çeşitli sedimanter fasiyeslerin mevcudiyeti ve aynı zamanda teşekkül etmiş değişik bileşimli sahrelerin bulunuşu, denizlerin muhtelif yerleri arasında fiziko-kimyasal özellikler bakımından farklar bulunduğunu göstermektedir. Okyanuslar incelendiğinde önemsiz gibi gözükken fiziko-kimyasal özellik bazı maddelerin teşekkül ve muhtevalarında önemli farklar meydana getirirler. Bunlardan biri de fosfordur. Tropikal bölgede satıhtaki deniz suyu ısısı  $20^{\circ}C$  ve Ph miktarı 8,2 iken fosfor miktarı  $0-300 \text{ mg/m}^3$  arasındadır. Sıcaklık  $6-7^{\circ}$  düştüğü zaman  $CO_2$  basıncı iki üç misline çıkar. PH miktarı 7,8 veya altına düşer.

Nitratla fosfat arasında 1/6,8 oranında bir münasebet vardır. Buna

göre denizdeki N ve P dağılışı aynıdır. Silisle N ve P arasında bir münasebet yoksa da N ve P arttıkça silikat da artar.

Deniz suyunda biriken fosfat hemen çökelmez, basenlerde biostatik devrede şimik olarak teşekkül eden kalın mağneziyen killi marnlı serilerde çok az veya hiç fosfat bulunmaz. Kalın çört serilerinde de durum aynıdır. Bütün bunların teşekkülleri sırası süresince göç safhasında, karalardan denize doğru fosfat aniyonu gelişini devam ettirmekte ve deniz suyundaki fosfat rezervi artmaktaydı. İşte deniz suyunda artan bu rezerv büyük fosfat yataklarının teşekkülüne imkan vermiştir. Fosfatlı seviyelerle, basendeki normal sedimanter seviyelerden kil, marn, gre, çört arasında mühim fark vardır. Bunlar arasında kıtalardan direk olarak gelen materyel ile şimik olarak teşekkül eden malzeme arasında zıt olan oluşum durumu fosfat aramalarında esaslı rol oynayan bir unsurdur.

#### **FOSFATIN YATAKLANMASI :**

Kazakovun, Rusya fosfatları üzerine yaptığı çalışmalar sonucunda 1937 yılında ortaya koyduğu teori, fosfat teşekkülleri teorileri içinde müşahadelere en çok uyanıdır. Kazakova göre denizin derinliğiyle orantılı olarak fosfatın erimesi arasında bir fark vardır. Buna göre deniz suyundaki  $PO_4$  miktarı birkaç yüz metre derine doğru gidildikçe devamlı olarak artar. Yani ısı ve PH azaldıkça  $CO_2$  tenörü arttıkça fosfatın deniz suyundaki erimesi artar. Deniz dibindeki akıntılar sebebiyle derindeki bu çeşit sular satha doğru yaklaşık 200-500 m. arasındaki derinliğe gelince PH ve ısı değişir. Fosfat sürsatüre olur ve çökelmeye başlar. Azot ve fosfatın mevcut olduğu sular genellikle canlı hayat için elverişli olan sulardır. Bundan dolayı çökelmenin bir kısmı biyolojik olur. Fakat çökme esas itibariyle şimiktir. Çöken fosfat genellikle foraminifer, organik parça veya kalker parçasını epigenize eder ve etrafını sarar. Fakat direkt  $Ca PO_4$  çökmesinde varittir.  $Ca PO_4$  ile kalker arasında yakın bir jeoşimik akrabalık vardır. Kurumbein ve Garrels diagramının Sig. 1. tetkikinde bu iki maddenin depolanma şartlarının birbirine yakın olduğu görülür. Fosfatın çökeldiği hareketli ve sıcak deniz, organizma ihtiva eden kalkerin de çökmesine elverişlidir. Yine Kazakova göre derinlerden gelen fosforlu bol miktarda Kalsiyum bi karbonat da getirir ve bu da sığ yerde daha sıcak ortamda  $CO_2$  in kaybolmasıyla ayrılarak kalkerini meydana getirir. Kazakov suyun yukarı çıkışı sırasında kalkerin fosfattan önce teşekkül ettiğini kabul

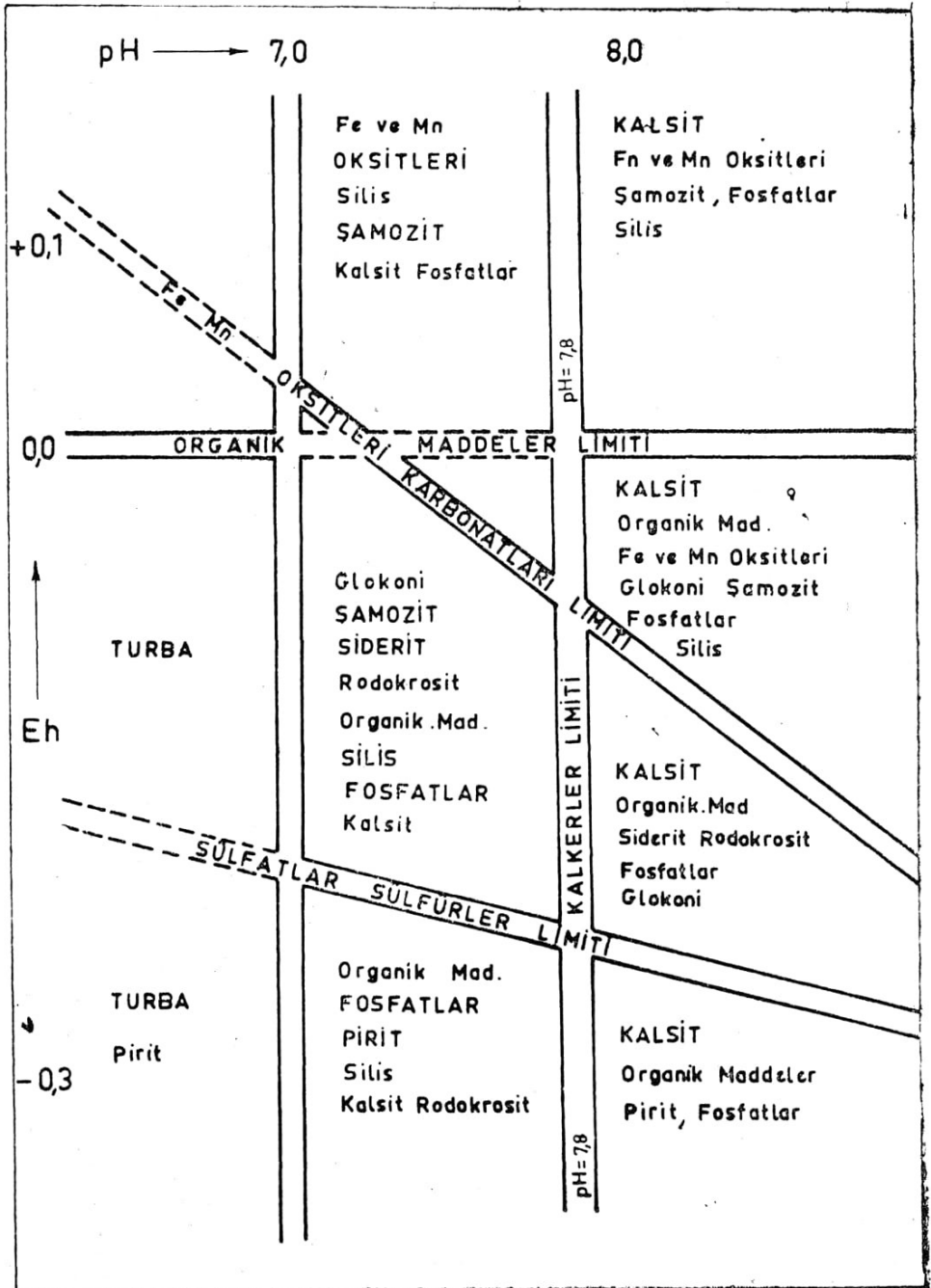


Fig 1. Krumbein ve Garrels (1952) Diagramı

eder. Bu hal Senegal ve Togo da işletilen fosfatın derin deniz istikametine doğru kalkere dönüşümüyle doğrulanır. Fakat U.S.A. permien fosfat yataklarında bunun aksi görülür. Bu halde bunu izah edebilmek zordur ve kalkerin çift orijinli olduğunu kabul etmek gerekir. Zaten kalker-fosfat arasındaki bu yakınlık, zengin tenörde fosfat yataklanmalarının teşekkülüne mani olmaktadır. Çünkü kalker sedimantasyonun beslenmesi fosfat elemanlarına nazaran çok daha kolay ve boldur.

Okyanuslarda yapılan aktüel sedimantasyonun tetkiki neticesinde muhtelif derinliklerden alınan numunelerden yeni fosfat yataklarının bilhassa W kıyılarında teşekkül ettiği ve etmekte olduğu öğrenilmiştir. Kazakovun yükselen deniz akıntıları nazariyesine uygun olarak, fosfata deniz suyunda bilhassa az derin yerlerde rastlanmıştır. 2000-3000 m. derinde de depolanmaya rastlanmışsada bunun teşekkülü deniz dibinde sıcak ve soğuk su akımlarının karşılaşma noktalarıyla ilgili olabilir. Okyanuslardaki aktüel etüdler Kazakovun fikirlerini doğrular. Fosfat yataklarının teşekkülüne imkan veren kaynak derin denizlerde erimiş olarak bulunan fosfatlı solüsyonlardır. Ekseriya fosfat yataklarında deniz akıntılarının izleri müşahade edilir. Mesela Fas'ta lokal olarak entrecroise stratifikasyona rastlanır, sık sık görülen oolitik tekstür çalkantılı denizin karakteristiğidir. Kazakovun bu derin deniz suyundaki fosfatın yükselmesi suretiyle çökeldiği teorisi bir çok bilgin tarafından tetkik edilmiş ve bazı değişiklikler yapılmışsa da umumi hatları farklı değildir. Etüdler daha ziyade deniz suyunun yükselmesi veya kabarması üzerinedir.

Okyanuslardaki sirkülasyon güneşin sıcaklığından mevsimlere göre atmosferdeki hava sirkülasyonundan ve dünyanın hareketinden ileri gelmektedir. Bir okyanusta akıntı sistemi her yarım kürede bir yarım küre meydana getirir. Kutupta soğuyan sular doğu yönden ekvatora gelir. Ekvatorda ısınan sular W yönünden kutuplara gider. Bu durumda fosfat bakımından zengin sular 4 durumda satha yaklaşır.

1) Akıntıların sahiliden uzaklaştığı veya iki akıntı kolu birbirinden ayrıldığı zaman sahildeki sıcak su açığa doğru ayrılırken kutuptan gelen soğuk su onun yerini yükselerek alır.

2) İki akıntının karşılaşmasıyla bir karışma meydana geldiği zaman.

3) Kutuplara doğru giden akıntının W kenarı boyunca.

4) Kışın tropik bölgelerden gelen fazla tuzlu suyun çökeldiği ekvatorlardan uzak kısımlarda.

Dünyanın çok kuru bazı bölgelerinde rutubetli hava çölleri meydana gelebilir. Bu çöllerin kenarlarındaki sular fosfat bakımından zengin sulardır. Bu sulardaki bitkiler su yüzüne kadar yükselirler (Kızılmed).

İklim, biyolojik ve jeolojik olaylarda denizin derin kısımlarının yükselmesinde rol oynayan etkenlerdir. Bu gün denizlerde kabarma kollarının W kıyılarında görülmekte ve denizin dibinde bulunduğu bilinen bütün fosfat yataklarının muhtelif kabarma bölgesinde buldukları görülmektedir.

## V — FOSFATLA İLGİLİ FASİYESLER :

Ca PO<sub>4</sub> çeşitli litoloji ve fasiyeslerde görülebilir. Batı Moritanide Kambiyen tabanındaki konglemeralarda fosfat nodülüne rastlandığı Dars ve Sougy tarafından söylenmiştir. Pirene Dinansiyeninde fosfat nodülüne Paris basenindeki Albien kumlarında da fosfat konkresyonlarına rastlanır. Fakat hakiki manadaki fosfat yataklarında Ca PO<sub>4</sub> ye bağlı fasiyesler az değişiktir. Batı Afrikadaki fosfatlar şimik bir sedimantasyon mahsulü olan kalker, kil (atapulgit montmorillonit) silex, çört ile birlikte tezahür ederler. U.S.A. Meksika İsrail ve Kolombiya'da da fosfat silex ve çört formasyonlarıyla birlikte bulunurlar.

Kimyasal tortul orijinli kayaçları iki kısımda gruplandırabiliriz :

1) Fosfat ile çok sıkı olarak beraber bulunan kayaçlar: Bunlar fosfat tabakalarının gerek taban ve gerekse tavanında veya interkalasyon halinde veyahut gangında yer alan kayaçlar olup genellikle kalker, Montmorillonit ve Glokonit ihtiva eden formasyonlarıdır.

2) Fosfatın, yalnız tavan ve tabanda bulunan veya enterkalasyon halinde olan (nadiren gang da) kayaçlar: Bunlar kil (Atapulgit), çört ve silextir.

## VI — FOSFATLI SEVİYELERLE STERİL FORMASYONUN MUKAYESESİ

a) Kalınlığın Lateral Değişimi :

Birçok jeologlar fosfat bakımından zengin olan seviyelerin müsait jeolojik formasyonların az kalın olan zonlarında yer aldığını belirtirler. H. Salvan bunu Fas'ta göstermiştir. Ayrıca Togo'da Üst Lütesyene ait 10 m. kalınlığındaki fosfat seviyesi, SE ya doğru formasyonun kalınlaşarak 100 m.yi bulduğu yerde mineralizasyon önce diffüze hale gelir ve bilahare kaybolur. Senegal'de de fosfatlı formasyon kalınlaştığı vakit steril olmaktadır. Kalınlığın azaldığı zonlarda bazı stratigrafik seviyeler çok incelererek kaybolur ve lakünler meydana gelir. Büyük fosfat konsantrasyonu kalınlığın en az olduğu yerde değil fakat hemen yakınında teşekkül etmektedir.

#### **b) Fasiyesin Lateral Değişimi:**

Bu konudaki müşahadelerin neticeleri şöyledir :

Stratigrafik kalınlığın azaldığı istikamette fosfat yerini laküner veya kumlu, killi detritik bir sedimantasyona bırakır.

Kalınlığın arttığı istikâmette fosfattan sonra biraz fosfatlı kalkere rastlanır. Bilahare bu da yerini kil ve marnlara terkeder. Bu istikamette fosfat formasyonu çabucak kesilebilir ve yerini kil, marn, çört ve tebeşirli kalker gurubuna bırakabilir. Kalınlığın arttığı istikamette fosfatlı formasyon hemen kesilebilir ve kalın olan tarafa doğru mineralizasyonda bir dilüsyon (seyrelme) yoktur. Bu da fosfat prospeksiyonunda önemli bir noktadır. Zira mevzii steril olan bir seri lateral olarak hemen fosfatlı bir seviyeye geçebilir.

### **VII — FOSFAT VE TEKTONİK :**

Tektonik büyük yatakların teşekkülünde pek rol oynamaz ama İsrail'deki yatakların sedimantasyonuyla ilgisi olmuştur. (Bentor 1953) İsrail'deki Üst Kampaniyen yaşlı fosfatlar senklinal plilerinde teşekkül etmiştir. Antiklinallerde fosfat azalır veya yoktur. Epirojenik hareketlerle deniz dibinin yükselmesi ve alçalmasıyla senklinal diplerinde fosfat teşekkülüne imkan veren akıntılar gelişmiş ve fosfat çökmesine imkân vermiştir.

### **VIII— FOSFAT VE STRATİGRAFİK DEVİRLER :**

Birinci zamandan yakın zamana kadar olmak üzere çok değişik yaşta fosfat seviyelerine rastlanır.

Permien, U. S. A.

Jurasik, Meksika

Üst Kretase, İsrail

Alt Eosen, Kuzey, Afrika

Orta Eosen, Senegal Togo

Miosen, Peru

Pliosen, Florida.

Yaş faktörü dünya ölçeğinde birleştirici bir bağ teşkil etmez. Fakat rejyonel mikyasta bir çok yataklar aynı zamanda teşekkül etmiş olabilirler :

Mesela : Senegal, Togo, Mali fosfatları aralarında 3.000 km. mesafe olmasına rağmen Lütasyon yaşlıdır. Türk ve İsrail fosfatları bir kısım K. Afrika fosfatları Üst Kretase Kampaniyen yaşlıdır. Kuzey ve Batı Afrika fosfatları az farkla alt ve orta eosen yaşlıdırlar.

## **IX— FOSFAT PROSPEKSİYONUNDA DİKKATE ALINACAK HUSUSLAR :**

şimdiye kadar fosfatların teşekkülünü, fasiyelerini, stratigrafik değişimlerini, tektonik ve yaşlarını inceledik. şimdi fosfat aramalarında ehemmiyet verilmesi icabeden hususları tetkik etmek faydalıdır.

Steril formasyonlarla fosfatlı formasyonların orijinlerinin zıt olması fosfat aramaları için en iyi bir kılavuz teşkil eder. Bundan önce steril malzemenin direkt olarak kıtalardan geldiğini, fosfat yataklarının ise deniz suyunda birikmiş fosfatlardan teressüp ettiğini biliyoruz. Aynı süre içinde steril sedimantasyon fosfatlı sedimantasyondan daha fazla teşekkül eder.

Fosfat yatağı araması aynı zamanda sedimanter basenlerin müsait bölgenin aranmasını ve bunun jeolojik tarihçesinde fosfat teşekkülü için müsait zamanın aranmasını ve aynı basende steril malzemenin bol olarak mevcudiyeti halinde müsait olmayan zamanın ve bölgenin aranma-

sını icap ettirir. Bir fosfat yatağının teşekkülü direkt olarak bu şartlara bağlı olduğundan bu hususların detay olarak incelenmesi lazımdır.

### **1) Fosfat için müsait olan bölgeler :**

Fosfat depolanması basenini kolaylıkla derin denize açıldığı bölgelerde olur. Kazakova göre fosfat 50-200 m. derinlikte diğerlerine göre biraz daha derinde teressüp eder. Öyle ise en müsait bölgeler derin denize en yakın olan yükselmiş zeminlerdir. Kıta platolarının bordürleri, hatta basenin bordür kısımları müsait bölgeler teşkil ederler.

### **2) Fosfat için müsait zaman :**

Fosfat depolanması için müsait zamanın aranması iki şekilde olur:

#### **a) Paleoseanografik kriterler :**

Fosfat bakımından zengin suların derinlerden sathı doğru hangi zamanda geldiğini doğrudan doğruya tesbit etmek paleoseanografik zor bir problemdir. Bu tayin direkt olarak lokal strati grafik seriler içinde yer alan fosfat zuhurlarının yaşlarının tesbit edilmesiyle yapılabilir.

#### **b) Sedimentolojik kriterler :**

Fosfat ihtiva eden akıntıların çeşitli zamanlarda sedimentasyona müdahale ettikleri birçok misallerde görülür. Fakat ekseriya sedimentasyon basenine yakın denizde karalardan uzun süre fosfatın gelmesiyle sudaki fosfat potansiyelinin arttığı anlar sedimentasyon için müsait ortamı teşkil eder.

Bu birikme uzun süren biostazi periyodunda vuku bulur. Şöyle bir periyod basen içinde bol miktarda şimik sedimentasyonun mevcudiyeti ile karakterize olur. Kalker, çört, neoforme kil gibi. Bu da müsait zamanın tayini için steril sedimentasyonun etüd edilmesinin ehemmiyetini göstermektedir. Bu etüdün detaylı ve hassas olması, killerin mineralojik etüdülerinin yapılarak detritik veya şimik menşeli olanların tayin edilmesi lazım gelir.

Killerin etüdü bize şu hususların aydınlanmasına yardım eder :

1 — Biostazi periyodunda fosfatın denize gelmesi anında denizde iki hal mevcut olabilir.

a) Deniz çalkantılıdır. Fosfat ceryanlarla hem uzaklara taşınır hem



de diğer yandan kalker fasiyesi tarafından hemen kullanılır. Böyle halde fosfat yatağı teşekkülü ihtimali artar.

b) Eğer deniz sakin ise, ortam magneziyen killerin teşekkülüne imkan verir. Bunların terkibine çok az fosfat karışabilirse de fosfatlı solüsyonlar derin sulara doğru kayarlar. Çörtler de killer gibi aynı hadiseyi ifade ederler.

2 — Bol steril bir sedimentasyonun mevcudiyeti halinde müsait bölgeler :

Karalardan denizlere gelen detritik malzeme ağırlıklarına göre sıralanarak denizin çukurluklarına doğru sürüklenirler. Subsidans zonları en çok sedimanın biriktiği yerlerdir. Karalardan eğimle inen kıyı kesimlerinde büyük parçalar kalır ve diğerleri daha ileri mesafelere giderler. Fakat böyle bir ortamda karasal sedimanın en az birikebileceği yer ise deniz dibinde mevcut olabilen dom şeklinde bir yüksek zemindir. Böyle müsait bir zonun tesbiti paleosenografik, stratigrafik ve strüktürel etüdüleri icabettirmektedir.

4 — Bol steril sedimentasyonun mevcudiyeti halinde en müsait zaman :

Karalardan gelmekte olan detritik malzeme kıtaların yükselmesiyle fazlaşır. Bu sefer erozyon şiddetlenir ve zamanla rölyef tatlılaşır. Bu anda detritik ve steril malzeme asgarî hale gelmiş olur ve  $PO_4$  anyonu denize doğru göçe başlar. Bu arada denizde greler üzerinde kalker ve kil tabakaları teşekkül edebilir. Senegal'de glokonili fosfatlar üzerine fosfat serisi gelmiş ve müteakiben detritik silis gelişi kalker transisyonunu bozmuştur.

Netice olarak steril sedimentasyon periyodunun en az olduğu zaman ve detritik sedimanda geçişin mevcut olup olmadığını anlamak lazımdır. Fosfat aramalarında sedimentoloji ilminin yardımı çok büyüktür. Bunun için hassas stratigrafik ve paleocoğrafik etüdüler yapılarak paleontoloji, mikropalenoloji, sediman petrografisi devamlı olarak tetkik edilir.

## **X— ARAMALARDA JEOFİZİK METOTLARIN KULLANILMASI :**

1 — Radyometrik metod : Bütün sedimenter kalsiyum fosfatlar de-

ğışık miktarlarda Uranyum ihtiva ederler. Bu miktar % 0,001 ile 0,002  $H_3O_8$  arasında değişir. Pasifik Adaları ve G. Karolinada : 0,054  $U_3 O_8$  Senegalde ise tonda 100 gr. Uranyum mevcuttur. Mardin Mazıdağı fosfatları % 0,0006 ile 0,0145  $U_3 O_8$  ihtiva eder.

Fosfat yataklarında Uranyum kısmen sekonder zenginleşmeyle meydana gelir. Genellikle Uranyum tenorunun artışı fosfatlı kayacın porozitesiyle ilgilidir. Bu özelliklerinden dolayı fosfatlı formasyonların sintillometre ile tesbit edilmesi mümkündür.

2 — Jeolojik formasyonların değişen kalınlıklarının etüdü fosfat aramalarında önemli rol oynar. Bazı bölgelerde bunu jeofizik usullerle tesbit etmek mümkündür. Sismik pahalı olduğundan pek tatbik edilmez. Gravimetri tefsirlerindeki güçlük bakımından tavsiye edilmez. En uygunu elektrik sondajlarıdır.

## XI— TÜRKİYE'DE FOSFAT ARAMALARI

Memleketimizde 1964-65 yıllarında yapılan fosfat prospeksiyon ve aramalarında çeşitli devirlere ait muhtelif fosfat emarelerine rastlanmıştır. Prospeksiyondan önce fosfat için müsait bölgelerin tesbiti için Türkiye jeolojisine kısaca bir göz atmak faydalı olur.

Memleketimizin en eski sahrelerinin çekirdeğini teşkil eden metamorfik kristalen şistler stratigrafik durumları dolayısıyla Prekambriyen devrine dahil edilirler. Silür ve Devon tabakalarının diskordans olarak örttüğü bu masifler şunlardır : Istranca, Menderes, Bolu, Ilgaz, Kırşehir, Ceyhan ve Bitlis masifleridir.

Bu masifler arasında teşekkül eden jeojeosenklinaller orta paleozoikten itibaren değişik klastik, detritik, pelajik ve zoolen karakterli binlerce metre kalınlığı bulan teressubatla doldurulmuştur. Bu jeosenklinallerle muhtelif basenlerin sedimantolojik etüdüleri fosfat prospeksiyonu için çok büyük önem taşır. Bu etüdüleri yapmak uzun senelere ve kuvvetli bir jeolog kadrosuna ihtiyaç gösterdiğinden öncelikle memleketimizde en büyük transgresyon hadiselerin vuku bulunduğu Permien ve Üst Kretase havzalarının ele alınarak önce kaba ve hızlı bir prospeksiyona tabi tutulması uygundur. Hatta bir çok yerlerde istikşaf ve test için radyometrik

uçak prospeksiyonu tatbik edilmesi faydalı olabilir. Ayrıca bir çok yerlerde yapılmış olan petrol sondajlarının loglarının incelenmesi aramalara ışık tutabilir.

Stratigrafik sıraya göre memleketimizde en eski fosfat oluşumlarına İstanbul karboniferinde rastlanmıştır. Siyah şeyller içinde nodüller halinde bulunan fosfatın tenörü % 15  $P_2O_5$  civarındadır. Modüller az olduğundan ekonomik bir değer taşımazlar. Yatağan civarında Permian Mezozoik kalkerlerinde birkaç fosfat nodülüne rastlanmış ve Gördes civarındaki aynı yaşlı kristalize kalkerlerde %5  $P_2O_5$  ihtiva eden yerler mevcuttur.

Üst Kratese formasyonlarında, Kilis, Mazıdağı, Mardin ve Adıyaman'da, Mardin Akraz köyünde Paleosen ve Trakya'da Oligosen yaşlı bahlıklı seri içinde fosfat oluşumlarına rastlanmıştır. Yakın zamanda İnhisar mağarasında guanolar, Denizli civarındaki Neojende ve Beşikdüzünde Eosen formasyonlarında fosfat konkresyonları mevcuttur. Bunların en önemlileri SE Anadolu'da bulunmuş olan yataklardır.

Güney Doğu Anadolunun jeolojisi ve mevcut sedimanter havzalar :

A — Bitlis Metamorfik Masifi

Paleozoik yaşlı kristalen masif Basra körfezinden itibaren gelen İran ve Irak Subsidans havzalarını kuzeyden çevreleyen Zagros dağlarının bizdeki devamıdır. Arkeen, Kaledonien Hersinyen ve Alp Orogenik fazlarıyla iltivalanmıştır. Masif güneydeki sedimanter havzanın Paleozoik, Mezozoik ve Senozoik devirlerinde kara sınırını teşkil eder.

B — Orogenik Fliş zonu

Bitlis masifi güneyinde orojenik hareketlerle mütesir olarak teressüp eden sedimanlar bu grupta toplanır. İltivalar sonucu faylardan yükselen ultrabazik intruzyonları müteakiben Üst Krateseden sonra hızlı sedimentasyon başlamasıyla flişler teşekkül etmiştir. Bu formasyonlar fosfat için müsait değildirler.

C — Sakin Sedimentasyon Bölgesi

1 — Diyarbakır Cizre Subsidans havzası Umumiyetle paleozoikten Pliosen kadar devamlı bir teressubat arz eder. Kambriyen : Volkanik erüpsiyonlar, gre, konglomera, killi gre ve kalker. Silüriyen : Gre, kuvar-

sit. Karbonifer : Gre, killi marn, kömür. Permiyen : Gre, marnlı kalker, kalker ile temsil edilirler. Mezozoik havzada umumiyetle kalker fasiyesindedir. Trias : greli kalker. Alt Kretase: zoojen kalker, marnlı kalker, dolomitli kalker, Üst Kretase, marnlilite ve çörtlü tabakalardan müteşekkildir. Tersiyer formasyonları ön çukurda bütün seviyeleriyle mevcuttur.

**Paleosen** :Kırmızı konglomera, gre, kumlu kil.

**Eosen** : Hakim olarak resifal kalker.

**Oligosen** : Regresif karakterli konglomera.

**Miosen** : Sıcak deniz favnalı, tebeşirli jipsli kalker.

**Pliosen** : Konglomeralar ile temsil edilir.

## **2 — Mardin Urfa Yükselimi :**

Bitlis masifi güneyindeki teressübat havzasının ortasında geniş bir mıntıkada stratigrafik boşluklar kendini bariz olarak gösterir. Paleozoik kambriyen ve silür tabakaları doğrudan doğruya Alt ve Orta Kretase marnlı ve dolomitli kalkerlerle diskordans olarak kaplıdır. Bu serinin üst kısımlarında çört serileri kalker ve kalker marn arasında yer alır.

**Üst Kretase** : Kalker, marn ve tebeşirli kalker.

**Paleosen** : Teşebirli marn ve çört tabakaları.

**Eosen** : Resifal, dolomitik ve çörtlü kalker.

**Miosen** : Zoojen, jipsli tebeşirli kalkerden müteşekkildirler.

Bu kolonda Orta ve Üst Kretase fosfat teşekkülüne müsait sedimanlar olarak mütalaa edilir. Ürdün ve İsrail'de fosfatlar Turonien Mestriştien formasyonları arasındadır.

Mazıdağında rastlanan fosfatlar da bu seriler içinde yer alırlar.

## **3 — Gaziantep Sedimentasyon Havzası :**

Bu saha bir yandan Mardin, Urfa yükselimi diğer yandan Rif ölü deniz hattıyla sınırlanır. Gaziantep bölgesinde yalnız Afrin vadisine Jürasikten Miosene kadar kesit görülebilir. Sahanın diğer kısmı Eosen ve Miosen yaşlı sıcak deniz faunalı resifal kalkerle kaplıdır.

## **1 — MARDİN MAZIDAĞI FOSFATLARI :**

**Jeoloji:** Güneyde Paleozoik üzerine diskordans olarak gelen Orta ve

Üst Kretase formasyonları Mardin antiklinalini teşkil eder. Umumiyetle kalker fasiyesinin hakim olduğu bu devir şu ünitelere ayrılır :

Alttan itibaren :

1 — Areban Ünitesi

2 — Şehşap »

3 — Derdere Ünitesi

4 — Karababa - Derdere Ünitesi

5 — Karababa Ünitesi 1.2.3. e ayrılır. 1 ile 2 arasında Taşıt 3 de Kasrık fosfatları yer alır.

6 — Karaboğaz Ünitesi

7 — Kermav Ünitesi

#### **a) Taşıt fosfat horizonu**

Taşıt Ünitesi Karababa 1 ve 2 arasında yer alır. Fosfatlı taşıt seviyesi 0-12 m. arasında değişen bir kalınlık gösterir. Sarı ve kırmızı renkli ince taneli detritik bir kil Taşıt ünitesinin kaidisini teşkil eder. Kilin nevi kaolinittir. Kalınlık 0-1 m. arasındadır. Bu kil sahanın SE sunda Mahlebik civarında mevcut değildir. Taşıt formasyonunun fosfatlaşmış kısmı 16,5 m. dir Tenör SE doğru artmaktadır. Burada fosfat organik materyal, balık dişleri reptil omurga parçaları (bu da gösterir ki kıyı pek uzak değil) ile organik nodül ve oolitlerden teşekkül eder. Taşıt izopak haritasına bakılırsa Mahlebik'de büyük bir eşik EW istikametinde ve N ile NW da küçük eşiklerle saha senkinal ve çöküntülere bölünmüştür. Eşikte Taşıt fosfat, seviyesi kalınlığı azalır. Senklinallerde kalınlık artar. Buradaki küvetlerde bitümlü maddeler de toplanır. Ölen balık artıkları sürüklenerek çukurlarda birikir. Bir kısmı akıntılarla fosfat yataklarına doğru dağılır. Fakat fosfat sedimantasyonu eşige yakın yerde daha iyi inkişaf etmiştir. Oolitik ve nodüler fasiyesi Mahlebik tarafında gelişmiş ve tenör artmıştır. Bütün bunlar gösteriyorki sahadaki fosfat sedimantasyonunu, Mahlebik köyü civarında teşekkül eden eşik kontrol etmiştir.

#### **b) Kuracık Kasrık fosfat horizonu:**

Bu seviye Taşıt seviyesinin üzerindedir. Karababa 3 içinde yer alır. Kalınlığı 100 m. kadardır. Burada fosfatlı kalkerler üzerinde çört seviyeleri, silisleşmiş lümaşelli kalker ve oolitik fosforit seviyeleri yer alır.

Bazan % 23  $P_2O_5$  çıkan tenör ortalama % 10 - 15  $P_2O_5$  olup kalınlık 2,5-3 m. civarındadır.

Akraz fosfat seviyesi : Mardin'in SW de Âkraz köyü yakınındadır. Seviye Germay altındaki Danien-Mestriştiyen formasyonlarında yer alır. Kalınlığı 1-3 m. arasında değişen bu fosfatlı seviyenin tenörü ortalama % 10  $P_2O_5$  civarındadır. Fosfatlı seviyenin endogang'ında hematit ve glonoki mevcut olup gre görünüşündedir.

### **MAZIDAĞI FOSFAT SEVİYELERİ PALECOĞRAFYASI :**

Albien - Aptienden sonra Senomaniyende şimik kalker teşekkül etmiştir. Sedimanların fasiyesi, kalınlığı fosfat muhtevası yükselmelerle çöküntü tesirinde kalmıştır. Muhtemel epirojen bir yükselmeye daha Taşıt sedimantasyonu sırasında deniz akıntıları safhasına girmiştir. Bu akıntılar iki sisteme aittir.

#### **1) Karalardan moloz getiren sıcak satıh akıntıları :**

Birinci akıntılar ince taneli, killi, materyel getirir ve eşik hatları arasındaki çöküntüde eşik yakınında iri taneli kumlu kalkerler teşekkül etmiştir. Bu sahada havalanma dolayısıyla oksidasyon olmuş sarımtırak renk hakim olmuştur. Aksine çöküntülerde redüksiyon şartları hakim olduğundan burada organik bitümlü maddeler teşekkül etmiş ve balık artıkları birikmiştir. Anorganik fosfat sedimantasyonu SE daki büyük eşğin yükselmesine bağlı olarak teşekkül etmiştir. Açık Tetis denizinden soğuk su akıntıları burada sıcak akıntılarla karşılaşır, ısınma ve PH in 7.8 altına, Redoks potansiyelin 0,25 mili voltun altına düşmesiyle fosfatların ayrışarak çökmesi başlamıştır. Taşıt sedimantasyonun sonuna doğru teressübat şartı fosfat jönezi aleyhine değişmiş ve Karababa 2 serilerinde şimik karbonat teşekkülü hakim olmuştur. K. 3 sedimantasyonu başlangıcında fosfat için müsait bir şart tekrar başlamış ve Taşıt devri eşik sahası kuzeye Mahlebikten Evcilere doğru yer değiştirmiştir. Buna rağmen yükselmiş Evciler kesiminde şartlar fosfat teşekkülü için çok elverişli değildir.

#### **2 — Adıyaman Karababa dağı fosfat yatakları :**

Karababa dağı Adıyamanın 40 km. SSW da Fırat kenarında ekseni WWN - EES olan 8-10 km. uzunlukta bir antiklinaldir. Bunun N flankı

15° yatım göstermesine rağmen S flankı dik yatımlı olup Bozova fay hattıyla sınırlanmıştır. Karababa dağında N den S ye doğru şu formasyonlar görülür :

**Alt Eosen Paleosen :** 250 m. kalınlıkta beyaz tebeşirli marn, marnlı kalker, ve yer yer çört tabakaları.

**Mestriştiyen :** Tebeşirli marn, marn ve çört bantlarına sık sık rastlanır. 200-300 m. kalınlıktadır.

**Kampamiyen :** 75 m. kalınlıkta olan marn ve kırmızı marnlı kum tabakalarından ibarettir.

**Santoniyen :** Beyaz renkli lite, az tebeşirli marnlardan ibaret olup 150-300 m. kalınlıktadır.

**Türonien :** 25 35 m. kalınlıkta ve aralarında 10 cm 1,5 m. kadar fosfat tabakaları bulunan çört serileri mevcuttur. Bu seri Karababa dağının yalnız S flankında bulunmaktadır. Fırata doğru büyük bir fay hattıyla sınırlanır. Fakat nehrin güneyinde de bir miktar devam etmesi muhtemeldir.

**Senomaniyenle** Türoniye arasındaki çörtlerle enterkale bulunan fosfat teşekkülleri antiklinalin güneyinde 3 km. kadar uzanır. Tenörü % 10 - 15  $P_2O_5$  civarında olup rezervi mahduttur Bozova fosfat seviyesi aynı horizonta aittir. Fakat Adıyaman Pembeli köy fosfat seviyesi Kasrık horizonun üzerinde yer alır.

### 3 —Kilis Yatakları:

Antep'in güneyinde Afrin vadisinde Eosenden Kretaseya kadar bir çok stratigrafik kesit görülür. Burada Orta Kretaseyle Üst Kretase masif kalkerleriyle marnlı seriler arasında 3 seviye halinde fosfat tabakaları mevcuttur. Afrin vadisinde, Orta Kretase kalkerleri 3 antiklinal yapar. Kuzeydeki 2 antiklinalinde zayıf bir kaç fosfat zonu tesbit edilmiştir. Kilis Hassa yolu üzerindeki Damrik antiklinde antiklinalin N flankında 18. km. uzunlukta değişik tenör ve kalınlıkta 3 fosfat tabakası mevcuttur. Bundan alınacak bir stamp şöyle görülür :

Stratigrafik Seri İçindeki Fosfat Seviyelerinin Yeri

Fosfatlı seviyeler	Log.	Hakim fasiyes	Lokal stratigrafi	Genel stratigrafi
		Kalker	Midyat	LUTESİEN
Ardıyman-Birecik		Kalk ± dolomitik Becirman kalker ve dolomitik kalker Gercüş marnları	Becirman (W) Gercüş (E)	ALT EOSEN PALEOSEN
Akras		Kumlu marn ve marnlı kalker	Üst gervav	
		Marn	Alt Gervav	DANIEN — MAESTRİSİEN
		Karabağaz marn ve kalkerli marnları Raman kalkerli	Karabağaz (W) Raman (E) 100 m	SENONİEN
Sepnat_Kuracak? Kufrak		Kilis Pembeli Köy (Ardıyman) Kesrik	Çörtlü kalker	Karababa 3 0-3 m
		Çörtlü kalker	c	Karababa 2 80-90 m
		Bol çörtlü kalker ± dolomitik kalker	b	
		Kalk. dolomitik	a	
Tasit		Kalk. ± dolomitik Lümaşel	Karababa 1 30-50 — 15 m	TURONİEN
		Kalk. ± dolomitik	Karababa-Derdere 100-200 m	SENONMANİEN
		Dolomitik kalker	Derdere 200-300 m	
		Kalker + kalk dolomit Gre.kit.konglomera	Şehşap 50-250 m Araban 130 m	APTİEN-SENONMANİEN
			Dadaş	SİLURİEN



- 1) Fosfat tabakasının tavanı senoniyen yaşlı plaket kalker.
- 2) 1.70 m. yeşil kahverengi glokonili fosfat % 9-15  $P_2O_5$
- 3) 2.05 m. kalınlıkta gri renkli kalker.
- 4) 1.10 m. açık kahverenkli fosfatlı kalker, burada balık dişleri ve bitüm de mevcuttur. Tenör % 5-10  $P_2O_5$
- 5) 13.5 m. koyu renkli çört bandlı beyaz gri kalker.
- 6) 1.75 m çok az fosfatlı kalker.
- 7) 0.90 m. kahverenkli nodüllü fosfat tenörü % 12-18  $P_2O_5$
- 8) Gri kristalize turoniyen masif kalker.

Tabakalar 35-40° N ye yatımlıdır. Uzunluk 18 km. olup 3-4 km. sonra 3 km. üzerinde kalınlık azalır, sonra düzeler.

1969 1970 çalışma mevsiminde Antakya Yayladağı civarında tesbit edilen glokonili % 5-8  $P_2O_5$  tenöründeki fosfat seviyesi Kilis yataklarına tekabül eder,

**Urfa Birecikte :** Eosen Becirman kalkerleri içerisinde fosfat konkresyonlarına rastlanmıştır. Modüller % 15-20  $P_2O_5$  ihtiva ederse de ekonomik değildir.

#### **Mazıdağı fosfatları rezerv ve tenör durumu :**

Mazıdağı fosfatlarının rezervi ve tenörünü tesbit için bir miktar sondaj yapılmıştır. Bunlardan bir kısmı rezerv tahkik, diğer bir kısmı da istikşaf sondajı olarak yapılmıştır. Fosfat tabakaları 1-6,5 m. arasında kalınlık göstermekte ise de ortalama tenör % 10.8  $P_2O_5$  ve kalınlık 1,16 m, olarak hesap edilmiştir. Sahanın işletme yönünden kısmen açık ve büyük kısmı da yeraltı işletmesi şeklinde işletilebileceği düşünülererek saha 18 bloka ayrılmış ve bir dekapaj izopak haritası yapılarak iktisadi olabilecek cevher kalınlık dekapaj limiti her blok için münferiden hesaplanmıştır. Açık işletme de Dekup cevher oranı 1/1 ile 1/4 arasında değişmektedir.

#### **Fosfatın zenginleştirilmesi:**

Mazıdağı fosfatlarının tenörleri görülyorki düşüktür. Süper fosfat imali için % 30  $P_2O_5$  çıkarılması icap ettiğinden bunların zenginleştirilmeleri iktiza etmektedir.

Fosfatın zenginleşmesi, çörtlü fasiyeste olması halinde flotasyonla

mümkün olmaktadır. Kalkerli fosfatlarda gangla fosfat arasında densite farklı olmadığından normal usullerle flote etmek mümkün olmaz.

Kalkerli fosfatlar genellikle direk kalsinasyona tabi tutularak zenginleştirilmektedirler. Fakat bu halde cevherin CO<sub>2</sub> muhtevası limitinin %20 civarında olması gerekmektedir. Halbuki Mazıdağı fosfatlarında bu rakkam % 30 civarında olduğundan direk kalsinasyonun hem maliyeti yüksek hemde fazla CO<sub>2</sub> çıkışı basıncı yüzünden bir kısım fosfatın gang tarafından tutulmasına sebep olacaktır.

Mazıdağı fosfatlarının zenginleştirilmesi hususunda esas etüdler Doç. Dr. P. Blazy tarafından yapılmıştır, ilk merhalede CO<sub>2</sub> ni 20 civarına indirmek için bir ön zenginleştirme tatbik edilmiştir. Bunun için ters flotasyon metodu geliştirilmiştir. Bu metod Flüo - metasilikatların reaktif ve taloilsin kollektör olarak 7-9 Ph derecelik bir ortamda kullanılması esasına dayanır. Usul ilk defa denendiğinden M.T.A. Enstitüsü tarafından metodun patenti alınmıştır.

#### **Zenginleştirmede takip edilen yol :**

Fosfat cevheri kırılarak öğütülür, ızgara ve hunileri takiben Mültisiklon'dan geçirilerek Flotasyona gönderilir. Flotasyon Flüo - metasilikat ve kollektör ilavesi ile 3 zamanda yapılarak gang'ın kısmen ayrılması ve tenörün bir miktar yükselmesi sağlanır. Bundan sonra mamul kalsinasyona, onu takiben de yıkamaya gönderilir. Su israfını önlemek için yıkamada kolon pülse cihazı kullanılır. Kirecin süttten ayrılması CO<sub>2</sub> tesiriyle Ca CO<sub>3</sub> in çökelip suyun saflaşması şeklinde olur.

Bütün bu zenginleştirme tesisi için 100 milyon TL. Madencilik kısmı için de 50 milyon TL. olmak üzere yatırım yalnız konsantre cevher istihsalini kapsamak üzere 150 milyon TL. civarında hesab edilmiştir. (1967 yılı rayiçlerine göre)

Mazıdağı bölgesinde 250 milyon tonu bulan düşük tenörlü fosfatların tenor, rezerv ve kalınlık durumu şu şekildedir :

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tenörü %	Rezerv milyon ton	Ortalama kalınlık (m)	Ortalama tenör %	Toplam Rezerve göre % si
15 den fazla	—	—	—	—
14 » »	2	0,75	15	0.8
13 » »	8,1	1,24	13,4	2,7
12 » »	39,5	0,83	12,6	16,0

11	»	»	122,8	1,17	11,5	48,0
10	»	»	223,6	1,23	11,0	87,0
9	»	»	242,3	1,21	10,8	94,0
8	»	»	259,6	1,16	7,98	100,—

Yapılan hesaplara göre yılda 250-300 bin ton konsantre cevher işleyebilecek kapasitede bir tesis de kısmen açık işletmeyle işleyebilecek 40-50 milyon tonluk % 11  $P_2O_5$  tenöründeki bir kısımdan istihsal edilecek konsantre cevherin tonu 200,— TL. civarında olabilecektir.

İthal edilmekte olan fosfat gümrük vergisinden muaf olup maliyeti 14 dolar civarında olduğundan Mazıdağı fosfatlarının şimdilik ithal malı fosfatla rekabet etmesi mümkün görünmemektedir. Ancak maksat nihai mamul olan süper fosfat imal etmek olduğundan, Ergani Bakır madeninden bacalardan çıkan kükürtlü gazlardan çok ucuza sülfirik asit istihsalı mümkün olduğundan Diyarbakır'da süper fosfat imal edilmesi halinde mamulün ithal malı fosfatla yurdun diğer yerlerinden imal edilen süper fosfatla fiat mukayesesinin yapılması faydalı olur. Netice az farkla yerli fosfatın aleyhine bile olsa; döviz tasarrufu bölge kalkınması ve bazı sosyal davaların halli maksadiyle bunun gerçekleşmesi mümkün olabildiğinden pilot çalışma ve etüdlere değer.

Yugoslavya'da düşük tenörle (% 10 civarında) fosfat cevherlerinin kıymetlenendirilmesi üzerinde çalışılmaktadır. İsrail'de % 18  $P_2O_5$  tenöründeki fosfat cevherleri işletilebilmektedir. Son senelerde; Annales de Mines 1967 Decembre V. XII-815. sayfada. ayrıca World Mining, mecmuasının July 1967 sayısının 71. sayfasında belirtildiği gibi Peru'nun kuzeyinde Sechura bölgesinde tesbit edilen % 9-10  $P_2O_5$  ihtiva eden fosfat yataklarını işletmek için Kanada'dan Midepsa firması etüdlerini geliştirmek için pilot tesis kurmuş ve İngiliz Kolombiyasındaki Texpada Mines Limited ile Peru'daki Minera Bayovar firmaları 25 milyon sterlin yatırım yaparak sahilden 30 km. içeride yer alan bu düşük tenörlü fosfat yataklarından yılda 1 milyon ton fosfat cevheri istihsal etmek üzere teşebbüse geçmişlerdir.

Bu durumda yurdumuzun Mazıdağı bölgesinde yer alan düşük tenörlü fosfat yataklarından faydalanma çarelerinin aranması yolundaki çalışmalara devam edilmesi yerinde ve faydalı olacaktır.

## B İ B L İ Y O Ğ R A F Y A

- Beer H . Geologische Untersuchung der phosphatvorkommei Westlihc Derik im  
Vilayet Mardin.  
M.T.A. Rapor Ankara 1965.
- Blazy P . Valorisation de gisement de phosphate de Mazıdağı Nancy 1965.
- Eray N . Mazıdağı fosfatlarının; değerlendirilmesi.  
M.T.A. Rapor 1966.
- Kazakov A. V. Faciès de la phosphorite et genèse des phosphorites 17 è Cong.  
Géo. İnt. 1937 Leningrad.
- Mc. Kelvy. V. E. Domestic phosphate Deposits  
Academic press. İnc. 1953 New-York.
- Monciardini C. Contribution à l'étude de la sédimentation Phoshatéo ex Turquie.  
B.R.G.M. yayınlanmamış rapor 1965.
- Sheldon R. Reconnaissance for phosphate in Turkey.  
Publication of the Mining Assistance comission Ankara 1957.  
Mining Assistance comission Ankara 1957.
- Tolun N. Stratigraphy and tectonics of SE Anatolia.  
İst. Üniv. Fen Fakült. Mecmuası seri B. Cilt XXV Sayı 3-4 ,1980.
- Şlansky, M. (1964) : Généralités sur la Sédimentation phosphatée et la recherche du  
phosphate. Bulf. B.R.G.M. No : 1.
- Bayraktar, S. (1966) : Mardin Mazıdağı Kasrık Fosfat Yatağı Jeoloji Raporu. M.T.A.  
Enst. Rapor No: 4130.
- Bayraktar, S. (1966) : Mardin Mazıdağı, Taşıt Kasrık Akras Fosfat Yatakları  
Sondaj ve Hafriyat Etüdüleri Raporu. Cilt: I, II, III, IV, V, VI, VII. M.T.A.  
Enst. Rapor No: 4070.



# PETROL ARAMALARINDA YENİ BİR BÜYÜKLÜK «İLETKEN SIVIYLA ISLANMIŞ DİELEKTRİK TANECİKLER ORTAMINDA FREKANS EFFEKT»

Sırrı KAVLAKOĞLU

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

## ÖZET :

Petrolün, su ihtiva eden rezervuara yerleşmesi sırasında kovamadığı bir miktar su bahis konusudur. Yani rezervuar yüzde belli bir miktarda tuzlu su ihtiva etmektedir. Böyle bir ortam jeofizik olarak «İletken sıvıyla ıslanmış dielektrik tanecikler ortamı» şeklinde mütalea edilebilmiş ve bu ortamda rezistivitenin frekansa bağlı olabileceği teorik olarak gösterilmiştir. Böylece indüklenmiş polarizasyon metodunun petrol zonlarının değerlendirilmesinde kullanılabileceği tesbit edilmiş ve petrol kuyularında, muhtemel petrol horizonlarıyla ilgili olarak I. P. logu alınması gereği ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla petrol horizonlarıyla ilgili ek bir enterpretasyon değeri bulunmuş oluyor.

## ABSTRACT :

In the migration petroleum into the reservoir there always remains some saline water in the interstices of reservoir rocks which are invaded by petroleum. That is reservoir always contains certain percentage of saline water. Stich a medium can be considered as dielectric particles enveloped by a conductive fluid in geophysics.

Theoretically it is shown that resistivity in such medium will be a function of frequency. Thus it was determined that induced polarezation method could be used in petroleum exploration particularly in the location of petroleum horizons in petroleum wells through IP loggs. Thus Another method of interpretation for the detection of petroleum horizons in petroleum wells ise suggested.

## GİRİŞ :

Jeolojik zonlarda değişken akımın geçişi oldukça karışık bir olaydır. Genellikle linier olan ortamlar, makroskopik halde, efektif iletkenlik ( $\sigma_e$ )

ve efektif dielektrik( $\epsilon_e$ ) sabitleriyle karakterize edilir Bunlar ortamdaki ortalama akım dansitesine ( $\vec{J}$ ) ortalama elektrik sahasına ( $\vec{E}$ )

$$\vec{J} = \left( \sigma_e + i \omega \epsilon_e \right) \vec{E} \quad (1)$$

şeklinde bağlıdır. Burada, i imajiner birim sayı  $\omega$  açısal frekans ve

$$\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i\omega t} \quad (2)$$

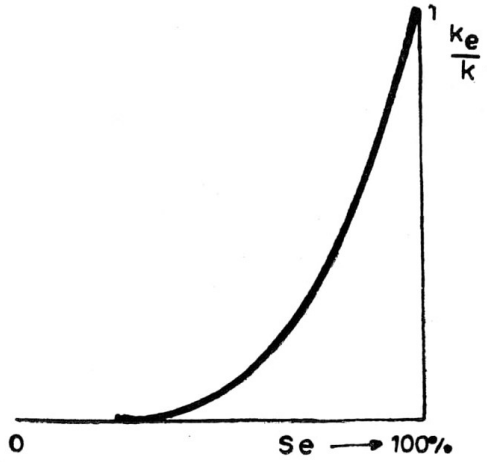
şeklinde dir.

Denel olarak; ( $\sigma_e + i\omega\epsilon_e$ ) nin «audio» ve subaudio» frekans aralığında, frekansa tabi olarak değiştiği bilinmektedir. (Wait 1959; Lecastro 1955; Evjen 1948 v.b.) Bu, henüz tam anlaşılmamış olan elektroşimik tesirlere bağlıdır. Aynı olay, petrol horizanlarında da bahis konusudur.

Rezervuarda petrolün kovamadığı bir miktar su kalmaktadır. Bu tuzlu su kum tanelerini bir film halinde sarmaktadır. Tanecikler petrol içinde bu şekilde askıda bulunmaktadır. (J.C. Calhoun 1958 ve G.D. Hobson 1954). Bu jeofizik yönden, iletken sıvıyla ıslanmış dielektrik tanecikler ortamı şeklinde mütalaa edilebilir. Petrol ihtiva eden böyle bir ortamda, akan alternatif akım için teorik yoldan ortamın rezistivitesinin frekansa bağlı olarak değiştiği gösterilmek istenmiştir. Bu petrol horizonlarının aranmasında yeni bir tekniğin, İndüklenmiş Polarizasyon Log tekniğinin, mümkün olabileceğini göstermiştir.

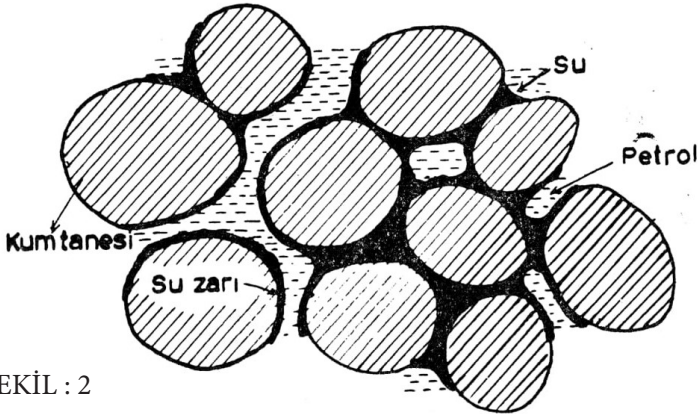
## TEORİ :

Petrol yataklarında yüzde belli bir nisbette su kaldığı malumdur. Bunu, (J..C. Calhoun) yapılmış laboratuvar ve teorik çalışmalarda görüyoruz.



**ŞEKİL . I**

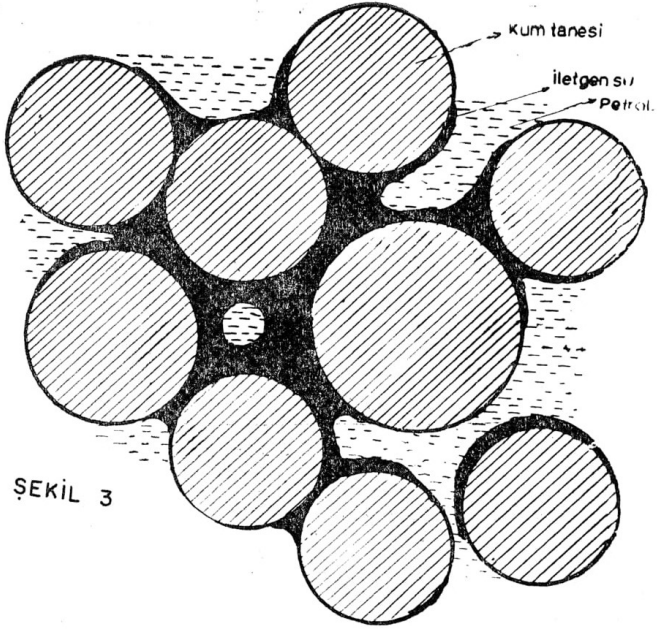
Burada  $K_e/k$  eksenine suya göre relatif permeabiliteyi  $S_e$  eksenini de su saturasyon yüzdesini göstermektedir. Genellikle iletken olan bu su, şekil



**ŞEKİL : 2**

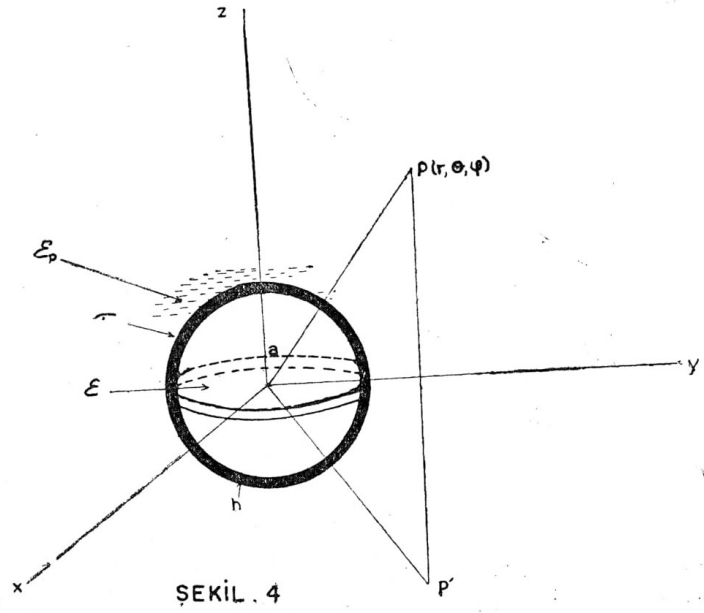
2 de görüldüğü gibi kum tanelerini sarmaktadır. Ve böylece petrol içinde askıda kalmaktadır. ( G. D., Hebson, some fundamentals of petroleum geology 1954. Sayfa 8)

Teorik hesaplamaları yapabilmek için, yukarıda adı geçen ortamı, petrol içinde iletken bir sıvıyla sarılmış dielektrik kürecikler ortamı şeklinde düşünebiliriz.



ŞEKİL 3

Birtek küresel tanecik alalım.



ŞEKİL . 4



Küresel taneciğin dielektrik sabiti  $\epsilon$  küresel taneciği saran iletkenin kalınlığı  $h$  ve iletkenliği  $\sigma$  olsun. Taneciğin askıda bulunduğu petrolün dielektrik sabiti  $\epsilon$  olarak alınsın Küresel koordinat sistemi  $(r, \theta, \varphi)$  olarak seçilmiştir. Bu sistemin merkezi dielektrik küreciğin merkezi olarak alınmıştır. Tatbik edilen alternatif saha  $E = E_0 e^{i\omega t}$  şeklinde olup  $(\theta=0)$  doğrultusunda kabul edilmiştir.

(Bütün makalede M.K.S. Sistemi kullanılmıştır). Küre içindeki potansiyel  $V$  küre dışındaki potansiyelde  $V_p$  olduğuna ve problemde geçen bütün büyüklükler dalga boyuna nazaran küçük kabul edildiğine göre; sınır şartları aşağıdaki şekilde formüle edilebilir :

$$\left. \epsilon_p \frac{\partial V_p}{\partial r} \right\}_{r=\alpha+h} = \left. \epsilon \frac{\partial V}{\partial r} \right\}_{r=\alpha}$$

(J. A. Stratton, Electromagnetic Theory, 1941, Sayfa, 204) (3)

$$\left. V_p - \eta(\omega) \epsilon_p \frac{\partial V_p}{\partial r} \right\}_{r=\alpha+h} = \left. V \right\}_{r=\alpha} \quad (4)$$

Burada  $\eta(\omega)$  «interface impedance»tir. Ve  $h < a$  kabul edilmiştir.  $V_p$  potansiyeli bu takdirde,

$$V_p = -E_0 r \cos \theta + \frac{E_0 \alpha^3}{r^2} \left[ \frac{1-\alpha}{1+2\alpha} \right] \cos \theta \quad (5)$$

(J. A. Stratton, Electromagnetic Theory, 1941, Sayfa 206) Burada,

$$(9) \quad (m) \text{ } h \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial z} = \dots$$

dır.

Dielektrik küreciklerin aynı özellikte olduklarını kabul edebiliriz. Bu takdirde, eğer  $N$ , birim hacimdeki ( $1 \text{ m}^3$ ) kürecik sayısı ise tatbik edilen birim saha için dipol moment  $P$  olduğuna göre;

$$P = 3 N \frac{1 - \alpha}{1 + 2\alpha} \quad (7)$$

(J.A. Straton, Electromagnetic Theory, 1941, Sayfa. 206) Burada  $v$  birim hacimdeki küreciklerin hacmidir. Yani,

dir.

$$N = \frac{4\pi \alpha^3}{3} N \quad (8)$$

$P$  dipol moment olduğuna göre, efektif iletkenlik ve efektif dielektrik için Clausius - Mosotti bağıntısı kullanılacak olursa (Fröhlich 1949).

$$\sigma_e + i\omega \epsilon_e = \epsilon_p \left[ 1 + \frac{P(\omega)}{1 - \frac{P(\omega)}{3}} \right] \quad (9)$$

bağıntısı yazılabilir.

Bunun reel ve imajiner kısımlarını ayırarak olursak,

(S. Kavlıkoğlu, M. T. A. Enstitüsü Dergisi, Nisan 1969 Sayı. 72, Sayfa. 59) genel olarak

$$\sigma_e = \sigma_e(\omega) \quad (10)$$

şeklinde, iletkenlik açısıl frekansın fonksiyonu olacaktır. Yahut Herdeki tarifemize kolaylık sağlamak yönünden rezistiviteyi

$$\rho = \rho(\omega) \quad (11)$$

şeklinde frekansın fonksiyonu olarak gösterebiliriz. Burada f frekanstır. Eğer İndüklenmiş polarizasyon faktörü (m) ise, O

$$m = \frac{P(f) - P(f)}{P(f)} \quad (12)$$

$$\approx \frac{P(0.1) - P(100)}{P(0.1)}$$

şeklinde ifade edilebilmektedir. (J. R. Wait, Overvoltage Research and Geophysical Applications 1959 the variable-Frequency Method)

Böylece, Petrol kuyuları için indüklenmiş polarizasyon metoduna uygun bir «log» ünitesinin uygulanmasının mümkün olacağı tesbit edilmiş olmaktadır.

#### REFERANSLAR :

- 1) J. R. Wait, Overvoltage Research and Geophysical Applications pergamon press, 1959.
- 2) J. A. Stratton, Electromagnetic theory, Mc Graw - Hill Book Company, Inc. 1941.
- 3) A. Houpeurt, Mouvements des Fluides les Gisements D'Hdrocarbures Essai Des Puits Institut Français du petrole et Société des Editions Tech 1958.
- 4) A. R. Von Hippel, Dielectrics and Waves. New York, John Willey and sons Inc. 1954.
- 5) G. D. Hobson, Some Fundamentals of petroleum geology. Oxford University press, 1954.
- 6) R. F. Harrington Time - Harmonic Electromagnetic fields. Mc Graw - Hill Book Company. Inc. 1961.

## TÜRKİYEDE ÖNEMLİ JEOLJİK AFLÖRMANLARIN KORUNMASI

**İhsan KETİN**

İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul

Konusu, Tabiatı ve Tabii Kaynakları Koruma olan bu simpozyumda, bilimsel önemi olan bazı jeoloji mostralalarının da korunması gerektiğini belirtmek amacı ile bu kısa tebliği hazırlamış bulunuyoruz. Burada, canlı tabiat yanında, çok kez «Taş-Kaya» olarak önemsenmeyen Jeolojik teşekküllerin de ne kadar korunmaya muhtaç olduklarını birkaç örnek üzerinde açıklamaya çalışacağız.

İlk örnekleri İstanbul çevresinden vereceğiz : Bunların başında Yarım-burgaz Mağarası gelir.

Birçoklarınızın adını lise kitaplarında gördüğünü fakat kendisini tanımadığı bu «tabiat anıtı» Mağara, İstanbul'un takriben 30 Km. batısında, Küçük Çekmece Gölünün 1500 m. kuzeyinde, doğu-batı istikametinde uzanan 130 m. rakımlı bir kalker tepe içerisinde bulunmaktadır. Mağaranın giriş kısmı deniz seviyesinden 7-8 m. yüksektedir; SW - NE doğrultudaki gidilebilen uzunluğu 530 m. olup giriş noktasından itibaren 306 ncı metrede kuzeye doğru 130 m. boyunda ikinci bir kolu vardır (Şekil : 1). Mağara güzergâhının yön, genişlik ve yükseklik bakımından muntazam olmayan bir gidişi vardır ve içerisinde yer-yer 14-25 m. yükseklikte kubbeler, dikit ve sarkıtlar bulunur. Mağaranın çatallandığı yerden itibaren uç kısımları devamlı su sirkülasyonuna, dikit, sarkıt ve kil teşekkülüne elverişli bir ortam teşkil etmektedir. İnişli-çıkışlı olan zemini ise boydan boya kalın ve gevşek tortularla, kil, kumlukil, kalkertüfü, dikit-sarkıt parçaları ile örtülüdür.

Yarım-burgaz Mağarasının içerisinde bulunduğu tepe, Eosen yaşlı, sarımrak-beyaz renkte, boşluklu zoolen kalker ve marnlardan müteşekkildir. Bunlar münavebeli olarak birbirini takip ederler ve 6-12 derecelik eğimlerle güneydoğuya dalarlar. Tabakaların ortalama doğrultusu SW - NE olup mağaranın genel gidişine az-çok paraleldir. Kalker ve marnlar aynı

zamanda çok çatlaklıdır. Bunların genel doğrultuları NW - SE ve eğimleri 65-75° ile güneybatıyadır. Ayrıca NNE - SSW doğrultulu ikinci bir çatlak sistemi de gelişmiştir.

Onbinlerce senedenberi Mağara içerisinde dolaşan suların etkisi ile, kalker ve marnlarda muhtelif büyüklükte erime boşlukları meydana gelmiş, erime bakiyesi olarak Çamur halinde killer teşekkül etmiş ve fazla miktarda Kalsiyum-Bikarbonat ihtiva eden sulardan sürekli olarak dikit ve sarkıtlar oluşmuştur.

Gerek kalker ve marnların yavaş yavaş eriyerek kil bakiye bırakması ve gerekse dikit ve sarkıtların teşekkülü, Mağaranın uç kısımlarındaki boşluklarda, odacıklarda bariz bir şekilde görülmektedir. Böylece Yarımburgaz Mağarası mağara teşekkülünü gösteren tipik bir örnek, mükemmel bir «Tabiat Laboratuvarı»dır. Bu özelliği ile de her türlü tahribata karşı korunmaya muhtaçtır.

Diğer yönden, Üst Giriş Holü hıristiyanlığın ilk yüzyılında tapınak olarak kullanılmış, duvarlar ve tavan bu maksatla muntazam işlenmiş, mihrap şeklinde birçok oyuklar kazılmıştır. Böylece, Mağara arkeoloji bakımından da ilgi çekicidir.

Yarımburgaz mağarası hakkındaki bu ayrıntılı bilgiler, on sene önce, 1960 Ocak ve Şubat aylarında, Prof. Kemal Erguvanlı ve Prof. Necati Acun ile birlikte yapmış olduğumuz bir araştırmaya dayanır.

Şimdi bu güzel tabiat anıtının on sene önceki ve bugünkü durumunu belirtelim :

Mağaranın giriş kısmındaki iki büyük boşluk uzun seneler Ağıl olarak kullanılmıştır. Burada ateşte yakıldığından, duvarlar ve tavan isle kaplıdır. Girişten itibaren ilk rastlanan Dikit ve Sarkıt'lar zaman-zaman kırılmakta ve parçalanmaktadır. Zeminin büyük bir kısmı kaygan çamur halindedir; tavandan düşen ıslak kil tortuları yarasaların «marifetleri» ile karışarak yer-yer geçilmesi güç bir bataklık meydana getirmektedir.

İki hafta önce mağarayı tekrar ziyaret ettiğimizde, giriş kısımlarının dikenli tel ile kapatılmış olduğunu gördük. Anlaşılan, son yıllarda Arkeologlar da mağara ile ilgilenmişler, giriş kısmındaki boşlukları (Holleri) temizletmişler, zeminde birkaç yerde 1, 5-2 metrelik kazılar yapmışlar ve mağaraya davar ve sığırların girmesini engellemek amacı ile, girişleri tel örgü ile

kapatmışlardır. Fakat bu tel örgüler şimdi maalesef parçalanmış durumdadır. Mağaraya yine hayvan sürüleri girebilir.

Yarımburgaz mağarasını boydan boya temizlemek, ağıl olmaktan kurtarmak, lise ve Üniversite öğrencilerine ve zaman-zaman halka gösterilebilecek bir duruma getirmek; hülâsa, bir öğretim aracı olarak değerlendirilmek gerektiği kanısındayız. Resmî makamların ve bilhassa «Türkiye tabiatını koruma derneğinin» bu konu ile ilgileneceğini ümit etmekteyiz.

**İkinci örnek :** Pendik ile Dolayoba köyü arasında mostra veren H a 1 y s i t e s i 'li kalkerlerdir. İstanbul bölgesi paleozoik formasyonları arasında önemli bir yeri olan bu kalkerler hemen her tarafta «taşocağı» olarak işletilmekte, yapıtaşı, kırmataş ve kireç imâlinde kullanılmaktadır. Kalkerler çoğunlukla fosilsizdir, pek az yerde klasikleşmiş Halysites-Mercanları ihtiva ederler.

Son yıllarda İstanbuldaki her iki Üniversitenin öğrencileri, asistan ve hocaları bu fosilli tabakaları aramakta, buldukları zaman, hiç acımadan fosilli kayayı parçalayarak evlerine ve Enstitülerine taşımaktadırlar. Bu tutum böyle devam ederse, birkaç sene sonra İstanbul Çevresinde H a 1 y s i t e s görmek mümkün olmayacaktır. Bu sebeple, sayın genç ve yaşlı meslektaşlarımdan dileğim : Bundan böyle Halysitesli Kalkerleri kırıp-parçalamamaları, öğrencilerine yerinde göstermekle yetinmeleridir. Hepiniz takdir esersiniz ki, bu fosilli tabakalar yalnız bizim nesil için değil, bizden sonra gelecek kuşaklar için de kıymetli vesikalardır ve onlar tarafından da aranacak ve değerlendirileceklerdir.

Üçüncü bir misâl yine İstanbul bölgesinden, Büyükada'dan olacaktır.

Bilindiği gibi, Büyükada'nın büyük kısmı Silurien yaşta fosilsiz Kuvarsit ve Arkoz serilerinden müteşekkildir; yalnız adanın güneybatı kenarında, dar bir şerit hâlinde fosilli Devonien (orta ve üst) mostra verir. Burada, yumruklu kalker ve marnlar içerisinde Goniatit'ler ve Orthoceras'larla birlikte kıvrılmış Trilobit'ler, bilhassa phacopslar bulunur. 10-15 sene önce buraya gidildiğinde, birkaç tane güzel numuneye rastlamak mümkün idi. Geçen Eylül, ayında Berlin Üniversitesinden 8 kişilik bir jeologlar grubu ile burayı ziyaret ettiğimizde ve iki saat kadar bir zaman gözümüzü kayalar-dan ayırmadığımız hâlde, tam teşekküllü bir fosile (phacops'-a) rastlamak mümkün olmamıştır.

Şüphesiz bu fosilli yer, son yıllarda yine her iki Üniversitenin öğrenci ve öğretim üyeleri tarafından çok kez ziyaret edilmiş ve her defasında bulunan fosiller kayadan koparılarak alınmış ve dolayısıyla artık görünürde fosil kalmamıştır. Hiç olmazsa bundan sonra, bu tarzdaki «fosil avına», daha doğrusu «fosil yağmasına» son vermemiz gerekmektedir.

Bu konuda daha ilginç bir örnek, hepimizin bildiği ve hayran olduğu Pamukkale'dir. Tarihî zamanlardan beri güzelliği ve orijinal yapısı ile insanları teshir eden bu tabiat harikasının son yıllardaki durumuda maalesef hiç iyi değildir. Turistik bir bölge olarak sözüm ona «imâr» edilen burada tabii kaynak suları çıktığı yerde Otel ve Motelin banyosu olarak kullanılmakta, kaskatları besleyen sular yeni oteller tarafından kullanılmakta, güzelim kaskatlar susuz bırakılmaktadır. Bu gidişle yakın bir gelecekte Pamukkale, Pamukkale olmaktan çıkacak, dolayısıyla turistik değeri de kalmayacaktır. Bu konu ile bilhassa Turizm ve Tanıtma Bakanlığının ilgilenmesini temenni etmekteyiz.

Tabiat güzellikleri bakımından zengin olan memleketimizde bu gibi tabiat anıtlarını gerektiği şekilde korumak ve yaşatmak tabiatı seven herkes için ulusal bir görev sayılmalıdır.

Bu tebliği dış memleketlerden vereceğim bir misâl ile bitirmek istiyorum : 1969 yılı Eylül ayında Uluslararası Volkanoloji Simpozyumu ile ilgili olarak, İskoçya'da, Edinburgh çevresinde yapılan Ekskürsion esnasında kılavuzumuz, karbonifer yaşlı sil şeklindeki Bazaltlara çekiçle vurmanın ve bir parça bazalt taşı koparmanın yasak olduğunu söyleyince, geziye katılan diğer yabancılar gibi ben de bu ihtarı önce hayretle karşılamış, bunu bir «İskoç nüktesi» sanmıştım. Daha sonra bu bölgenin jeoloji tarihi bakımından önemini, takriben 200 sene önce James Hutton'un bu bölgede ilk defa olarak bazaltik kayaçların mağmadan meydana geldiklerini, denizlerde tortulaşma suretiyle teşekkül eden tabakalı tortul kayaçları kesip çıktığını ispat etmiş olduğunu öğrenince, bu yerde çekiç kullanma yasağının ne kadar doğru ve yerinde bir tedbir olduğunu takdirle karşıladık.

Edinburgh Üniversitesi Jeoloji Enstitüsü mensupları dedikleri bu tarihsel sahayı bir çiçek bahçesi gibi muhafaza ediyorlar. Bizlerin de bu gibi önemli jeolojik aflörmanlarımızı aynı şekilde korumamızın gerekli olduğu kanısındayım.

# **DÜNYA'DA RASTLANAN BELLİ BAŞLI ULTRAMAFİK VE ULTRABAZİK KAYAÇ TOPLULUKLARI VE BU TOPLULUKLAR İÇİNDE ALPİN TİPİNDE OLANLARIN YERİ VE PROBLEMLERİ**

**Oğuz ARDA**

M.T.A. Enstitüsü Ankara

## **S U M M A R Y**

Turkey is one of the countries in the world that the ultrabasic and ultramafic rocks occur extensively. Therefore it is thought desirable to write a short account of this class of geologic bodies and their problems in order to give a better understanding of these rocks for the Turkish geologists in the field.

## **GİRİŞ**

Bu çalışmanın gayesi ultramafik ve ultrabazik kayalarda yapılabilecek herhangi bir etüd için veya bu kayalar hakkında mevcut bir yazıyı takip edebilmek gayesi ile kısa bir bilgi vermektir. Bu amaçla dünya çapında tezahür eden bu tip oluşumlar aşağıda belirtildiği veçhile çeşitli guruplara ayrılmışlar ve bilhassa Türkiye'de çok yaygın olan alpin-tipi ultrabazik kayalarla ilgili problemler ortaya konmuştur.

## **ULTRAMAFİK VE ULTRABAZİK KAYAÇLAR :**

Ultramafik ve ultrabazik kayalar Wyllie (1968) tarafından on guruba (bazı guruplar ayrıca subguruplara ayrılmaktadır.) ayrılmakta olup burada bunlardan üç esas gurup ele alınmıştır. Diğer guruplar hakkında okuyucunun Wyllie'e (1968) müracatı gerekir.

### **I. TABAKALANMIŞ GABRO-NORİT-PERİDOTİT TOPLULUĞU :**

Bu gurup kayalar büyük intrüzyonlarda veya bazik siller halinde ultramafik kayalarda ve aynı zamanda küçük intrüzyonlarda ortaya çıkmaktadır. Bu tip ultramafik kayaların toleitik bir ana magmadan diferansiyasyon ile teşekkül etmelerine dair bir fikir birliği mevcuttur. Bu tip



oluşumlara misal olarak Skaergaard intrüzyonu, WAGER ve DEER, (1939) ve Shiant Isles silleri, Drever (1959) ve Johnston, (1953) verilebilir.

## **II. KONSANTRİK OLARAK ONLAŞMIŞ DUNIT-PERİDOTİT TOPLULUKLARI :**

Bu oluşumlar büyük ve küçük silindirik ultramafik üniteler halinde orojenik kuşaklarda ortaya çıkmakta olup, dunitik bir çekirdekten peridotitik bir dış zona doğru değişim gösteren konsantrik zonlu bir yapı gösterirler. Alaska ve Urallar'daki bu tip kayaçlara misaller Irvine (1963) ve Taylor (1960) tarafından anlatılmıştır.

Bilhassa Güney Türkiye'deki serpantinitle coğrafi olarak Kıbrıs'a yakın bulduklarından özel bir dikkat Kıbrıs'taki Troodos kompleksine teksif edilmiştir. Hernekadar Wyllie (1968) Troodos kompleksini buradaki ikinci grup ultrabazik oluşumlara dahil etmekteyken, Gass (1963) Troodos masifini bir psödostratiform kompleks olarak anlatmakta ve masifin manto ve okyanus kabuğunu temsil edip deniz dibinin açılması (sea-floor spreading) ile meydana geldiğini söylemektedir. Moore (1969) Troodos kompleksi ile Yunanistan'daki Vourinos masifi arasında tektonik yapı ve psödostratiform karakterler arasındaki benzerliğe işaret etmiş ve bu iki masif arasındaki farkın kabuksal yapıdaki farktan ileri geldiğine dikkati çekmiştir.

## **III. ALPİN-TİPİ PERİDOTİT-SERPANTİNİT TOPLULUĞU :**

Bu grup kayaçlar deformasyona uğramış dağ silsileleri ve ada zincirleri boyunca yer almış, küçük ve büyük oluşumlar halinde ortaya çıkan ultrabazik bünyeleri içine almakta olup umumiyetle gabro ve bazik volkanik kayaçlarla beraber tezahür etmektedirler. Bu kayaçların preorojenik, sinorjenik ve postorjenik gibi farklı zamanlarda diğer sedimanter kayaçlar içine yerleşmeleri birbirinden tamamen farklı mineral fasiyesleri husule getirmiştir. Adı geçen mineral fasiyesleri alpin-tipi ultramafik kayaçların sınıflandırılmasında bir baz olmasına rağmen alpin-tipi ultramafikler hali hazırda buldukları ortam esas alınarak aşağıda belirtildiği gibi sınıflandırılmaktadırlar.

a. Yeşil şist, epidot, amfibolit fasiyesinde bölgesel metamorfizmaya

uğramış kayaçlarla birlikte ortaya çıkan alpin-tipi serpantinit ve peridotit topluluğu. Misaller Jahns (1968) tarafından Apalaş ultramafik kuşağından verilmiştir.

b. İleri amfibolit (upper amphibolit), granulit fasiyesinde bölgesel metamorfizmaya uğramış kayaçlarla birlikte ortaya çıkan alpin-tipi peridotit ve granat peridotit topluluğu. Misaller O'Hara (1966) ve Lappin (1962) tarafından verilmiştir.

c. Alpin-tipi ve belirli bir yüksek sıcaklıktaki peridotit intrüzyonlarını temsil eden topluluklar. Misaller Green (1964a) ve Thayer (1963b) tarafından verilmiştir.

d. Okyanus dibindeki serpantinitler. Okyanusların dibindeki esas kabuk tabakasının serpantinitik peridotitlerden meydana geldiği ileri sürülmektedir. Bu kayaçlar Orta-Atlantik sırtlarındaki (Mid-Atlantic ridge) fay yüzeylerinden alınan, Porto-Riko depresyonu, St. Peter's ve St. Paul's kayaçlarından toplanan numunelere benzeyebilirler. Bu topluluk Mayaguez serpantinit karotlarını da içine almakta olup Hess (1964) tarafından etraflı şekilde anlatılmıştır.

e. Düşük dereceli, metamorfizmaya maruz kalmış fakat kuvvetli bir şekilde deforme olmuş zonlarda ortaya çıkan serpantinit ve peridotit oluşumları. Bu gurup ofiolitleride içine almaktadır. Ofiolitler ilk defa Steinmann (1927) tarafından Alp'lerde serpantinitik peridotit, dolerit, spilitik lâv ve radiolaritik çörtlerden mü teşekkil topluluk olarak incelenmiş olup bu inceleme çeşitli ana problemlerin doğuşuna yol açmıştır. Bu problemler aşağıda kısaca açıklanmışlardır.

### **1. Serpantinitlerin orijin ve yerleşme tarzı.**

Ofiolitik serpantinitler sedimanlarla kontak halinde buldukları zonlarda yüksek sıcaklıkta bir metamorfizmaya işaret eden mineral toplulukları göstermezler. Bu yüzden serpantinitler muhtemelen düşük sıcaklıklarda ve katı bir durumda sedimanlara yerleşmişlerdir. Zira Bowen ve Tuttle (1949) tarafından yapılan tecrübi çalışmalar bu kayaçların düşük sıcaklıklarda ve sıvı halde Hessin (1955) «serpantin magma» teorisiyle anlattığı tarzda bir yerleşmesini kati olarak reddetmektedir. Bowen ve Tuttle (1949) bu kayaçların peridotitik bir substratum'un kısmi erimesi ile hasıl olduğunu ve bir kristal hamuru halinde sedimanlar içine yerleştiklerini ileri sürmüşlerdir. Bailey ve Mc. Callien (1953), Brunn (1960) ve Dubertret (1955) bu kayaçların bazaltik bir magma kaynağından intrüzyon ve ekstrüzyon yolu ile teşekkül ettiklerini anlatmışlardır. Raleigh ve Patterson

(1965) yaptıkları tecrübe çalışmaları sonunda alpin-tipi serpantinitlerin düşük sıcaklıklardaki döhidrasyon olayının sebep olduğu fiziksel bir zayıflıktan doğan bir karakterle tektonik olarak sedimanların içine yerleştiklerini ortaya koymuşlardır.

## **2. Ofiolitler ve orojenik kuşaklar arasındaki ilgi ve ofiolitlerin yaşları**

Steinmann (1927) ofiolitik kayaların Üst-Kretase'nin Albian katı sırasında Alp jeosenklineinde husule gelen lonjitudinal çatlaklar boyunca sedimanlar içine intrüze olduğunu ileri sürmüştür. Hess (1955) ofiolitik kayaların orojenik kuşakların ilk büyük deformasyonu sırasında intrüze olduklarını söylemiş ve serpantinitlerin yaşlarının Türkiye, Orta Asya, Hindçinde katiyet kesbetmediklerini kaydetmiştir. Heissleitner (1951-1952) Türkiye, Balkanlar ve Doğu Avrupadaki serpantinitik kayaların arz kabuğunun belirli derinliklerde, esas orojenezler sırasında büyük Paleozoik masifleri halinde ortaya çıktıklarını ve bu büyük ultrabazik masiflerin orojenezlerin esas fazından sonra sekonder olarak bugünkü pozisyonlarına yerleştiklerini ileri sürmüştür.

## **3. Ofiolitik magmalarda vukubulan differansiyasyon olayı.**

Steinmann (1927), kesin bir tarzda açıklamamasına rağmen, ofiolitik kayaların oluşumunun büyük bir bazik lakolit içinde ve gravitasyonel differansiyasyonun tersi bir yönde cereyan ettiğini iddia eder. Bu iddiaya göre peridotitler yukarıda toplanmakta olup daha az bazik olan magma tektonik hareketlerden doğan ve peridotitler içinde meydana gelen çatlakları boyunca yukarıya doğru injekte olmuşlardır. Steinmann (1927) ayrıca serpantinit ve gabroik kayalar arasında Alp'lerde petrografik bir geçiş müşahade etmemiştir. Dubertret (1955), Brunn (1956) ofiolitik kayaların oluşumu hakkında «denizaltı volkanizması» hipotezini ileri sürmüşlerdir. Bu hipoteze göre ultrabaziklâvların deniz dibine erüpsiyonu ve burada katılaşmaları sonunda bu kayalar lâv topları ve pillow-lâv'ları halinde teşekkül etmişlerdir. Bu arada magmanın büyük kısmı arz kabuğunda lakolitik bir dom (updoming) meydana getirerek pillow - lâvların alt kısmına intrüze olmuşlardır. Neticede bu dom'un içinde vukubulan differansiyasyon sonunda ultrabazik kayalar aşağı kısımlarda, bazik oluşumlar ise yukarı kısımlarda konsantre olmuşlardır.

## **4. Serpantinit strüktürleri ve serpantinizasyon olayı.**

Ofiolitik kayaların çoğunluğu serpantinizasyon olayına tabi tutulmuş

bulunduklarından serpantinit strüktürlerinin incelenmesi ve serpantinizasyon olayının kimyasal yönden tetkiki ofiolit problemin önemli bir kısmını teşkil eder. Serpantinit strüktürleri ilk defa Tertsch (1922) tarafından literatürde kaydedilmiş, Wilkinson (1953) ve diğerleri tarafından biraz daha tetkik edilmiş ve Francis (1954) tarafından serpantin mineralleri alfa ve gama grubu olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Lauder (1965) serpantinitle ilgili yapıldığı strüktürel çalışmalar sonunda serpantin strüktürlerinin üç farklı fazda meydana geldiğini ortaya koymuştur.

Serpantinizasyon olayını izah eden kimyasal reaksiyonlar incelendiği takdirde iki temel problemle karşılaşmaktadır:

1. Serpantinizasyon olayı Hess (1955), Hostetler ve Coleman (1966) tarafından ileri sürüldüğü gibi bir hacim artışını öngören kimyasal bir reaksiyon mudur yoksa Thayer (1966) tarafından iddia edildiği gibi bir sabit hacim değişmesi ile izah edilen reaksiyon mudur.

ii. Serpantinizasyon olayı sırasında kimyasal reaksiyona giren suyun menşei Thayer (1966) tarafından iddia edildiği gibi atmosferik midir yoksa magmatik midir?

## BİBLİYOGRAFYA

- Bailey, E. B. and Mc. Callien, W. J., (1953)**, Serpentine lavas, the Ankara melange and the Anatolian thrust. Trans. Royal Soc. Edinburgh, 82, p. 403 - 442.
- Bowen, N. L. and Tuttle, O. F., (1949)**, The system MgO-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O Bull. Geol. Soc. America, 60, p. 439 - 460.
- Brunn, I. H., (1960)**, Mise en place et différenciation de l'association pluto-volcanique du cortège ophiolitique. Rev. Geogr. Phys et Geol. Dynam. (2) 3, p. 115 - 132.
- Brunn, I. H., (1956)**, Contribution à l'étude géologique du Pinde Septentrionale et d'une partie de la Macédoine Occidentale. Ann. Géol. Pays Helléniques. 1st ser., 7, 358 p.
- Dubertret, L., (1953)**, Geologie des roches vertes due Nord-Ouest de la Syrie et due Hatay (Turquie). Mus. Nat. Hist. Nat., Notes et Mem. Moyen-Orient, 6.
- Drever, H. I., (and J. G. Mac. Donald, (1959)**, The lower margin of the Shiant Isles sill. uart. J. Geol. Soc. London, 114 - 343.

- Francis, G. H., (1956)**, The serpentinite mass in Glen Urquhart, Inverness-Shire, Scotland. *Am. J. Science*. Vol. 254, u. 221 – 226.
- Gass, I. G. and Mason-Smith, D., (1963)**, The geology and gravity anomalies of the Troodos massif, Cyprus. *Phil. Trans. Roy. Soc. A*. 255 - 417.
- Green, D. H., (1964 a)**, The petrogenesis of the high temperature peridotite intrusion in the Lizard area, Cornwall. *J. Petrol.*, 5, 134 - 188.
- Hess, H. H., (1964 a)**, «The oceanic crust, the upper mantle and the Mayaguez serpentinitized peridotite» in Burk, C. A., ed., *A study of serpentinite*. Natl. Acad. Sci. -Natl. Res. Council Publ. 1188, 169 - 175.
- Hess, H. H., (1955 a)**, Serpentine, orogeny and epirogeny. *Geol. Soc. Am., Spec. Paper* 62, 391 - 408.
- Heissleitner, G., (1951 52)**, Serpentin —und Chromerz— Geologie der Balkan halbinsel und eines Teiles von Kleinasien. *Jb. Geol. B-A*. Wien, Sonderbd. 1. Hostetler, P. H., Coleman, R. G., Mumpton, F. A., and Evans, B. W., (1966), Brucite in Alpine serpentinites. *Am. Mine. Mag.* 51, p. 75 - 98.
- Irvine, T. N., (1963)**, Origin of the ultramafic complex at Duke Island, Southeastern Alaska. *Min., Soc. Am., Spec. Paper* I, 36 - 45.
- Jahns, R. H., (1955)**, Bak Wyllie, P. J., (1967 68), Ultramafic and related rocks. *J. Wiley*. New York.
- Johnston, R., (1953)**, The olivines of the Garbh Eilean Sill, Shiant Isles. *Geol. Mag.*, 90, 161 - 171.
- Lauder, W. R., (1965)**, The geology of Dunn Mountain, Nelson, New Zealand. *N. Z. J. Geol. Geophys.* 8: 475 - 504.
- Moore, E. M.; (1969)**, The Troodos, Cyprus and Vourinos, Greece, ultramafic complexes and evaluation of ophiolites as ocean floor slices. A meeting for discussion on petrology of igneous and metamorphic rocks from the ocean floor. *The Royal Society*. London.
- O'Hara, M. J., (1966)**, Eclogite, peridotite and pyrope from Navajo Country, Arizona and New Mexico. *Am. Mineralogist*, 51, 336 - 352.
- Steinmann, G., (1927)**, Die ophiolithischen zonen in den Mediterranen Kettengebirgen. *XIVe Congr. Intern. Géol. (Madrid)*, C. R., fasc. 2, p. 637 - 668.
- Taylor, H. P., Jr., and Noble, J. A., (1960)**, Origin of the ultramafic complexes in Southeastern Alaska. *21 st. Intern. Geol. Congr., Copenhagen*.

- gen, Repts. 13, 175 - 187.
- Tertsch, H., (1922)**, Studien am Westrande des Dunkelsteiner Granulitmassives. Min. pet. Mitt, Band 35, p. 229 - 234.
- Thayer, T. P., (1966)**, Serpentinization considered as a constant volume metasomatic process. The Am. Min. Vol. 51, p. 685 - 709.
- Thayer, T. P., (1963 b)**, The Canyon Mountain Complex, Oregon, and the alpine mafic magma stem. U. S. Geol. Surv., Prof. Paper, 475—C, C82 - C85.
- Raleigh, C. B., and Patterson, M. S., (1965), Experimental deformation of serpentinite and its tectonic implications. J. Geophys. Res., Vol. 70, No. 16 p. 3965 - 3968.
- Wager, L. R. and Deer, W. A., (1939)**, Geological investigation in east Greenland, Pt. III. The petrology of the Skaergaard intrusion, Kangerdlugssuaq, East Greenland. Medd. Grenland, 105, No. 4, 352p.
- Wilkinson, J. F. G., (1953)**, Some aspects of the alpine-type seppentinites of Queensland. Geol. Mag. 90, 305 - 21.
- Wyllie, P. J., (1967-68)**, Ultramafic and related rocks. J. Wiley. New York. London. Sydney.
- Lappin, M. A., (1962)**, The eclogites, dunites and anorthosites of the Selje and Almklovdalen districts, Nordfjord, S. W. Norway. Ph. D. Thesis, University of Durham.