

# 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 sonuçlar alınmıştır, Bu son gelişmeleri bir arada izleme imkânını verebilmek

için I.A.Ë.A. (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı) tarafından «54 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 sdntillometer sayacı
- 3 — Yan portable gamma ray spectrometer
- 4 — Kuyu Ölçen radiometrik probe
- 5 — Uçakla scinti llometer
- 6 — Uçakla gamma ray spectrometer

Bilhassa birçok strüktüral problemlerin açıklanmasında istifade edilmek üzere,

#### **indirekt 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 Fluoresence (P.I.F.) Analyser metodlari 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 mi 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 Scintillometre: sayaçları ve radiometrik sondaj probeleri 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 tenorunu öğrenmenin mümkün olmasıdır. Bu metodla yapılan analizler kimyasal metodlara nazaran çok daha çabuk ve sıhhatli olup, 1 p.p.m. değerine kadar analiz yapılabilir, finaliz yapılabilir,

Gamma fay spectrometerinin prensibi şöyledir :

Uranım ve Toryum serilerinin elemanları doğrudan doğruya gamma ışını neşretmezler fakat alfa beta ve gamma radyasyonlarını birlikte neşiederler. Bu bakımdan sıhhatli netice almak için serilerin en çok gamıma ışını neşreden elemanları seçilir. Uranyum serisinde Gamma ışınlarının büyük bir kısmını neşredten Ra ( $Pb^{214}$ ) veya RaC ( $Bi^{214}$ ) seçilebilir. Gamma ışını spectrometerinde elementin tepe notkasım içine alan enerji aralığından (meselâ: RaC ( $BP^{14}$ ) için tepe değeri 1.76 Mev dir) spektnımu çizilir. Bu spektrum muayyen faktörler ve enterferanslar göz önüne alınarak Standard Uranyum numunelerinin verdiği spektrumla karşılaştın-\* larak kantitatif analiz yapılır.

Toryum analizleri için da aynı yol takip edilir. Burada Toryum serisinin ThC<sup>11</sup> ( $TP^{01}$ ) veya ThB ( $Bl^m$ ) 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 blocking Lineer pulse amplifier, Differentiel pulse high analyser, ratemeter strip - chart potantiometric recorder, Low - voltage supply ve sealer gibi parça ve ünitelerden teşekkül ederler.

Gamma Ray spectromètresi önce uçakla havadan prospeksiyonda kullanılmaya başlanmıştır.

Kanada'da Geological Survey ile Atom Enerjisi Teşkilâtı müştereken memleketlerinin bazı bölgelerinde  $K^{40}$ ,  $B^2 k^4$ ,  $Te^{*}$  kon-santrasyonunun haritasını çıkarmak ve Monitör olarak kullanılan elementlerle Potasyum, Uranyum ve Toryumun jeoşimik ilgisini bulabilmek için çift motorlu STOL tipinde bir uçağa gamma ray spectromètresi monte ederek uçuşlar yapmış ve faydalı sonuçlar alınmıştır.

Amerika'da uçak ve helikoptere monte edilen gamma ray speetrometreler ile U, Th, K prospeksiyonunda kullanılmakta olduğu gibi magnetometer ilâvesiyle kombine uçuş yapılmıştır. Bu

cihazlar aynı zamanda fosfat, iateritik demir, aliminyum ve manganez aramalarında da uygulanabilmiştir.

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

Görnland'm güneyinde yapılan prospeksiyon çalışmalarında kullanılan bu spectrometer ile Ilimaussag Alkali intrüzyonunda yapılan çalışma ve aramalarla Uranyum (5000 ton) ve Th (12500 ton) tesbit edilmiştir. Kvanefeld sahasında da önemli U. Th zuhurları bulunmuştur.

## 2 — Gamma Logging Tekniği :

Prospeksiyon neticesi tesbit edilen zuhurların değerlendirilmesi için tenor ve rezervin bilinmesi gerektiğinden sondaj amelîyesine gidilmektedir.

Sondaj sırasında karot alınmadan ilerleme maliyeti çok ucuzlattığından bu tip çalışmalarda numune alınmadığından kuyunun radyoaktivitesi ölçülerek geçilen cevherli kısımların kalınlık ve değerleri halanda bilgi edinilir. Geiger tipi sayaçlara bağlı probe ile yapılan bu ölçmeler rite 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 koeffisiyenleri 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  $3/4$ "X4" olmakta ve ölçü netideleri hakikate daha yakın ve sıhhatlidir.

Sondaj kuyularındaki Uranyum tenorunu ölçmek için Uranyumun denge halinde oluşu ve yoğunluğu nazan itibare alınmadan

içindeki (Bismuth 214) miktan tayin edilerek selektif tabii, gamma ismiyle radyokarotaj 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 radyometrikveya kimyasal analizleri numunedeki global olarak Uranyum miktarını vermektedir. Halen Uranyumun taşın neresinde konsantre olduğunu öğrenebilmek için nükleer fotoğraf plâkalarındaki emülsiyon için alfa şualarının 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 terkiibindeki 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>3</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 nAtaraun 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 çevrimdeki X ışınlarının ölçülmesi metoduyla yapılan sıvı analizlerinde litrede 10 mg. Uranyum ve daha fazla olan miktarlar tayin edilmektedir. Ölçme işlemi 20 mi numune üzerinde 10 dakikada bitirilir.

Kullanılan cihazlar: Bir fotomultiplikator, berilyum penceresi, Nal (ti) ince kristalli bir ölçü sondası ve bir preamplifikatörü havi sintallasyon tipi bir dedektör ile MAP 30, MSA 11, MİLÎ 11, M6D 11, MHT 30 elemanlarından teşekkül eden 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 JEOFİZİĞİ VE CEVHER TRETMANI

### 1 — Moisture gauge t

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

Ziraat, ormancılık, hidroloji, inşaat ve endüstri dallarında tatbik sahası bulan «Moisture Gauge» nem geyçleri bilhassa su tesviyesi, toprağın su depolama kapasitesi, evapotranspirasyon, topraktaki nem profillerinin ekinler üzerine tesiri, gübrelerin etkisi, bitkiler üzerinde toprak pekişmesi ve sulamanın etkisi, su hareketi, 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 geyçler 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,

$^9\text{Be}(\text{ }^8_0\text{n})\text{ }^8\text{Be}$  reaksiyonu esasına göre çalışan portatif bir arazi aletinin geliştirilmesi berilyum aramaları için çok faydalı olmuştur\* Bilâhare piyasada  $\text{He}^3$  ile doldurulmuş nötron dedektör-

lerinin 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, ilk cihaz nokta üretici kaynak olarak 100 m Cî 124 Sb ve 2 adet BF 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 tenor ve rezervinin hesab edilmesi gerekmekte ve bu gaye için sondajlı aramalar yapılmaktadır.

Tenor ve cevherli zonların kalınlıklarını tesbit için sondajın karat olarak ilerlemesi ve alman numunelerin kimyasal analize gönderilmesi gerekir. Bu işlem hem zaman almakta ve hem de sondajda karot olarak ilerleme daha pahalıya mal olmaktadır.

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>187</sup> kaynağın 3/4 inç çapında Nal kristali, fotomultiplikator ve proamplifier ib tiva 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 konsantre edilmesi gerekmektedir. Genellikle bu tip cevherlerin kalitelerinin çok değişik olması ve bunların karakteristiklerini çeşitli parametrelerle belirtmek güç olduğundan muhtelif cevher tiplerinin ka<sup>^</sup> nışiML üzerinde yapılan konsantrasyon ameliyesinde de çok miktarda reagent zayi olabilmektedir. Konsantre 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 smaii tesise tatbük edilir.

Bunun için iki önemli hususun tesbîti 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, yan ömrü kısa ve çevrede kolayca tesbit edilebilmeleri çalışma ortamında içinde gamma ışını neşretmeleri tercih edilir. İzleyici kütle malzemeyle aynı tarzda davranış göstermelidir.

Katı safhada; izleyici olarak 10 gramlık numuneler bir rteaktör veya nötron generator 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 saf aril) içinde 3 saat irradasyona tabi tutulur w bilâhare testlerde kullanılır.

Sıvı safhada; Yarı ömrü, 2,57 dakika olan ve kuvvetli neşredici olan  $\text{Ba}^{137}$  traseri seçilmiştir. Bu izotop İ.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 kimyasa ataleti sebebiyle zararsız ve yarı ömrü kısadır.

Bu radyo izotop izleyicilerin laboratuvar çalışmalarında kullanılmasıyla hazırlanan modeller Endüstriyel teslişlere tatbik edilerek optimum randıman alınması sağlanmaktadır.

### III. — RADYOİZOTOP X - RAY FLİJORESAMS TEKNİĞİ

Dispersiv olmayan radyoizotop \* ray flüoresans tekniğı 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 yörünge nin ekzite edilip X ışınlarının elde edilmesine bağıdır. Bu ışınlar bir veya iki filtreden geçirilerek sintdlasyon dedektörleriyle sayılır. Bu dedektörler propotional counter sistemi ile birleştirilerek arazi çalışmalarında kullanılır.

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

Meselâ; FeK X ışınlar serisi H<sup>3</sup>/Zr kaynağı ile eksim edilmekte ve  $4 \times 10^5$  Fotom/  $\beta$  istihsal edilip 2-12 KeV enerji vermektedir.

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

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

X RF mietodla analiz, yapılan ölçmelerde elde edilen neticelerin aynı geometride kimyasal analizleri yapılmış numunelerle mukayese si suretiyle yapılır.

XRF analiz tekniğı : 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 satın 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 yanıtıcı tesir icra edebilir. Bu metodla yapılan demir, kalay, çinko ve kurşun aramalarında olumlu neticeler alınmıştır.

— Sondaj karotların tahlillerinde:

Sondaj karotların 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 yapılabilmektedir. 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 ^ oranlarının bulunmasında

-- kömürlerde ASH kontentin tesbitinde başanyla kullanılmaktadır.

#### IV. AKTİVASYON ANALİZ TEKNİĞİ

Aktivasyon analiz, günümüzde analiz problemlerinde geniş çapta kullanılmakta olan so nderece hassas ve spesifik basit bir analitik metoddur. Bu metod hassasiyetinden dolayı bilhassa elementsei mikroanaliz problemlerinde ve trace elementlerin aanlizlerinde çok kullanılmaktadır. Bunların yanında bu metod kimyasal saflaştırma sahasında diğer analitik metodlan kontrol ve yardımcı olarak uygulanmaktadır. Aktivasyon analiz birçok hallerde analizi yapılacak numunenin elementlerine kantitatif ayrışımın gerektirmediğinden analizlerin süratli yapılmasına imkân verdiği gibi reagentlerin em-purite kontaminasyonlarından doğan hataları da ölçmüş olur.

Aktivasyon analiz metodunun prensibi şöyledir :

Analiz edilecek numune partiküllerle veya yüksek enerjili fotonlarla bombardıman edilmek suretiyle numune içindeki element veya elementler radyoaktif izotoplar haline dönüştürülür. Elde edilen her-bir radyoizotop, neşrettiği karakteristik nükleer radyasyonunun ve yarı ömrünün incelenmeleriyle kalitatif 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 başlıcalan 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 tesbi tinde
- Cevher konsantrasyonu ameliyelerinde istihsalin ve prosesct-sün 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, zirkonlu kumlarda hafniyum tesbitinde 30 p.p.m. kadar, taş münuneleri 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 (şeyi 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, Densité Nötron Induced - Nötron - Transit Time, Nötron Aktivasyon.

### 3 — Petrolün niteliklerinin ve akışkanın kontak yüzeyini tesbit için ;

Klorin dedeksiyon, Nötron dedektör pulse kaynak, NÖtom Life time Log, su numuenlerinin Radyometrik analizleri, Petrol ve su fazlarında seçilmiş Radyoaktif izleyici mîetodlan kullanılır;

4 — Rezervuann değerdendirilmesinde ve işletilmesinde :

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

NETİCE ı

Nükleer tekniğin yalnız radyoaktif madenlerin aranmasında değil bütün metallik 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 çok memleketler tarafından arazi çalışmalarında kullanılmaktadır. Ayrıca sonda (probe) aletinin akkupk edilmesiyle de sondaj kuyusu ölçmelerini de yerinde yapma imkânı vardır.

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

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

XRF tekniğin de gelişmiş ve portabl 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 başlıbaşma bir *analiz* Laboratuvarı mahiyetinde görünmektedir.

Bütün burada görülen yenilikler meyanında Fransızlar havallı 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«

## BtBLtYOGIÄFIA

- 1 — *JAS.* Adams : Total and spectrometric gamma-ray surveys from helicopters 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. Mils 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..Dtunesnil : Radiocarottage gamma naturel sélectif No: SM-112/16
- • .— .J. A» Cmbek: Neutron methods in geophysics No: SMU112/5
- 10 — A. G. Dandey, Q. Bristow and D. K, Dönhoff er : Airborne gamma- ray
- 11 — D. K. Dönhoffs: Determination of ore concentration in exploration holes by the gammt-ray backbcakenihg kecphique No: SM-112/2
- 12 — K. E. Duftschnrrid : A versatile field instrument for X-ray fluorescence analysis No: SM^ 112/21
- U — B. Drfunikowski and J. NiewodBicaanski / Field determination of iron using X-ray fluoresrence and garama«ray scattering No : SM-112/22
- 14 — R. S. Foote : Improvement in airborne gamm-radiation data analyses for anomalous radiation by removal of environmental and pédologie radiation changes No; SM-1J2/13

- 15 — ft. P. King, E. T. Woodburn, fc. P, Colbom, R, Edwards and % E, Smith:  
Dynamic testing of mineral processing equipment using radioisotopes  
No: SM-112/34
- 16 — L. Lövborg, H. Ktimendorf and J. Hansen : Portable beryllium pros-  
pecting instrument with large sensitive area No: SM-112/4
- 17 — L. Lovborg, H. Ktœzendûîf and J- Hansen : Use of field gamm-spec-  
trometry 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. Petoï ; 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\_ IL Rhodes, T. Furuta and P.F. Berry : A radioisotope X-ray fluores-  
cence drill hole probe No : SM-112/23
- 22 — G. G. Santos, L. E. Fite, W. E, KuykendaM, R: E: Wainerdi, A: H: Rouma  
and W. R. Bryant : Preliminary study on the use of fast-neutron ac-  
tivation 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 répart-  
ition de TU 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 JP, Yule : Neutron ac-  
tivation 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 t Application of neutron activation  
analysis to geochemical studies of mineral resources No : SM-112/28