

YENİ ZELANDA VE JAPONYA JEOTERMAL ALANLARI

Hayri UYSALLI

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

GİRİŞ

Türkiye'ye yeni enerji kaynakları kazandırmayı da amaç edinen M.T.A. Enstitüsü, bu çalışmalarını «Batı Anadolu Jeotermik Enerji Projesi» adı altında ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ile işbirliği halinde yürütmektedir. Bu proje ile ilgili olarak 1971 yılında jeotermal enerji bakımından önemli gelişmeler gösteren Yeni Zelanda ve Japonya'nın bu alandaki çalışmalarını yerinde incelemek imkânı sağlanmıştır.

Bu imkânı sağlayan Genel Direktörümüz Sayın Doç. Dr. Sadrettin Alpan'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu yazımızda, söz konusu ülkelerde jeotermal alanların dağılışı ile jeolojik özellikleri üzerinde durulacak, tatbik edilen jeofizik metot bildirilecek ve mümkün merteye sondajlı çalışmalarla bunların sonucu konuyu teşkil edecektir.

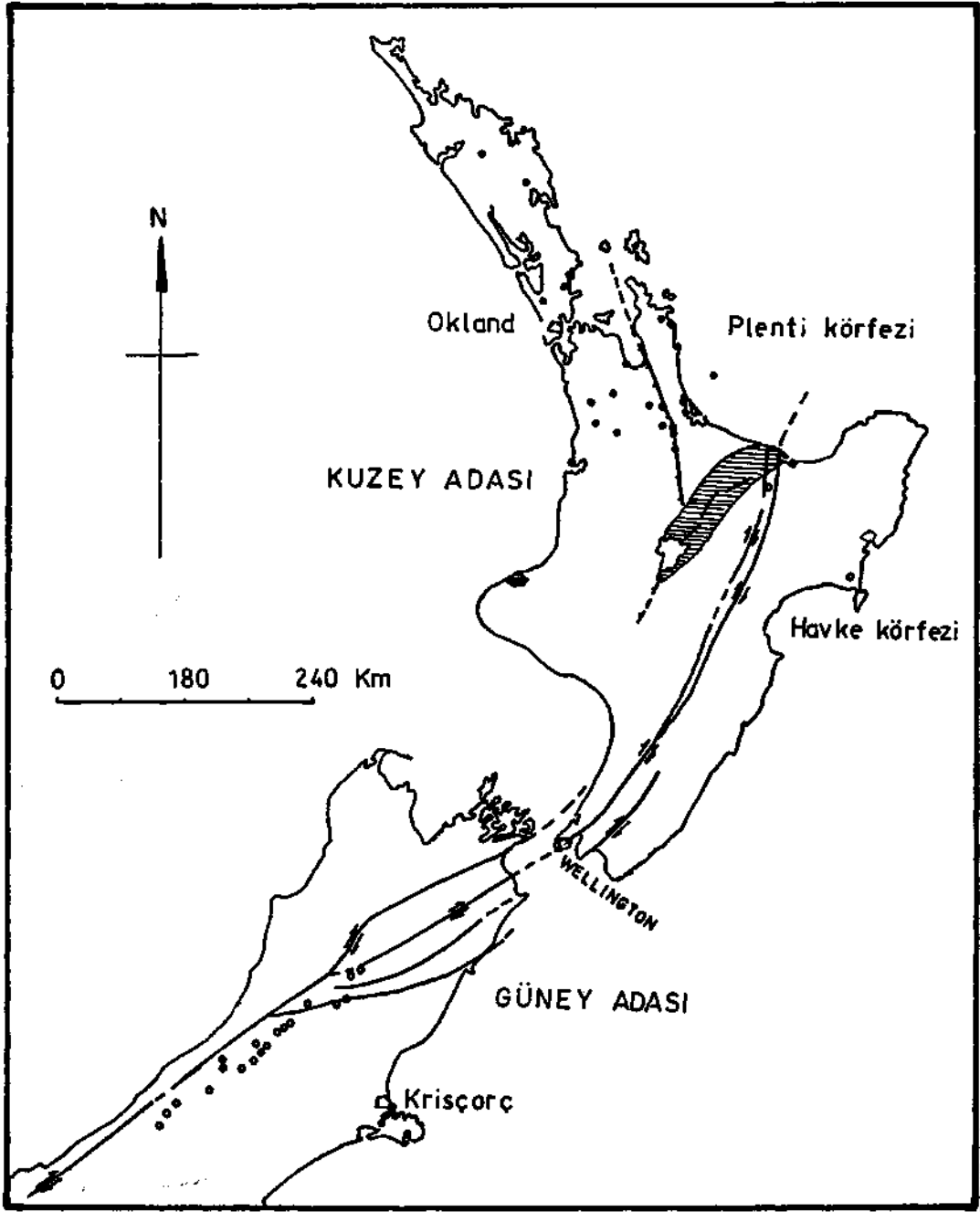
I. YENİ ZELANDA JEOTERMAL ALANLARI

Yeni Zelanda, muhtelif karakterde volkanik bölgeleri, aktif ve sönmüş volkanları, yaygın sıcak su kaynakları ile tanınmış iki adadan müteşekkil bir ülkedir.





Jeotermal alanların dağılışına bakıldığında (Şek. 1, 2) bunlar ya doğrudan doğruya aktif volkanlarla ilgili olarak aktif volkanik zonlarda bulunur veya sönmüş volkanlarla ilgilidir, yahut da volkanik arazi dışında büyük faylar boyunca görülür.

Volkanik arazi dışındaki alanlar, her iki adayı birden boydan boya kat eden ana faylar—bilhassa doğrultu atımlı faylar—boyunca sıralanmıştır. Bu alanlardaki sıcak sular daha ziyade Permiyen-Jura yaşındaki şistlerle grovaklardan çıkmaktadır. Sıcaklıkları 40°-85°C arasında değişmekte ve debileri ortalama 8-10 litre/saniyedir. Volkanik olmayan bu bölgelerde ısıtıcı olarak magmanın faylar boyunca yüzeye yaklaştığı kabul edilmektedir. Şist ve grovakların permeabiliteleri düşük olduğundan, bugün için sıcak su+buhar elde etmeye elverişli görülmemektedir. Bu gibi alanlarda, yeraltında atomik patlama ile rezervuarlarda çatlaklı zonlar husule getirmeye ve dolayısıyla bu rezervuarların Sekonder permeabilite kazanmasını düşünmektedirler.

Sönmüş volkanlarla ilgili alanlara gelince, bunlar Kuzey Adasının kuzeybatı kesiminde görülür. Bugün tamamen sönmüş olan bazaltik, andezitik ve daha az olarak da riyolitik volkanlar çevresindeki jeotermal alanlardır. Buralarda gradyan normalin birkaç mislidir. Meteorik suların derine inerek ısındığı ve bunu müteakip tekrar yukarı doğru çıktığı kabul edilir. Bu şekilde ısınmış sular yüzeye yakın horizontal volkanik tabakalar içinde daha geniş bir alana yayılır. Bu yayılım nedeni ile sıcaklığını daha çabuk kaybetmeye başlar ve örtü kayanın zayıf olması halinde de yalnız sıcak su veya düşük basınçlı buhar elde edilebilecek alanları hâsıl eder. Bu alanlardan bugün için elektrik istihsalinden ziyade, deniz suyundan tuz elde edilmesinde, orman işletmelerinde kerestelerin kurutulmasında, serlerde ve turistik otellerde istifade edilmektedir.



Şek. 1 - Yeni Zelanda jeotermal alanları.

- | | | |
|---|---|---|
| 1 |  | Taupo volkanik zonu (detayı Şek. 2 de). |
| 2 |  | Volkanik alanlar dışında ana faylarla ilgili jeotermal alanlar. |
| 3 |  | Sönmüş volkanlarla ilgili jeotermal alanlar. |
| 4 |  | Doğrultu atımlı faylar. |

Aktif volkanlarla ilgili jeotermal alanlara gelince, bunlar Kuzey Adasında Taupo volkanik zonunda (Şek. 2) toplanmıştır. Tersiyer sonu - Kuvarterner volkanlarının bulunduğu bu zon 120 km uzunluğunda ve ortalama 15 km genişliğinde olup, muhtelif grabenlerle, bu grabenler arasındaki horstlardan oluşmuştur. Basamaklı olan ana fay sistemlerini birçok tali faylar kesmektedir. Fayların büyük bir kısmı ile horstlar gömülü cinstendir. Zondaki hidrotermal alanlar, kaynama noktasındaki sıcak su kaynakları, çatlaklar boyunca çıkan buhar ve fümeroller, hidrotermal alterasyona uğramış kayalarla karakterize edilmektedir. Bugünkü çalışmalar daha ziyade bu tezahürlerin bulunduğu mahallerde veya yakınlarında yapılmaktadır. Yüze, Kuvarterner yaşındaki göl sedimentleri, volkanik kül ve breşleri ile örtülü olduğundan, yalnız jeolojik etütlerle stürüktürlerin durumunu meydana çıkarmak yeterli değildir. Jeofizik ve derin istikşaf sondajlarının yapılmasını gerektirmektedir. Genç volkanik arazilerde bilhassa derin rezistivite ölçüleri olumlu sonuç vermektedir.

Taupo volkanik zonunda tabanı grovak ve arjilitler teşkil eder. Bunlar üzerinde ortalama 2000 m kalınlıkta volkanik kayalar ve göl sedimentleri bulunur. Volkanik kayalar, riolit domları ile birlikte tüf, ignimbrit, aglomera, volkanik breş ve süngertaşları ile temsil edilen riolitik bir püskürme mahsulüdür. Bazalt volkanizması, riolit ve andezit volkanizmasından daha azdır. Patlamalı püskürme yakın zamanlara kadar devam etmiştir. Gömülü horst ve grabenlerde permeabl olan süngertaşları (purnice breccia) veya fazla çatlaklı andezit ve riolitler sıcak su+buhar akifer sistemlerini teşkil etmekte ve bu akiferler düşük permeabiliteli kıltaşı, ignimbrit ve riolitlerle birbirinden ayrılmaktadır. Maksimum sıcaklıklar dom ve horstlarla ilgilidir.

Taupo volkanik zonunda sekiz jeotermal alan tespit edilmiştir. Bunlardan önemli sayılan Wairakei, Broadlands-Ohaki, Waiotapu, Kawero alanlarının jeolojisi ile çalışmaların bir özeti aşağıda verilmiştir.

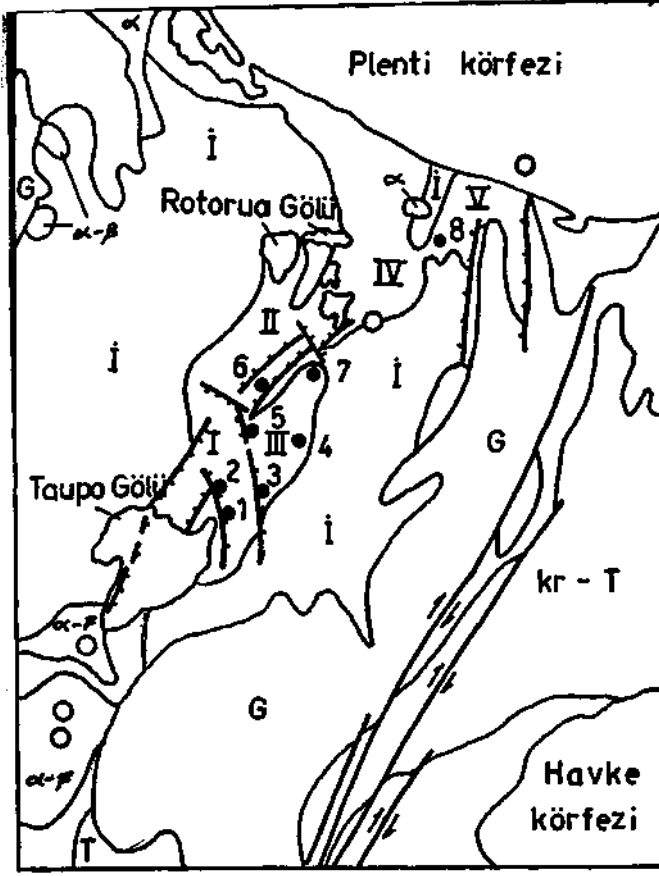
Wairakei alam. — İlk çalışmalar 1949 da başlar. Lokalize olabilmek için 400 km² lik bir alanın jeolojik ve jeofizik etütleri yapılmıştır. Bunu müteakip yüze yakın sondaj (350-1000 m derinlikler arasında) yapılmış olup, bunlardan 60 ı istihsal kuyusudur. 220 MW lık bir santral kurulmuştur.

Bugünkü istihsal sondajları yaklaşık olarak 2 km uzunluğunda ve ortalama 600 m genişliğindeki bir horstun çevresinde yapılmaktadır. Tamamiyle gömülü olan bu horstun varlığı gravite etütleri ile meydana çıkarılmış ve bilâhara sondajlarla hakikî durumu tespit edilmiştir. Mevcut dört ana fayın yüzey belirtileri arazide kısmen görülebilmektedir.

Kuyularda kesilen formasyonların bir özeti şöyledir:

Yüze, volkanik kül ve alüvyonlarla örtülüdür. Bunların altında 200 m kalınlıkta volkanik breş ve lapilli tüfler bulunur. Bunlar silt ve kıltaşları ile aratabakalı olduklarından genellikle geçirimsizdir. Bu formasyon altında 60-150 m kalınlıkta ve örtü kaya özelliğini gösteren gösel çamurtaşları (Huka formasyonu), bunların da altında ortalama 400 m kalınlıkta sert tüflerle süngertaşları (Waiora formasyonu) bulunur. Bu formasyonun 60 metrelik alt seviyesinde süngertaşları, kumtaşları ile aratabakalı olduklarından iyi bir istihsal zonu teşkil eder ve porozite % 35 in üzerindedir. Waiora formasyonu altında ortalama 130 m kalınlıkta ignimbritler bulunur. Bunlar genellikle örtü kaya özelliğini gösterir, ancak fazla kırık ve çatlaklı zonlarda ise Sekonder permeabilite kazanmış olduklarından istihsale elverişli akifer durumuna geçerler. İgnimbritler altında ikinci akiferi teşkil eden süngertaşları bulunur. Bundan sonra grovak, arjilit ve fillatlar tabanı teşkil ederler.










Wairakei'de 60 istihsal kuyusundan en iyileri sayılan 40 kuyunun (yüksek basınçlı) 14 atmosfer kuyu ağız basıncında toplam istihsal ortalaması 4900 ton/saat sıcak su, 850 ton/saat buhardır. Bu kadar istihsalin enerji potansiyeli 240 MW a eşittir (sudan 100, buhardan 140 MW olarak). Akifer sıcaklığı 240°C civarında ve basıncı 30-60 atmosfer arasındadır. Entalpi ortalama



Şek. 2 - Yeni Zelanda, Kuzey Adasında Taupo volkanik zonu ve çevresinin jeoloji haritası ile jeotermal alanlar.

(I-V) Taupo volkanik zonu:

- I. Taupo grabeni
- II. Rotorua grabeni
- III. Reporoa grabeni
- IV. Taravera grabeni
- V. Vakatane grabeni

- 1  Gölsel sedimenterle riyolit ve volkan külleri (Kuvaterner)
- 2  Andezit ve bazalt (Kuvaterner)
- 3  İgnimbrit (Kuvaterner)
- 4  Denizel sedimenter (Kretase-Tersiyer)
- 5  ...Grovak ve arjilitler (Permiyen-Mesozoyik)
- 6  Doğrultu atımlı faylar
- 7  Normal faylar
- 8  Aktif volkanlar
- 9  Jeotermal alanlar: 1. Tauhara, 2. Wairakei, 3. Rotokava, 4. Broadlands-Ohaki, 5. Orakeikorako, 6. Te Kopia, 7. Waiotapu, 8. Kawero.

260 kilokalori/kg dir. Kuyularda son muhafaza borusu 13 3/8 inçlik olup, genellikle 500 m derine indirilmektedir. Sondaj ameliyesi esnasında, bilhassa Huka formasyonunda ilerlerken çamurtaşları arasında breş mercceklerinde kapanlanmış olan buhar esas rezervuar olmamakla beraber zorluklar çıkarmaktadır. Örneğin, 204 no. lu sondaj yapılırken 400 m civarına vardığında anî patlama (blowout) sonucu kuyu terk edilmiş ve kuyu bir çamur volkanı haline gelmiştir. Bugün 100 m çapında olan bu çamur volkanı 1960 tan beri her 7-8 dakikada bir, şiddetli depremler yaparak püskürmektedir.

Broadlands-Ohaki jeotermal alam. — Alan riyolit, dasit, ignimbrit ve tüflerden müteşekkil olup, bunlar tabanı teşkil eden grovak ve arjilitlerden husule gelmiş sedimentlerle aratabakalıdır. Hidrojeolojik olarak geçirimli ve geçirimsiz tabakalar birbirleri üzerinde sıralanmışlardır. Genellikle tuf, süngertaşları ve volkanik breşler rezervuarları teşkil eder. Buna karşılık bunlar arasındaki sert ignimbritler, riyolit akıntıları ve ince taneli sedimentler de örtü kayayı teşkil etmektedir. Bu şekilde iki riyolit akıntısı ile üç ünite halinde ignimbritler dört rezervuarı birbirinden ayırmaktadır.

İstihsal sondajları bir ana fay boyunca düşen blok üzerinde yapılmaktadır. Aralıkları 150-800 m, derinlikleri 750-2000 metredir. Genellikle istihsalin % 70 i su, % 30 u buhardır. İstihsale ayrılan 12 kuyudan 7 atmosfer kuyu ağız basıncında toplam olarak 1000 ton/saat sıcak su ile 465 ton/saat buhar elde edilmektedir. En iyi istihsal 1500 m derinlikte süngertaşlarından yapılmaktadır. İstihsal esnasında bazı kuyularda muhafaza borusu içinde 450 m derinlikte kalsit kabuklaşması görülmektedir.

Sondajlı çalışmalar rezistivite etütlerinin 5 ohm-m verdiği alan içinde (6 km² lik bir alan) ana fay boyunca devam etmektedir.

Waiolapu jeotermal alanı. — Termal alterasyonun geniş bir alan (10 km²) kaplaması nedeniyle ilginç görülmüş, çalışmalar 1953 yılında başlamıştır. Gravite etütlerinden sonra yüzer metrelilik yedi gradyan sondajı ile ayrıca 1 m derinlik için izoterm haritaları hazırlanmıştır. Bu etütlere göre, yüksek termal anomali sahasında 900 m derinliğe kadar beş sondaj yapılmıştır.

Alanda istiflenme Wairakei'ye benzer. Üstte 100 m kalınlıktaki Huka formasyonu, kumtaşlarının fazlalığı nedeniyle zayıf bir örtü kayadır. Bunlar altında 200 m kalınlıktaki birinci rezervuarda süngertaşları ince bantlar halinde olup, tüflerle aratabakalıdır. Bu nedenle bu rezervuardan yüksek basınçta buhar elde edilememiştir. Daha altta 150 m kalınlıktaki sert ignimbritler ikinci örtü kayadır. Bundan sonra 60-120 m kalınlıkta süngertaşı ve breşler gelir. Bunların iyi bir rezervuar teşkil etmesi gerekirken hidrotermal alterasyonu permeabilitelerini kaybetmiş olmaları (self sealing) nedeniyle, hazne sıcaklığı 295°C olmasına rağmen buhar istihsalı için memnuniyet verici olmamıştır. Ayrıca çıkan suların bikarbonatlı oluşu ile kuyular birkaç ay içinde kabuklaşma ile kapanmıştır.

Karvero jeotermal alam. — Alan, bir riyolit domu kenarında tektonik bir çöküntü içindedir. İlk çalışmalar buradaki kâğıt fabrikasının yakınında termal tezahürlerin bulunduğu alanda başlamıştır. 500 m derinlikte açılan ilk üç istikşaf sondajı sonuç vermiş ve kuyuların her birinden 6 atm kuyu ağız basıncında 4 ton/saat buhar ile 15 ton/saat sıcak su elde edilmiştir. Bunun üzerine kuyu adedi bugün 14 e yükselmiştir. Kuyu aralıkları 150-500 m, derinlikleri 500-1000 metredir. Bunlardan toplam 180 ton/saat buhar istihsal edilmektedir. Elde edilen buhar kerestelerin kurutulmasında, kâğıt fabrikasında kâğıt hamuru imalinde ve birkaç MW lık elektrik istihsalinde kullanılmaktadır.

Alanda yüzey alüvyonla örtülüdür. Bunlar altında bölgenin yegâne örtü kayası olan 300 m kalınlıktaki riyolit akıntıları bulunur. Riyolitler altında ortalama 120 m kalınlıkta süngertaşı ve breşler rezervuarı teşkil eder. Bazı sondajlarda süngertaşlarından sonra 100 m kalınlıkta ikinci bir

riyolit kesilmiştir. Bundan sonra ortalama 200 m kalınlıkta andezitler mevcuttur. Andezitler bu bölgede fazla kırık ve çatlaklıdır. Andezitlerden sonra 800 m derinlikten itibaren sert ignimbiritler başlar.

İlk sondajlarda buhar 500-600 m derinlikte süngertaşlarından elde ediliyordu. Aradan üç yıl geçtikten sonra yüzeydeki soğuk suların hazneye girmesi sonucu istihsalde azalma olmuştur. Bunun üzerine sondajlar 1000 m derinliğe indirilerek andezitler denenmiştir. Andezitlerdeki hazne sıcaklığı 285°C olup, bugün istihsalin çoğu kırık ve çatlaklı olan bu andezitlerden yapılmaktadır.

II. JAPONYA JEOTERMAL ALANLARI

Yeni Zelanda'da olduğu gibi Japonya da aktif ve sönmüş volkanları ve bunların teşkil ettiği volkanik zonlardaki (kuşaklar) jeotermal alanları ile tanınmıştır. Envantere göre, bu volkanik kuşaklar üzerinde 25°C-42°C arasında 4123 kaynak, 42°C den yüksek 8703 kaynak ile 693 buhar kaynağı tespit edilmiştir. Yalnız 90°C üzerindeki kaynaklar 90 ayrı yerde toplanmıştır. Bugün gerek bu sıcak su kaynaklarından ve gerekse sondajlarla elde edilen tabii sıcak su ve buhardan aşağıda özet olarak belirtilen alanlarda yararlanılmaktadır.

— Tabii sıcak su ve buhar kaynaklarının, gayzerlerin bulunduğu termal alanlar ile fümerol safhasındaki volkanlar çevresini millî park haline getirerek iç ve dış turizmin gelişmesini sağlamaktadırlar:

— Hastanelerde, bilhassa bu iş için kurulmuş özel hastanelerde muhtelif hastalıkların tedavisinde ve nekahet devresinde,

— Sanatoryumlarda,

— Turistik otel ve tesislerde. Bugün turistik tesislerin % 20 si jeotermal alanlarda kurulmuş olup, her tesis sondajlarla kendi suyunu kendisi temin etmekte ve buralara senede bir defa giden turist sayısı 100 milyonu aşmaktadır.

— İlaç fabrikalarında,

— Şeker fabrikalarında, 98°C lik sular.

— Bira sanayiinde, damıtma ile ilgili sanayi kollarında,

— Kaya tuzu, kükürt istihsalinde (120°C lik buhar),

— Kümes hayvanlarının yetiştirilmesinde, kuluçka makinelerinde, civcivlerin daha çabuk gelişmesini sağlamakta,

— Timsah yetiştirmede (28°C-32°C arasındaki havuzlarda),

— Nehir kenarlarında ayrılmış özel havuzları sıcak sularla 23°C de sabit tutarak yılan balığı, sazan balığı cinsinden sıcak ortamda çabuk gelişebilen bazı tür balıkların yetiştirilmesinde,

— Cam veya plâstik kaplı serlerde çiçek, turfanda sebze ve tropikal meyve yetiştirmede (Bugün serlerde 1000 çeşitten fazla tropikal ve yarı tropikal meyve ağacı, daima yeşil kalan bitkiler ve süs bitkileri ile ilaç sanayii için gerekli 1600 türden fazla bitki yetiştirilmektedir.),

— Deniz suyunu ısıtarak kısa sürede tuz elde etmekte. Bunun için deniz suyu ile irtibatta olan bir m² lik ufak tanklar kullanılmakta ve bunlar sondajlarla elde edilen tabii buhar ile ısıtılmaktadır. Bu şekilde 200 tanklık basit bir tesiste, iki işçi günde bir ton tuz elde edebilmektedir.

— Elektrik enerjisi üretiminde. Bugün iki jeotermal alanda (Matsukawa, Otake) tabii buhardan elektrik elde edilmektedir. Bunlardan başka ilk planda ayrılmış 23 jeotermal alanda bu maksatla jeolojik, jeofizik ve sondajlı çalışmalar yapılmaktadır.

Japon adalarının jeoloji özeti :

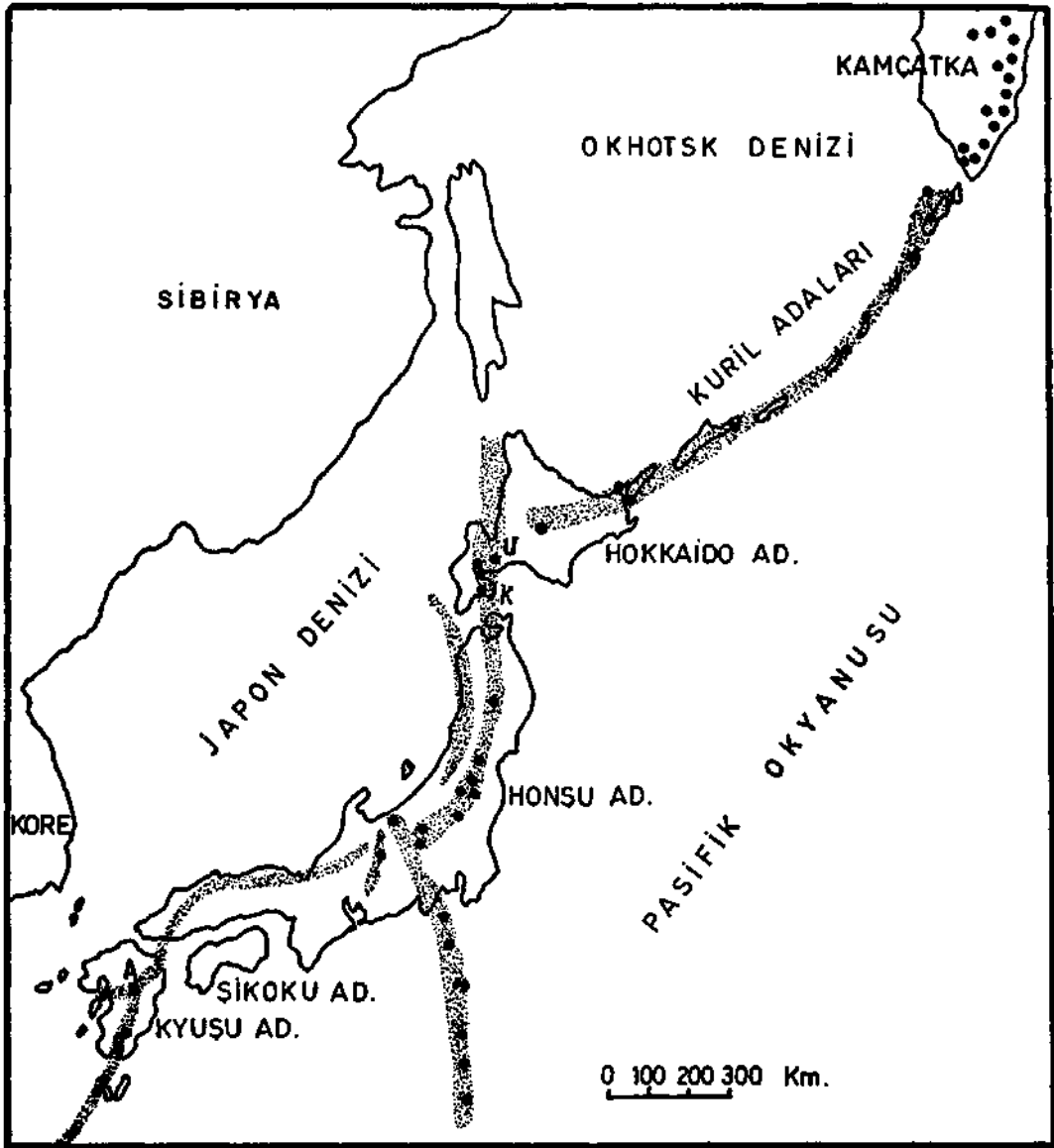
Bilindiği gibi bu adalar, Büyük Okyanusun batısındaki orojenik zondadır. Bu zon bilhassa Tersiyerden itibaren kırılma, kıvrılma ve volkanlar yönünden çok aktif olmuştur. Dünya volkanlarının % 60 ı bu dar orojenik zonda oluşmuştur. Japon adaları bugünkü şeklini tahminen iki milyon yıl evvel almış olmasına karşılık, volkanik aktivite 25 milyon yıl evvel, Miyosenden beri devam etmektedir. En eski arazi Honşu adasının orta ve batı kesiminde olup, bunlar Paleozoyik ve Paleozoyik öncesi gnayslardır, granit ve granodiyorit gibi İntruzifler tarafından kesilmiştir. Paleozoyikin başlıca kayaçları grovak ve killi şistlerdir. Kireçtaşları yer yer aratabaka olarak mevcuttur. Çört ve silisli kayaçlar nadir değildir. Paleozoyikin volkanik kayaçları bazik karakterde denizaltı püskürmeleri şeklinde olmuştur. Mesozoyik genel olarak şeyl, kumtaşı ve konglomeralar ile temsil edilir. Kireçtaşı ve çört nadirdir. Kretase yaşında andezit ve riyalitler yaygın bir durumdadır. Paleojen daha ziyade klastik sedimentlerden meydana gelmiş olup, denizel Paleojen nadirdir. Neojen hemen bütün Japon adalarında mevcut olup, ekseriyetle sığ deniz-acı su fasiyesindedir. Lav akıntıları ile piroklastikler aratabaka olarak görülür. Kuvaterner, sahil ve nehir taraçaları şeklinde ve geniş alüvyal depolar halindedir. Kuvaternerin klastik sedimentlerini ekseriyetle kırmızı-kahverengi volkan külleri örter ve bunlar geniş alanlar kaplar.

Paleozoyik sedimentleri ile Mesozoyik ve Tersiyer sedimentlerinin birçoğu denizaltı püskürmeleri sonucu olarak lav akıntıları ve piroklastik tabakalarla aratabakalıdır. Bu durum jeotermal alanlarda örtü ve hazne kayanın oluşmasını sağlamıştır. En şiddetli ve yaygın volkanizma Miyosen esnasında olmuştur. Neojendeki efüzif kayaçlar bazalt, andezit, dasit ve riyalitlerdir. Bilhassa Miyosenin efüzif kayaçları, şiddetle altere olarak yeşil bir renk aldıkları için «yeşil tüf» olarak adlandırılmıştır. Bunlar kuzeydoğu Japonya'da geniş alanlar işgal eder. Kuvaterner yaşındaki efüzif kayaçlardan andezitler çoğunluğu teşkil eder, bundan sonra bazaltlar gelir. Riyalitler dar bir sahaya inhisar eder ki, bu da Honşu'nun orta kesimiyle Büyük Okyanustaki ufak adalardadır. İntruzif kayaçlardan asit, bazik ve ultrabazik olanları mevcuttur.


Kuvaterner esnasında 265 volkan oluşmuştur. Bunlardan 47 si tarihî devirlerde dahi aktif olmuşlardır. Bunlar baca, dom, lav platoları veya kaldera şeklinde bugüne kadar volkanik şekillerini muhafaza etmişlerdir. Bu volkanların sıralanma tarzına göre adalar boyunca volkanik zonlar oluşmuştur (Şek. 3). Önemli jeotermal alanlar da bu volkanik zonlar üzerindedir (Şek. 4).

Burada aktif volkanlardan Aso, Komaga-Take, Usu'dan kısaca bahsedilecektir.

Aso volkanı. — Kyuşu adasındaki bu volkan dünyanın en büyük kalderası ile tanınmaktadır. Kalderanın çapı 25 km olup, tabanı kenarlara göre 300 ilâ 700 m çökmüştür. Bu çöküntünün ortasında bir düzineden fazla post-kaldera konisi ile aktif Aso volkanı bulunur. Kaldera riminin üst seviyeleri sert tüflerden oluşmuştur. Bu tüfler kaldera dış çevresinde 3500 km² lik bir alana yayılmıştır. Kalınlığı 10 ilâ 100 metre arasında değişen tüf tabakaları arasında her püskürmeye ait volkan külü toplanmıştır. Bütün bu piroklastikler Aso volkanının andezitik (hipersten-ojit-andezit) püskürme mahsulleridir. Rimin alt seviyeleri muhtelif cins andezit ve biyotit riyalitlerden oluşmuştur. Bunlar Aso volkanından önce Neojen esnasında diğer volkan püskürmeleriyle husule gelmiştir. 769 yılından bu yana Aso'nun 90 püskürme yaptığı tespit edilmiştir. Son defa 1958 yılında püskürmüştür. Volkan fiziği yönünden, püskürmenin daha evvelden haber verilebilmesi için aktif Aso krateri çevresinde sismograf, tiltmetre ve manyetik variometre ile jeofizik gözlemler 1928 yılında başlamıştır. Aso'da püskürme daha ziyade amplitüdün, volkanik titreşim periyodu-



Şek. 3 - Japon adalarında aktif volkanlar ile volkanik zonlar.

- 1 ● Aktif volkanlar (A: Aso, K: Komaga-Take, U: Usu).
- 2  Volkanik zonlar.

nun değişmesi ile ilgilidir. Volkanik titreşimin amplitüdü her püskürmeden birkaç saat evvel ve bazen birkaç gün evvel artmakta ve püskürmeden evvel yavaş yavaş azalmakta, tam püskürme anında sıfır olmaktadır.

Komaga-Take volkanı. — Hokkaido adasının güneyinde 1140 m yüksekliğinde stratovolkanıdır. Püskürmeler Holosen esnasında sığ bir denizde olmuştur. Materyeli lav akıntıları, bazik kompozisyonlu fragmentler (scoria), ekmek kabuğu şekilli bombalar (soğuma esnasında yüzeyinde damalı çatlaklar husule gelmiş bombalar), kristal tüfler teşkil eder. Volkanın başlangıç safhasındaki püskürme fragmental bir püskürme olmuş ve bundan sonra lavlar çıkararak yayılmıştır. İkinci safhada geniş ölçüde birbiri ardı sıra patlamalı püskürmelerle piroklastik materyel püskürmeleri olmuştur. Bu zaman, merkezî koninin uç kısmı tamamen koparak at nalı şeklinde bir krater hâsil olmuştur. Daha sonra koninin yamaçlarından geniş çapta volkan çamuru (lahar) akmıştır. Komaga-Take volkanı 1640 yılından 1942 ye kadar 10 püskürme yapmıştır. 1640 püskürmesinde süngertaşı parçacıkları ve volkan külleri 840 km mesafeye kadar rüzgârlarla taşınmıştır. Bu püskürme esnasında deniz depremleriyle hâsil olan büyük dalgalar sahilleri işgal etmiş ve kütle halinde insanların ölümüne sebep olmuştur. 1929 yılındaki püskürmede çok miktarda süngertaşı parçacıkları, skorya, volkan külleri 538 km² lik bir alanı kaplamıştır. 1942 de bir patlama sonucu krater içinde 1000 m uzunluğunda bir çatlak husule gelmiş ve bundan sonra aktivite yavaş yavaş azalarak bugün çatlak boyunca çıkan fümeroller kalmıştır. Volkan lavları hipersten andezit olup, piroklastik materyelde mineralojik ve kimyasal yönden bu lavlara benzemektedir.

Volkan fiziği yönünden bilhassa 1929 yılından itibaren volkan çevresinde sismometrik observasyonlar yapılmaktadır. Aynı zamanda püskürmeden önce volkan çevresinin çökmeye başladığı müşahade edildiğinden, muhtemel bir püskürmenin evvelden bildirilebilmesi için hassas yükseklik ölçüleri de yapılmaktadır.

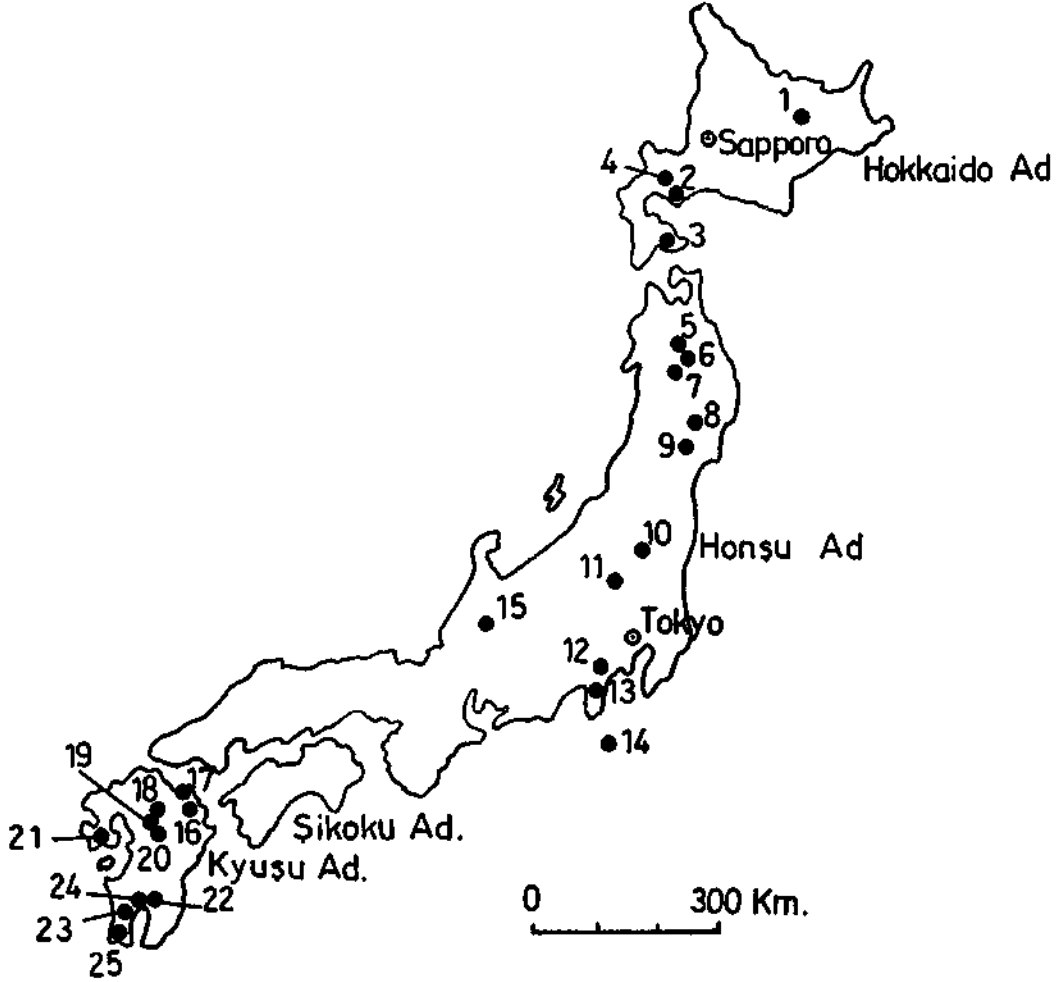
Usu volkanı. — Hokkaido adasında bir kaldere gölünün rimi üzerindedir. Pleyistosen yaşındadır. Bir somma ve merkezî koni ile birçok parazit konilerden oluşmuştur. Somma, üst kısmı patlamalarla kopmuş 1.5 km çapında bir çöküntü teşkil eder. 1663 yılından bu yana altı püskürme tespit edilmiştir. Lavlar hipersten dasittir. 1910 püskürmesi şiddetli depremlerle başlamış ve sommanın kuzey kısmı tabanında 45 yeni kratercik oluşmuştur. Püskürme bittikten sonra civardaki soğuk su kaynakları sıcak su kaynakları haline dönüşmüştür. Püskürme esnasında yapılan sismik observasyonlara göre günde 3800 deprem kaydedilmiştir. Bu durum püskürmeler süresince yeraltındaki titreşimin devamlı olduğu anlamına gelmekte ve ayrıca jeotermik enerji yönünden kayalılara geniş çapta Sekonder permeabilite kazandırmaktadır.

Metamorfik kayalara gelince, bunlar bilhassa Honşu adasının Büyük Okyanus kıyılarında aflöre ederler. Muhtelif şistler, gnayslar ile epidot, amfibolit ve şistli kireçtaşlarından müteşekkildir. Kristalin şistlerle gnayslar asit intruzyonlarla, diğerleri ise bazik intruzyonlarla beraberdir.

Tektonik yönden, kırıklı bir zon (graben) Honşu adasının ortasında Japon Denizinden Büyük Okyanusa uzanır. Diğer bir kırıklı zon ise Honşu, Şikoku ve Kyuşu adalarını Büyük Okyanus kıyılarına yakın bir şekilde takip eder.

Japon adalarında Miyosende başlayan veya şiddet bulan orojenik hareketler, volkanik zonları çok kırıklı ve çatlaklı hale getirmiştir. Gerek bu nedenle ve gerekse piroklastik kayaların yayılış tarzına göre, jeotermal alanların çoğu bu volkanik zonlarda oluşmuştur. Sıcak su kaynaklarının çoğu Kuvaterner yaşındaki püskürüklerden çıkmaktadır. Bir kısım kaynaklarda direkt olarak Tersiyer, Mesozoyik ve Paleozoyik formasyonlarda oluşan, volkanik zonlar dışındaki kaynaklardır. Sıcaklıkları 42°C den azdır. Bunlardan başka önemli bir kısım kaynaklarda Tersiyer ve Paleozoyik formasyonlarını kesmiş kuvarsporfir ve granitporfirler civarından çıkmaktadır.

Bugün bilhassa elektrik üretimi yapabilmek amacıyla ilk planda 25 jeotermal alan üzerinde (Şek. 4) çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan önemli sayılan sekiz alanın (Kutçaro, Matsukava, Toroko, Takinokami, Onikobe, Nasu, Otake, Takenoyu) özeti aşağıda belirtilmiştir.



Şek. 4 - Japon adalarında elektrik üretimi amacı ile çalışmalar yapılan jeotermal alanlar.

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Kutçaro jeotermal alanı | 14. Oşima jeotermal alanı |
| 2. Noboribetsu jeotermal alanı | 15. Oşirakava jeotermal alanı |
| 3. Şikabe jeotermal alanı | 16. Beppu jeotermal alanı |
| 4. Şova-şinzan jeotermal alanı | 17. Tsukahara jeotermal alanı |
| 5. Goşogake, Toroko jeotermal alanı | 18. Noya jeotermal alanı |
| 6. Matsukava jeotermal alanı | 19. Otake jeotermal alanı |
| 7. Takinue jeotermal alanı | 20. Takenoyu jeotermal alanı |
| 8. Onikobe jeotermal alanı | 21. Unzen jeotermal alanı |
| 9. Narugo jeotermal alanı | 22. Ebino jeotermal alanı |
| 10. Nasu jeotermal alanı | 23. Tearai jeotermal alanı |
| 11. Kusatsu jeotermal alanı | 24. Yunono jeotermal alanı |
| 12. Hakone jeotermal alanı | 25. İbusuki jeotermal alanı |
| 13. Atagava jeotermal alanı | |

Kutçaro jeotermal alanı. — Hokkaido adasında, birçok volkan konileriyle geniş bir kaldera bu alanı teşkil eder. Birçok fümerol, buhar ve sıcak su kaynakları mevcuttur. Yüzey örtü kaya niteliğinde andezitlerle örtülüdür. Bunlar altında tuf ve volkanik breşler gelir. Kaldera alanında yapılan jeolojik etüt, rezistivite ve ısı dağılım ölçüleri sonucunda üç ayrı alan jeotermik enerji yönünden ilginç görülmüştür. 1000 metreye kadar yapılan dört istikşaf sondajında breşlerde buhar ve sıcak su bulunmuştur.

Matsukava jeotermal alanı. — Hoşu adasının kuzeyinde bir vadi içindedir. Alanın hemen güneyinde 2 km² lik bir saha sıcak sularla altere olmuştur ki, burada 70°C lik bir tek kaynak ile 30°C lik birkaç kaynak mevcuttur. Yüzey ortalama 160 m kalınlıkta Pleyistosen yaşındaki andezitlerle örtülü olup, bunlar örtü kayayı teşkil eder. Bunlar altında 800 m kalınlıkta Tamagava formasyonu bulunur. Bu formasyonun üst seviyeleri süngertaşlarından meydana gelmiş olup, sıcak su ve buhar için iyi bir rezervuardır. Formasyonun alt 250 metrelik kısmı ise dasit tüflerden oluşmuştur ve ikinci örtü kayayı teşkil eder. Bu tüflerden sonra 1000 m kalınlıkta Tersiyer yaşlı yeşil tüfler gelir. Bu tüflerin 100 metrelik üst kısmı kumtaşı, şeyl, konglomera alternansı şeklindedir. Yamatsuda formasyonu adını alan bu kısım Sekonder permeabiliteye sahip olup, ikinci rezervuardır. Japon adalarında volkanik zonlar dışındaki bazı yerlerde Yamatsuda formasyonu sıcak su, buhar rezervuarları yerine petrol rezervuarlarını teşkil etmektedir. Matsukava'daki her iki rezervuar basamaklı faylar boyunca birbirleri ile irtibattadır. Rezervuar sıcaklığı 250°C dir.

İlk istikşaf sondajları 1960 yılında başlamış ve 450 m derinliğe kadar sekiz kuyu açılmıştır. Bunların sonucuna göre 0.4 km² lik bir alanda lokalize olmuşlar ve bu alanda basamaklı faylar arasındaki kompartımanlara isabet edecek şekilde yedi istihsal sondajı yapılmıştır. İstihsal kuyuları arasındaki mesafe 150-300 metredir. Derinlikleri ortalama 1000 m olup, Yamatsuda formasyonunda durdurulmuştur. Son muhafaza borusu 85/8 inçlik olup, 500 m derinlikte Tamagava formasyonu içerisinde yer almaktadır. Bunun son kısmı % 5-7 perfore edilmiştir. Kuyu derinliklerine göre her iki rezervuardan istifade edilmektedir. Her bir kuyudan 5-7 ton/saat sıcak su ile 40-50 ton/saat buhar istihsal edilmektedir. Beş atmosfer kuyu ağı basıncında istihsal edilen buharın sıcaklığı 130°C dir. İstihsal kuyularından ilki hariç, diğerlerindeki istihsal bugüne kadar azalmamıştır. 60 ton/saat veren ilk kuyuda ise bir yıl içinde % 20 azalma olmuş, bunun da 300 m derinlikte muhafaza borusu içindeki kabuklaşmadan (incrustation) ileri geldiği anlaşılmıştır. Zaman zaman temizlenmesi gerekmektedir, fakat temizlendiği halde kuyu ilk verimine ulaşamamıştır. 1966 dan beri yedi istihsal kuyusundan ikisi yedekte olmak üzere, beş kuyudan beş atmosfer kuyu ağı basıncında toplam 200 ton/saat buhar elde edilmekte ve 20 MW lık elektrik üretilmektedir. Bugün 20 şer MW lık iki tesis daha yapmak üzere çalışılmaktadır.

Toroko jeotermal alanı. — Matsukava kuzeyindedir. Çevresinde birçok sıcak su kaynakları (47-96°C lik) ile fümerol ve solfatar safhasında volkanlar vardır. Matsukava'da olduğu gibi tabanı yeşil tüfler teşkil eder. Bunlar üzerindeki piroklastikler rezervuarları, andezit ve muhtelif lav akıntıları da örtü kayayı teşkil eder. Yüzey Kuvaterner lav ve göl sedimentleriyle örtülü olduğundan tektonik durum jeofizik ve sondajlarla tespit edilmiştir. 1967 den sonra 1000 m derinliğe kadar dokuz sondaj yapılmıştır. Bu sondaj kuyularınının bir kısmından 65 ton/saat sıcak su ile 25 ton/saat buhar elde edilmektedir. İlk planda 10 MW lık bir ünitenin kurulması kararlaştırılmıştır.

Takinokami jeotermal alanı. — Matsukava'nın 7 km güneyindedir. Faylar boyunca çıkan sıcak su kaynakları (90 adet) ve fümeroller 20 km² lik bir alana yayılmıştır. Jeolojik yapı ve istiflenme Matsukava'da olduğu gibidir. Burada Yamatsuda formasyonunun kalınlığı daha fazla olup, 500 metredir ve denizel fosilleri ihtiva eder. Lokalize olabilmek için 15 adet 30 m derinlikte gradyan sondajı yapılmıştır. Gradyan kuyularında en yüksek sıcaklık 136°C ölçülmüş ve yüksek ısı iki alan tespit edilmiştir. Yapılan istikşaf sondajları Yamatsuda formasyonundan buhar

elde edilebileceğini göstermiştir. Bazı sondajlar bu formasyon altındaki dasitlere girmiştir. Fazla çatlaklı olan dasitlerde buhar yüzdesi fazla olmakla beraber, bunlardan istihsal yapmak istemiyorlar. Çünkü dasitler çok sert olduğundan sondaj zorluklan çıkarmaktadır. 50 MW lık bir santral kurmak üzere sondajlı çalışmalar sürdürülmektedir.

Onikobe jeotermal alanı. — Matsukava'nın bulunduğu volkanik kuşak üzerinde 7 X 9 km boyutunda geniş bir alandır. Termal tezahürler alanın orta kısmında 6 km² lik bir sahayı altere etmiştir. Yüzey, Kuvaterner volkan külleri ile örtülüdür. Bunlar altında Pleyistosen yaşında mil, silt, kumtaşlarından oluşmuş gösel depolar ile dasitik tüfler ve lav akıntıları bulunur. Bu seri örtü kaya durumundadır. Bunlar altında, yüzeyden ortalama 200 m derinlikten itibaren Pliyosen yaşında aglomera ve lapilli tüfler gelir. Bunlar birinci rezervuarı teşkil eder. Aglomeralar altında ve yüzeyden ortalama 600 m derinlikten itibaren Miyosenin yeşil tüfleri başlar. Yeşil tüflerin üst seviyesi (Yamatsuda formasyonu) ikinci rezervuardır. Yeşil tüflerin alt seviyeleri örtü kaya niteliğindedir. Nihayet bunlar altında, 1200 metreden itibaren granitler gelir. Burada granitler çatlaklı olup, üçüncü rezervuarı teşkil eder. Yapılan ilk sondajlarda Yamatsuda formasyonundan istihsal yapmışlar ve kuyu başına 30 ton/saat buharla 15 ton/saat sıcak su elde etmişlerdir. Ancak çıkan su çok asit olduğundan muhafaza borularını eritmiş ve kuyuyu terk etmek zorunda kalmışlardır. Bir başka kuyu 1300 metrede granitlerden istihsale başlamış ve 34 ton/saat buhar ile 20 ton/saat sıcak su elde edilmiştir. Fakat bu suda çok asit olduğundan muhafaza boruları ve kuyubaşı tesisatı bozulmuştur. Bunun üzerine yalnız aglomeralardan istihsal yapılmaya karar verilmiştir. Çünkü aglomeralardan yalnız kuru buhar elde edilmektedir. 300 er metre derinlikteki yedi kuyunun aglomeralardan istihsal toplamı 170 ton/saat kuru buhar olmuştur. İlk planda 25 MW lık bir santral kurmak üzere sondajlı çalışmalar devam etmektedir.

Nasu jeotermal alanı. — Honşu adası ortasında ekshalasyon safhasındaki bir volkan yakınındadır. Tabanı Mesozoyik granitler teşkil eder. Bunlar üzerinde Tersiyer tuf ve volkanik breşleri bulunur. 900 metrelik bir sondaj yapılmış, 500 metrede granite girmiş ve sonuç alınamamıştır.

Otake jeotermal alanı. — Kyuşu adasında, aktif Aso volkanının bulunduğu zondadır. Jeolojik, jeofizik (gravite, manyetometre), jeoşimi ve sıg gradyan etütleri ile 900 m derinliğe kadar dört istikşaf sondajından sonra fazla kırık ve çatlaklı olan 1.5x3 km boyutundaki altere bir zonda lokalize olmuşlardır. Yüzey, Holosenin kum, çakıl, kil ve volkan külleri ile örtülüdür. Bunlar altında Orta ve Üst Pleyistosen yaşında andezitler bulunur. Bu andezitler yer yer sert tüflerle enterkaledir (Kujyu andezitleri). Bundan sonra ortalama 700 m kalınlıkta Alt Pleyistosen yaşında muhtelif andezitlerle gevşek tuf ve volkanik breşler (Hohi volkanik kompleksi) bulunur. Tabanı Miyosen yaşındaki sedimentlerle aratabakalı piroklastikler teşkil eder. Tektonik yönden bir ana fay bütün araziye baştan başa kat eder. İstihsal sondajlarının bulunduğu kısımda da birçok küçük fay, bu ana fayı kat eder. Yüzeydeki alterasyon ile Kujyu andezitlerinin üst seviyeleri örtü kayayı teşkil eder. Miyosenin piroklastikleri ile Hohi formasyonundaki gevşek tuf ve breşler de yüksek poroziteli bir rezervuar teşkil eder. Ancak Otake'de istihsal bu rezervuardan değil de, Kujyu andezitlerinin kırık ve çatlaklı olan alt seviyelerinden yapılmaktadır. Bu sayede daha az derin sondajlarla sonuç elde edilmektedir.

Otake'de 3x1.5 km lik bir alanda beş kuyudan istihsal yapılmaktadır. Kuyular arasındaki mesafe 50-250 m, derinlikleri de ortalama 500 metredir. Son muhafaza borusu 85/8 inçlik olup, 250 metreye indirilmiştir. Bu beş kuyudan toplam 140 ton/saat buhar ile 530 ton/saat sıcak su elde edilmektedir. Hazne sıcaklığı 183°C dir. 1967 yılından beri 13 MW lık elektrik üretilmektedir.

Son yıllarda yapılan jeolojik ve jeofizik etütler Otake çevresinde üç yeni jeotermal alanın mevcut olabileceğini göstermiştir. Bu alanların seçiminde de Otake'de olduğu gibi 3-20 ohm-m

veren alanlar tercih edilmiştir. Bu alanlardan jeolojik durumu Otake'ye benzeyen *Hatçobaru* alanında 500 metreye kadar açılan iki kuyudaki istihsal tecrübeleri olumlu sonuç vermiş ve 30 MW lık bir santral kurulması için çalışmalar sürdürülmektedir. Aynı şekilde diğer iki alanda 150 şer metre aralıklı 60 kuyu açıldığı takdirde 180 MW lık elektrik üretimi yapılabileceği tahmin edilmektedir.

Takenoyu jeotermal alam. — Otake'nin 7 km batısındadır. Burada Hohi kompleksindeki tuf ve breşler rezervuarı teşkil eder. Bunlar daha genç tuf, breş ve andezitlerdir. Otake'deki ana fay, bu alanın ortasından geçer. Fayın güney bloku çöktüğünden kuzey bloktaki Hohi formasyonu yüzeye daha yakın olup, sondajlı çalışmalar bu blok üzerinde devam etmektedir.

SONUÇ

Sonuç olarak, Yeni Zelanda ve Japonya'da bilhassa elektrik üretimine geçilen veya bu amaç için çalışmalar yapılan jeotermal alanların müşterek özellikleri özetlenecek ve kısaca memleketimizdeki jeotermal alanların bir kısmına değinilecektir.

— Elektrik üretimine elverişli jeotermal alanların hemen hepsi tektonik çöküntülerde (graben) gömülü horstlar veya basamaklı fay sistemlerinin bulunduğu kısımlarda yer almaktadır.

— Bir grabende birbirinden ayrı ve birbirleri ile irtibatlı olmadan birden fazla jeotermal alan bulunabilmektedir.

— Isıtıcı bakımından, jeotermal alanlar solfatar safhasındaki volkanlarla ilgili olduğu gibi tamamen sönmüş Miyosen-Kuvaterner volkanlarla da ilgili görülmektedir.

— Volkanik sahalarda genellikle volkanik breş ve süngertaşları gibi piroklastikler rezervuarları ve bunlar arasındaki düşük permeabiliteli çamurtaşı, ignimbrit, riyolit ve andezitler örtü kayayı teşkil etmektedir.

— İgnimbrit, riyolit ve andezitler örtü kaya olduğu gibi bazı özel hallerde, yani tektoniğin yoğun olduğu yerlerde veya ignimbritler arasında tabakalar halinde breşlerin bulunması halinde de rezervuar olabilmektedirler.

— Örtü kayanın zayıf olduğu bazı alanlarda termal alterasyonla yeni bir örtü kaya oluşabilmektedir.

— İstihsal zonları daha ziyade ana faylar boyunca hidrotermal alterasyon alanlarına veya bunların yakın çevresine isabet etmektedir.

— İstihsal alanlarında sondajlar fayların birbirlerini kestikleri yerlere isabet etmiş ise, istihsal en yüksek seviyeye ulaşmaktadır.

— İstihsal alanlarının geniş yerler kaplamadığı görülmektedir. Bu şekilde, Matsukava'da 0.4 km² lik bir alanda 20 MW lık bir üretim yapılabilmekte, Wairakei'de yaklaşık olarak 2 km² lik bir alanın enerji potansiyeli 200 M W üzerine çıkmakta, Otake çevresinde birkaç km² lik alanda 180 MW a kadar üretim yapılabileceği bildirilmektedir.

— Püskürük kayalarda bir eğim görülebiliyorsa, bunların daha ziyade istihsal zonlarına doğru eğimli olduğu görülmektedir.

— Gömülü olan horstların meydana çıkarılmasında gravite etütleri daha etkili olmaktadır.

— Volkanik alanlarda rezistivite ölçüleri bilhassa akiferlerin meydana çıkarılmasında olumlu sonuçlar vermektedir. 3-5 ohm-m değer veren alanlarda istihsal sondajlarına geçilebilmektedir.

— Konu ile ilgili ülkelerde ilk elektrik üretimine geçinceye kadar yapılan sondajların (sığ ve derin) yaklaşık olarak % 40 ı istikşaf, % 60 ı istihsal sondajı olmuştur.

Jeotermik enerji yönünden olumlu bir sonucu memleketimizde de görmekteyiz. Bugünkü sondajların sonucuna göre 20 MW üzerinde bir enerji potansiyeline sahip «Kızıldere jeotermal alanı» bunlardan biridir. Bu da, diğer ülkelerde olduğu gibi bir grabende (Büyük Menderes grabeni) basamaklı fayların bulunduğu bir yerde olup, istihsal sondajlarının kapladığı alan 0.8 km² den fazla değildir. Burada en yüksek istihsale ulaşan 14 ve 15 no. lu kuyular birçok fayın birbirini ve ana fayı kestiği bir yerde, hidrotermal alterasyon sahasının kenarındadır. Yeni Zelanda ve Japonya'da olduğu gibi ısıtıcı olarak sönmüş volkanlar veya ekshalasyon safhasındaki volkanlar şeklinde bir magmatik faaliyet Büyük Menderes grabeninde görülmüyorsa da, toplam atımları 800 metreden fazla olan basamaklı fayların substratumu etkilediği ve dolayısıyla magmanın yüzeye yaklaşarak ısıtıcı bir rol oynadığı mevcut tezahürlerle bilinen bir hakikattir.

Bugün, 200 km uzunluğundaki Büyük Menderes grabeninde Kızıldere'den başka Yenice, Demirtaş, Germencik ve Ortaklar gibi jeotermal alanların olumlu sonuçlar vereceğinden şüphe edilmemektedir.

Yeni Zelanda ve Japonya'da piroklastiklerin hazne kaya, andezit, riylit ve ignimbitlerin örtü kaya olduğu ve bazı özel hallerde de bu örtü kayanın hazne olabileceği yukarıda belirtilmişti. Bu duruma uygun olarak, halen sondajlarla denenmemiş olmakla beraber, memleketimizde de birçok jeotermal alanların mevcut olduğu malumdur. Bunlardan ilk akla gelenler arasında Simav-Sındırgı grabeni, Hisaralan ve Hisarköy jeotermal alanları, Dikili-Bergama-Çandarlı alanları ile Kayseri ve Van gölü çevresinde elektrik üretimi yönünden olumlu sonuçlar alınacağına bugünden inançlıyız.

Yayına verildiği tarih, 12 şubat 1973

REFERANSLAR

- BROWNE, P.R.L. & ELLIS, A.J. (1970): The Ohaki-Broadlands hydrothermal area, New Zealand, mineralogy and related geochemistry. *American Journal of Science*, vol. 269, Summer 1970 pp. 97-131.
- FACCA, G. & TONANI, F. (1964): Theory and technology of a geothermal field.
- GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN (1956): Geology and mineral resources of Japan, Tokyo.
- (1969): An Outline of the geology of Japan.
- GRANGE, L.I. (1955): Geothermal steam for power in New Zealand. *New Zealand Department of Scientific and Industrial Research, Bulletin* 117.
- GREGG, R. (1960): Volcanoes of Tongariro National Park. *A New Zealand Geological Survey Handbook*, information series no. 28.
- GRINDLEY, G.W. (1957): Science in New Zealand. *The handbook for the 1957 A.N.Z.A.A.S., Conference*.
- ; STEINER, A. & STUDDT, F.E. (1963): Waiotapu geothermal field. *New Zealand Department of Scientific and Industrial Research, Bulletin* 155,
- & WILLIAMS, G.J. (1965): 15 geothermal waters. *Economic Geology of New Zealand*, vol. 4, 8 th., pp. 233-244.
- (1965): The geology, structure and exploitation of the Wairakei geothermal field, Taupo, New Zealand. *New Zealand Geological Survey, Bulletin* n.s. 75.
- (1966): Geological structure of hydrothermal field in the Taupo volcanic zone, New Zealand. *Bulletin Volcanologique*, t. XXIX pp. 573-574.
- HEALY, J. (1963): Geology of the Rotorua District. *Proceeding, of the N.Z. Ecological Society*, no. 10.



Foto 1 - Yeni Zelanda, Taupo volkanik zonunda Taravera volkanı aktif krateri (son püskürme 1886 yılında).

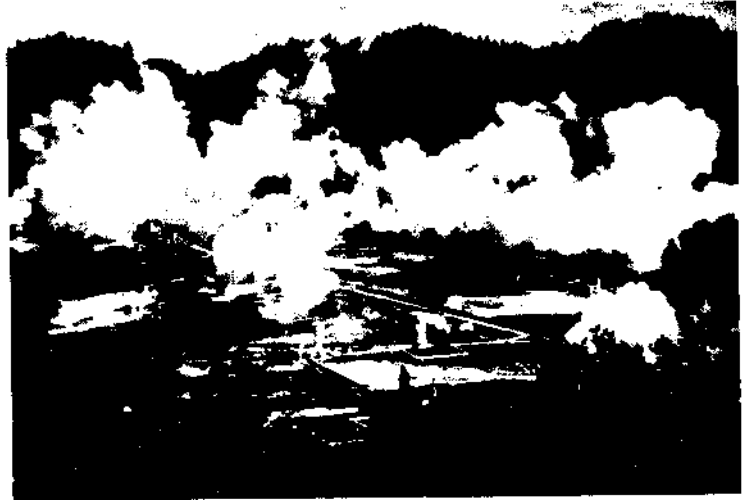


Foto 2 - Yeni Zelanda, Wairakei jeotermal alanında istihsal sondajları.

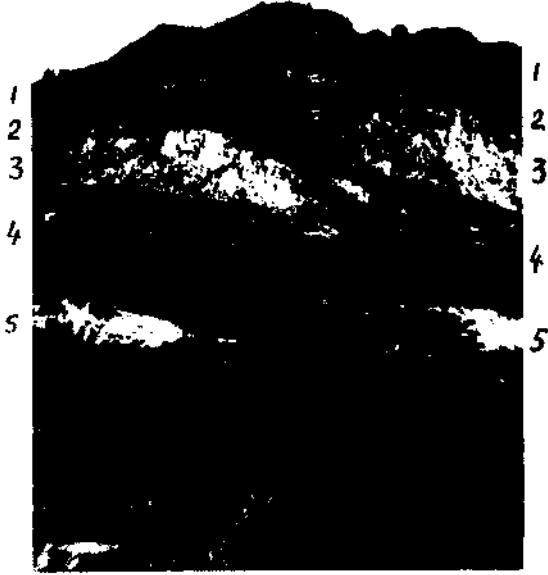


Foto 3 - Yeni Zelanda, Rotorua grabeninde ignimbritler.

1. Üstte Pacora ignimbritten,
2. Süngertaşları,
3. 5. İki ayrı tevekkül halinde Te Kopia ignimbritten.
4. Riyolit ve andezit bloklarını ihtiva eden ignimbritler



Foto 4 - Japonya, Onikobe jeotermal alanı yakınında bir baraj (Narugo barajı) gölü. Bu tüfler jeotermal alanlarda örtü kava olmaktadır.



Foto 5 - Japonya, Aso volkanı aktif kraterindeki fümeroller.

Foto 6 - Japonya, Usu volkanı doğusunda bir dasit domu. 1940 yılında göl sedimentleri ile örtülü ve düz, olan bu arazide yavaş yavaş bir yükselme ile 100 m yüksekliğindeki bu dom meydana gelmiştir. Fümeroller görülen tepe kısmında dasit patlamasız olarak yüzeye ulaşmıştır.





Foto 7 - Japonya, Onikobe jeotermal alanında no. 4 deneme kuyusu. Kuru buharın ilk çıkıktaki saydam durumu belli olmaktadır.



Foto 8 - Japonya, Takinokami jeotermal alanında dasit intrüzyonunun bir vadi içindeki görünüşü. Çatlaklar boyunca sıcak sular çıkmakta ve aşınma ile dikey oluklar hâsıl etmektedir.

- HEALY, J. (1963): The broad approach to volcanic prediction. *Extrait du Bulletin Volcanologique, Organe de l'Association de Volcanologie de l'Union géodésique et géophysique Internationale*, t. XXVI-1963 p. 141-151. Napoli.
- (1964): Geothermal energy. *New Zealand Engineering*, 19 (2) and (5): 55-56 and 179-183 (February and May, 1964).
- (1964): Geology of the Wairakei geothermal field. *Eighth Commonwealth Mining and Metallurgical Congress—1965*. Paper no. 218.
- (1965): Trends in New Zealand Volcanology. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, vol. 8, no. 6, pp. 1127-1138.
- (1966): New Zealand volcanic and thermal activity. *An Encyclopedia of New Zealand*, pp. 492-497.
- ; VUCETICH, C.G. & PULLAR, W.A. (1964): Stratigraphy and Chronology of Late Quaternary volcanic ash in Taupo, Rotorua, and Gisborn Districts. *New Zealand Geological Survey Bulletin* n.s. 73.
- IWASAKI, I. (1962): Volcanic gases in Japan. *Bulletin of the Tokyo Institute of Technology*, no. 47, 1962.
- JAPAN GEOTHERMAL ENERGY ASSOCIATION. (1969): Geothermal energy in Japan, Tokyo.
- (1970): Development and Utilization of geothermal energy in Japan.
- KUKUTOMI, T. (1962): Yunokawa, Yachigashira, Shikabe, Toya and Noboribetsu hot springs in Hokkaido. *Hokkaido University*, ref. no. 1.
- M.T.A. ENSTİTÜSÜ (): Jeotermal enerji. *Tanıtma Serisi* no. 1.
- NAKAMURA, H. (1969): Mineral and thermal waters of Japan. *XXIII International Geological Congress*, vol. 19, pp. 45-62.
- ; ADEA, K.; YAMADA, T. & KODAI, K. (1969): Remarks on hydrothermal system in Atami hot spring area, Central Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 20, no. 6, pp. 367-394.
- & SUMI, K. (1967): Geological study of Matsukawa area, Northeast Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 18, no. 2, pp. 132-146.
- OZAWA, T. (1968): Chemical analysis of volcanic gases. *Journal of the Chemical Society of Japan*, vol. 87, pp. 939-951.
- SUMI, K. (1968): Hydrothermal rock alteration of the Matsukawa geothermal area, Northeast Japan. *Geological Survey of Japan*, Report no. 225.
- (1969): Zonal distribution of clay minerals in the Matsukawa geothermal area, Japan. *Proceedings of the International Clay Conference*, Tokyo, vol. I, pp. 501-512.
- THOMPSON, B.N.; KERMODE, L.O. & EWART, A. (1965): New Zealand Volcanology, Central volcanic region. *New Zealand Geological Survey Handbook*, information series 50.