

İSLANDA JEOTERMİK ENERJİ KAYNAKLARI VE BUNDAN YARARLANMA ŞEKİLLERİ

Hayri UYSALLI

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

Konumuz jeotermik enerji ile ilgili olarak, İslanda adasındaki jeotermal alanların jeolojik yönden kısa bir izahı ile İslandalıların bu enerjiden yararlanma şekillerini belirtebilmektir.

İslanda, bilindiği gibi Atlas okyanusunun kuzey kesiminde 64-67 nci enlemler arasında bir adadır. Uzunluğu 500, genişliği 300 km olan adanın yaklaşık olarak % 13 ü devamlı olarak buzullarla kaplıdır. Buz kalınlığı 600 metreye kadar ulaşır.

GENEL JEOLOJİ

Orta Atlantik yükselimi (Mid-Atlantic Ridge) üzerinde bulunan İslanda yalnız püskürük kayalardan teşekkül etmiştir. Bunlar esas olarak bazaltlar ve tali olarak da riyolit ve andezitik kayalarla, bunların piroklastik ürünleridir.

Adanın doğu ve batı kesimleri Tersiyer yaşlı bazaltlarla kaplıdır. Bunlar bilinen en yaşlı kayalardır. Tersiyer bazaltları adanın orta kesiminde daha genç püskürük kayalarla ikiye ayrılmıştır. Bunlar da Kuaterner ve Aktüel bazalt akıntıları, yastık lavlar, bazaltik ve riyolitik tüf ve breşlerden müteşekkildir. Bu genç püskürükler adayı orta kısmından NE-SW istikametinde bir kuşak şeklinde kateder. Ortalama 80 km genişlikte olan bu kuşak Orta Atlantik yükselimi üzerine isabet etmesi nedeniyle, aynı zamanda bir gerilme zonudur. Bunun sonucu olarak da bu kuşakta birbirine paralel gerilim çatlakları ile halen aktif olan püskürme yarıkları ve müstakil volkanlar teşekkül etmiştir. Bu aktif volkanik zonda bulunan yanardağlardan en son olarak Askja yanardağı 1961 yılında, Hekla da 1970 te püskürmüştür. Yine bu zonun güney devamında, denizaltı püskürmesi ile 1964 yılında Surtsey adası teşekkül etmiştir.

Volkanların çoğu bazik lav püskürten tabla ve kalkan şekilli volkanlardır. Bu meyanda asit lav püskürten strato ve kaldera şeklinde volkanlar da mevcuttur.

Jeotermal alanlar

Termal alterasyonlar ve başlıca 600 adet sıcak su kaynağı adanın hemen her tarafında yayılmış durumdadır. Bu kaynaklarla, bugüne kadar 500-2200 m derinlik arasında yapılmış 143 sondaj kuyusundan toplam olarak 2700 litre/saniye su temin edilmektedir. Akifer sıcaklığı 70°C - 300°C arasında değişmektedir.

Jeolojik durum ve sondajlardan elde edilen sonuçlara göre jeotermal alanlar, düşük ve yüksek ısılı olmak üzere iki grupta toplanmıştır: Yüksek ısılı alanlar-

da birkaç yüz metre derinlikte akiferdeki sıcaklık 200°C den fazladır. Düşük ısılı alanlarda ise, 1000 m derinlikte dahi sıcaklık 150°C den azdır.

Düşük ısılı alanlar, vadi içlerinde, sahil boyunca devam eden düzlüklerde, bilhassa Tersiyer bazaltları içinde bulunur. Bu tip 250 saha olup, bunlar 15 bölgede toplanmıştır (Levha I). Bu alanlarda Tersiyer bazaltları hem örtü kaya ve hem de akiferdir. Sıcak su bilhassa dayklarda ve faylar boyunca bunların çatlaklı permeabl olan zonlarında bulunur. İki ayrı bazalt akıntısı arasındaki zon ile piroklastik kayaçların bazaltlarla yaptığı kontakt zonları en elverişli akiferleri teşkil eder.

Yüksek ısılı olanlara gelince, bunlar hidrotermal alterasyon, fümerol, çamur volkanları, 75-100°C lik Sıcaksu kaynakları ve bazan da solfatar safhasındaki post-volkanik olaylarla karakterize edilir. 17 adet yüksek ısılı alan (Levha I) tespit edilmiş olup, bunların hepsi aktif volkanik zondadır.

Üç tip yüksek ısılı alan ayırt edilmektedir; bunlar:

1. Kaldera şeklinde merkezî bir volkana bağlı olan jeotermal alanlardır. Askja, Torfa ve Katla bu tip alanlardır.

2. Riyolitik ve andezitik kayaçlarla ilgili olup, kalderanın bulunmadığı jeotermal alanlardır. Hengill, Namafjall bu tipin en güzel örnekleridir. Riyolitiklerle ilgili olan bu tip alanlarda rezervuar sıcaklığı 300°C ye kadar ulaşır.

3. Yalnız bazaltlarla ilgili olan jeotermal alanlardır. Bunlarda magmatik intruzyonun daha derinde olduğu tahmin edilmektedir. Reykjanes, Krisuvik bu tip alanlardır.

Yüksek ısılı jeotermal alanlarda Tersiyer veya Kuaterner bazaltları, yastık lavlar, camsı volkanik klastik kayaçlar akifer özelliklerini göstermektedir. Tüf ve volkanik breşlerde porozite % 40 a kadar yükselir. En iyi akiferleri, muhtelif bazalt akıntı kontaktları teşkil etmektedir. Bu kontaktlar, bazaltların akarak soğuması esnasında gazların kolaylıkla uçtuğu ve dolayısıyla fazla boşluklu olan seviyelerdir. Bu kısımlarda porozite genellikle % 30 olup, 10-15 m kalınlıktaki bir akifer, verimli ve iktisadî olabilmektedir. Bu şekilde 1000 metrelik bir sondajda 8-10 akifere sık sık rastlanmaktadır.

Bir jeotermal alan için önemli olduğunu bildiğimiz geçirimsiz örtü kayaya gelince, bunun mevcut olup olmaması bir problem değildir. Çünkü yüzeye doğru bir hidrotermal alterasyon husule gelmekte, bu şekilde teşekkül eden hidrotermal minerallerin yoğunluğu, primer olarak teşekkül edenlerden daha az olduğundan kayacın porozitesini azaltmakta ve kendiliğinden bir örtü kayaç teşekkül etmektedir.

Jeotermik enerji için gerekli olan ısıtıcı kaynaklar, aktif veya sönmüş volkanlar şeklinde adanın hemen her tarafında yaygın vaziyettedir. Tersiyer bazaltlarının kapladığı alanlardaki volkanların sönmüş olmasına mukabil, aktif zondaki volkanların tarihî devirlerde püskürdükleri bilinmektedir.

Termal suların jeoşimik özelliklerine kısaca bakacak olursak, İslanda sıcak suları, Japonya ve Yeni Zelanda sularına nazaran daha az çözülmüş katı madde ihtiva eder. Düşük ısılı alan suları alkalidir; yüksek ısılı alanlarda ise, daha ziyade asit sülfat suları karakteristiktir. Aşağıda bu iki alana ait analiz sonuçları verilmiştir:

	Düşük ısıtılı alan (Reykjavik)	Yüksek ısıtılı alan (Hveragerdi)
Sıcaklık °C	120	200
pH	9.4	9.0
SiO ₂ (ppm)	170.0	512.0
Na ⁺	64.4	242.0
K ⁺	1.5	32.0
Ca ⁺⁺	1.6	1.0
Mg ⁺⁺	0.5	0.1
Cl ⁻	28.4	267.0
F ⁻	1.0	2.1
OH ⁻	—	23.5
CO ₃ ⁻	—	48.6
HCO ₃ ⁻	—	—
SO ₄ ⁻	18.7	57.3
H ₂ S	—	8.8
CO ₂	—	73.7
H ₂	—	5.7
Çözülmüş katı maddeler.....	34.0	1221.0

Jeotermik enerjinin kullanıldığı alanlar

Bugün İslanda'da lüzumlu enerjinin yaklaşık olarak % 20 si jeotermik enerjiden, yani tabii sıcak su ve buhardan temin edilmektedir.

Jeotermik enerji halen şehirlerin ısıtılması, ser çiftçiliği ve diyatomit elde edilmesinde kullanılmaktadır. Bunlardan başka hazırlanan projeler şunlardır:

- Deniz suyundan kimyasal ürünler çıkarılması;
- Elektrik enerji üretiminin artırılması;
- Deniz yosunlarının kurutulması;
- Balık sanayiinde kullanmak;
- Hidrojenin ağır atomunu havi su elde etmek.

İslanda'nın nüfusu 200 000 olup, bunun yarısından fazlası tabii sıcak sularla ısıtılan evlerde otururlar. Okullar, çiftlikler sıcak suların bulunduğu yerlerde veya civarında kurulmuştur. Bugün yedi şehir tabii sıcak sularla ısıtılmaktadır. Buna bir örnek olarak 90 000 nüfuslu Reykjavik şehrindeki ısıtma sistemini ele alacağız.

Reykjavik'te yaz aylarında havanın ortalama sıcaklığı + 10°C, kış aylarında ise bu ortalama -5°C dir. Sondajlarla elde edilen sıcak suların binalara dağıtım sistemi 1930 senesinde kurulmuştur. Bugün şehir, sıcak suyu şu üç alandan temin etmektedir:

1. Reykir jeotermal alanı: Şehrin 17 km doğusunda 3 km² lik bir alandır. 300-600 m derinlikte 70 sondaj yapılmıştır. Sondaj aralıkları 25-30 metredir. 86°C sıcaklıkta 1200 m³/saat su elde edilmektedir. Bu su artezyen basıncı ile kendiliğinden çıkar. Akifer Tersiyer bazaltlarıdır.

2. Laugarnes alanı: Şehir içindedir. 650-2200 m derinlikte 11 sondaj yapılmış olup, 130°C sıcaklıkta 1100 m³/saat, 110°C sıcaklıkta 600 m³/saat su elde edilmektedir. Tersiyer bazaltları içinde üç ayrı akifer mevcuttur. Artezyen basıncı düşük olduğundan su, kuyu içi pompaları ile çekilmektedir.

3. Ellidar alanı : Şehrin birkaç km doğusundadır. Üç sene evvel bilhassa gradyan ve rezistivite etütleri sonucu bulunmuş bir alandır. 850-1600 m derinlikte beş sondajdan, 100°C sıcaklıkta 500 m³/saat su pompa ile çekilmektedir.

Bu üç alandan elde edilen sular, mahallinde bir depoda toplanır ve oradan 14 inçlik borularla Reykjavik'teki depolama tanklarına pompalanır. Depolama tankları şehrin yüksekçe bir yerinde olup, kapasitesi 26 000 m³ tür. Sudaki gazlar bu tanklar üzerindeki gaz separatörü ile boşaltılır ve buradan 6 inçlik çelik borularla tek veya çift boru sistemi şeklinde dağıtım yapılır. Çift boru sistemi üzerine dağıtım yapılan yerlerde radyatörlerden çıkan su tekrar depolama tanklarına pompalanır, isale boruları 6 m uzunluğunda olup, lastik halkalarla birleştirilmiş, cam yünü, polietilen ve polisteren ile izole edilerek, çimento bir kanalda volkan cürufu içine yerleştirilmiştir. Bu tip bir izolasyonla en soğuk havalarda (-20°C) dahi 20 km mesafede 5°C den fazla bir kayıp olmamaktadır.

Dağıtım dış sıcaklık-10°C olduğunda bina içi sıcaklığı -p20°C olacak şekilde ayarlanmıştır. Şehre sevk edilen enerji 190 G kal/saattir (1 giga kalori-10⁶ kg kal). 1969 yılında 1 G kal 59 TL na mal olmuştur. Halbuki aynı miktar kaloriyi fuel oil ile 100 TL na mal etmektedirler.

Serlerin ısıtılması da tabii sıcak sularla yapılmaktadır. İslanda'nın iklimi dolayısıyla sebze, meyve ve çiçek açıkta yetişmemektedir. Bu nedenle ser çiftçiliği önemli bir yer işgal eder. Bugün serler 105 000 m² lik bir alan kaplar. Bunun 1/3 ü çiçekçiliğe, 2/3 ü de sebzeçiliğe ayrılmıştır.

Şehirlerin ve serlerin tabii sıcak sularla ısıtılmasıyla senede 100 000 ton petrol iktisat edilmektedir. Sadece dört yüksek ısılı alanın (Reykjanes, Krisuvik, Hengill, Namafjall) toplam enerjisininin 200 milyon ton petrole tekabül ettiği tahmin edilmektedir. Ve bu da kullanılmakla tükenmeyecek olan bir enerjidir.

Adanın NE sunda Myvatn gölündeki diyatomit depolarının işletilmesi de tabii buhar kullanılarak yapılmaktadır. Gerekli buhar, bu göl yakınında Namafjall jeotermal alanından temin edilmektedir. Burada 1000 m derinliğe kadar açılmış altı sondaj kuyusundan 130 ton/saat 180°C lik buhar elde edilmektedir. Bunun bir kısmı 3 MW lık tecrübe ünitesinde, geri kalan da diyatomit tesislerinde kullanılmaktadır. Myvatn gölünde % 80-85 Diyatome muhtevalı sular 3 km ilerideki tesislere pompalanmakta ve orada tabii buharla kurutulmakta ve saf hale getirilmektedir. 1970 senesinde 24 000 ton diyatomit elde edilmiş ve tonu 100 dolardan ihraç edilmiştir.

Tabii buharın müstakbel kullanma alanlarına gelince :

Hveragerdi'de 30 MW lık bir ünitenin kurulabilmesi için 830 m derinliğe kadar altı sondaj yapılmış, fizibilite etütleri tamamlanmış, kuruluş planları hazırlanmıştır. Altı kuyudan 188-226°C sıcaklıkta 70 kg/san buhar, 378 kg/san su elde edilmektedir.

Gerek deniz suyundan ve gerekse tuzlu sıcak sulardan kimyasal ürünler çıkarmak için çalışmalar devam etmektedir. Bu konuda, Reykjanes sıcak tuzlu su alanında fizibilite etütleri tamamlanmıştır. Reykjanes, deniz suyu ile beslenen jeotermal bir alandır. Buzul devri bazalt lavları ve camsı klastik kayalarla kaplıdır. NE-SW doğrultulu fay zonları jeotermal alam şiddetli olarak kırıklı ve çatlaklı

duruma getirmiş ve denizle olan ilgiyi artırmıştır. Yapılmış olan sekiz sondajın sonucuna göre, 600-900 m arasındaki bazalt ve volkanik breşler elverişli bir rezervuar özelliğini göstermiştir. 1000-1750 metreler arasında 10 ayrı akifere rastlanmıştır. Rezervuar sıcaklığı 250-290°C dir. Sıcak suların normal deniz suyuna *nazar*an Na ve Cl - konsantrasyonu 1.6 defa, K - ve Ca⁺⁺ konsantrasyonu ise 6 defa fazladır. Senede 250 000 ton NaCl ve bu meyanda K, KOH, NaOH, CaCl₂ elde etmek için 350 lt/san sıcak su elde edilmesi gerekmektedir.

Nihayet balık sanayiinde kullanılmak üzere, bu sanayi çevrelerinde 200°C lik buhar elde etmek için jeolojik, jeofizik ve sondajlı çalışmalar yapılmaktadır. Deniz yosunlarının daha bol olduğu kuzey bölgesinde bunları tabii sıcak sularla kurutma ve yararlanma tecrübeleri başlamıştır.

Sonuç olarak kısaca söylemek gerekirse, Kuaterner ve hatta Tersiyer yaşlı püskürük kayalarda jeotermal alanların mevcudiyeti memleketimiz için de önemli bir husustur. Bilindiği gibi, birkaç yüz metrelik sedimenter hazne kaya ve örtü kaya yerine, püskürüklerde birkaç 10 metre hazne kaya o alanı kıymetlendirebilmektedir. Bu şekilde Sındırgı'nın Hisaralan'ı, Çanakkale'nin Tuzla'sı, Dikili-Bergama, Afyon çevresinin önemi kat kat artmaktadır. Kayseri, Diyarbakır, Van ve Kars bölgelerinde yeni jeotermal alanların bulunması çok mümkündür.

Neşre verildiği tarih, 15 ocak 1971



İSLANDA JEOTERMAL ALANLARI

- 1 - Buzul devri sonu püskürme yarıkları; 2 - Belirli açık yarıkları; 3 - Kuaterner sonu ve Aktüel bazik ve asit püskürme merkezleri; 4 - Yüksek ısıli jeotermal alan (1 - 17); 5 - Düşük ısıli jeotermal alan (1 - 15); 6 - Tersiyer bazaltlıları; 7 - Kuaterner bazaltlıları; 8 - Kuaterner ve Aktüel volkanların bulunduğu aktif-zon; 9 - İstikamet ve eğim; 10 - Fay; 11 - Buzul devri sonu kalkın şekilli müstakil volkanlar.