

JEOTERMİK ENERJİ

Hamit N. PAMİR

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

Geçen seneki toplantımızda bir arkadaşımız, Dr. Cahit Erentöz, İtalya'da yeraltından elde edilen jeotermik enerji hakkında bize yepyeni bilgiler vermişti. Muhtelif enerji tipleri arasında jeotermik enerji, bugün hakikaten yepyeni bir enerji kaynağı olmaya başladığından, bilhassa İtalya'da bu mevzu üzerine araştırmaların ne tarzda geliştiğini tetkik etmeyi faydalı buldum.

İtalya'da, Toskana'da buhar kaynaklarının mevcudiyeti daha geçen yüzyılda malûm idi. Soffioni denilen bu kaynakların buharlarından asit borik istihsalinde istifade edilmekte idi. Toskana'da bu endüstriyi kuran François Landerel isminde bir Fransız olmuştu. Bundan dolayı, asit borik istihsal olunan bu bölgede tesis olunan köye Landerello adı verilmişti.

Bu yüzyılın başında, fabrikanın elektriği için uğranılan müşkülât dolayısıyla Landerello evlerinin ve fabrikanın tenviri için icabeden elektrik enerjisi Soffioni buharlarıyla işliyen bir türbogenerator kullanılarak elde edildi. O zaman şirketin asıl gayesinin elektrik istihsaline olacağı hiç kimsenin aklına gelmemişti ve fabrikada borat istihsaline devam ediliyordu.

İkinci Dünya Harbinden sonra Devlet Demiryolları Landerello Şirketini satın almış ve jeotermik enerji istihsalini genişleterek, bütün Merkezî İtalya trenlerini elektrifiye etmiştir. Bunun için daha derin ve büyük çaplı sondajlar yaparak termik randımanı artırmış, türbinlerde tabîî buharlar kullanılarak ve sanayii modernize ederek, harp başlangıcında Landerello etrafındaki sekiz sahada senede elde edilen elektrik enerjisini 600 milyon kw/h e çıkarmıştır. O günden bugüne istihsal 2 milyar 500 milyon kw/h e baliğ olmuştur.

Harpten sonra enerji kaynakları problemleri birçok memleketler için büyük bir ehemmiyet almıştır. İtalya'da ve diğer memleketlerde yeni jeotermik sahalar araştırılmaya başlanmıştır. Bunun başlıca sebebi bu tip enerjinin, bazı imtiyazlı bölgelerden sarfinazar, en ucuza mal olmasıdır. Toskana'da buhar kuyularının ortalama derinliği 600 metre kadardır. Her kuyunun verimi saatte 30 000 ile 300 000 kg buhar arasındadır. 10 kg buhar 1 kw enerji verir. Her kuyunun verimi 20 seneden fazla bir müddet de sabittir. 600 metre derinlikte bir kuyunun bir saatte 100 ton buhar verdiği kabul olursa, bu buharla senede 80 milyon kw/h enerji husule getiren 10 000 kilovatlık bir santrali beslemek mümkün olur. Bu şartlar dahilinde bütün jeolojik istikşaf, jeofizik etüd ve sondaj masraflarıyla buharlarını santrale götüren boruların tutan maksimum iki sene zarfında amorti edilir. Bundan sonra santral tesislerinin de amorti edilmesi için üç sene lâzımdır. Bundan itibaren de, maliyeti yalnız işletme masraflarına münhasır kalan, lââkal 15 sene

istihsal yapılır. Bu masraflar da modern otomatik veya yarı otomatik santrallerden çok azdır.

Jeotermik enerjinin ehemmiyet kesbetmesi, ilmî alâkayı doğurdu. İlk zamanlarda Landerello buharlarının jenez problemi basit gibi gözüktüğünden, ilmî alâka çok azdı. Hiç volkanik olmıyan bu bölgede mevcut çatlaklardan CO₂, H₂S ve asit borikli 200°C sıcaklıkta buharlar çıkmakta idi. Şu halde derinlerde mevcut bir magma hazinesindeki gazlar, çatlakları ve fayları takibederek satha vâsıl olmakta idi. Zaten bor asidinin mevcudiyeti bu menşei gösteriyordu. Bu basit hipotez, jeotermik sahalarda araştırmalar yapmakta esas teşkil etti. Gerek İtalya'da, gerek sair yerlerde fûmaroller tetkik edildi ve bunların bulunduğu yerlerde çok sıcak kaplıca suları araştırıldı; bu zuhurların yakınlarında sondajlar yapıldı, fakat netice hemen her yerde cesaret kırıcı oldu. Yalnız Yeni Zelanda'da ilmî ve teknik çok ciddî araştırmalardan sonra buharlar bulundu.

Fakat bu esnada jeolojide, petrografide, jeoşimide, jeofizik ve termodinamikteki bilgiler jenez hakkında yeni hipotezler kurmak için olgun bir safhaya girmişti. 1953 te Fransa'da Goguel, yeraltı sularının termik sirkülasyonu hakkında yeni bir takım fikirler ortaya attı. İtalya'da Facca, Tanani, Marinelli ve bunlarla beraber teknisyen ekipleri Toskana jeotermik sahalarının jenezi hakkında ortaya yeni hipotezler koydular.

Toskana jeotermik sahalarının jenezi hakkındaki hipotezi hulâsa etmeden, bu bölgenin jeolojisi hakkında kısaca malûmat vermek icabeder.

Apennin silsilesinin orojenez tarihinde, orojenik siklin son safhasına ait bazı magmatik olaylar vuku bulmuştur. Bu magmatik olaylar, Pliosen nihayetinde başlayan ve halen de kısmen aktif olan bir volkanizma şeklinde ve bir takım küçük asit intruzyonlar şeklinde olmuştur. Küçük intruzyonların örtüsü sonradan aşınmıştır; civarlarda aflörmanları görülür.

Bu asit kayaçlardan müteşekkil granodioritik ve granitik domlar Apennin dağlarında Trias ile Oligosen arasındaki jeosenklinal sedimanları içerisine girmiş ve burada ehemmiyetli termik metamorfizma olayları husule getirmiştir. Ayrıca sedimanlar granitik, aplitik ve mikrogranitik damarlarla kat'olunmuştur. Bazı damarlar satha kadar çıkmıştır.

Bazı domların yaşları Brüksel Üniversitesi İzotopik Jeoloji Laboratuvarlarında izotopların yardımıyla tesbit edilmiştir. Bu suretle en yeni intruzyonların mutlak yaşı malûm olmuştur.

Bu tetkiklerle Monte-Campanne, Monte-Kristo domlarının pre-Mesinien (takriben Ponsien) ve diğer domların post-Mesinien olduğu tesbit edilmiştir. Monte-Campanne ve Monte-Kristo'nun yaşlarının daha sıhhatli bir surette tesbiti Elbe adasındaki lepidolitlere tatbik olunan Rb /S_r metodu ile yapılmış ve 6 ilâ 7 milyon sene bulunmuştur. Buna göre, Toskana'daki Intruzif kitlelerin en eskisi evvelce farzolanduğundan daha çok yeni bir zamanda yerleşmiştir. Halbuki birçok jeologların, granit masiflerinin yerleşmesi için Pliosen'den bahis olduğu zaman, âdeta canları sıkılır.

Bu bilgiler italyan jeologlarını bu bölgede aflöre eden küçük granitik masiflerin doğusundaki zonla, henüz üstü erozyonlarla açılmamış başka magma hazinelerinin bulunduğu ve bunların bazılarının henüz soğumakta olduğunu kabul etmiye sevk etmiştir. Bu hipotezi kuvvetlendirecek doneler mevcuttur.

Toskana ve Toskana'nın güneyindeki sahil boyu, post-orojenik çökmelerden dolayı kırıklı-faylı bir tektonik ile karakterizedir. Burası Pliosen sonundan itibaren oldukça şiddetli ve maksimumuna Riss glasiasyonu esnasında vâsıl olmuş olan bir volkanizma faaliyetine sahne olmuştur. Bu volkanik aktivite iki türlü vuku bulmuştur :

1. *Bir asit volkanizma (Granitik magmanın yukarı doğru çıkmasına bağlı).* Bu volkanizma oldukça vâsi sahalarda tuf örtülerini ve daha küçük ölçüde lâv akıntılarını husule getirmiştir.

2. *Muhtemelen Sima'dan gelen, sentektonik diferansiye olmuş volkanizma.* Hazineseri satha çok yakın olan ve çok bâriz bir diferansiyasyon sikli geçirmiş olan bu volkanizma, birçok volkan apareylerini ve pek çok miktarda piroklastik materyeli ve lösitik lâvları husule getirmiştir.

Satha yakın intruzyonların her ne kadar ancak bir kısmı bir volkanik olaya sebep olmuş ise de, magma hazinelerinin yukarıya doğru çıkmış olduğu malûm olan bir zonda, böyle bir tuf örtüsünün mevcudiyeti, az derinde aflöre etmemiş bir İntruzif rezervuarın mevcudiyetine dair mühim bir endis teşkil eder.

Tuf örtüsünün mevcudiyetinden başka, bu bölgelerde halen soğuma safhasında intruzyonların bulunduğu dair birçok deliller vardır. Şöyle ki :

1. Bölgedeki Pliosen tabakaları kabarık bir durumdadır. Pliosen örtüsü 100-300 metre yükseklikler arasında bulunmaktadır. Bilhassa Landerello ve Monte-Cimina zonunda 600 metreye, Monte-Amiyata'da 900 metreye kadar çıkar.
2. Çok mevziî olan bu post-Pliosen yükselmelere karşı şiddetli negatif gravite anomalileri vardır. Bu olay Monte-Amiyata'da vâkidir.
3. Yukardaki zonlarda rejyonel tektonik eksenler düzensiz bir seyre maliktir.
4. Bütün bu anomali zonlarında muhtelif tiplerde birçok mineralizasyonlar görülür. Magma hazinelerinin satha yakın bulunduğu farzolunan zonlarda yapılan madencilik ameliyelerinde termometamorfik olduğu muhakkak olan bir takım kayalar bulunmuştur.
5. Brüksel Üniversitesi İzotopik Jeoloji Lâboratuvarı ile işbirliği yaparak çalışan Pisa Üniversitesi" Nükleer Jeoloji Laboratuvarında yeni bir izotopik metod bulunmuştur. Bu metod kalkerlerde O'_{16}/O'_{18} ve $'_{12}/C'_{13}$ oranlarının ölçüsüne istinat etmektedir. Metodun sıhhati granit aflormanlarının kenarlarından alınma numunelerle kontrol edilmiştir. Bu metodla Toskana'da, bahis konusu olan zonlar da, kapalı bulunan ve henüz malûm etüd ve teknik metodlarla meydana çıkarılamamış magma hazinelerinin mevcudiyetine dair deliller vermiştir. Metod, aflöre etmeyen küçük İntruzif masiflerin aranmasına ehemmiyetli surette yardım etmektedir (bilhassa rejyonel jeolojisi pek az bilinen bölgelerde).

Bütün bu deliller, gerek volkanik aktivitesi hiç olmıyan Landerello zonunda ve gerek tüflerle örtülü Monte-Amiyata zonunda henüz soğumakta olan magma hazinelerinin mevcudiyeti hipotezini kuvvetlendirmektedir.

Bir jeotermik sahanın teşekkülü için İntruzif magma rezervuarlarının ne gibi şartlarda bulunması icabettiğini tesbit için mevzuumuz olan bölgenin sedimenter serileri ve bu seriler içinde magma hazinelerinin hangi seviyelerde bulunduğu tefrik olunmuştur. Toskana'daki sedimenter seriler gözenekli ve çatlaklı kuarsitlerden, anhidrit ve hücreli karnyöllerden müteşekkil bir Triastan ve bunun üzerinde geçirgen olmıyan veya alttaki Triasa nazaran daha çok az geçirgen olan Mesozoike ait dolomi ve kalkerlerden ve Kretase-Eosene ait marnlı bir seriden ve nihayet Oligosen grelelerinden ibarettir. Bazan tektonik sebeplerden dolayı Triasin doğrudan doğruya üzerinde, yaşı Üst Jurasik ile Oligosen arasında değişen ve birçok killi yatakları ihtiva eden flişoid bir seri bulunur. Bu formasyona İtalya'da «Scagliori kili» denir.

Bu jeosenklinal sedimantasyonu Oligosen nihayetine veya Alt Miosene doğru bir yükselme safhası ile durur. Bundan sonra jeosenklinal sedimanları üzerinde diskordan olarak Mesinien ve Pliosene ait transgresif seri bulunur. İşte magma rezervuarlarının yükselmesi bu serilerin içinde muhtelif seviyelere vâsil olmuştur ve serilerin porozitesine göre muhtelif olaylara sebebiyet vermiştir. Aflöre eden veya satha çok yakın domların etüdleriyle muhtelif tipte yerleşmeler vuku bulunduğu anlaşılmıştır.

Bu jeolojik etüdlere nazaran, Toskana'da jeotermik sahaların teşekkülü için icabeden hararetin, soğuma safhasında bulunan bu asit magmatik rezervuarları tarafından husule getirilmiş olduğu kabul olunmuştur. Hararetin menşei meselesi hallolunca, ikinci bir problem buharların menşei meselesi olur.

Landerello'da çıkan buharların % 95 i su buharıdır. Mütebakisi CO₂, H₂S, asit borik, NH₃, hidrojen ve nadir gazlardır. Asit borik için eski jeologların nazarından farklı görüşler elde edilmiştir. Borun jeoşimisi bugün malûm olmuştur. Yer kabuğunda bu elemanın en çok bulunduğu kayaçların magmatik kayaçlar değil, sedimanlar ve deniz suyu olduğu kabul olunmaktadır. Bundan dolayıdır ki, boratların en mühim yataklan evaporit sedimenter formasyonların içinde bulunur. Toskana buharları da bir evaporit serisinden çıkmaktadır. Borun her hangi bir kayaçtan eritilme suretiyle alındığı ve bu suretle buharlarla asit borik şeklinde satha getirildiğini tasavvur etmek icabeder. Bu hipotezi kuvvetlendiren vaka, Soffioni'de asit borik tenörünün zaman geçtikçe azalmasıdır. Halbuki diğer bileşimlerin orantısı sabit kalmaktadır.

Şimdi en mühim kompozan olan suyu nazara alalım. Acaba su nereden gelir? Malûmdur ki, termal sular hakkında birçok münakaşalar olmuştur. Bu sular juvenil midir, yoksa vadoz satıh suları mıdır? Landerello için mütehasıslar çok ciddî termo-dinamik delillerle su buharlarının juvenil menşeinin imkânsız olduğunu kabul ederler. Zaten suyun magmatik olmadığına dair jeolojik deliller de mevcuttur. Bütün denizel sedimanlar çökteldikleri zamandan beri deniz suyu ile emprenyedirler. Denizel sedimanlar su sathına çıktıkları zaman en umumi olarak iki hal vâkı olabilir :

1. Deniz suyu bu sedimanların içinde mahfuz kalır.
2. Sedimanların içine tatlısu girer.

Her halde bütün sedimanlar su ile emprenyedirler. Sedimenter kayaçların su tenörü, porozitelerine ve permeabilitelerine tabidir. Hususi olarak karnyöller ve hücreli kalkerler satıh suları ile daima doygun haldedirler.

Jüvenil suya gelince, filhakika kristalizasyon safhasında olan bir granit magması komşu kayalara bir miktar su getirir. Fakat İntruzif olan bu kitleden uzaklaştıkça, jeofizik sebeplerden dolayı, su tenörü mütemadiyen azalır. Muayyen bir mesafede magmatik menşeli suların porozitesi az olan kayalarda ehemmiyeti olabilir. Fakat çok poroziteli kayalarda ehemmiyeti ihmal olunacak derecede azdır.

Netice olarak, magmatik suların Landerello'nun Triasa ait gözenekli karnyöl tabakalarına vâsıl olabileceği inkâr olunmamakla beraber, jeotermik sahalarda en mühim rolü satih sularının oynadığı kanaati hâkim olmuştur.

Şimdi jeotermik sahaların teşekkülü için en müsait şartlar hangileridir? Evvelâ kayaların iletkenliğinin çok az olduğu gözönünde tutulacak olursa, sıcak olan ve empermeabl olan kayalarda hararetin akifer tabakaya doğrudan doğruya iletileceği tasavvur olunamaz. Fakat hararetin konveksiyon cereyanlarıyla naklolunması çok muhtemeldir. Konveksiyon cereyanlarının aktive edilmesi için kayaların çok permeabl olması icabeder (suyun sirkülasyon yapabilmesi için). Umumiyetle bu şartlar karnyöller gibi çok gözenekli kayalarda mevcuttur. Çok sık bir fay ve çatlak sisteminin bulunması da dikey doğrultuda sirkülasyonu sağlar. Magma buharlarının satha çıkma yolu olarak değil, hararet mübadelelerine en müsait yolların faylar ve çatlaklar olduğu kabul olunur.

Bütün bu izahattan anlaşılacağı üzere, jeotermik sahaların aranması oldukça güç çalışmaları icabettirir. Arz ilimlerinin muhtelif sahalarda bilgileri olan teorisyen ve teknisyen ekiplere ihtiyaç gösterir.

Evvelâ hararet kaynaklarının değerini tâyin edecek magmatologlar lâzımdır. Hararet kaynakları mutlaka Toskana'da olduğu gibi, soğuma safhasında olan İntruzif rezervuarlar değildir. Aktif olan veya olmiyan volkanik bölgeler de olabilir.

Petrol jeolojisine çok benzeyen, jeolojide tecrübesi olan jeologların işbirliğini sağlayarak bölgenin stratigrafi ve tektoniğini tetkik ettirmek icabeder. Bölgede jeofizikçilerin çalışması zaruridir. Bunların klâsik problemlerden gayri yepyeni problemlere girişmeleri, meselâ: İsojeoterm haritalarını yapması ve jeotermik hararetin mevzîi değişmelerinin sebeplerini izah etmesi icabeder. Ayrıca satıhtaki tezahürlerin etüdü için de jeoşimistlere müracaat etmek faydalıdır.

Bu tarzda etüdü bugün süratle gelişmektedir. Filhakika, jeotermik enerjiye ait gerek ilmî araştırmalar ve gerek bunun endüstrisi henüz başlangıçtadır. Bunu petrol aramalarının gelişme tarzı ile mukayese etmek mümkündür. Petrol aramalarının ilk safhalarında jeolojik teoriler tamamen inkâr edilirdi. Bu devrelerde petrol için jeolojik araştırmalara bir dolar bile sarf olunmazdı. Sondajlar hep satıhtaki işaretler üzerine veya radyosteseistlerin tavsiyeleri üzerine yapılırdı. Bugün bize çok uzak gibi görünen bu devirde jeologun çalışmaları istihza ile telâkki edilirdi. Jeofizikçi ise tamamen meçhuldü. Ancak Birinci Dünya Harbinden sonra, bilhassa Texas tuz domlarının gravimetriği ile keşfinden sonradır ki, petrol endüstrisi, jeolojik ve jeofizik araştırmaların petrolün bulunmasında başlıca âmil olduğunu kabul etmeye mecbur oldu. Bugün petrol endüstrisi, yeraltı servetlerinin aranmasında ilmî ve teknik araştırmalar için en büyük masrafları yapmaktadır. Jeotermik araştırmalar sahasında gerek ilmî ve gerek teknik bakımdan henüz ilk adımlar atılmıştır. İlk büyük endüstriyel teşebbüs, Landerello'da tamamen ampirik olarak, tesadüfi olarak doğmuş olmasına rağmen, burada tatbikî ilimlerin her sahasında araştırmalara büyük bir hız vermiştir.

Landerello'da bu sene tabii buharların kuvveti ile elde edilen elektrik enerjisi 2.5 kw/h e balış olmuştur. Yani, 1950 de yapılan istihsalin üç mislinden fazladır. Monte-Amiyata'da satıhta hiçbir emare mevcut olmadığı halde, sırf ilmî araştırmalarla, yeni yeni sahalar keşfedilmiştir.

Teoriler, hipotezler hiç şüphesiz daha çok gelişecektir. Fakat jeotermik olaylar artık izah olunamıyan olaylar değildir. Toskana'daki jeotermik sahalar ise dünyada biricik müstesna haller değildir. Bilâkis müsait şartlarda, tabiatta mevcut olan ve ilmin bugünkü doneleriyle birçok yerlerde keşfolunabilecek yeni bir enerji kaynağı olmaktadır.

Neře verildięi tarih 2 Aęustos, 1963