

# Türkiye'de Jeotermal Enerji Çalışmalarında Bilimsel Araştırma Gereksinimi

## Jeotermal Enerji Derneği

### GİRİŞ

Jeotermal enerji alışılmış olmayan, pratikte yenilenebilir sayılabilecek nitelikte, yeni bir enerji kaynağıdır. Doğada ısı enerjisi şeklinde bulunur. Doğada bulunduğu şekli ile dolaysız kullanımı çok enderdir. Bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir duruma getirilebilmesi için çoğu zaman değişen yoğunlukla aranması, ortaya çıkan sorunların yenilebilmesi için gerekli tekniklerin araştırılması zorunludur.

Dünyada jeotermal enerji arama ve araştırma çalışmaları yüzyılımızın başında başlamış ve fakat son yirmi yıl içinde yoğunlaşmıştır.

Ülkemizdeki jeotermal enerji çalışmaları 1960'ların ortalarında başlamıştır. Başlangıçta yabancı uzmanların da katkısıyla yürütülen arama ve araştırmalar bugün bütünüyle yerli bir ekiple sürdürülmektedir.

Konunun yeniliği ve ilk aramadan uygulamaya uzanan karmaşık süreçleri kapsaması çözüm gerektiren çok sayıda sorunla karşılaşılmasını doğurmaktadır. Farklı jeoloji ortamlarında, herbir örnekte ötekilerden farklı fiziksel ve kimyasal koşullarda ortaya çıkan jeotermal olgularda ortaya çıkan sorunlar da birbirinden farklı olmakta ve özgül araştırmaları da gerektirmektedir.

Jeotermal kaynağın en etkin bir şekilde dönüştürülmesi teknolojisinin geliştirilmesi araştırmaları-

nın varlığı evrensel olarak yararlı olacaktır. Fakat aşılması gerekli öteki sorunlar özgül araştırmaları gerektirmektedir.

Büyük bir enerji arzı sorunuyla karşılaşıya bulunan ve artık enerji türleri arasında bir seçme yapamaz durumda bulunan ülkemiz büyük bir olanak sunan jeotermal kaynaklara şimdikiyle kıyaslanamayacak bir yoğunlukla yönelecektir. Buna zorunludur. Ve bu çalışma çok sayıda engelin bilimsel araştırmalarla aşılmasını gerektirecektir.

Jeotermal Enerji Derneği (JED) bu gereksiniminin öngörülerek yapılacak araştırmaların ve bunların örgütlenişinin sistemleştirilmesini gündeme getirmek dileğindedir.

Bu metinde araştırılacak sorunların sıralanması değil, bunların şemalaştırılması ve önceliklerinin saptanmasıyla bu araştırmaların örgütlenmesine ilişkin tartışma açıcı öneriler sunulmak istenmiştir.

### TARİHÇE

Yüzyılımızın başlarında İtalya'da termal akışkandan bor elde edilmesi ile başlayan çalışmalar son otuz yıl içinde hızlanmıştır. Enerji elde edilmesi için yapılan çalışmalarda araştırmalar öncelikle arama tekniklerinin geliştirilmesi ve jeolojik ortamın tanınmasına yönelmiş bulunuyordu. Jeofizik yöntemlerin özellikle elektrik yöntemlerin termal sahalara uyarlanmış ve uygulamalarıyla sonuçların yorumları ilk araştırma konularından oldu. Uzaktan algılama yöntemlerinin termal

sahaların tanınmasına uygulanışı bu dönemde araştırılan konulardandı.

Alışılmış jeoloji etüd teknikleri, jeotermal sahalanın aranması ve incelenmesinde kullanılırken, termal anomalilerin ve hidrotermal sistemlerin oluşma ve yerleşme koşulları çıkarılmaya ve uygun jeoloji ortamları şematize edilmeye çalışıldı. Levha tektoniği modelleri ile jeotermal sahalanın dağılışı arasında ilişkiler kurulmaya çalışıldı. Böylece arama programları yönlendirilebildi. Özetle bu aşamada jeoloji alanında araştırmalar daha çok soyutlama ve sentez düzeyinde sürdü.

Bunun yanında ilk sahalalar geliştirilmeye başlandıkça elde edilen örnekler üzerinde alterasyon araştırmaları yapıldı. Mineralojik ve kimyasal değişimler saptanarak, bunların termodinamik koşulları yorumlandı.

Bu dönemin bir başka araştırma konusu da zemin sıcaklığı, sıcaklık gradyenti ve ısı akısı ölçme yöntemleri idi. Özellikle ısı akısı çalışmaları bilimsel amaçlarla da oldukça ilerledi.

Bu ilk aşamada termal akışkanın kimyasal özellikleri araştırılarak yorumlanmaya çalışıldı. Bir yandan analiz yöntem ve aygıtları araştırıldı, bir yandan da su-kaya ilişkileri deneysel araştırmalara konu oldu.

Alışılmış sondaj teknikleri sıcak ortamlara uygulandığında çıkan sorunlar, özellikle çamur ve muhafaza borularına ilişkin olan-

lar, bazı araştırmalarla aşılmaya çalışıldı.

Jeotermal ekonomi de ilk araştırma konularından idi.

Bu dönemi izleyen yıllarda, özellikle altmışlarda, artık sahalalar geliştirilmeye başlamıştı.

Bu dönemde termal akışkanın kimyasal bileşimindeki bazı ögelerle yeraltı sıcaklığı arasındaki ilişkiler araştırılarak jeotermometreler geliştirildi.

İzotoplar, zellikle Hidrojen ve Oksijen izotoplarının hidrotermal sistemlere uygulanışı araştırıldı.

Haznedeki akışkanın buhar ya da sıvı fazında bulunması durumlarında (buhar egemen ya da sıcak su sistemleri) ortaya çıkacak kimyasal bileşim ve termodinamik koşullardaki farklılaşmalar araştırıldı.

Buhar ve sıcak su fazlarını ayırma ve buhar fazındaki enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürme teknolojisini, iletim hatları, separatörler, türbinler geliştirildi. Özellikle İzlanda ve Macaristan'da yerleşme yerlerinin jeotermal akışkanla ısıtılması teknolojisi araştırılarak geliştirildi.

Akışkanın kimyasal bileşimini ile ilişkili olarak ortaya çıkan bazı teknolojik (kabuklanma ve korozyon) ve çevresel (kimyasal kirlenme) sorunların çözümü için araştırmalar başladı. Bu araştırmalar günümüzde de oldukça yoğun bir Şekilde sürmekte.

Korozyon sorunu uygun malzeme geliştirme ve seçme ile aşılabildi.

Kabuklanma sorunu karşısında kuyulara karbondioksit enjeksiyonu, termal akışkanı, ısı içeriğini ikincil bir akışkana aktarmak üzere, eşanjrlerden geçirmek gibi yöntemler araştırılmakta. Özellikle eşanjörlerin etkenliğini arttırmak üzere akışkan yatak ve karışmaz sıvı temelli yeni türler üzerinde araştırmalar sürdürülmekte.

Bir yandan kimyasal ve ısı kirlenmeyi önlemek bir yandan da haznenin dengesini yeniden kurmak amacıyla jeotermal akışkanın geri enjeksiyonu teknolojisi geliştirilmeye ve denenmeye başlandı.

Geri enjeksiyon sırasında ortaya çıkan silis okelmesi sorununu gidermek için kimyasal ve mekanik yöntemler araştırılmakta ve denenmekte.

Sondaj tekniğinde çok sayıda yeni buluş jeotermal sondalamada da uygulanmak üzere araştırılmakta.

Yeraltından ıkarılan enerjinin çok kk bir oranının elektrik üretimine dönüştürülebilmekte oluşu bu alanda da araştırmaları zorladı. Özellikle su ve buhar fazlarının birlikte değerlendirildiği toplam akış (helik dişli) genleştirici türbinler üzerindeki araştırmalar yoğunlaştırıldı.

Yoğun araştırmaların yapıldığı ve sürdüğü bir konu da kk sığalı, taşınabilir türbinlerin geliştirilmesidir.

Üretimle birlikte ortaya çıkan zemin hareketleri, oturma ve bükülmeler, sürekli bir Şekilde gözlenmeye ve buna karşı önlemler araştırmaya başlandı.

Arama, retim ve özellikle geri enjeksiyon çalışmalarında, çoğu zaman sismik hareketler bakımından diri olan sahalarda, ortaya çıkacak olayların saptanması, izlenmesi ve yorumlanması yolunda mikrosismik ve akustik yöntemler araştırmaya ve geliştirilmeye başlandı.

Araştırılan bir yeni jeofizik yöntemde magnetotellrik oldu.

Düşük ısı içerikli ısı akışkanların tarımda, endüstride ve konutların ısıtılmasında uygulanışı da artan bir ilgi ile araştırıldı ve uygulandı.

Tüm arama ve uygulamalar yer kabuğunun ulaşılabilir bir derinlikte yüksek ısı içerdiği bir kesimde bu ısıyı yeryüzüne taşıyabilecek doğal akışkanların bulunduğu ortamlarda gelişmiş bulunmakta idi. Bu akışkanlar ise kimi henüz aşılmamış sorunları da birlikte getirmekte idi. Oysa yer kabuğunun ulaşılabilir derinliklerinde düşük geçirgenlikli ama yüksek ısı içerikli yaygın ortamlar vardı. nce bunların ısı içeriklerinin somurulabilmesi tstne matematiksel modeller üzerinde başlatıldı, İnsan Yapısı Jeotermal Sis-

temler (MAGES) ya da Kızgın Kuru Kaya (Hot Dry Rocks) araştırmaları. Daha sonra, son iki yıldır uygulama ve teknoloji geliştirme araştırmaları başladı.

Bu araştırmalarda özellikle basıncılı suyla derinde atlık geliştirme, bu çatlağın oluşumunun akustik ve başka jeofizik tekniklerle izlenerek uzaydaki durumunun saptanması ve ikinci bir derin yönlü sondajla bu atlağa ulaşılabilmesi için teknoloji geliştirilmeye çalışılmakta.

Görülebileceği gibi önce arama yöntemlerinin geliştirilmesine yönelen araştırmalar, daha sonra ortaya çıkan sorunların aşılmasına ve üretim ve uygulama teknolojisinin daha etkin kılınmasına yöneldi. Kızgın kuru kaya teknolojisinin araştırılmasıysa bugünün baş konusu.

## ÜLKEMİZDE DURUM

Ülkemizde onbeş yılı aşan jeotermal enerji çalışmalarında genellikle yabancı teknoloji egemen oldu.

Başlangıçta UNDP yardımıyla hızlı bir arama programı uygulandı. Jeoloji, jeofizik, jeokimya ve sondaj yöntemleri oğune dek gelişmiş teknoloji ile yürütüldü.

Arama çalışmalarında halen, daha önceden edinilen ve Őimdilerde yazından ve dış ilişkilerden izlenen yeni yabancı teknoloji uygulanmakta. Bu alanda ülkemizde bir araştırma çalışması olmadı.

Sondalanan sahalarla birlikte iki önemli sorunla karşılaşıldı, Kal-siyum Karbonat kabuklanması ve kimyasal evre kirlenmesi.

Kabuklanma sorununun tıkanan kuyuların süreli olarak yeniden delinmesiyle giderilebileceği dşnld, bir süre. Kızıldere Jeotermal Alanı için geçerli olabilecek bu yol Afyon - Gecek Jeotermal Alanı için geersizdi. Burası için derin kuyu pompaları, karbondioksit enjeksiyonu ve eşanjör kullanımı bir zm olarak dşnld. Bu tasarımların hiçbiri için bir araştırma çalışması yapılmadı.

Kızıldere Jeotermal Alanı'nda su ve buhar fazlarını ayıran separatrlerin su çıkış ağzındaki kabuk-

lanma ve su düzeyinin yükselmesi, dolayısıyla türbine giden buharın neminin artmasını doğurmakta idi. Hazırlanan bir araştırma programıyla separatörün su çıkış ağızına karbondioksit sıkılmasıyla kabuklanmanın önlenmesi denenecektir. Program bugünlerde uygulamaya konulacaktır.

Kimyasal çevre kirlenmesi öncelikle Kızıldere Jeotermal Alanı'nda ortaya çıktı. Artık akışkan tek boşalım yolu olan Menderes Irmağına boşaltıldığında, içindeki yüksek bor ve alkali içerikleri çevre kirlenmesine neden olacaktır. Bor içeriğini azaltmak için özel bir reçine, selüloz ve magnezit yardımıyla artık akışkanın arıtılması denemeleri yapıldı. İlk sonuçları niteliksel olarak olsa olumlu olan bu araştırmalar sürdürülmekte.

Yine Kızıldere Jeotermal Alanı'nda sınırlı bir geri enjeksiyon deneyi yapıldı. Deneyde silis çökmesinin sorun doğuracağı anlaşıldı. Geri enjeksiyon öncesinde silisin çöktürülmesi için mekanik bir düzen hazırlandı. Bu düzen yakında denemeye sokulacak. Ayrıca bir kimyasal arıtma araştırma programı da hazırlanmakta.

Kızıldere Jeotermal Alanı için 0,5 megavat gücünde bir türbin yapılarak üretime sokuldu. 2,5 MW gücünde ikinci bir türbinin yapımı başladı. Düşük ısı içerikli akışkanlardan elektrik üretecek bir başka türbinin projeleri de hazırlandı.

17 MW sığalı bir türbin ise uluslararası teknolojinin gerçekleştirilmesine sunuldu.

Buraya kadar sözü edilen araştırma gereksinmelerinin saptanması ve uygulanan birkaç araştırma MTA, Enstitüsü'nde gerçekleştirildi.

Bunların dışında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde Jeotermal akışkanların seralarda kullanımına ilişkin bir dizi araştırma yapılmış bulunmaktadır.

## **BİLİMSEL ARAŞTIRMA GEREKSİNİMİ**

Kısaca sergilenmeye çalışılan olgular ülkemizde jeotermal enerji kullanımının yaygınlaşmasının bazı sorunların aşılmasına bağlı oldu-

ğunu göstermektedir. Bunun için bir dizi bilimsel araştırma projesi hazırlanmak ve sistemli olarak uygulanmak durumundadır.

Kanımızca ileri bir endüstriyel gelişimi gerektiren, yeni türbin tipleri ya da sondaj teknikleri gibi, bazı araştırmaları denememiz söz konusu olamaz. Fakat yurdumuzda denebilecek çok sayıda araştırma projelendirilebilir.

Arama yöntemleri arasında özellikle mikrosismik ve magnetotellürik biran önce projelendirilip denenmelidir. Mikrosismik yöntemin geri enjeksiyonla ilişkili olarak Kızıldere'de ve Orta Anadolu'daki Kızgın Kuru Kaya çalışmalarındaki önemi gözönünde bulundurularak öncelikle araştırılması gerekmektedir.

Alterasyon araştırmalarının da ülkemiz hidrotermal sistemlerinin su kimyası çalışmalarıyla eşgüdümü olarak başlatılması yine bu sistemlerin izotopsal incelenmeleriyle birlikte bilimsel bilgi derlemesinin ilerletilmesi yerinde olacaktır.

Geliştirilmekte olan jeotermal alanlarda ortaya çıkan, özellikle kimyasal sorunların çözümlerinin araştırılması gerekmektedir.

Gelecekte pekçok jeotermal alanımızda eşanjörlerin kullanılması gerekecektir. Yeni eşanjör türlerinin araştırılması ve biran önce denemelerine başlanması ivedi bir sorun olarak belirmektedir.

Taşınabilir ve küçük sığalı (1-5 MW) jeotermal türbinlerin geliştirilmesi ülkemizde jeotermal elektrik üretiminin artırılmasına çok katkı olabilecektir. Bu alan ulusal standartların geliştirilmesine ve ticari üretime oldukça elverişlidir.

Jeotermal akışkanın kırsal endüstride ve gıda maddeleri işleme süreçlerinde kullanılması araştırma projelerinin öncelikle uygulanması gereken ve sonuçlarının olumlu olması durumunda yaygın uygulama olanakları bulunan bir konudur.

Sera ısıtması ve konut ısıtmacılığı yine araştırma projeleri ile yapılabilirliğinin belgelenmesi ve tanıtılması gereken ve ekonomik katkısı değer biçilmez ölçülere çıkabilecek konulardır.

Özetle çeşitli mühendislik dallarından yerbilimlerinin çeşitli dallarına kadar birçok bilimsel araştırma grubunun çalışmalarını gerektiren bir araştırma gereksinmesinin varlığı sözkonusudur.

## **BİLİMSEL ARAŞTIRMANIN ÖRGÜTLENMESİ**

Bugünedek yapılabilen çok sınırlı araştırmalar MTA, Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir. Fakat tüm araştırma gereksinmesinin MTA, Enstitüsü'nce karşılanması olanaksızdır.

Birkere uygulamacı bir kuruluş oluşun gereği olarak eldeki olanaklar bilinen ve alışılan yöntemlerle en çabuk sonuç alacak şekilde kullanılmakta ve ancak engelleyici sorunlara çözüm aranmaktadır. Ayrıca üretim işlemi üstlenilmemiş olduğundan bu alandaki araştırmalara girişilememektedir.

Sınırlı sayıda ve kapsamdaki araştırma projelerinin kabul ettirilmesi ve uygulamaya konulması büyük güçlüklerle karşılaşmakta ve ilgili personelce ancak bir yan çalışma olarak sürdürülebilmektedir.

Öte yandan jeotermal enerji üstüne çalışmakta olan tek kuruluş olması ve bu konuda bilgi birikimine sahip personeli tekbaşına barındırması bakımından bu alanda yapılacak bilimsel araştırmaların MTA Enstitüsü'nden kopuk olması düşüncülemez.

Üniversitelerimiz bilimsel araştırmaların yapılabildiği biricik kuruluşlarımızdır. Jeotermal araştırmaların da üniversitelerimiz içinde düşünülmesi doğaldır. Jeotermal enerji alanında gerekli tüm dallarda yeterli araştırmacı kadrosu vardır. Fakat üniversite jeotermal enerji konusundan habersizdir. Konu uluslararası tekellerin çıkarlarına pek elverişli olmadığından uluslararası araştırma ortamında küçük bir yer tutmakta ve az gelişmiş ülkeler bilim çevrelerince fazla zorlanmamaktadır. Fakat ülkemizin bu enerji kaynağı bakımından olanakları ve konunun ulusal bir teknoloji geliştirilmesine elverişli oluşu üniversitelerimizde birikmiş araştırma gizilinin bu konudaki araştırmalara çekilmesi için elden gelen her şeyin yapılmasını gerektirmektedir.

**TÜBİTAK** ülkemizde bilimsel araştırmaları destekleyen ve varlık nedeni bu olan bir kuruluştur. Fakat yapısı gereği ancak kendisine önerilen projeler arasında seçme yapıp desteklemektedir. Bu nedenle de henüz hiçbir jeotermal araştırma projesini desteklememiştir. Çünkü kendisine önerilmemiştir. Genel olarak enerji projelerinin sayısı da bildiğimize göre, kısıtlıdır.

Ülkemizde enerji alanındaki araştırmalara öncülük edecek, onları özendirip destekleyecek, ABD'deki ERDA gibi, bir kuruluş olmadığı gibi, bu işi tümüyle örgütleyip yürütecek, sosyalist ülkelerdeki bilim akademileri gibi, bir kuruluş da yoktur.

## İnsanın Ortaya Çıkışındaki Sorunun Çözümü

İbrahim TEKKAYA,

Can SARAY

Orası dünyanın misafirden en az hoşlanan yerlerinden birisidir. Suları yeşil - mavi renkteki Turkana gölünün kıyılarında güneşlenen timsahların üzerinde sürekli inleyen rüzgâr, uzun boynuzlu ceylanların otladığı diz boyu çimenleri yerlere kadar eğer. Gerilerde ise Afrika güneşinde kavrulmuş kuzey doğu Kenya çölü uzanır. Biraz ileride bir adam, vadide veya kurumuş dereyağında, hafif esen rüzgârla bol şortu ve gömleği dalgalanarak, başı açık, saçları toz toprak içinde gözleri ayaklarının altındaki sıcaktan çatlamış toprağı araştırarak ilerliyordu. Onbeş metre kadar geride, sandaletlerini sürükleyerek yürüten arkasından tozu havaya kaldıran eşi ise gözleriyle onu takip ediyordu. Bu adamın sağındaki bir Afrikalı ile diğer altı kişi ekibin geri kalan kısmını tamamlıyordu.

Birden bire önde giden adam duruyor ve kumdan kahverengimsi fosilleşmiş bir kemik parçası alıyor. Yanındaki adama Swahili dilinde «Nimeipata» diyor. «buldum», Son-

Kanımızca örgütlenmedeki bu boşluğun doldurulması zorunludur. Bunun yolu kuruluşuna Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, MTA, TEK vb. kuruluşların katkıda bulunacağı bir JEOTERMAL ARAŞTIRMALAR ENSTİTÜ'sü olacaktır. Enstitü'nün bu araştırmalarda yeralabilecek Isı-Makina, Sondaj, Kimya ve Çevre Mühendislikleri ile Yerbilimleri dallarında araştırma ve eğitim yapan bir üniversiteye bağlı olarak kurulması yararlı olacaktır.

Enstitü ayrıca jeotermal enerji çalışmalarında gereksinilen Lisans üstü eğitim programlarını da örgütleyebilir.

**Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü ANKARA**

**Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü ANKARA**

ra kendisine katılmak için koşan eşine «Meave» diye sesleniyor, biran beraberce kemiğı inceleyip tam buldukları noktaya yeniden yerleştiriyorlar, yerini bir kazıklı saptadıktan sonra araştırmalarını özetliyorlar.

Çöldeki bu şahıs, antropolojide en büyük isimlerden birinin varisi Richard Erskine Leakey'dir. O, otuziki yaşında olup kendi sahasında önemli bir bilim adamıdır. O ve onun toza bulanmış ekibi, kumların üzerinde, geçmişe ait ayak izleri arayarak insanın kökenindeki esrarı çözmek için ipucu bulmaya çalışıyorlar. Onların en büyük amacı, kuyruksuz maymunların atasına ait çizgiden yön değiştirip sonunda insana ulaşan evrimsel yola dönen yaratıkların özelliklerini saptamaktır. Leakey'in ekibi Turkana mevkiinden, 18 adedi insanın atalarına ait 300 fosilleşmiş kemik örnekleriyle döndüler. On yıl süren araştırmalarda, Leakey'in diğer her hangi bir antropolojisten daha çok daha iyi, insan öncesi ve ilk insan fosilleri

Enstitü'nün ülkemizdeki jeotermal sahaların yoğun bulunduğu Batı Anadolu yada ilgili kuruluşların bulunduğu Ankara'daki üniversitelerimizden birinde kurulmasında yarar vardır.

Enstitü Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bütçesinden finanse edilebileceği gibi, uygulayacağı araştırma projeleri TÜBİTAK, MTA ve TEK tarafından da desteklenebilir.

Derneğimizin dileği önerisinin tartışılarak öngörülen bilimsel araştırma gereksiniminin en hızlı ve en sağlıklı bir şekilde karşılanmasını sağlayacak örgütlenmenin biran önce gerçekleşmesidir.

bulduğu hep söylendi. Onun çalışmaları, evrim üzerinde uzun zamandır kabul edilmiş fikirleri alt üst etmeğe yardım etti ve Shakespeare'in «hayvan örnekleri» dediği kuyruksuz maymunlardan Homo sapiens'e kadar insanın yavaş ilerleyen aşaması hakkında bilimi yeni senaryolar yazmaya zorladı.

Dünyanın her tarafında diğer bilim adamları, fosilleri, taş aletleri, toprağı ve kaya örneklerini ve hatta tohum tozlarını inceleyerek insanın ortaya çıkışındaki nedenin çözümünde eksik parçaları bulmak için gayret sarfediyorlar. Onlar sadece merak ve bilime kendilerini adadıkları için değil fakat aynı zamanda bulacakları her şeyin insanın kendisini anlamaya yardım edeceği bilinciyle hareket ediyorlar. Leakey bir yazısında «ne olduğumuzu anlamak için uzun zamandır gömülü kalmış geçmişimizi araştırırken geleceğimize ait bir anlayış keşfedebiliriz.» diyor.

Uzun zaman önce nisbeten çağdaş kökleri araştırmak popüler bir