



TMMOB
JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YAYINIDIR

Mavi Gezegem

Popüler Yerbilim Dergisi Yıl 2017 • Sayı 23

Türkiye'nin ilk kadın jeolog ve deprem uzmanı



Karadeniz Bölgesindeki Asidik Yağışların Su Kalitesine ve Çevreye Etkisi

Neden Jeotermal Enerji? Türkiye İçin Önemi, Hedefler ve Beklentiler



**TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey**

YÖNETİM KURULU / EXECUTIVE BOARD

Hüseyin ALAN	Başkan / <i>President</i>
Yüksel METİN	İkinci Başkan / <i>Vice President</i>
Faruk İLGÜN	Yazman / <i>Secretary</i>
D. Malik BAKIR	Sayman / <i>Treasurer</i>
Canan DEMİRAL	Mesleki Uygulamalar Üyesi / <i>Member of Professional Activities</i>
Düzgün ESİNA	Sosyal İlişkiler Üyesi / <i>Member of Social Affairs</i>
Murat AKGÖZ	Yayın Üyesi / <i>Member of Publication</i>

Editör / Editor

Prof. Dr. Halil GÜRSOY
gursoy@cumhuriyet.edu.tr

Yazarlar / Writers

Nilgün OKAY
Rüstem PEHLİVAN
Hasan EMRE
İbrahim AKKUŞ

Yazı Değerlendirme

Prof. Dr. Erhan ALTUNEL
Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENÇİ

Tasarım/Mizanpaj

İlhan ULUSOY

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: jmo@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Yayın Türü

: Yaygın Süreli Yayın

Yayının Şekli

: 4 Aylık Türkçe - İngilizce

Yayın Sahibi

: TMMOB JMO Adına Hüseyin ALAN

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

: Hüseyin ALAN

Yayının İdari Adresi

: Hatay 2 Sokak No: 21 Kocatepe / Ankara Tel: 0 312 432 30 85 Faks: 0 312 434 23 88

Baskı (Printed by)

: ERS Matbaacılık Kazım Karabekir Cad. Altıntop İşhanı No: 87/7 İskitler / Ankara Tel: 0 312 384 54 88

Baskı Tarihi

: Mayıs 2017

Baskı Adedi

: 500

İçindekiler

Türkiye'nin ilk kadın jeolog ve deprem uzmanı

Prof. Dr. Nilgün OKAY

5



Karadeniz Bölgesindeki Asidik Yağışların Su Kalitesine ve Çevreye Etkisi

Yrd. Doç. Dr. Rüstem PEHLİVAN

Yrd. Doç. Dr. Hasan EMRE

17



Neden Jeotermal Enerji? Türkiye İçin Önemi, Hedefler ve Beklentiler

İbrahim AKKUŞ

25



SUNUŞ

Değerli Okuyucular,

Odamız, meslektaşlarımızın araştırma makalelerini Jeoloji Mühendisliği Dergisi ve Türkiye Jeoloji Bülteni gibi süreli yayınlarıyla meslek camiamıza sunarken, öte yandan jeoloji ve yerbilimlerine ilişkin ilginç bilgi ve araştırmaları da yerbilimlerini topluma sevdirmeyi amaçlayan popüler dergimiz olan Mavi Gezegen Dergisi aracılığıyla okuyucuları ile buluşturmaya gayret etmektedir.

Bu sayımızda da, Prof. Dr. Nilgün Okay'ın kaleme aldığı, meslek camiamızda pek de bilinmeyen Türkiye'nin ilk kadın jeolog ve deprem uzmanı olan Prof. Dr. Nuriye Pınar Erdem'in mesleki yaşamını tanıtan bir yazısı ile Yrd. Doç. Dr. Rüstem Pehlivan ve Yrd. Doç. Dr. Hasan Emre'nin "Karadeniz Bölgesindeki Asidik Yağışların Su Kalitesine ve Çevreye Etkisi" ve İbrahim Akkuş'un "Neden Jeotermal Enerji? Türkiye İçin Önemi, Hedefler ve Beklentiler" başlıklı yazılarını Mavi Gezegen okurları ile buluşturuyoruz.

Mavi Gezegen Dergisi'ni yayına hazırlayan başta dergimiz editörü Prof. Dr. Halil Gürsoy olmak üzere, katkı koyanlara, emeği geçenlere ve yazarlarımıza sonsuz teşekkür ediyor, dergimizin ortak çabamız ile zenginleşeceğine olan inancımızla saygılar sunuyoruz.

Bilimle, Emekle, İnatla, Umutla..

Yönetim Kurulu

Türkiye'nin ilk kadın jeolog ve deprem uzmanı

1956 yılında Kaliforniya (ABD)'da ilk kez yapılan Dünya Deprem Mühendisliği Konferansı'na katılan yüzlerce bilim insanının arasında bildiri sunan tek Türk jeolog vardı. Türkiye'nin ilk kadın jeoloğu Nuriye Pınar, hakkında çok az bahsedilmesine rağmen, daha 1940'lı yıllarda Marmara ve Ege'de deprem üreten fayların tehlikesini ortaya koymuş, Türkiye'nin ilk deprem kataloğunu Ervin Lahn ile birlikte tamamlamıştı. Paleontolojik çalışmalar da yapmış, Anadolu'ya özgü üç yeni echinid türü bulmuştu.

Prof. Dr. Nilgün OKAY

Istanbul Teknik Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
İSTANBUL

okayn@itu.edu.tr

1914 yılında İstanbul'da doğan Müderris Mustafa Asım Efendi'nin kızı Nuriye Pınar, öğretimine Yirmidokuzuncu İlk Mektep'te başlamıştı. Erenköy Kız Lisesi'nden pekiyi ile mezun olduğu 1932 yılında Maarif Vekâleti (Milli Eğitim Bakanlığı) tarafından Ecnebi Memleketlere Gönderilecek Talebe Hakkında Kanun ile liselerde muallim (öğretmen) olmak üzere açılan sınavı kazanan 700 öğrenciden biri olmuştu (1, 2, 3). Bu yıllarda başlayan Üniversite Reformu'yla İstanbul Üniversitesi (İÜ) yapılandırılmasında Jeoloji Enstitüsü'nün kadrosu "liseler yerine üniversiteye kazandırılma-

sının fayda sağlayacağı görüşüyle” yurtdışında eğitimlerini tamamlamış gençlerden oluşturulmuştu (4). Fransa’nın Bordeaux Üniversitesi’nde Doğa Bilimleri (jeoloji, botanik ve zooloji) lisans düzeyindeki öğrenimini, kimya sertifikası da alarak tamamlayan Nuriye Pınar 1937’de yurda dönünce İÜ Jeoloji Enstitüsü’nün kadrosuna asistan olarak katılmıştı (2, 5).

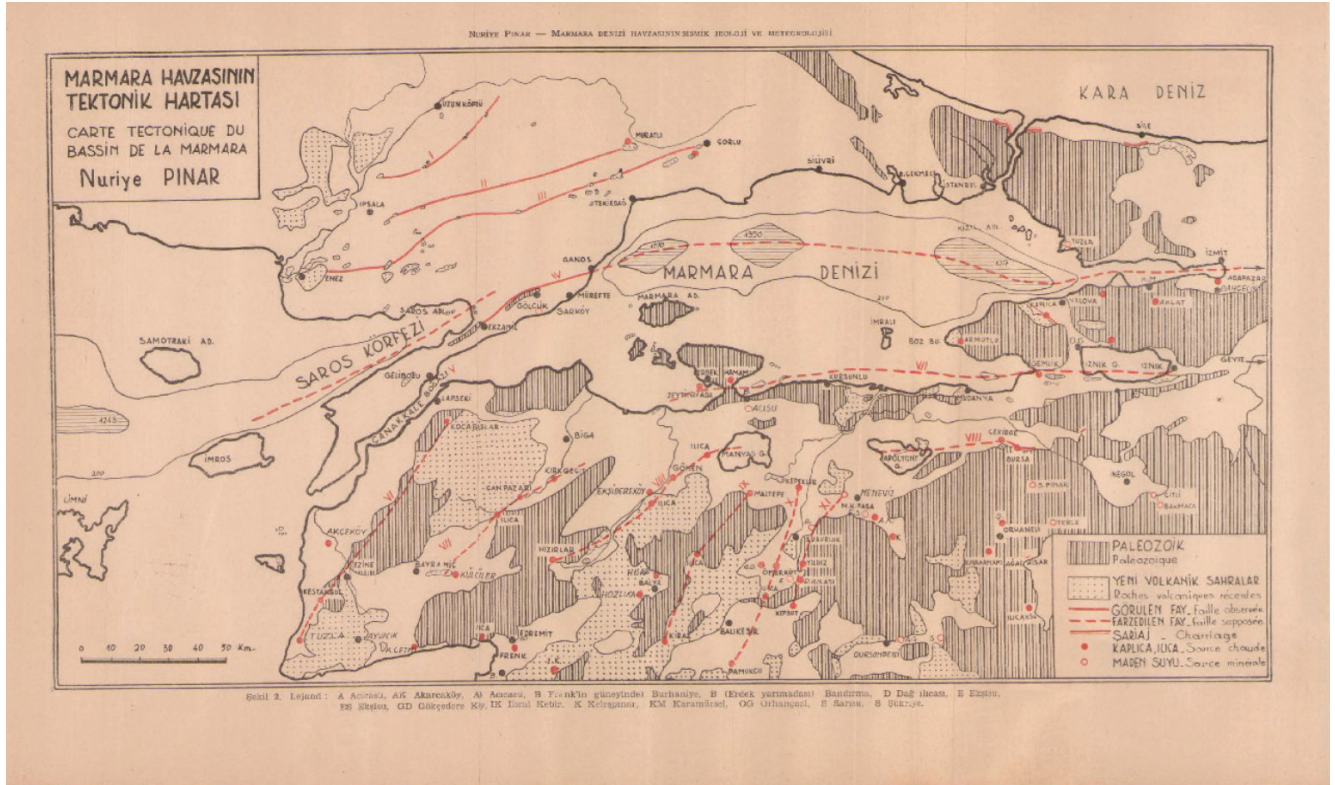
Zeynep Hanım Konağı’nda bulunan Enstitü’nün iki odasında laboratuvardan bir bölme ile ayrılmış küçük bir kısmında Nuriye Pınar, diğer bir odada da yurtdışında jeoloji tahsili yapmış, yeni atanan Dr. İhsan Ketin ile Enver Altınlı ve Fuat Baykal çalışmaya başlamıştı (6, 7). Bu yıllarda Jeoloji Enstitüsü’nde Prof. Hamid Nafiz Pamir ve Prof. Ahmet Can Okay’ın yanısıra yabancı öğretim üyeleri de bulunuyordu. Genç asistanlar, hem kendilerini yetiştirmeye çalışmış, hem de yabancı öğretim üyeleri tarafından verilen derslerde tercümanlık yapmışlardır. 1937-1942 yılları arasında Cenevre Üniversitesi’nden Prof. Eduard Paréjas’ın Jeoloji Enstitüsü’nde Fransızca verdiği Alp Tektoniği, Stratigrafi ve Paleontoloji derslerine Nuriye Pınar tercüman-asistan olarak girmiştir (2).

Jeolojik terimlerin Türkçeye kazandırılmasında bu dönemde yapılan çevirilerin katkısı önemlidir.* Türkiye’nin stratigrafisi ve paleocoğrafyası ile ilgilenen Paréjas’ın Türkiye’nin Arzanî Tektoniği adlı kitabının çevirisini Nuriye Pınar 1941’de tamamlamış; bu tercüme İÜ Fen Fakültesi Monografileri’nin birinci sayısı olarak yayınlanmıştır (8). 1942’de Grenoble Jeoloji Enstitüsü’nden Prof. Maurice Gignoux’un önemli eseri Traite de Géologie Statigraphique, Türkçeye Stratigrafik Jeoloji adıyla Prof. Hamit Nafiz Pamir, Dr. Nuriye Pınar ve Dr. Enver Altınlı tarafından tercüme edilmiştir (9).

Anadolu’da yıkıcı depremler

İkinci Dünya Savaş’ının başladığı yıllarda, Anadolu’da kısa aralıklarla birbirini izleyen büyük depremler olmuştur (6). Nuriye Pınar da depremlerle ilgilenmeye başlamıştı. İlk olarak 1940’da ani hava olayları alanında uzman olan Genel Fizik Enstitüsü Başkanı Prof. Dr. Marcel Fouché ile

* Kayaç terimine Jeoloji Enstitüsü’nde, İhsan Bey’le beraber çalışırken karar verdik. Üniversite terim komisyonunda Profesör Nihat Tarlan, bu kelimenin Türkçede de mevcut olduğunu gösterdi. O halde, Roche, Rock, Gestein karşılığı kayaç terimini alalım ve bu kütleli kaldırılmı dedik.” N. Pınar (Deprem Paneli I, 1967)



Şekil 1: Nuriye Pınar’ın Marmara ve Kuzeybatı Anadolu’nun tektonik durumu ve su kaynaklarının dağılımını gösteren haritası. Marmara Denizi’nin fay haritasını ilk defa Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile ilişkilendirerek çizmiştir (16).

birlikte 27/12/1939 Erzincan Zلزelesinin Meteorolojisi adlı bir makale yazmıştır (10). Ardından İÜ Fen Fakültesi Monografileri'nin ikinci sayısı olarak 1942'de yayınlanan ikinci makede de, depremler ile kuvvetli siklon merkezlerinin sebep oldukları şiddetli rüzgâr ve fırtınalar arasında bir bağlantı olabileceğini belirtmiştir (11). Daha sonra 1943 Hendek (Adapazarı) depremi ile ilgili Fen Fakültesi Mecmuası'nda ve Bureau Central Seismological International Publication'da iki makale daha yayınlamıştır (12, 13).

Marmara'daki fayların dağılımı

Nuriye Pınar, Prof. Paréjas danışmanlığında sürdürdüğü doktora çalışmasına Marmara Denizi çevresinde meydana gelen yıkıcı depremlerin sebeplerini araştırmakla başlamıştı. 1894 İstanbul depreminin ardından Andrusov yürütücülüğünde yapılan çalışmada Osmanlı gemisi Selanik ile Marmara Denizi'nin ilk batimetri haritası yapılmıştı (14). 1932'de Sieberg'in yayınladığı makede Marmara ve Ege'deki jeolojik yapıları genel hatlarıyla gösterilmişti (15). Pınar, bu verileri kullanarak 1942'de Marmara Denizi'nin fay haritasını ilk defa Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile ilişkilendirerek çizmiştir (Şekil 1). Bolu'ya kadar bilinen fayı, İzmit'e kadar uzatmış, Marmara Denizi'ndeki çukurlardan geçirek Mürefte'ye bağlamıştır. İzmit Körfezi'nden Ganos'a doğru uzanan üç derin çukurdan geçen Ana Marmara fayının varlığını ilk kez Nuriye Pınar ortaya koymuştur (16). Çalışmasının birinci kısmında İstanbul ve İzmit'te meydana gelmiş yıkıcı depremleri listelemiş ve bu depremlerin eş-şiddetlerini karşılaştırmıştır. Pınar, Marmara bölgesinde yıkıcı depremleri oluşturan bu fayların önemini belirtmiş, deprem tehlikesini belirlerken fayların yerlerini su kaynaklarıyla ilişkilendirmiştir (Şekil 1). Marmara Denizi ve çevresinin morfolojisini tasvir eden Pınar, tezindeki haritasına üç derin havzayı da eklemiştir. Marmara kıyıları boyunca yaklaşık 100 m'ye kadar değişik yüksekliklerdeki deniz taraçalarını derleyen Pınar, bunları KAF'ın aktivitesinin işareti olarak göstermiştir.

Prof. Fouché'nin eş-danışmanlığını yürüttüğü Nuriye Pınar'ın tezinin ikinci kısmında, Marmara Bölgesi'nde meydana gelen depremlerle şiddetli fırtınalar arasında bir ilişki olup olmadığını



Şekil 2: Ege Bölgesi'nin tektoniği, faylar ile su kaynaklarının ilişkisini gösteren harita (18).

araştırmış; Marmara gibi hava karışıklığı olan bölgelerde tektonik deformasyonun da kuvvetli depresyonu (alçak basınç) ile ani rüzgâr değişimlerine yol açtığına işaret edilmiştir. Çalışmasında tarihi kayıtlarda bahsedilen 358 İzmit depremi ile birlikte ortaya çıkan ani sıcaklık artışı, rüzgâr ve fırtınaya dikkat çekmiştir. Kandilli Rasathanesi verilerini kullanarak 1912 Ganos ve 1935 Erdek depremlerine ait barometre durumu ve rüzgâr gelişimini incelemiş, fırtına gibi çok hızlı değişen



Şekil 3: İÜ Jeoloji Enstitüsü kadrosu: Doçent Dr. İhsan Ketin, Profesör Dr. Ahmet Can Okay, Doçent Dr. Fuat Baykal ve 30 Mart 1945'te Fen Fakültesi'nde doçentliğe yükseltilen Nuriye Pınar (4).



Şekil 4: 1944 Bolu-Gerede depremi sonrasında arazide. Meydana gelen sağ yanal atımlı fayın Bolu yakın güneyindeki görünümü. Fotoğrafta 3.5 m'lik yanal atım üzerinde duruyorlar (6).

hava olaylarının frekanslarını analiz etmiştir. Türkiye'de yapılmış ikinci jeoloji doktora tezi olan bu çalışma, Marmara Denizi Havzasının Sismik Jeolojisi ve Meteorolojisi başlıklı makale ile Fen Fakültesi Monografileri'nin beşinci sayısı olarak 1942'de yayınlanmıştır (16, 17).

Ege Bölgesi'nin sıcak su kaynakları ve faylar

Dr. Nuriye Pınar, Marmara'daki faylarla su kaynaklarını ilişkilendirdiği gibi Batı Anadolu'da da sıcak su kaynaklarını faylarla birlikte listelemiştir. Bölgede deprem üretebilen fayları çizerken meydana gelmiş büyük depremlerden sismik kaynak belirlemesi yapmıştır. Ege'yi kırık bölgelerine ayırarak meydana gelen tarihsel depremleri kırık bölgeleri ile ilişkilendirmiştir (Şekil 2). Dr. Pınar'ın, 1945'te tamamladığı doçentlik tezi, Ege Bölgesi'nin Tektoniği, Sıcak Su ve Maden Suyu Kaynakları başlığı ile Fen Fakültesi Monografileri'nin onikinci sayısı olarak yayınlanmıştır (18). Bu çalışmayla ilgili Ege Havzası'nın Sismik Çizgileri ve Sıcak Su Kaynakları makalesi 1949'da Fen Fakültesi Mecmuası'nda yayınlanmıştır (19).

Ege Bölgesi'ni etkileyen yıkıcı depremlerden 1949 Karaburun depremi ile ilgili yaptığı incelemeleri 23 Temmuz 1949 Karaburun (İzmir) Depreminin Jeolojik ve Sismolojik Etüdü adıyla Fen Fakültesi Mecmuası'nda yayınlanmıştır (20). 1950 yılında basılan bu makalede deprem ha-

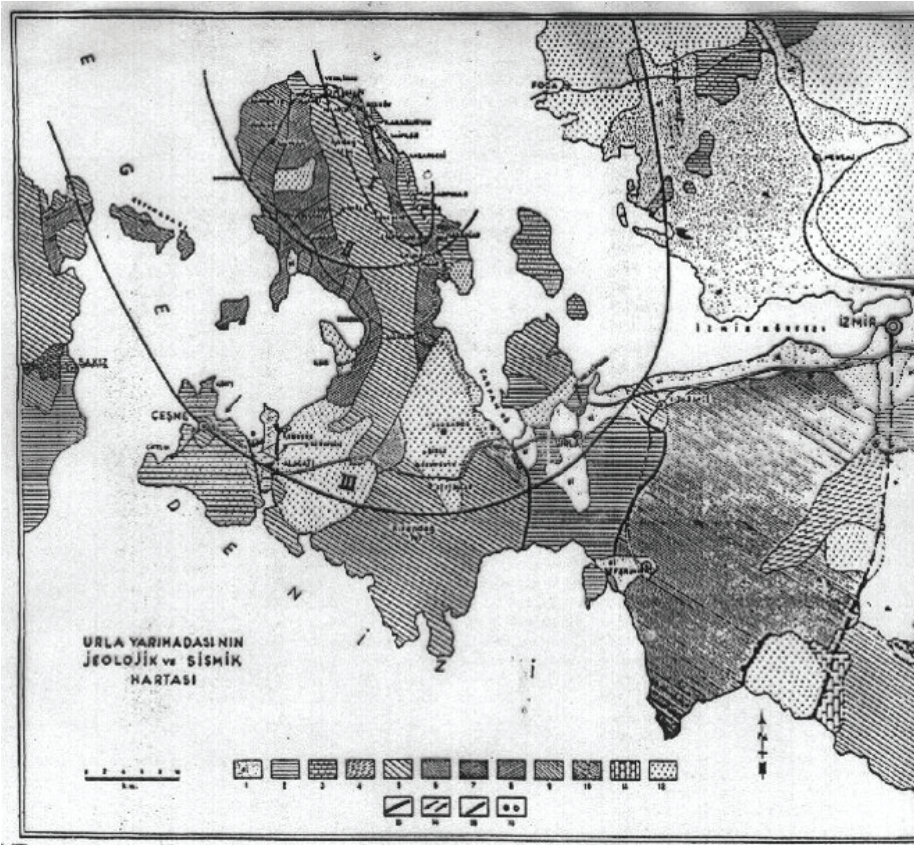
sarları detaylı olarak belirtilmiş, verilen eş-şiddet haritası günümüz deprem risk çalışmalarında da kullanılmaktadır* (Şekil 5).

Deprem Kataloğu çalışmaları

Kuzey Anadolu'da meydana gelen depremlerin hasarlarına dayanarak Türkiye'nin ilk Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası 1945'te Bayındırlık Bakanlığı tarafından hazırlanmıştır. Bu haritada bir zon şeklinde gösterilen kırık üzerinde deprem merkezleri Bolu'dan batıya doğru devam etmiyor, Doç. Dr. Pınar'ın 1942'de Marmara Denizi'nde gösterdiği fayları henüz içermiyordu. Bu çalışmalar sırasında deprem envanteri yapılmamıştı; Türkiye'nin deprem bölgeleri ise bilinmiyordu. Tektonik birimlerle fayları gösteren sismotektonik haritaların yanısıra deprem katalogları da gerekliydi. Türkiye ve çevresinde meydana gelen depremlerle ilgili Salamon-Calvi, 1941 yılında bir çalışma yapmıştı (21). Bu yayından yola çıkan Doç. Dr. Nuriye Pınar ve Ervin Lahn** Anadolu'da etkili olan depremleri sistematik olarak listelemeye başlamıştır. Öncelikle Marmara Denizi çevresinde 19. yüzyılın sonuna kadar meydana gelen deprem hasarlarını derlemiş, daha sonra deprem bölgelerini Batı, Kuzey ve Kuzey Doğu, Orta ve Güney Doğu Anadolu olarak dört böl-

* İzmir Deprem Master Planı (<http://www.izmir.bel.tr/izmirdeprem/izmirrapor.htm>)

** Daha sonra Emin İlhan adını almıştır.



Şekil 5: Doç.Dr. Nuriye Pınar tarafından hazırlanan 1949 Karaburun depreminin ($M=6.6$) şiddet haritası (20).

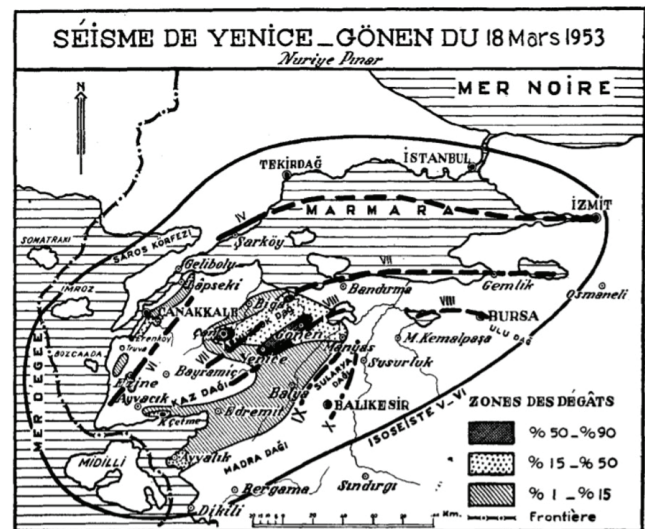
geye ayırmıştır. Deprem oluşturan fay tanımları ve yer-zemin özelliklerini ekleyerek ilk deprem tehlike analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Sonunda ortaya çıkan bu çalışma Bayındırlık Bakanlığı tarafından "Türkiye'nin Deprem Bölgeleri İzahlı Kataloğu" adıyla 1952'de basılmıştır (22). Katalog çalışması ile ilgili yapmış olduğu makaleleri Uluslararası Jeofizik ve Jeodezi Birliği (IUGG) yayınlarında yayınlanmıştır (23, 24, 25, 26, 27, 28). Depremlerle ilgili çalışmaları sayesinde Doç. Dr. Nuriye Pınar, 1951'de Avrupa Sismoloji Komisyonu (ESC) üyeliğine seçilmiş, Türkiye'nin yaklaşık on yıl boyunca ulusal deprem raporlarını hazırlamıştır (29, 30, 31, 32).

Depremlerin makro-sismik bulgularının incelenmesi

1951 yılında meydana gelen Kurşunlu (Çankırı) depreminin etkilerini inceleyen Doç. Dr. Nuriye Pınar, Ervin Lahn ile birlikte daha önceki depremlerde oluşmuş yüzey kırıklarının bu depremde tekrar hareket ettiğini gözlemlemişlerdir (22). Binaların yapım tarzı ve hasarın büyüklüğüne göre depremin şiddetini VIII olarak belirtmişlerdir. Doç. Dr. Pınar'ın 1953 yılında Fen Fakültesi Mecmuasında yayınladığı

13 Ağustos 1951 Kurşunlu depreminin jeolojik ve makrosismik etüdü adlı makalesinde depremin yüzey kırığını, "1944 depremi yüzey kırığını" (şekil 4) yer yer üzerleyen 60 km'lik bir fay şeklinde tanımlamış, Kurşunlu'dan batıya doğru uzanan KAF'ın devamı olarak göstermiştir (33, 34, 35).

1953 Yenice-Gönen depremi ile ilgili ayrıntılı makro-sismik bulgularını Bulletin of the Seismo-



Şekil 6: 18 Mart 1953 Yenice-Gönen depreminin ($M=7,5$) hasar miktarları (%) ve öngörülen eş-şiddet konturları (36)



Şekil 7: Doç. Dr. Nuriye Pınar ve Doç. Dr. İhsan Ketin öğrencilerle (Şakir Abdüsellamoğlu, Berrin Özmen) arazide (1947).

logical Society of America dergisinde yayınladığı makalesinde (36) bir birikinti konisi üzerinde bulunan Yenice'de deprem büyük çapta tahribat oluştururken (Şekil 6), Yenice ile Gönen arasında yaklaşık 50 km uzunluğunda bir yüzey kırığı geliştiğini bildirmiştir (37). 1952 Adana depremi ile ilgili İçel, Seyhan, Hatay bölgelerinde jeolojik araştırmalarda bulunan Doç. Dr. Pınar (5), 1956'da Eskişehir'de meydana gelen depremle ilgili de benzer bulguları yayınlamıştır (38, 39).

Paleontolojik Çalışmalar: Üç Yeni Tür ve Bir Yöntem

Doç. Dr. Nuriye Pınar, İstanbul Üniversitesi'nde 1937'den 1954'e kadar palaeontoloji dersleri vermiştir. Atife Daci, Samime Artüz ve Cazibe Sayar bu yıllarda yetişmiştir. Şile, İzmit, Kandıra ve Adapazarı bölgelerinde öğrencileriyle dersleri ile ilgili geziler düzenlemiştir (Şekil 7), 1945'de Ayancık bölgesinde de önemli bir fosil yatağı incelemesi yapmıştır (5).

O yıllarda İÜ Enstitü Müzesi'nin yeniden oluşturulması için Fransa'ya gitmiş; Paris Doğa Tarihi Müzesi'nde 1951-1955 yılları arasında ekinidler ile ilgili yaptığı araştırmalarda Anadolu'ya özgü

üç yeni tür bulmuştur. Bu bulguları içeren Sur les oursins de l'Eocene moyen de Çatalca-Karaköy (Trakya, Turquie) adlı makalesini 1951'de Bulletin of Geological Society of France dergisinde (40) ve Echinides de Ramandag (Turquie) adlı makalesi de 1954'te Bulletin of Museum National History dergisinde yayınlamıştır (41). Farklı bölgelerden ekinidler üzerine yaptığı bu çalışmalarda bir de biyometrik yöntem geliştirmiş; bu yöntem 1952'de Anadolu ciyepasterlerinin tayini metodu adı altında Fen Fakültesi Mecmuası'nda yayınlanmıştır (42). Palu bölgesinin (Elazığ) birkaç Neojen Echinidi hakkında başlıklı makale 1952'de (43), Tercan (Erzincan) bölgesinin Miyosen ekinidleri adlı makalesi 1953'de (44) ve Kandıra (Kocaeli) bölgesinin Kretase ekinidleri hakkında adlı makalesi de 1956'da (45) Fen Fakültesi Mecmuası'nda yayınlanmıştır. Doç. Dr. Pınar bu çalışmalarını 1952 yılında Cezayir'de tertiplenen 19. Uluslararası Jeoloji Kongresi'nde sözlü olarak sunmuştur (46). Daha sonraki yıllarda Türkiye'de Echinidlerin gelişmesi ve üç yeni tür adı altında topladığı bu makalelerini İÜ Yerbilimleri Dergisi'nde 1981'de yayınlamıştır (47).

Bu çalışmalarını ile Türkiye'deki ekinidlerin bölgesel dağılımını inceleyen Doç. Dr. Nuriye Pınar,

Avrupa ve Kuzey Afrika'daki türlerle benzerliklerini ve farklılıklarını ortaya koymuştur. Üç yeni tür ile birlikte Çatalca, Tercan, Palu, Kandıra, Raman Dağı, Aşkale ve Antakya'nın Samandağ bölgelerinden derlediği örnekler, Alt Kretase, Üst Kretase, Eosen (Lütésiyen), Miyosen (Burdigaliyen) ve Neojen jeolojik dönemlerine aittir (5). Önceleri Yıldız Teknik Üniversitesi'nde bulunan bu echinid koleksiyonu, Prof. Dr. Nuriye Pınar Erdem Adapazarı ve Palu (Erzurum) Echinid Koleksiyonu adı altında İstanbul Üniversitesi Jeoloji Müzesi Özel Koleksiyonlar Bölümü'nde sergilenmektedir (5). Koleksiyon üç yeni tür:

1. Galeaster terkosensis (Eosen)-Çatalca,
2. Trijacioka trakyensis (Eosen)-Trakya,
3. Euspatangus rogeri (Eosen)-Çatalca örneklerini içermektedir (Şekil 8).

Akademiden Siyasete

Doç. Dr. Nuriye Pınar 1953 Yenice depremi sonrasında arazideyken, çalışmalarını ilgiyle takip eden köylülerin "bir civelek* gelmiş, araştırma yapıyormuş" söylentisi ile epey tanınmıştı (48). Bölgeye gelen Başbakan Adnan Menderes kendisiyle tanıştırmış, Anadolu'daki deprem tehlikesini anlatma fırsatını bulmuştur. Başbakanın daveti üzerine milletvekilliğine adaylığını koymuştur. 1954-1960 yılları arasında TBMM 10. ve 11. Dönem Demokrat (DP) Parti İzmir milletvekilliği yapmıştır (49). Nuriye Pınar yabancı dil bilen, bilimsel kişiliğiyle de öne çıkarak iki dönem milletvekilliği ve Dünya Parlamentolar Birliği'nin Türk Grubu Genel Sekreterliğini yürüten nadir kadın vekillerden olmuştur. Meclis'e sunduğu kanun tekliflerinden üçü kabul edilmiştir (50).

1946'da kurulan Türkiye Jeoloji Kurumu'nun (TJK) ilk üyeleri arasında yer alan Doç. Dr. Nuriye Pınar (Şekil 9), milletvekilliği sırasında 1956-1958 yılları arasında iki dönem TJK başkanlığı yapmıştır. Başkanlığı sırasında girişimleri ile kurumun maddi kazanımlarını da geliştirmiş**, bu yıllarda uluslararası arazi gezileri düzenlenmesini sağlamıştır (5).

* Bu yıllarda jeolog kelimesi "civelek" olarak bilinmektedir.

** 20 Şubat 1957 tarihli TJK Yıllık Genel Kurul Toplantısı Tutanağı



Şekil 8: İÜ Jeoloji Müze Özel Koleksiyonlar Bölümünde yer alan Prof.Dr. Nuriye Pınar Erdem Echinid Koleksiyonu'ndan yeni tür örneği (5): *Euspatangus rogeri* (Yeni tür n.sp. Pınar) Geç Lütésiyen (Çatalca) (<http://muhendislik.istanbul.edu.tr/jeolojimuzesi/?p=6613>).

Milletvekilliği döneminde bilimsel çalışmalarını da sürdürmüş, uluslararası konferanslarda bildiriler vermiştir (2, 3). 1956 yılında Berkeley'deki 1906 San Francisco (ABD) depreminin ellinci yıldönümü nedeniyle düzenlenen ilk Dünya Deprem Mühendisleri Konferansı'na Kaliforniya Mühendisler Birliği'nin davetiyle Türkiye'den katılan sadece Doç. Dr. Nuriye Pınar olmuştur (2, 48, 51). "Historical and modern earthquake-resistant construction in Turkey" başlıklı konuşmasında 1939 Erzincan depremi sonrasında Türkiye'de geliştirilen yapı yönetmeliği çalışmalarını sunmuştur (52, 53).

Aynı yıl Amerika Dışişleri Bakanlığı'nın davetlisi olarak sadece milletvekili değil, bir bilim insanı ve "Dünya'daki tek kadın deprem uzmanı jeolog" olarak Amerikan Senatosu'na takdim edilirken ayakta alkışlanmıştır. Dönemin Başkan yardımcısı olan Richard Nixon'ın "Dr. Pınar, lütfen burada deprem yapmayın" sözleri Amerikan gazetelerinin manşetlerinde yer almıştır (48). Bu gezi sırasında New York Columbia Üniversitesi'nden Prof. Maurice Ewing ile görüşmüş, araştırma gemisi R/V Vema ile Akdeniz'de İzmir-Antalya arasında oşinografik, jeolojik ve antropolojik araştırmaların yapılması planlanmıştır (2). Türk araştırmacıların da katılmasının kararlaştırıldığı bu seferin organizasyonunu Türkiye hükümeti



Şekil 9: 1947’de Türkiye Jeoloji Kurumu kurucu üyelerinin ilk kurultay sonrasında Cumhurbaşkanlığıni ziyareti sırasında. Soldan, ayakta bulunanlar: Doçent Dr. F. Baykal, N. Egeran, K. Lokman, Cumhurbaşkanı İ. İnönü, Profesör M. Sayar, Profesör Dr. H. N. Pamir, O. Bayramgil, Doçent Dr. N. Pınar, Doçent Dr. İ. Ketin, E. Chaput, önde bulunanlar: M. Akartuna, S. Artüz, B. Özmen, Ş. Abdülselemoğlu (Yeryuvarı ve İnsan, 1985. Sayı 10, Cilt 1).

adına yürütmüştür. Bu yıllarda Batı Anadolu’nun kırıklı yapısının Ege Denizi’nin içine uzanabileceğine dikkat çeken Doç. Dr. Nuriye Pınar, 1958’de yeraltı kaynaklarının araştırılmasının gerektiğini Söke’de müşahade edilen tabii gaz emareleri hakkında düşünceler adlı makalesinde Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni’nde yayınlamıştır (54).

1960’da askeri yönetimin başlamasıyla DP milletvekili Nuriye Pınar da Yassıada’da yargılanmış; bu sürecin arkasından Kayseri’de iki buçuk yıl cezaevinde tutuklu kalmıştır (49, 50). Aynı süreci paylaştığı Bilecik milletvekili Mehmet Erdem ile evlenmiştir.

Akademiye dönüş

Cezaevinden çıktıktan sonra bir süre eğitim kurumlarında çeşitli görevlerde bulunan ve uzun bir süre jeoloji çalışmalarına ara vermek zorun-

da kalan Doç. Dr. Nuriye Pınar 1967’de ilk defa düzenlenen Türkiye Deprem Paneli’ne katılmış, depremlerle mücadeledeki görüşlerini aktarmıştır.* 1967’deki Af Yasası ile yeniden akademiye dönmüş, İstanbul Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisi** (İDMMA) İnşaat Mühendisliği Bölümü’ne Profesör olarak atanmıştır.

1973’de İzmir’de NATO tarafından düzenlenen Mühendislik Sismolojisi ve Deprem Mühendisliğinde Modern Gelişmeler adlı toplantıda Türkiye’nin Tektoniği ve Deprem Bölgeleri hakkında çağrılı bir konuşma yapmıştır (2). Eylül ayında Avrupa Jeofizikçiler Birliği’nin Zürih’teki toplantısında sunduğu bildirisini Türkiye’deki Ofiyolitik

* “Şüphesiz ki depreme karşı korunma çalışmaları çoğaldıkça ziyan miktarları da azalacaktır.” Doç. Dr. Nuriye Pınar Erdem, 1967. I. Türkiye Deprem Paneli’nden

** Bugünkü adıyla Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ)

Seriler adlı makalesi MTA Dergisi'nde 1974'de yayınlamıştır (55). 1977'de Doğu Akdeniz ile ilgili bir kitapta Anadolu ve Kıbrıs hakkında Lahn ile birlikte yazdıkları *Outlines of the stratigraphy and tectonics of Turkey, with notes on the Geology of Cyprus* adlı makale bölüm olarak basılmıştır (56).

Uzun yıllar depremlerle ilgilenmiş bir uzman olarak yerleşim alanlarının seçiminde jeolojinin önemi, deprem tehlikesinin tanımlanmasında aktif fayların belirlenmesi, jeoteknik bilgilerin uygulamada doğru kullanımı ve yapı malzemesi olarak kayaların tanınmasını içeren bilgileri Mühendislik Jeolojisi adı altında bir ders kitabında toplamıştır (57). Türkiye'de yayınlanan ikinci mühendislik jeolojisi kitabı olan bu eserinde genel jeoloji konularının yanısıra jeofizik araştırmalar, depremler ve depreme dayanıklı yapılar gibi başlıklar da yer almaktadır. Prof. Dr. Pınar'ın Deprem Kataloğu ve Mühendislik Jeolojisi kitapları, YTÜ'de gözden geçirilerek yeniden yayınlanmıştır. 1982 yılında YTÜ İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı iken emekli olmuştur.

Prof. Dr. Pınar, deprem zararlarının azaltılması ve alınacak önlemlerle ilgili popüler bilim yazıları da yazmıştır (58, 59). Bir yazısında*, "Depreme dayanıklı yapı yapma konusunda ilk önem verecek şey, zeminin sert ve kaya olmasıdır. Daha sonraki aşama ise, yapı tiplerine göre harcın cinsi ve kalitesi ile binaların çatılarının hafif, temellerinin sağlamlığıdır. Bu tip binalar depreme dayanabilirler... Yapıların depreme dayanıklı olarak projelendirmesinin amacı, insan hayatının güvencesini sağlamak ve yapıları hasarlardan korumaktır" şeklinde yıllar önce deprem zararlarının azaltılması konusunda uyarmıştır. Deprem mühendisliğinin gelişmesine katkılarından dolayı Türkiye Deprem Vakfı mütevelli üyesi seçilmiş, Türk Parlamenterler Birliği, Türkiye Jeologlar Birliği, Ekoloji ve Çevre Dostları, Türk Kadınlar Konseyi gibi sivil toplum kuruluşlarında da çalışmalar yapmıştır. Ülkemizin ilk kadın jeoloğu ve deprem uzmanı Prof. Dr. Nuriye Pınar Erdem 2006'da İstanbul'da vefat etmiştir.

* <http://gazetearsivi.milliyet.com.tr/Arsiv/1976/12/21>

Son Söz

Marmara ve Ege'deki depremlerin sebebinin araştırılan ve Kuzey Anadolu Fayı boyunca meydana gelen yıkıcı depremleri inceleyen Prof. Dr. Nuriye Pınar Erdem, bu gözlemlerine dayanarak yerleşim alanlarının seçimi, depreme dayanıklı projelendirme ve kullanılacak yapı malzemesinde jeoloji ve depremselliğin önemini daha o yıllarda yayınlarında anlatmıştır. Aletsel verilerin mevcut olmadığı zamanda hazırladığı Türkiye'nin İzahlı Deprem Kataloğu'ndan yıllarca tek kaynak olarak faydalanılmıştır.

Değinilen Belgeler

- (1) Okay N., 2016. Nuriye Pınar, NTV: "İz Bırakan Kadınlar" Serisi <https://soundcloud.com/ntvradyo/iz-birakan-kadinlar-08-nuriye-pinar-erdem-24-mart-2016>
- (2) Pınar Erdem N., 1980. Yerbilimlerinde Emeği Geçenler, Yeryuvarı ve İnsan, 2, 73-76.
- (3) Kadın Eserleri Kütüphanesi ve Bilgi Merkezi Vakfı, 2004. İlkler: Mesleklerinde Öncü Kadınlar. No. 21, İstanbul.
- (4) Yalçın N., 2015. İstanbul Üniversitesi'nde Jeoloji. Bir Asırlık Geçmiş (1915-2015).
- (5) Öngen Özkar İ., 2016. İstanbul Üniversitesi Jeoloji Müzesi ve Bilimsel Koleksiyonları. İÜ Yayl., s. 158-160.
- (6) Ketin İ., 2016. 55 Yıllık Meslek Hayatımdan Bazı Kesimler ve Anılar, 1938-1993 (ed. F. Kıran). Cenkler Matbaası, 202 s.
- (7) Pınar Erdem N., 1978. Hiçbir Güçlük Onu Amacından Döndürmezdi. Altınlı Simpozyumu, TJK Bült., s. 3
- (8) Paréjas E., 1941. Türkiye'nin Arazi Tektoniği, (Çev. Nuriye Pınar), İstanbul Üniv. Fen Fakültesi Monog., Sayı 1, 106 sayfa, 1 harita.
- (9) Gignoux M., 1942. Stratigrafik Jeoloji (Çeviri H. N. Pamir, N. Pınar, E. Altınlı). Maarif Vekaleti Yay., İstanbul, 726 s.
- (10) Fouche M., Pınar N., 1940. 27/12/1939 Erzincan zelzelesinin meteorolojisi/Meteorologie du tremblement de terre d'Erzincan du 27 Decembre 1939, İstanbul Üniv. Fen Fak Mecm., Seri B, V (3/4).

- (11) Fouché M., Pınar N., 1942. 27 Birinci Kanun 1939 Erzincan yer sarsıntısının meteorolojisi, İstanbul Üniv. Fen Fakültesi Monog., Sayı 2, 18 sayfa.
- (12) Fouché M., Pınar N., 1943. 20 Haziran 1943 Adapazarı depreminin jeolojik ve meteorolojik incelenmesi/Étude géologique et météorologique du tremblement de terre d'Adapazarı. İstanbul Üniv., Fen Fakültesi Mecm., Sırfı ve Tatbikî Matematik, Seri A, VIII(1), 80-92.
- (13) Pınar N., 1952. Declenchment des seismes par brusque variation de la pression atmospherique (Seismes de Turquie), Bureau Central Seism. Intern. Publ., Seri A (18), 61-70.
- (14) Spindler I., Andrusov N., Ostroumov A., 1896. Marmornoe More. Ekspeditsia Imperatorskago Russkago Geograficheskago Obshestva v 1894 godu. Zapiski Ekspeditsia Imperatorskago Russkago Geogr. Obshestva Obshei Geogr., 33 (2) VII+180 s.+V haritalar.
- (15) Sieberg A., 1932. Erdbebengeographie. Band IV, Lieferung 3, Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- (16) Pınar N., 1942. Marmara denizi havzasının sismik jeoloji ve meteorolojisi/Geologie et Meteorologie Sismique du Bassin de Mer 'Marmara. İstanbul Üniv. Fen Fakültesi Monog., Sayı 5, 64 sayfa, 1 harita.
- (17) Pınar N., 1943. Géologie et météorologie sismiques du bassin de la mer de Marmara, İstanbul Üniv., Fen Fakültesi Mecm., Sırfı ve Tatbikî Matematik, Seri A, 12(3/4), 121-181.
- (18) Pınar N., 1948. Ege Bölgesinin Tektoniği, Sıcak Su ve Maden Suyu Kaynakları, İstanbul Üniv. Fen Fakültesi Monog., Sayı 12, 36 sayfa, 1 harita.
- (19) Pınar N., 1949. Ege havzasının sismik çizgileri ve sıcak su kaynakları. İstanbul Univ., Fen. Fak. Mecm., Sırfı ve Tatbikî Matematik, Seri A, 14 (1), 20-43.
- (20) Pınar N., 1950. 23 Temmuz 1949 Karaburun (İzmir) depreminin jeolojik ve sismolojik etüdü. İstanbul Üniv. Fen Fakültesi Mecm. Sırfı ve Tatbikî Matematik, Seri A, 15 (4), 363-375.
- (21) Salomon-Calvi W., 1941. Erdbeben Katalog der Türkei und Einiger Benachbarten Gebiete, MTA Report No. 276, Ankara.
- (22) Pınar N., Lahn E., 1952. Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu. T.C. İmar ve İskân Bakanlığı, İmar Reisliği Yayınl., 6 (36), 153 s.
- (23) Pınar N., 1951. Les regions seismiques de l'Anatolie Occidentale (Turquie), Bureau Central Seism. Intern. Publ., Seri A (18), 5-14.
- (24) Pınar N., 1953. Catalogue explicatif des tremblements de terre en Turquie. UGGI Bull. d'Inform., 2(2), 238-239.
- (25) Pınar N., 1953. Relation entre la tectonique et la seismologie de La Turquie. UGGI Bull. Inform., 2(2), 261-264.
- (26) Pınar N., Lahn E., 1955. Nouvelles considerations sur la tectonique de l'Anatolie (Turquie, Asie Mineure). Bull. Soc. Geol. France, S6-V no. 1-3 11-34.
- (27) Pınar N., Lahn E., 1958. Tectonique du secteur egeen de l'Anatolie (Turquie). Bull. Soc. Geol.France, s. 170, Paris.
- (28) Pınar N., 1960. La carte seismotectonique de la Turquie. UGGI Monog., No. 6.
- (29) Pınar N., 1954. L'Activite seismique de la Turquie entre 1951-1954. Bureau Central Seism. Intern. Publ., Seri A (19).
- (30) Pınar N., 1955. 1952 yılından 1954 yılına kadar Türkiye'de yapılmış olan sismolojik çalışmalar hakkında rapor. Türkiye Jeoloji Kurumu Bült., 6 (1), 178-187.
- (31) Pınar N., 1956. L'activite seismique en Turquie entre 1952 et 1956. UGGI Bull. Inform., 5 (15), 416-417.
- (32) Pınar N., 1956. Liste de seisme survenu en Turquie de puis le debut de l'annee 1952. UGGI Bull. Inform., 5 (15), 410.
- (33) Pınar N., 1953. 13 Ağustos 1951 Kurşunlu Depreminin Jeolojik ve Makrosismik Etüdü. İst Univ. Fen. Fak. Mecm., Sırfı ve Tatbikî Matematik, Seri A, 18 (3), 231-241.
- (34) Pınar N., 1953. Le tremblement de terre de Kurşunlu (Anatolie septentrionale) du 13. août 1951. UGGI Bull. Inform. 2(2), 264-267
- (35) Labriouste E., Pınar N., 1953. Etude microseismiques des tremblements de terre du 23 Juil 1949 et du 13 août 1951 en Turquie. UGGI Bull. Inform. (2), 267-269.
- (36) Pınar N., 1953. Preliminary note on the

- earthquake of Yenice-Gönen, Turkey, March 18, 1953. Bull. Seism. Soc. America, 43(4), 307-310.
- (37) Pınar N., 1956. Le seisme du 18 Mars 1953 de Yenice-Gönen (Anatolie NW) en relation avec tes elements tectoniques. Bureau Central Seism. Intern. Publ., Seri A, 19, 297-306.
- (38) Pınar N., 1953. Adana havzasının jeolojisi ve 22 Ekim 1952 depremi. İstanbul Üniv. Fen. Fak. Mecm., Sırfî ve Tatbikî Matematik, Seri A, 18 (1), 131-141.
- (39) Pınar N., 1956. Note preliminaire sur le seisme d'Eskişehir du 20 fevrier 1956, UGGI Bull. Inform., No. 15.
- (40) Pınar N., 1951. Sur les oursins de l'Eocene moyen de Çatalca-Karacaköy (Trakya, Turquie). Bull. Soc. Geol. France, 6 (1), 35-54.
- (41) Pınar N., Roman J., 1954. Echinides de Ramandag (Turquie), Sismondia aff. Saemanni de Loriol. Bull. Museum Nat. Hist National., 2 (26), 561-563.
- (42) Pınar N., 1952. Anadolu ciypeasterlerinin tayini metodu/Sur une methode de determination de Clypeaster d'Anatolie. İstanbul Üniv. Fen. Fak. Mecm. Seri B, 17 (1).
- (43) Pınar N., 1952. Palu bölgesinin (Elazığ) birkaç Neojen Echinidi hakkında/ Sur quelques Echinides du Néogène de la région de Palu (vilayet d'Elazig, Anatolic orientale). İstanbul Üniv. Fen Fakültesi Mecm. Seri B, 17 (1), 33-40.
- (44) Pınar N., 1953. Tercan bölgesinin Miyosen echinidleri/ Echinides miocènes de la région de Tercan. İstanbul Üniv. Fen Fakültesi Mecm., Seri B, 18 (3/4), 173-182.
- (45) Pınar N., 1956. Kandıra (Kocaeli) bölgesinin Kretase echinidleri hakkında. İstanbul Üniv. Fen Fakültesi Mecm., Seri B (21), 183-190.
- (46) Pınar N., 1952. Vue d'ensemble sur les faunes echinologiques de Turquie. 19th Cong. Geol. Intern., Algeria, 19, 109-113.
- (47) Pınar N., 1981. Türkiyede Echinid'lerin gelişmesi ve üç yeni tür/Evolution of echinoides in Turkey. İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Yerbilimleri Dergisi, 1(1-2), 107-114.
- (48) Milliyet, 2002. İlk Türk Civelek Profesörü. (<http://www.milliyet.com.tr/2002/03/08/yasam/yas01.html>)
- (49) Öztürk, K., 2010. Türk Parlamento Tarihi, TBMM X. Dönem, 1954-1957 (Cilt 2). TBMM Yayl. 24. Ankara, s. 476-478.
- (50) Arslan Z., Tarakçı S., 2011. Türk Parlamento Tarihi, TBMM XI. Dönem Biyografiler, 1957-1960 (Cilt 3). TBMM Yayl. 156. Ankara, 547 s.
- (51) Polat G., Ergünay O., 2008. Earthquake Engineering in Turkey: A Brief History. The 14 th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China.
- (52) Pınar N., 1956. Historical and modern earthquake-resistant construction in Turkey. The 1st World Cong. on Earthq. Eng., Berkeley, California, Haziran 1956. Proceedings of the WCEE, 22,31.
- (53) Pınar N., 1956. Some observations of earthquakes and the damages in Turkey. The 1st World Cong. on Earthq. Eng., Berkeley, California, Haziran 1956. Proceedings of the WCEE, 22, 39.
- (54) Pınar N., 1958. Söke'de müşahede edilen tabii gaz emareleri hakkında düşünceler, Türkiye Jeoloji Kurumu Bült., 6 (2), 87-90.
- (55) Pınar Erdem N., 1974. Türkiye'deki Ofiyetli Seriler. MTA, 83, 131-145.
- (56) Pınar Erdem N., İlhan E., 1977. Outlines of the stratigraphy and tectonics of Turkey, with notes on the Geology of Cyprus. The Ocean Basins and Margins: The Eastern Mediterranean'de (Ed., Alan E. M. Nairn, William H. Kanes, Francis G. Stehli). Springer Publ. 4, 277-318.
- (57) Pınar Erdem N. (1976) Mühendislik Jeolojisi, İ.D.M.M. Akademisi Yayl., Kutulmuş Matbaası, İstanbul, No. 156, 412 s.
- (58) Pınar Erdem N., 1977. Depremden korunmak için gerekli pratik bilgiler. Sivil Savunma Dergisi, 19 (67), 43-48.
- (59) Pınar Erdem N., 1978. Türkiye'nin deprem sorunları ve alınacak önlemler. İDMMA Derg., Sayı 2, Sayfa 12.



Karadeniz Bölgesindeki Asidik Yağışların Su Kalitesine ve Çevreye Etkisi

Akçakoca ilçesi ve yakın çevresi, Sibiryaya üzerinden gelen ve asidik yağış (yağmur ve kar) taşıyan bulutların etkisi altında olduğu, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne desteklenen araştırma projesi ile belirlenmiştir. Söz konusu asidik yağışlar, Sarıayla Barajı ham suyunda Fe, Al, Zn ve Mn gibi elementlerin zenginleşmesinde etken olmuştur. Türkiye'nin kuzeyinde batıdan-doğuya doğru, Sakarya'dan başlayarak Artvin'e kadar uzanan bölgede, sağanak yağış sonrasında göl, gölet veya barajlarda biriken ve buralardan alınarak içme suyu şebekesine verilecek ham sulara fiziksel iyileştirmeden ziyade, arıtma işleminin uygulanması halk sağlığı korunması için gereklidir. Aynı zamanda, bölgedeki asidik yağışların olumsuz etkilerini ormanlık alanlarda ve yüzyıllar öncesi inşa edilmiş tarihi eserlerde de görmek mümkündür.

Yrd. Doç. Dr. Rüstem PEHLİVAN

Yrd. Doç. Dr. Hasan EMRE

İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji

Mühendisliği Bölümü,

34320 Avcılar İstanbul

e-posta: pehlivan@istanbul.edu.tr

Akçakoca, Düzce ilinin deniz kenarındaki tek ilçesidir. 37119 kişinin yaşadığı ilçede, yaz aylarında nüfus 100000 kişiye ulaştığı için çoğu zaman geçmiş yıllarda Akçakoca'da içme suyu sıkıntısı yaşanmaktaydı. O yüzden, ilçedeki içme

suyu sorunu Sarma Deresi üzerine DSİ (Devlet Su İşleri) Genel Müdürlüğü tarafından yapılan ve 2016 yılında hizmete giren Sarıayla Barajı ile çözülmüştür (Şekil 1). Sarıayla Barajı su havzası, Sibiryaya üzerinden gelen bulutların etkisi altındadır. Bölgede gerçekleşen yağmur ve kar yağışlarının asidik olduğu konusunda da ulusal medyada haberler yer almaktadır.

Akçakoca İlçesindeki Sarma Deresi Ham Suyunun Hidrojeokimyasal Özelliklerini tespiti için İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nce 24781 nolu araştırma projesi desteklenmiş ve proje Kasım 2014 yılında tamamlanmıştır. Proje kapsamında arazide yapılan ölçümlere göre bölgede gerçekleşen yağışların ilk 40 dakikasında yağmur suyunun asidik karakterde olduğu belirlenmiştir. Sarma Deresi havzasından alınan yağış ve dere suyu örneklerinin ana iyon analizleri (Na, K, Ca, Mg, SO₄, HCO₃, Cl, NH₄, NO₃) İstanbul Halk Sağlığı Laboratuvarında, bazı element ve ağır metal analizleri (Al, Fe, As, Ag, Hg, Co, Cd, Cr, Pb, Ni, Ti, Ba, Mn, Zn, Cu, Se, Sb, B ve U) ise ALS Global (Kanada) laboratuvarında ICPMS yöntemiyle yaptırılmıştır.

Projenin sonuç raporunda yer alan öneriler

arasında, bölgede kısa süren ve bol miktarda yağış bırakan sağanak türdeki asit yağışlarına karşı yöre halkının ve yerel yöneticilerin duyarlı olması konusuna dikkat çekilmiştir. Öte yandan, proje sonuçları, ulusal ve uluslararası bilim camiasının bilgisine de Sarma Deresi Havzasındaki Yağışın Ayırışma ve Su Kalitesine Etkisi (1) ve Sarma Deresi Suyunun Hidrojeokimyası ve Kullanılabilirliği konusunda (2) yapılan yayınlarla sunulmuştur.

Bilindiği gibi, atmosferik olaylar, asidik yağış ve canlıların (insan, hayvan ve bitkilerin) etkisiyle kayaç ve minerallerde meydana gelen değişimlere "ayırışma" denir. Ayırışan kayaç ve minerallerde öncelikle, parçalanma, dağılma ve dökülme gerçekleşir. Bazı kayaçlar örneğin dolomit ve kireçtaşları süratle ayırışırken, bazıları örneğin granit uzun yıllar ilk orijinal durumunu koruyabilir. Ayırışma sonucunda kayaçların mineralojik, petrografik, yapısal ve fiziko-mekanik özellikleri değişir.

Asit Yağışlarının Su Kalitesi Etkisi

Doğal suların kimyasal bileşimleri, jeolojik birimlerle olan etkileşim, kayaçlarda gelişen kimyasal ayırışmalar ve/veya çevresel etkenler sonrasında değişebiliyor. Bu değişim, kayaç, mineral ve top-



Şekil 1: Sarıayla Barajı mevki ve Sarma Deresi havzasına yağış getiren bulutların geliş yönlerini gösterir uydu haritası.

raktan mobilize olan iyonların sulara geçmesi şeklinde gerçekleşir. Bu değişimde, asit yağışlarının da olumsuz yönde etkisi söz konusudur.

Doğal sularda bulunan bazı iyonların Dünya Sağlık Örgütü ve Amerika Çevre Koruma Ajansı içme suyu limit değerlerinde veya üzerinde olması, insan sağlığı açısından sorun yaratabiliyor. Tüketilen içme suyunda Mn varsa karaciğer ve sinir, Al varsa Alzheimer, NO₃ varsa deri ve solunum yolu vb. gibi hastalıklara yakalanma riski (ihtimali) olmaktadır (3, 4). Su, sağlıklı bir yaşam için tüketilmesi gereken zorunlu maddelerdendir. İnsan vücudunun yaklaşık %60-70'i sudur. İçme amacıyla tüketilen sular, temiz ve kaliteli olmalı, pestisit kalıntısı içermemeli, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirli kalite parametrelerine uymalıdır.

24871 nolu araştırma projesi verilerine göre, yağmur suyu (SD1) kar suyuna (SD4) göre NH₄⁺, NO₃⁻ ve SO₄²⁻ gibi iyonlarca, kar suyu yağmur suyuna göre Al, Ba, Cu, Pb, Mn, Ni, Si, U ve Zn gibi bazı ağır metal ve elementlerce zengindir (Tablo 1). Sonbahar mevsimine ait yağmur suyu (SD1) ve dere suyu (SD2) analiz sonuçları karşılaştırıldığında Al, Sb, Ag, Cr, Fe, Pb ve Zn gibi elementlerin yağmur suyunda daha fazla miktarda içerildiği görülmektedir. Yağışlı döneme ait dere suyu (SD2) ile kurak döneme ait dere suyu (SD5) analiz sonuçları karşılaştırıldığında ise yağışlı dönem dere suyunun NH₄⁺, K, Ca, NO₃⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ ve Cr gibi iyonlarca da zengin olduğu görülmektedir.

Sarma Deresi havzası dere sularındaki bazı iyonlar, yağmur ve kar yağışı etkisiyle Dünya Sağlık Örgütü (3), Amerika Çevre koruma Ajansı (4), İnsanı Tüketim Amaçlı Sular (5) ve Avrupa Birliği (6) içme suyu limit değerlerini (Tablo 2) (örneğin Al, Fe ve Mn iyonlarınca) aşmaktadır. O yüzden, Türkiye'nin Kuzeyinde yaz ve sonbahar mevsimlerinde gerçekleşen kısa süreli yoğun yağışların etkisindeki yüzeysel suların (baraj, göl ve göletlerin) içme amaçlı olarak kullanılanlarının ham sularında arıtma işlemine ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Asit Yağışlarının Karadeniz Bölgesi'ne Etkisi

Günümüzde, sanayide çok çeşitli kimyasal ürünün kullanılması, ısınma ve elektrik enerjisi üret-

Tablo 1: Yağış ve dere suyu örneklerinin ana iyon (mg/l) ve bazı element (ppb) analiz sonuçları.

	SD1 Yağmur suyu (2012)	SD2 Dere suyu (memba) (2012)	SD4 Kar suyu (2013)	SD5 Dere suyu (memba) (2013)
NH ₄ ⁺	0.2	0.05	0.1	-
Na ⁺	2.3	3.7	1.8	4.4
K ⁺	1.2	0.6	0.7	0.1
Ca ₂ ⁺	3.4	18.8	10	15.3
Mg ₂ ⁺	0.4	2.4	0.2	2.2
Cl ⁻	3.0	2.87	1.33	2.2
NO ₃ ⁻	1.45	1.11	0.49	0.2
SO ₄ ²⁻	5.29	8.89	0.71	6.0
HCO ₃ ⁻	9.8	63.4	30.5	54
Al	56.9	27.8	254	105
Sb	0.1	<0.1	0.1	<0.1
As	0.3	0.8	0.2	0.79
Ba	7.1	21.6	45.5	19.6
B	<10	11	<10	11
Cd	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cr	1.66	0.9	1.59	0.77
Co	<0.1	<0.1	<0.1	0.12
Cu	2.38	1.39	8.3	2.72
Fe	87	45	88	147
Pb	1	0.4	1.5	0.77
Li	<5	<5	<5	<5
Mn	4.86	3.95	9.59	11.8
Hg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Ni	0.9	<0.5	1.4	1.34
Se	<1	<1	<1	<1
Si	254	5650	465	6060
Ag	0.024	0.010	0.013	0.23
Ti	<10	<10	<10	<10
U	<0.010	<0.028	0.15	<0.03
V	<1	<1	<1	<1
Zn	15.7	<3	45	6.2

Tablo 2: İçme sularının Dünya Sağlık Örgütü (3), Amerika Çevre Koruma Ajansı (4), İnsani Tüketim Amaçlı Suların (5) ve Avrupa Birliği (6) limit değerleri (mg/l)

İyonlar	İçme Suyu (3)	İçme Suyu (4)	İnsani Tüketim Amaçlı Sular (5)	İçme Suyu (6)
pH	6.5-9.5	6.5-8.5	6.5-9.5	6.5-9.0
Pb	0.01	0.015	0.01	0.01
Cr	0.05	0.1	0.05	0.05
As	0.01	0.01	0.01	0.01
Se	0.04	0.05	0.01	0.01
Cn	0.17	0.2	0.05	0.05
Cd	0.003	0.005	0.005	0.005
Co	X	0.002	X	X
Ag	0.05	0.1	X	X
Sb	0.02	0.006	0.005	0.005
Sn	0.002	X	X	X
Hg	0.006	0.002	0.001	0.001
Fe	0.3	0.3	0.2	0.2
Ni	0.07	X	0.02	0.02
Mn	0.4	0.05	0.05	0.05
Mo	0.07	X	X	X
Cu	2.0	1.3	2.0	2.0
Zn	0.05	5.0	X	X
Al	0.2	0.2	0.2	0.2
Na	200	X	200	200
K	X	X	X	X
Ca	X	X	X	X
Mg	X	X	X	X
Ba	0.7	2.0	X	X
B	2.4	X	1.0	1.0
U	0.03	0.03	X	X
Cl	250	250	250	250
F	1.5	4.0	1.5	1.5
NH ₄	0.2	X	0.5	0.5
SO ₄	500	250	250	250
NO ₃	50	10	50	50
X veri yok				

me işleminde ekonomik olması nedeniyle kömür ve petrol kökenli fosil yakıtlar tercih edilmektedir. Fosil yakıtların yanması sonrasında açığa çıkan kükürt ve azot oksitler atmosferde birikmektedir. Atmosferde biriken bu gazlar, kimyasal dönüşümlerden geçtikten sonra bulutlardaki su damlacıkları tarafından emilmekte. Sülfürik asit ve nitrik asitçe zenginleşen bu damlacıklar, suyun hidrolojik çevrimi sırasında yeryüzüne yağmur ve kar yağışı olarak düşmektedir. Asit yağış olarak da tanımlanan bu tür yağışların pH değerleri 5,6'dan küçüktür (7, 8).

Literatüre göre, pek çok Avrupa ülkesinde (Örneğin Avusturya, Çek Cumhuriyeti, Finlandiya, Fransa, Almanya, Litvanya, Hollanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Rusya, İsveç, İsviçre ve İngiltere'de) son 32 yıllık dönemde gerçekleşen yağışlar asidik karakterlidir (9). Asit yağışları, her ne kadar gelişmiş ülkelerde görülse de tüm dünyayı tehdit eden sorun olmaya devam etmektedir. Bu bilgi, Akçakoca ve yakın çevresine asidik yağış getiren bulutların etkilendiği alanları göstermesi açısından da önemlidir. Akçakoca'ya yağış taşıyan bulutların geliş yönleri (arazide yapılan gözlemlere göre) en çok Sibiryaya tarafından (A yönü - KD'dan), az oranda Avrupa tarafından (B yönü - KB'dan) ve çok az oranda ise Balkanlar (C yönü - Batıdan) tarafından geldiği belirlenmiştir (Şekil 1). Öte yandan, Karadeniz kıyısı boyunca, İstanbul'dan doğuya doğru (Akçakoca'ya kadarki bölgede) hakim rüzgar yönü ve asidik yağışlara karşı cephe oluşturan dağların jeomorfolojik konumu dikkate alındığında, Zonguldak civarındaki bazı sanayi kuruluşlarından kontrolsüz şekilde bırakılan gazların atmosfere salınma ihtimali söz konusu olabilir. Bu durumun bölgede gerçekleşen asidik yağışlara ne oranda katkı vereceği ise tartışmalıdır. İnceleme alanının KD'sundaki Sibiryaya üzerinden gelen ve yağış taşıyan bulutlar, Karadeniz'e paralel uzanan dağları aşmadığı için yörede gerçekleşen yağışların tamamı dağların kuzeyine düşmektedir. Söz konusu yağışların bir kısmı, yörede yer alan baraj, göl ve göletlerde birikir. (10) tarafından "Karadeniz Atmosferinde Eser Element Taşınımı" konusunda yapılan bilimsel araştırmada, günümüzden tam 23 yıl önce, gelecek yıllarda, Batı Karadeniz Bölgesinde görülecek yağışların asidik karakterli



Şekil 2: Çek Cumhuriyeti'ndeki bir ormanda gözlenen asit yağmurunun olumsuz etkisi (Fotoğraf Oliver Strewe).

olacağı ve çevre sorunu yaratacağına dair öngörülerini oldukça ilginçtir.

Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) Genel Müdürlüğü tarafından 1999 yılında başlatılan hava kirliliği ve asit yağmurları konulu araştırma ve inceleme sonucuna göre, Orta Avrupa ve Rusya'dan gelen hava sistemlerinin etkisiyle Karadeniz ormanları asit yağmuruna maruz kalmaktadır. Böyle giderse Amasra (Bartın) ormanları yok olacaktır (11) görüşü yazılı ulusal basında da yer almıştır.

Asit Yağışlarının Olası Diğer Etkileri

Bilindiği gibi, asit yağışları, değişik oranlarda olmak üzere tüm canlıları ve doğal çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Asit yağışlarından en çok ormanlar, göller, akarsular, toprak ve tarım alanları ile tarihi eserler zarar görür.

Asit yağışları, en çok ormanların kuruyup (12) yok olmasına (Şekil 2) ve yüzey sularındaki asit dengesinin bozularak balıkların etkilenmesine neden olur. Asit yağışları, toprağın jeokimyasını etkileyerek topraktaki alüminyum (Al), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) gibi elementlerin taban suyuna taşınmasına neden olur ve böylelikle, toprağın zirai verimi düşer. Asit yağışlarına maruz kalan meyve ve sebzelerin kalitesi de olumsuz yönde etkilenir.

Açık arazide bulunan tarihi eserlerden dolomit veya kireçtaşlarında oyulanlar (Örneğin kaya mezarları, manastırlar vs.) ile inşasında veya dış kaplamasında karbonat (CaCO_3) bileşimli (doğal taş kullanılmış) olan tarihi eserler, heykeller, asit yağışlarından olumsuz yönde etkilenmektedir (Şekil 3) (12). Aynı zamanda, tarihi eserlerin yapımında kullanılmış olan kayalarda (Şekil 4) ve



Şekil 3: George Washington'un heykeline asit yağmurlarının verdiği zarar (Fotoğraf Spencer Platt).

kayaçlardan seçilmesinin tarihi eserin ömrüne olumlu yöndeki etkisi, tarihi yapılarda gözlenebilmektedir. Günümüzde, çevresel etkenler (hava kirliliği, asit yağmuru ve meteorolojik koşullar) karşısında bile varlığını sonsuza kadar sürdürebilecek doğal yapı malzemelerini tarihi eserlerinde onarımında da kullanmak mümkündür. O yüzden, onarımı (restorasyonu) yapılacak tarihi eserlerde veya yapılarda kullanılacak olan yeni doğal taşların, eski doğal taşlarla uyumlu olabilmesi için doğal taşların mineralojisi, petrografisi ve jeokimyasını bilmek gerekir.

Tarihi eserler, olumsuz fiziksel ve biyolojik etkenler ile asidik yağışlardan korun(a)madıkları an, zaman içerisinde aşınıp tahrip olabilmektedir. Asidik yağış etkisinin görüldüğü alanlardaki köprü, han, hamam, cami, kilise, manastır ve kaya mezarları gibi tarihi eserler onarılacağı zaman, bağlayıcı olarak kullanılacak harçla birlikte jips (alçıtaşı) ve tras (puzolan) gibi jeolojik malzemeler de kullanılmalıdır. Tarihi eser onarımında kullanılacak harcın içerisinde ise en çok %1 kadar CaSO_4 (jips), en az %10 kadar SiO_2 (kuvars), en az %15 kadar Al_2O_3 (kil) ve en az %60 kadar CaCO_3 (kalsit tozu veya kireç) katılmalıdır. Aynı zamanda, söz konusu mineralojik bileşim, portland çimentosunun kimyasına uygun mineralojik bileşimi de ifade eder. Bu tür harçlar, Edirne'deki tarihi yapıların onarımında kullanılmıştır (03-05 Mart 2017 Trakya Endüstriyel Hammaddeler Çalıştayı-Edirne, turizm tanıtım gezisi, sözlü bilgi).

Ayrıca, asidik yağış alan bölgelerde meyve, sebze ve bitki üretimi yapılacaksa asidik yağışların olumsuz etkilerinden korunmak için sera kullanımı tercih edilmelidir.

Değerlendirilen Belgeler

- (1) Pehlivan, R., 2016. Sarma Deresi Havzasındaki Yağışın Ayrışma ve Su Kalitesine Etkisi, Düzce, Türkiye, Jeoloji Mühendisliği Dergisi 40 (1) :103-121.
- (2) Pehlivan, R., ve Emre, H., 2017. Potability and Hydrogeochemistry of the Sarma Stream Water, Duzce, Turkey. DOI: 10.1134/S0097807817020117, Water Resources 44 (2) 315–330.
- (3) WHO, 2011. Guidelines for Drinking-Water Quality, Fourth Edition, World Health Organization, 541p, ISBN 978 92 4 154815 , Geneva, Switzerland.
- (4) USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2009. National Primary Drinking Water Regulations, Office of Water, EPA 816-F-09-004, 6p., USA (<http://www.epa.gov/safewater/contaminants/index.html>).
- (5) Resmi Gazete, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Sağlık Bakanlığı, RG 25730, 27s., Ankara.
- (6) European Union, 1998. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption, Official Journal, L330, 32-54.
- (7) Charlson, R. J. ve Rodhe, H., 1982. Factors Controlling the Acidity of Natural Rainwater. Nature, Vol. 95, pp. 683-685.
- (8) İlhan, A.İ., Öz, N., Dündar, C., Kenet, F., ve Balta, T., 2006. Asit Yağmurları Ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Teknik Rapor, 361 s., Ankara.
- (9) Laitha, K., and Jones, J., 2013. Trends in cation, nitrogen, sulfate and hydrogen ion concentrations in precipitation in the United States and Europe from 1978 to 2010: a new look at an old problem, Biogeochemistry 116:303–334.
- (10) Tuncel, G., Balkas, T., Arami, M., Ataman, Y., Olmez, I., Tuncel, S., Hacısalihoğlu, G., Eliyakut, F., Anwari, M., ve Herman, D., 1991. Karadeniz Atmosferinde Eser Element Tasınım, TÜBİTAK, DEBCAG 48 : 1-153.
- (11) İlhan, A.İ., 2010. Karadeniz'de ormanlara asit yağıyor (<http://www.hurriyet.com.tr/karadenizde-ormanlara-asit-yagiyor-15124539>).
- (12) Averill, B.A., Eldredge, P. (2012). Principles of General Chemistry (v. 1.0), Chapter 4 Reactions in Aqueous Solution, <http://2012books.lardbucket.org/>, pp. 402-558.
- (13) Çelik, O.C. (2015) : Tarihi Yapı Onarım ve Güçlendirme Rehberi, 52s., www.master-builders-solutions.basf.com.tr.



29.11.2008 16:03



Neden Jeotermal Enerji? Türkiye İçin Önemi, Hedefler ve Beklentiler

Petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynakları açısından dışa bağımlılığımız, ülkemiz ekonomisinin üzerindeki olumsuz yüklerin en başında gelmektedir. Bu yükün azaltılması, ancak yerli kaynaklardan daha fazla yararlanarak enerji üretilmesine bağlıdır. Son yıllarda enerji üretimi kaynaklarının çeşitlendirilmesi yaklaşımı, öz varlığımız jeotermal kaynaklara olan ilgiyi ve yatırımları artırmıştır. Jeotermal kaynaklardan yararlanılarak yapılan elektrik üretiminin yanı sıra ısıtma, sağlık ve termal turizm, tarımsal kullanımlar gibi uygulamalar yaygınlaşarak, ekonomiye anlamlı düzeyde katkı sağlamaktadırlar.

İbrahim AKKUŞ

Jeoloji Mühendisi

TMMOB JMO Bilimsel Teknik Kurul Jeotermal Üyesi

TMMOB JOM Jeotermal Kaynaklar ve
Doğal Mineralli Sular Komisyonu II. Başkanı

akkusmta@gmail.com

GİRİŞ

Nüfus artışı, sanayileşme ve yaşam standartlarının yükselmesi, Dünya ölçeğinde enerjiye olan talebi her geçen gün artırmaktadır. Ülkeler hem bu talebi karşılayabilmek, hem de tükenbilir olan fosil kaynaklarının maliyetini ve çevre etkilerini de dikkate alarak, enerji politikalarını yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanımına yönelik oluşturmaya

çalışmaktadır. Doğanın kendi döngüsü içinde sürdürülebilirliğini sağlayan yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerji, son yıllarda ülkelerin enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli pay sahibi olmaya başlamıştır.

İhtiyacını yerli kaynaklarıyla karşılayamayan Türkiye, enerji sorununu yoğun biçimde yaşayan, dışa bağımlı ve enerji arzını ithal yoluyla sağlayan bir ülkedir. Dışa bağımlılık oranı da dikkate alındığında, yakın geleceğin de sorunsuz olmayacağı anlaşılmaktadır.

Ülkemizde son yıllarda yenilenebilir kaynaklara olan ilgi ve arayış, olumlu sonuçlarını vermeye başlamış, bu bağlamda jeotermal kaynaklara yapılan yatırımlar hızla artmış, kullanımları yaygınlaşmıştır. Özellikle elektrik üretimi, en hızlı büyüyen sektördür. Bununla beraber, ülkenin sahip olduğu kapasiteye ulaşılması için belirlenecek bir strateji çerçevesinde mevcut sahaların geliştirilmesi, yeni kaynakların bulunmasını sağlayacak en üst düzeyde bilgilerin üretilmesine yönelik geniş perspektifli projeler üretilmesi öncelik taşıyan bir zorunluluktur.

Jeotermal kaynaklarının önemini, günümüzdeki durumunu ve kullanımındaki gelişmelerini sunmayı amaç edinen bu çalışmanın veri tabanı, jeotermal kaynaklarla ilgili faaliyetlerin erişilebilen açık kaynaklı bilgilerine dayanmaktadır. Çalışmanın önemsenen diğer bir amacı, bu bilgiler esas alınarak, ülkenin sahip olduğu jeotermal enerji üretim kapasitesinin gelecekteki hedefine ulaşması için yapılması gereken çalışmaları vurgulamaktır.

Jeotermal Enerjinin Türkiye İçin Önemi

Enerji, toplumların vazgeçilmez bir ihtiyacı, sosyal ve ekonomik olarak gelişmesinin önemli bir aracıdır. Gelişme ve kalkınmaya bağlı olarak ülkemizde her geçen gün artan enerji ihtiyacı, yerli kaynakların yetersizliğinden dolayı ithal yoluyla karşılanmaktadır. Birbirlerini zincirleme etkileyen tüketim ve talep artışı sonucunda, toplam enerjide %72 dışa bağımlılığımızın ekonomiye getirdiği yükün her geçen yıl büyümesi, ülkemiz ekonomisinin en başta gelen sorunları arasında enerjinin yer aldığını somut bir şekilde göstermektedir. Böylesi bir durumda Ülkemiz; dışa bağımlı olmayan

enerji kaynaklarını çeşitlendirmek, geliştirmek, güçlendirmek, üretimini artırmak, kısacası maksimum faydayı üretmek zorundadır. Bu bağlamda; ülkemizin jeolojik zenginliği ve kendi öz varlığımız olan, termal kapasite büyüklüğü, yüksek verimlilik, düşük yatırım maliyeti, yenilenebilir, sürdürülebilir, düzenli, güvenli ve kaliteli, ürünün tümü tüketilen, denetimi ülke kontrolünde olması gibi özelliklere sahip jeotermal kaynaklardan enerji ihtiyacının karşılanmasında yararlanılması büyük önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra olumsuz çevre etkilerinin önlenmesi ve çok düşük seviyelerde olması, başarılı uygulamalarıyla jeotermal enerjiyi ülkemiz için önemli bir enerji kaynağı haline getirmektedir.

Türkiye’de Jeotermal Sektörün Durumu

MTA Genel Müdürlüğü’nün 1960 yılında başlattığı jeolojik araştırmalar ve uluslararası işbirliği projeleri ile sıcak ve mineralli sular envanteri yenileme çalışması, jeotermal enerji araştırmalarının başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Türkiye’de jeotermal aramaların en önemli aktörü olan MTA’nın araştırmalarında 1970-1980 yılları arasındaki süreç, yüksek sıcaklıklı sahaların keşfedildiği bir dönemdir. Aynı zamanda bu dönem, daha sonraki yıllarda yapılan araştırmalara ivme kazandırmanın itici gücüdür. Araştırmaların önemli bir boyut kazandığı 1990’lı yıllarda, potansiyel değerleri yüksek jeotermal kaynaklara yönelik yatırımlar cazip hale gelmiştir. Bu durumu değerlendiren özel teşebbüs ve belediyeler, enerji üretimi ve ısıtma uygulaması yatırımlarıyla süreçte bir dönüm noktası oluşturmuşlardır. Tablo 1, sektörde faaliyet gösteren kamu kurum ve kuruluşları ile yatırımcıların tüm süreci kapsayan arama, araştırma ve geliştirme çalışmaları sonucunda oluşan son durumunu özetlemektedir.

a. Jeotermal Sahaların Dağılımı

Jeotermal alanların araştırılmasına yönelik yapılan jeolojik araştırmalarla belirlenen ve jeolojik yapıdaki çeşitlilik, beslenme ve boşalım koşulları, jeolojik unsurlar ve jeodinamik süreçlere bağlı olarak gelişen jeotermal sistemlerdeki kaynaklar, genç tektonizma ve volkanizma ile çok yakın ilişkili olarak Türkiye’nin her yanına dağılmışlardır (Şekil 1 ve 2). Başka bir ifadeyle, yerküre üzerin-

Tablo 1: Türkiye'nin jeotermal kaynak tablosu

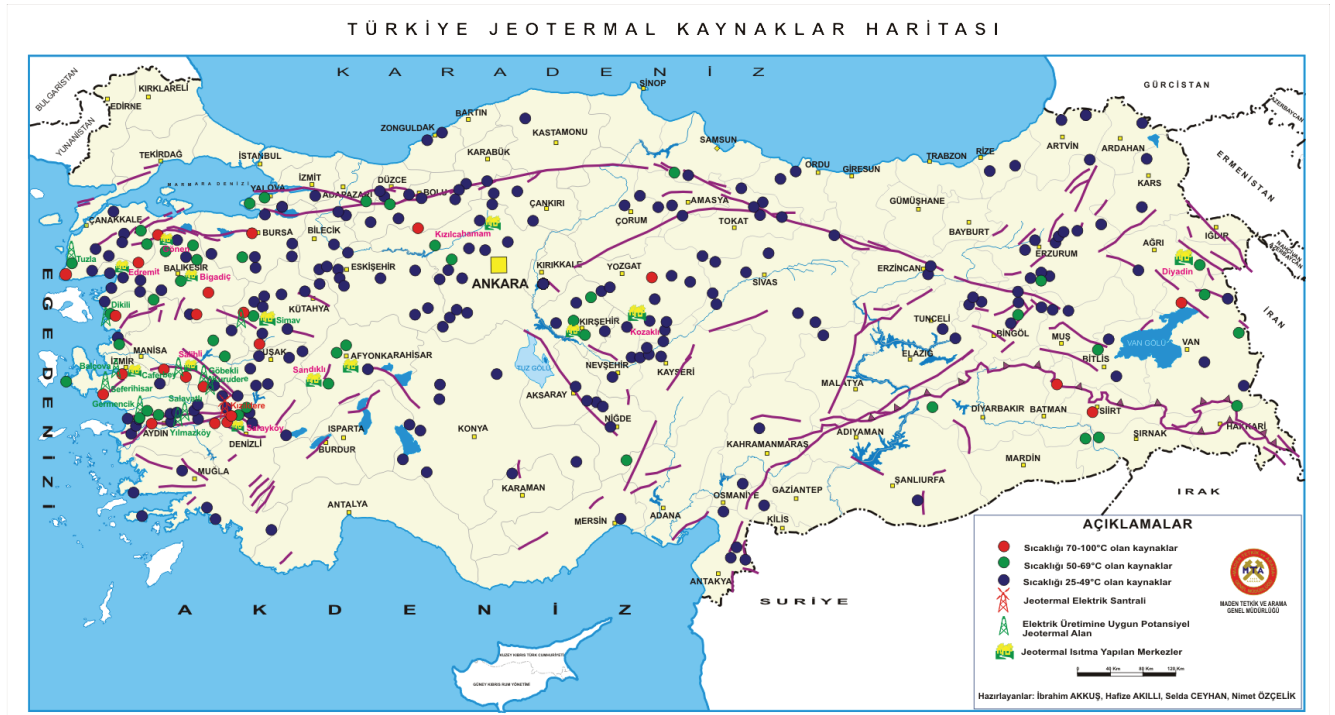
Jeotermal Kaynak Tablosu						
Jeotermal Saha	Saha sayısı Sıcaklığı ($\geq 30^{\circ}\text{C}$)				346	
Doğal çıkış	Kaynak sayısı				600	
Alan dağılımı	Yüksek / Düşük ve orta entalpili alanlar		43/303	% 12 / % 88		
	Elektrik üretimi		43	% 12		
	Isıtma / Termal kullanım		153/135	% 43 / % 45		
Potansiyel	Tahmini teorik potansiyel (MWt)				52700-62000	
	Kullanılabilir potansiyel(MWt)				17000	
Kuyu	Tahmini kuyu sayısı				2200	
Değerlendirme	Doğrudan kullanım	Saha Sayısı	Uygulama	Kurulu Güç	Miktar	
	Merkezi ısıtma	153	18	1033	116.020 K. E.	
	Termal kullanım	135		1005	400 Ad.	
	Sera ısıtması	153		820	4283 Dönüm	
	Termal tesis otel ısıtması	153		420	46.400 K. E	
	Isı pompası	?		42,8		
	Tarımsal kurutma	153	2	1,5		
	TOPLAM			3322,3	369.100 K.E	
	Elektrik Üretimi	Saha Sayısı	Uygulama	Santral	Kurulu Güç	Üretim
		43	19	39	1053	1021,73
CO ₂ Üretimi	Kapasite(ton/yıl)			240.000		

MWt: Megawatt termal

K.E: konut eşdeğeri

de aktif tektonik ve volkanik kuşaklar üzerinde yer alan, buna bağlı olarak tektonik yapısının biçimlendiği ve volkanik etkinliklerin geliştiği Ülkemizi, oldukça zengin jeotermal kaynak varlığına ve bu açıdan ekonomik potansiyele sahip hale getir-

miştir. Türkiye, yüzeye doğal olarak boşalan sıcak su kaynakları (Şekil 2 B, C) ve bazı sahalardaki fümerol çıkışlarıyla (Şekil 2 D) kaynak zenginliği bakımından dünyanın 7. ülkesidir. Sıcaklık alt sınırı 20°C olarak kabul edildiği gözetildiğinde ise,



Şekil 1: Türkiye'nin genç tektonik unsurları ve jeotermal kaynakların dağılımı (1)



Şekil 2. A) Kaynak araştırmalarında jeoloji etüdü



B) Çanakkale-Tuzla sıcak su kaynağı (103,1 °C)

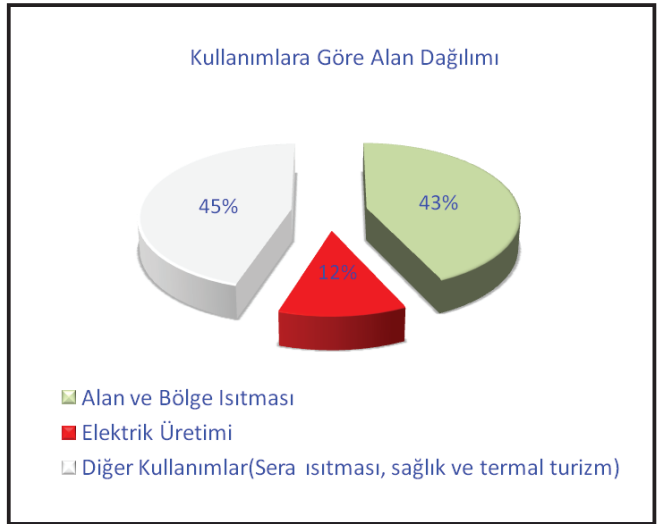


C) Kütahya-Hisarçık Sefaköy sıcak su Kaynağı (44 °C)



D) Denizli-Kızıldere sahası fümerol çıkışı

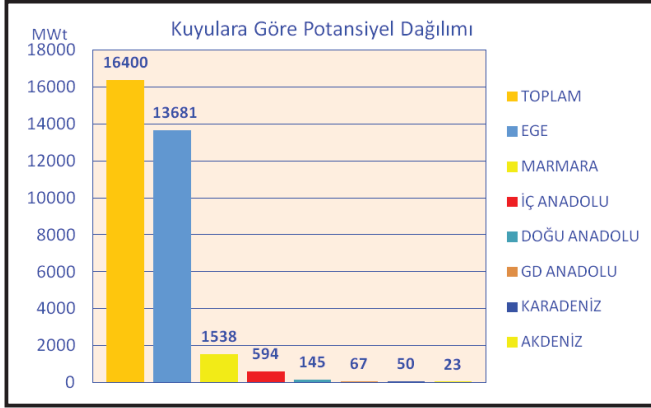
600 kaynak grubuyla Avrupa'da birinci sıradadır. Türkiye, jeotermal sistemlerde yer alan, sıcaklığı 30 °C ve üzerinde olan 346 adet jeotermal sahaya sahip bir ülkedir. Bu rakam delinmiş kuyusu bulunan tanımlanmış sahalarla birlikte doğal kaynakları içermektedir. Bunların dağılımı, doğal kaynak ve kuyu sıcaklık değerleri esasına göre % 88'i düşük ve orta, %12'si sıcaklığı 295 °C a kadar ulaşan yüksek sıcaklıklı sahalar şeklindedir (Tablo 1). Kullanım olanakları dikkate alındığında ise enerji üretimi yapılabilecek alan sayısı 43, oranı %12 dir (Şekil 3). Alan ve bölge ısıtmasında yararlanılabilecek saha sayısı enerji üretilen sahalarla birlikte entegre kullanımla birlikte 153 olup, tüm sahaların %43'ünü oluşturmaktadır. Geriye kalan düşük ve orta sıcaklıkta akışkan içeren %45'lik dilimdeki diğer sahalar, sıcaklık ölçütleri esas alınarak sera, sağlık, termal turizm ve diğer uygulamalardaki kullanımlar için potansiyel alanlardır (Şekil 3).



Şekil 3: Jeotermal alanların kullanım olanaklarına göre dağılımı

Yüksek sıcaklığa sahip jeotermal sistemlerin yer aldığı Batı Anadolu, jeotermal kaynakların yoğun olduğu bir bölgedir ve çok sayıda jeotermal alanı barındırmaktadır. Batı Anadolu'daki yüksek

ısı içeren rezervuarlara sahip bu alanlara karşın, Orta ve Doğu Anadolu'daki alanlar düşük ve orta sıcaklık kategorisindedir. Bunu sırasıyla İç Anadolu, Marmara, Doğu Anadolu, Güney Doğu Anadolu, Karadeniz ve Akdeniz Bölgeleri izler. Bölgelerdeki potansiyel, yerel jeolojik koşullar, kaynak ve açılan kuyu sayısına göre değişmektedir (Şekil 1 ve 4).



Şekil 4: Potansiyelin (MWt) kuyulara göre bölgesel dağılımı

b. Potansiyel Öngörüsü ve Güncel Durum

Türkiye, sahip olduğu jeotermal kaynak potansiyeli ve kullanımda ulaşılan durum itibarıyla Dünya ülkeleri içerisinde ilk sıralardadır. MTA Genel Müdürlüğü'nün öngördüğü ve resmi veri olarak öteden beri kullanılagelen teorik potansiyel 31.500 MWt dir. Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, söz konusu potansiyelin 60.000 MWt düzeyine ulaşabileceği 10. Kalkınma Planı Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu'nda (2) ifade edilmektedir. Bu rapor'da (2) belirtildiğine göre, Türkiye'nin teorik potansiyelini Türkiye Jeotermal Derneği 62.000, Satman 52.700 ve Yılmaz 55.000-60.000 MWt olarak öngörmektedirler. Güncel kullanılabilir kapasite ise 17.000 MWt dır. Bu değer, mevcut tanımlanmış sahalarda açılan kuyular ve yüzeye boşalan doğal kaynaklar içindir. Üretim değerleri ticari gerekçelerle veya kaçak açıldığı için bilgileri gizlenen ve 2200'ün üzerinde olduğu tahmin edilen kuyular da gözetildiğinde kapasitenin çok daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Diğer yandan henüz kuyu açılmayan sahalarda da vardır. Dolayısıyla, delinmiş kuyusu bulunmayan ve henüz geliştirilmemiş sahalarda sondajlı çalış-

maların yapılması ve yenilerinin keşfedilmesiyle, ülkemizin sahip olduğu toplam kapasitenin çok daha yüksek olması beklenmelidir.

c. Elektrik Üretimi İçin Potansiyel Sahalar

Türkiye'de yapılan arama, araştırma çalışmalarının sonuçlarına göre, yüksek sıcaklıkta akışkan içeren rezervuarlara sahip, elektrik üretimine uygun, Çanakkale, Nevşehir ve Niğde illerindeki alanlar dışında kalan tüm sahalarda Batı Anadolu'da yer almaktadır. Aşağıdaki tablo (Tablo 2) sıcaklığı 103-295 °C arasında değişen ve aynı zamanda bazılarının işletmede olduğu elektrik üretimine uygun 43 adet jeotermal sahayı göstermektedir. Sahalardan üretilebilecek elektrik potansiyeli hakkındaki tahminler, kapasitenin 2.000 MW'a ulaşacağını öngörmektedir.

d. Doğrudan Kullanım İçin Potansiyel Sahalar

Alan ve bölge ısıtılması, banyolar, kaplıcalar, spa merkezleri, seralar ve endüstriyel uygulamalar jeotermal enerjinin dorudan kullanım alanlarıdır. Türkiye'de 50 °C üzerinde sıcaklığı olan, alan ve bölge ısıtmasına uygun 110 adet potansiyel jeotermal saha bulunmaktadır. Enerji üretilebilecek sahalardaki entegre kullanım dikkate alındığında toplam saha sayısı 153 olmaktadır (Tablo 3). Ancak bu sahalardan 18 tanesinde şehir-bölge ısıtma sistemi bulunmakta olup yararlanma, henüz çok düşük düzeydedir. Geriye kalan 50 °C den düşük sıcaklıktaki sahalarda ise, neredeyse tamamından kullanımlardaki sıcaklık ölçütlerine göre sağlık ve termal turizm, seracılık, balık çiftlikleri tarımsal kurutma ve ısı pompası gibi diğer uygulamalarda ekonomik olarak yararlanma olanakları bulunmaktadır.

Jeotermal Kaynakların Ekonomik Boyutu

Jeolojik zenginliğimiz olan jeotermal kaynakların ekonomik önemi, öncelikli olarak kendi öz varlığımız olmasından, ikinci olarak da Ülkemizin jeotermal enerji alanında oldukça büyük bir yatırım potansiyeli taşımasından kaynaklanmaktadır. Yenilenebilir ve sürdürülebilir özellikleri, kaynağa yönelik başarılı uygulamalar ve yatırımcı ilgisi,

Tablo 2: Elektrik Üretimine Uygun Potansiyel Jeotermal Sahalar

Saha Adı		Sıcaklık (°C)	Saha Adı		Sıcaklık(°C)
Niğde	Çiftlik-Bozköy	295	Aydın	Germencik-Ömerbeyli(*)	239
Manisa	Alaşehir-Köseali(*)	287		Yılmazköy(*)	192
	Salihli-Caferbey(*)	260		Pamukören(*)	188
	Alaşehir-Kurudere-Alkan(*)	214		Gümüşköy(*)	181
	Alaşehir-Kavaklıdere	188		Köşk-Salavatlı(*)	171
	Salihli-Göbekli	182		Umurlu(*)	155
	Alaşehir-Kemaliye(*)	170		Merkez-Kalfaköy	151
	Sarıgöl-Alemşahlı	125		Hıdırbeyli(*)	146
	Salihli-Kurşunlu	117		Sultanhisar(*)	145
	Kızıldere (*)	242		Bozyurt	140
	Denizli	Sarayköy-Tekkeköy(*)	168	Nazilli-Güzelköy	127
Bölmekaya		147	Atça	124	
Buharkent		144	Kuyucak-Yöre(*)	160	
Karataş		137	Kütahya	Şaphane	181
Sarayköy-Gerali		125		Simav	162
Sarayköy-Tosunlar(*)		103	Çanakkale	Tuzla	174
İzmir	Seferihisar-Cumalı	153		Babadere	126
	Dikili-Hanımınçiftliği	145	Nevşehir	Merkez-Göre	183
	Balçova	145		Merkez-Kepez	124
	Seferihisar-Akyar	141		Derinkuyu-Suvermez	117
Dikili-Kaynarca	130	Afyon	Ömer-Gecek(*)	125	
Balıkesir	Sındırgı-Hisaralan	116			

(*) İşletmede olan sahalar

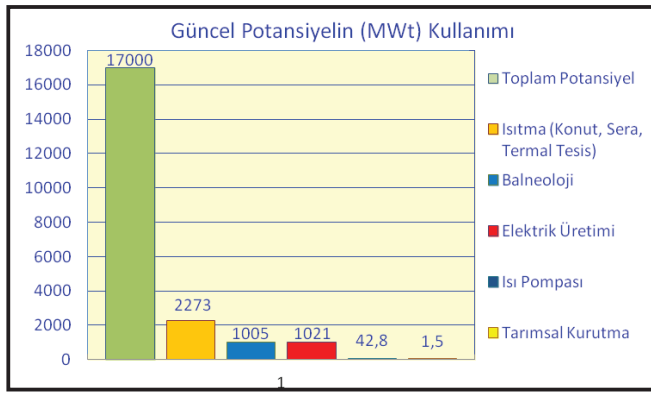
Tablo 3: Isıtmaya uygun potansiyel jeotermal sahalar

İl	Saha Adı	İl	Saha Adı
Afyon	Ömer-Gecek(*), Sandıklı(*), Bozhüyük, Heybeli, Bolvadin, Gazlıgöl, Erkmen, Çobanlar	Balıkesir	Gönen(*), Güre(*), Edremit(*), Bigadiç(*), Derman, Kepekler, Balya, Pamukçu
Kütahya	Gediz, Eynal(*), Naşa(*), Çitgöl(*), Üçbaşı, Şaphane, Dumlupınar, Andız, Demirciköy,	Denizli	Sarayköy(*), Gerali, Bölmekaya, Gölemezli, Karahayıt, Yenicekent, Tekkehamam, Buharkent, Kızıldere
Aydın	Alangüllü, Atça-Yağdere, Gümüş, Pamukören, Ilıcabaşı, Sultanhisar, Germencik, Hıdırbeyli, Kalfaköy, Yılmazköy, Salavatlı, Kuyucak, Güzelköy, İsbeyli, Serçeköy, Ortakçı, Çiftlik, Davutlar, Bozyurt,	İzmir	Balçova(*), Narlıdere*, Dikili(*), Bergama(*), Aliğa, Foça, Çeşme, Güzelhisar, HelvacıSeferihisar, Torbalı
		Manisa	Salihli(*), Alaşehir, Caferbey, Kula, Sarıgöl, Kurşunlu, Saraycık, Urganlı, Kurudere, Göbekli, Menteşe
Çanakkale	Tuzla, Babadere, Bardakçılar, Etili, Hıdırlar, Kestabol	Ankara	Kızılcahamam(*), Çamlıdere, Sincan, Beypazarı, Ayaş, Çağa, Melikşah
Nevşehir	Kozaklı(*), Ortaca, Göre, Suvermez, Kepez	Yozgat	Sorgun(*), Boğazlıyan, Sarıkaya, Yerköy, Akdağmadeni
Van	Şorköy, Hasanabdal, Ayrancılar, Saray	Sakarya	Akyazı-Kuzuluk
Ağrı	Diyadin(*)	Çankırı	Çavundur
Diyarbakır	Çermik	Bingöl	Karlıova
Bolu	Kesenözü, Taşkesti	Erzurum	Pasinler, Hızırilyas
Eskişehir	İsmetpaşa, Şerefiye, Sakarılıca	Bursa	Kaynarca, Tümbüldek
Samsun	Havza	Hatay	Narlıhopur-Deliçay
Sivas	Suşehri-Akçaağıl	Aksaray	Şahinkalesi
Tokat	Sulusaray	Kırşehir	Terme(*), Mahmutlu, Karakurt
Uşak	Banaz-Hamamboğazı	Yalova	Armutlu, Termal
Niğde	Acıgöl, Çiftehan	Rize	Ayder, İkizdere

(*) Isıtma yapılan sahalar

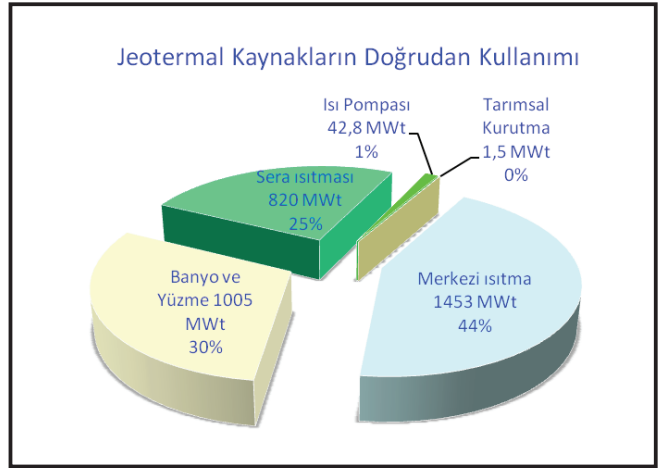
1990'lı yıllardan başlayarak kaynağın kullanımını hızla artırdı, merkezi şehir ısıtma ve termal uygulamalar yaygınlaştı. Jeotermal enerji santrallerine elektrik alım garantisi verilmesi de girişimcilerin hızla bu alana yönelmesini sağladı.

Ülkemizde jeotermal ürünün başlıca tüketim alanları elektrik üretimi, konut, sera, termal tesis ısıtması, termal ve sağlık turizmi, endüstriyel uygulamalar, ısı pompası ve tarımsal kurutmadır. Araştırmalarla kullanılabilir hale getirilen potansiyelden günümüzde birçok alanda yararlanılmaktadır (Şekil 5). Kapasite olarak elektrik üretimi, ısıtma uygulaması ve termal kullanım yoğunluktadır.



Şekil 5: Güncel potansiyelin kullanım alanlarına göre dağılımı

Doğrudan kullanım kapasitesi Kasım 2017 itibariyle 3322,3 MWt dir (3). Bina, şehir, konut,



Şekil 6: Doğrudan kullanım kapasiteleri ve dağılımı

termal tesis vb ısıtma sistemleri %44'lük oran ve 1453 MWt (4) kullanım kapasitesi ile tüketimdeki en büyük paya sahiptir. Sera ısıtması, 820 MWt (3) kapasiteyle kullanımın %25 ini oluşturur. Termal tesis ve Spa'da balneolojik kullanım ise 1005 MWt kapasite ve %30 oranındadır. Meyve ve sebze kurutmanın yapıldığı tarımsal uygulamada 1,5 MWt, jeotermal ısı pompasında 42,8 MWt kapasite kullanılmaktadır(4) (Şekil 6). Bu kullanım kapasitesiyle Türkiye, dünya ülkeleri arasında doğrudan kullanımda ABD, Çin, İsveç ve Almanya'dan sonra dördüncü sırada yerini almıştır (Tablo 4).

a. Alan ve Bölge Isıtması, Tarımsal Kullanım

Jeotermal kaynaktan merkezi ısıtma sistemlerinde ekonomik olarak yararlanılabilmesi, bu sistemle-

Tablo 4: Doğrudan kullanımda Dünya (5) ve Türkiye'nin kapasite değerleri (3(**) ve 4), ülke sıralaması

Uygulama	Dünya	Türkiye	Doğrudan Kullanım	
	Kapasite (MWt)			
Jeotermal ısı pompası	49.898	42,8	1	ABD
Merkezi ısıtma	7.556	1453	2	Çin
Sera ısıtma	1.830	820	3	İsveç
Su ürün. Hav. ısıt.	695	?	4	Türkiye
Tarımsal kurutma	161	1,5	5	Almanya
Endüstriyel kul.	610	?		
Banyo ve yüzme	9.140	1005		
Soğutma/Kar erit.	360	-		
Diğer	79	-		
Toplam	70.329	3.322,3		



Şekil 7 A: Afyon şehir ısıtması (AFJET'ten alınmıştır)



Şekil 7- B) Ağrı-Diyadin jeotermal sahasında sera uygulaması (7)



Şekil 7- C) Şanlıurfa-Karaali sahasında sera uygulaması

rin kaynağa uzak olmayan yerleşim yerlerinde kurulmasını gerektirir. Türkiye’de bu alanda gerçekleştirilen oldukça başarılı projelerle ekonomik uygulama yapılan 18 yerleşim birimindeki ısıtma sistemlerinde 116.020 konut eşdeğeri merkezi ısıtma yapılmaktadır (6) (Tablo 5). Merkezi ısıtma uygulamaları Türkiye’de jeotermal enerjinin değerlendirilmesi bakımından özel bir yere sahiptir. Ömer-Gecek sahasından üretilen akışkandan Afyon şehir merkezi ısıtmasında yararlanılması, bu uygulamanın ekonomik örneklerinden biridir (Şekil 7 A). Türkiye’nin enerji sorununun çözümüne anlamlı düzeyde katkı yapacağı öngörülen ısıtma uygulamasının, döviz tasarrufu sağlamanın yanı sıra hava kirliliğini önlemesi bakımından da önemli katkısının olduğu tartışılmazdır.

Jeotermal enerjinin tarımsal amaçlı kullanımı konusunda seracılık ön sırada yer almaktadır (Şekil 7 B, C). Sera ısıtmasındaki toplam kapasite 4.283 dönümdür (3) (Tablo 6). Son yıllarda önemli bir

gelişme gösteren ısıtılan konut sayısı ve sera miktarlarına sürekli yeni değerler eklenmektedir (Şekil 7 A, B, C). Ağrı-Diyadin (7, 8) (Şekil 7 B), Van-Çaldıran ve Şanlıurfa Karaali (Şekil 7-C) jeotermal sahaslarındaki sera uygulamaları, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin koşulları göz önüne alındığında, hem sözü edilen bölge illerinin ekonomisine katkı sağlamakta, hem de bu yörede yaşayanlar için önemli bir istihdam alanı oluşturmaktadır. Öte yandan kış aylarında dış ortam ısısının eksi 40-46 °C’a kadar düştüğü Ağrı-Diyadin, Van-Çaldıran sahaslarında bu uygulamanın yapılabilir olması, bölgeye yatırım yapmakta çekinceli davranan yatırımcıların yeniden değerlendirme yapmalarına yol açacaktır. Verilen bu örneklerin dışında, giderek yaygınlaşan diğer sahalardaki uygulamalarla, jeotermal enerjiyle ısıtılan seralarda yetiştirilen ürünler, yurt içinde tüketildiği gibi, ihraç edilerek döviz getirisi de sağlanmaktadır.

Tablo 5: Merkezi Isıtma Uygulamaları ve Isıtılan Eşdeğer Konut Sayısı(6).

Alan Adı	Sıcaklık °C	Konut Sayısı	Alan Adı	Sıcaklık °C	Konut Sayısı
Balıkesir-Gönen	80	3.400	İzmir-Dikili	125	1.500
Kütahya-Simav	120	14.500	Nevşehir-Kozaklı	92	3.000
Ankara-Kızılcahamam	80	2700	Ağrı-Diyadin	70	570
İzmir-Balçova-Narlıdere	98-125	35.000	Manisa-Salihli	94	9.000
Afyon-Sandıklı	70	11.000	Denizli-Sarayköy	140	2.300
Kırşehir-Terme	57	1.600	Balıkesir-Edremit	60	5.000
Afyon-Ömer-Gecek	95	24.950	Balıkesir-Bigadiç	96	1.500
Balıkesir-Güre	65	850	Yozgat-Sorgun	80	1.500
Sındırgı	98	2.300	İzmir-Bergama	65	450
TOPLAM					116020

Kaynak(7)

Tablo 6: Sera Isıtma Uygulamaları ve Isıtılan Sera Miktarı

Alan Adı	Miktarı (Dönüm)
İzmir-Dikili, Bergama	1.200
Manisa-Salihli, Urganlı	305
Kütahya-Simav	310
Denizli-Kızıldere-Tosunlar	200
Şanlıurfa-Karaali	474
İzmir-Balçova	200
Diğerleri	1594
TOPLAM	4283

b. Elektrik Üretimi

Jeotermal kaynak kullanımında 2010-2017 yılları arasında en büyük gelişme, jeotermal elektrik üretiminde görülmektedir (Şekil 8). Türkiye, uzun bir süre 15 MWe düzeyinde sabit kalan fiili üretim kapasitesini son yıllarda yapılan yatırımlarla geliştirerek, jeotermal enerjide dünyada en hızlı büyüyen ülke oldu. Kasım 2017 itibarıyla ulaştığı 1053,1 MWe kurulu güç ile dünya sıralamasında Meksika, İtalya ve Yeni Zelanda'yı geride bırakarak dünya dördüncülüğüne yükseldi (Tablo 7).

Son 5 yılda 5 kat büyüyen jeotermal kaynaklı elektrik üretim sektörü, 10. Kalkınma Planı'nda 2018 yılı hedefi olarak öngörülen 750 MW'ı (2) çoktan aşarak 1021,7 MW üretime ulaşmıştır (Şekil 8-A, Tablo 8). Lisanslanmış ve kurulumu devam eden ve 3 yıl içerisinde tamamlanma-

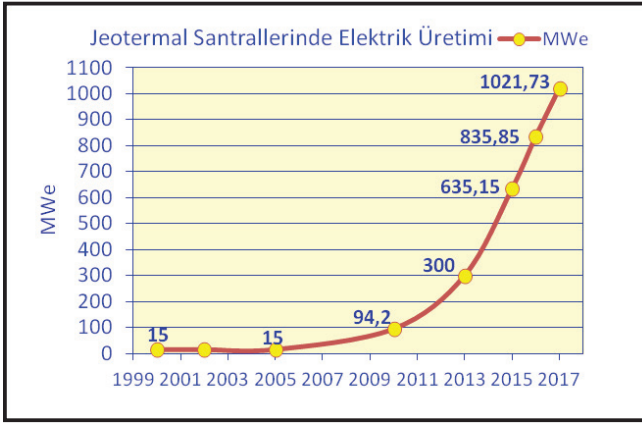
Tablo 7: Dünyada jeotermal kaynaklardan elektrik üreten ülkeler sıralaması ((9)'dan değiştirilerek)

Elektrik Üretiminde İlk 10 Ülke Sıralaması (Bertani, 2015 ⁽²⁾ ten değiştirilerek)		
	Ülke	MWe
1	ABD	3567
2	Filipinler	1868
3	Endonezya	1699
4	Türkiye	1021,7
5	Y. Zelanda	980
6	İtalya	944
7	Meksika	926
8	Kenya	676
9	İzlanda	665
10	Japonya	542

sı hedeflenen santraller devreye alındığında ise toplamda 1.750 MW elektrik üretilmesi beklenmektedir (Şekil 8-B). Elektrik üretilen bazı alanlardaki akışkandan, entegre kullanım ile konut ve sera ısıtımında da yararlanılmaktadır (Şekil 9).

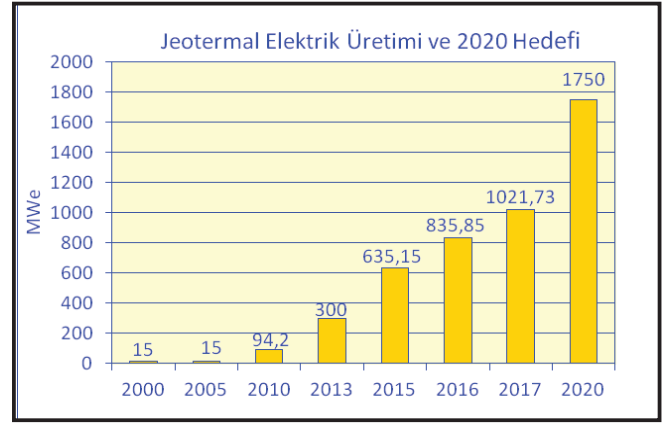
c. Termal Kullanım ve Diğer Uygulamalar

Fiziksel, kimyasal ve şifa özellikleri, ulaşımı kolay coğrafi konumları itibarıyla üstün nitelikler taşıyan ve öteden beri klasik kaplıca anlayışıyla yararlanılan termal sular, günümüzde gelişmiş ülkelerin standartlarına ulaşan, yerli ve yabancı turistlerce tercih edilen modern tesislerde de hizmete sunulmaktadır (Şekil 10). İzmir-Balçova'daki tesisler,



Şekil 8-A) Jeotermal kaynaktan enerji üretiminin yıllara göre gelişimi

akredite olan ve gelişmiş ülkeler standardındaki ilk örnektir. Son yıllardaki gelişmeyle çok sayıda termal tesis, 5 yıldızlı otel kalitesinde hizmet vermeye başlamışlardır (Tablo 9). Termal turizm yatırımlarında son 2 yılda kaydedilen artış oranı



Şekil 8- B) Elektrik üretiminde 2020 hedefi

%20 dir. Balneolojik amaçlı kullanımlarda 400 kaplıca ve termal tesisten yılda 16 milyon yerli ve 10.000 yabancı turist yararlanmaktadır (4).

Kimyasal madde üretimi (sıvı karbondioksit),

Tablo 8: Elektrik Üretilen Alanlar ve İşletme Kapasiteleri

İl / İlçe	Saha Adı	Firma	İşletme Kapasitesi
Denizli/Sarayköy	Kızıldere	Zorlu Elek.	194,5
		Bereket Enerji	6,85
	Tekkeköy	Greeneco Enerji	51,2
	Tosunlar	Akça	3,807
Manisa/Alaşehir	Kurudere-Alkan	Zorlu Elek.	45
		Türkerler Jeot.	48
	Kemaliye	Enerjeo	24,9
	Alaşehir	Sis Enerji	23,52
		Maspo Enerji	10
Manisa/Salihli	Caferbey	Sanko	15
Aydın/Germencik	Ömerbeyli	Gürmat Elek.	162,4
	Hıdırbeyli/ Bozköy	Kipaş Holding	150,6
	Turanlar	Beştepeler Enj.	24
	Gümüşköy	Gümüşköy Jeot.	13,2
Aydın/ Kuyucak	Yöre	Turcas	18
	Pamukören	Çelikler Jeot.	112,55
Aydın/Sultanhisar	Sultanhisar		7,5
		Menderes Geot.	7,951
Aydın/ Köşk	Salavatlı		60,5
	Umurlu	Karkey	24
Çanakkale/Ayvacık	Tuzla	Tuzla Jeot.	7,5
	Babadere	MTN Enj.	8
Afyon	Ömer-Gecek	AFJET	2,755
Toplam Kurulu Güç	1053,1	Toplam Üretim	1021,73



Şekil 9: Aydın-Germencik Ömerbeyli sahasında entegre kullanım-Elektrik üretimi ve sera ısıtması, (Gürmat'tan alınmıştır)



Şekil 10: Denizli-Tekkehamam sahasındaki modern termal tesis

kuru buz, deri işleme, tarımsal kurutma, ısı pompası, jeotermal kaynağın diğer tüketim alanlarıdır. Denizli-Kızıldere sahasında sıvı CO₂ ve kuru buz üretimi gerçekleştirilmektedir. Aydın-Salavatlı sahası yan ürün olarak CO₂ üretimi yapılan diğer jeotermal alandır (Şekil 11). Ülkemizin yıllık CO₂ üretim kapasitesi 240.000 tondur (3).

Tarımsal kurutma henüz yaygınlaşmamış olup, Afyon, Kızılcahamam ve Kırşehir'de toplam 1,5 MWt kapasitede uygulanmaktadır. Sıcaklığı 5 ile 30°C arasında değişen yüzey ve yeraltı suyunu



Şekil 11: Kızıldere sahasında yan ürün olarak CO₂ üretimi

kullanan, ısıtma ve soğutmayı bir arada sağlayan ısı pompalarının Ülkemizdeki kapasitesi 42,8 MWt ile %1 düzeyindedir (4). İstanbul ve Ankara'daki alışveriş merkezlerindeki uygulamalar dışında ülkenin değişik yörelerinde alışveriş merkezi, show-room, villa vb mekanların ısıtma ve soğutma ihtiyacı ısı pompası uygulamasıyla karşılanmaktadır.

Araştırma ve geliştirme çalışmaları sonucunda ortaya çıkarılan potansiyelin değerlendirilmesin-

Tablo 9: Yüksek Hizmet Standardına Sahip Termal Tesisler

Termal Tesislerin Bulunduğu Sahalar		
İzmir-Balçova	Balıkesir-Edremit-Güre	Ankara-Ayaş
Afyon-Merkez	Balıkesir-Hisaralan	Ankara-Kızılcahamam
Afyon-Sandıklı	Sivas-Sıcakçermik	Ankara-Haymana
Nevşehir-Kozaklı	Gaziantep-Durantaş	Sakarya-Akyazı
Denizli-Tekkehamam	Hatay	Kütahya-Harlek
Kütahya-Gediz	Kütahya-Emet	Kırşehir-Terme

de jeotermal kaynakların Türkiye'deki son durumu, Tablo 10 da özetlenmiştir.

Hedefler ve Beklentiler

Enerji kaynaklarının ihtiyacı karşılamadaki kapasitesinin yetersizliği nedeniyle Ülkemiz, alışlagelmiş enerji kaynaklarının yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirerek toplumun hizmetine sunmak ve daha fazla yararlanılmasını sağlamak durumundadır. Bu bağlamda jeotermal enerji, kapasite büyüklüğü, kullanım olanakları, ekonomikliği, çevreye olan olumsuz etkilerinin önlenabilirliği gibi ölçütlerle, önemli bir yerli ve yenilenebilir enerji kaynağıdır. Ülkenin her yanında yaygın jeotermal sistemlerde, enerji üretimi ve doğrudan kullanımlar olmak üzere değişik amaçlı yararlanmalara uygun sahalara keşfedilmiştir. Ancak aramalarda, 1990'lı yıllara kadar daha

ziyade sıcak su kaynakları gibi en güçlü yüzey belirteçlerinin olduğu alanlar seçilmiştir. Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse, bu tür projelendirme anlayışıyla araştırmalar, sıcak su kaynaklarını içeren alanlarla sınırlı kalmıştır. Daha sonraki yıllarda yüzeyde izleri belirgin olmayan ancak potansiyel taşıma olasılığı güçlü alanlara da yönelerek başarılı sonuçlar alınmıştır. Kütahya-Şaphane-Karacaderbent, Kütahya-Şaphane-Üçbaş, Şanlıurfa-Karaali, Ankara-Beypazarı sahalara gibi araştırmacıları cesaretlendiren örnekler, saklı sistemlerin de aranmasına, araştırılmasına birer örnek olmuştur.

Jeotermal kaynak, keşfi yapıldıktan sonra gelişen teknolojiyle potansiyeli arttırılabilecek bir kaynaktır. Bu olgu, geliştirme çalışmalarının gerekliliğini başka bir şekilde ifade eder. Dolayısıyla mevcut

Tablo 10: Jeotermal kaynakların değerlendirilmesi (Kaynak: (*)6, (**)4 (***)3)

Elektrik üretimi	1021,7	MWe
Merkezi ısıtma (Şehir, Konut)	116.020(*)	Konut Eşdeğeri(1033 MWt)
Kaplıca, termal oteller, devre mülk tesislerinin ısıtılması	46.400(**)	Konut Eşdeğeri(420 MWt)
Sera ısıtması	4283	Dönüm (820 MWt)
Jeotermal ısı pompası	42,8(**)	MWt
Tarımsal kurutma	1,5(**)	MWt
Toplam jeotermal ısı kullanımı	3322,3(**)	MWt (369.000 konut eşdeğeri)
Kaplıca, termal tesis ve spada balneolojik kullanım	400(**)	Adet (1005 MWt) (Yılda 18,5 Milyon Kişi)
Karbondioksit üretimi	240.000(**)	Ton/Yıl

(Kaynak: (**)(3), (*) (6))

sahaların geliştirilmesi yanında, yeni kaynakların bulunmasını sağlayacak bilimsel, teknik nitelikleri taşıyan ve en üst düzeyde bilgilerin üretildiği, geniş perspektifli, uzun vadeli projeler üretilip, uluslararası normlar ve gelişen teknolojiler de kullanılarak yeni sahaların keşfedilmesi öncelik taşımaktadır. Araştırma ve geliştirme çalışmalarına önem verilmesi gereken diğer bir alan, geliştirilmiş jeotermal sistemler (EGS, Enhanced Geothermal System) ve kızgın kuru kaya (HDR, Hot Dry Rock) dir. Bu arada sözü edilen çalışmalarla Ülke kaynaklarının gerçek kapasitesini belirlemek hedefine ulaşılmasının, aramacılık faaliyetlerinde yaşanan sorunlara çözüm üretilmesi, parasal kaynaklarla desteklenmesi ve güçlendirilmesiyle mümkün olabileceğini de özellikle belirtmek gerekir (10).

Ülkemiz jeotermal kapasitesine ilişkin çalışmalarda araştırmacıların öngördüğü teorik potansiyel dikkate alındığında, kaynağın günümüzdeki kullanılabilir kapasitesi, öngörülenin çok uzağında. Bunun diğer bir nedeni, yukarıda ifade edilen araştırma tercihinin yanında, her fırsatta dile getirildiği gibi açılan kuyu sayısının yetersizliğidir. Enerji üretilen sahaların dışında çoğu alanda, henüz rezervuara ilişkin parametreleri belirleyecek, kapasiteyi ortaya koyabilecek ve ekonomik kullanıma temel oluşturacak yeterlikte kuyu açılmamıştır. Dahası henüz hiç kuyu açılmamış potansiyel sahalar bulunmaktadır. Saha sayısına göre, tahmin edilen toplam kuyu sayısı gözetilerek yapılan oranlamada her sahaya düşen 6,5 sondaj sayısı, gelişmiş ülkelerdeki değerin çok altındadır. Bunun en belirleyici nedeni kuyu maliyetleridir. Bu konuda önemli bir gelişme, Türkiye Kalkınma Bankası ile Dünya Bankası arasında jeotermal enerji yatırımlarının teşvikine yönelik 2016 yılında hibe ve kredi anlaşmasının imzalanmasıdır (11). Hibe anlaşması çerçevesinde Kalkınma Bankası'nda oluşturulan Risk Paylaşım Mekanizmasıyla sektördeki yatırımcılar için önemli risk içeren ilk evre arama ve doğrulama kuyu açma maliyet risklerinin paylaşılması amaçlanmaktadır. Bu kaynak ile jeotermal projeleri için; kapasite geliştirme/üretim sondaj aşaması ve buhar toplama ve güç tesisi inşa aşamaları için finansman sağlanacaktır. Uygulama maliyetini düşürerek yatırımcıyı rahatlatmasının yanında, potansiyelin

belirlenmesine de katkı sağlayacaktır. Özetle jeotermal enerji sektöründe temel hedef, keşfedilmiş sahaların geliştirilmesi yanında gelişen teknolojiler kullanılarak yeni sahaların keşfedilmesi, geliştirilmiş jeotermal sistem araştırma çalışmalarının yoğunlaştırılmasıdır. Böylece önemli bir enerji kaynağının ülke düzeyinde kapasitesi ve sahaların işletilebilir potansiyeli belirlenebilecek, yapılacak yatırımlarla enerji sorununa ve ekonomiye katkısı, hak ettiği düzeye ulaşacaktır.

Ülkemiz enerji stratejisinde jeotermal kaynaklara ilişkin süreçlerin doğru yönetilmesi için herhangi bir stratejik hedefimiz bulunmamaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca katılımcı bir anlayışla hazırlanacak "Jeotermal Kaynaklar Ulusal Stratejisi", gerek kamu gerekse de özel sektörün yapacağı orta ve uzun dönem projeksiyonlarının bu yapılanma çerçevesinde yürütülmesini sağlayacak, toplumsal faydanın artırılmasına yönelik bir beklentiyi karşılayacaktır (10). Bu aynı zamanda sektörün, jeotermal kaynaklardan en ekonomik ve en verimli bir biçimde yararlanmada, yeni teknikler veya geliştirilmiş yeni teknolojileri kullanmak ve geliştirmek, elektrik üretim projelerinde entegre kullanımlara yönlendirmeler yapmak, düşük kapasiteli jeotermal elektrik santralleri kurmak, jeotermal kullanımlarda açığa çıkan CO₂ ve diğer gazları değerlendirmek gibi bir dizi hedefin gerçekleştirilmesine de olanak sağlayacaktır.

Teşekkür

Yazar, değerlendirmeleri ve düzeltmeleri ile makaleye katkıda bulunan derginin editörü Sayın Prof. Dr. Halil Gürsoy'a, yazıda kullanılan fotoğraflar için Sayın Prof. Dr. Şakir Şimşek'e, Gürmat Genel Müdürü Sayın Ali Karaduman'a, AFJET Genel Müdürü Sayın Dr. Yusuf Ulutürk'e, Diyardin Jeotermal Turizm Seracılık ve Ticaret A.Ş.'ne içtenlikle teşekkür eder.

DEĞİNİLEN BELGELER

(1)MTA Genel Müdürlüğü. Türkiye Jeotermal Kaynaklar Envanteri. Envanter Serisi-201. 2005, Ankara

- (2)T.C. Kalkınma Bakanlığı 10. Kalkınma Planı (2014-2018) Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu. S. 63. 2015 Ankara
- (3)Başarı, N., 2017. Türkiye’de ve Dünyada Jeotermal Gelişmeler ve Son Durum. JMO Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineraller Komisyonuna Yapılan Sunum. Mart 2017
- (4)Mertoğlu, O., Şimşek, Ş., Başarı, N. 2015, Geothermal Country Update Report of Turkey (2010-2015) Proceedings World Geothermal Congress 2015. Melbourne, Australia, 19-25 April 2015
- (5)Lund J. W. and Boyd T. L., 2015. Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review. Proceedings World Geothermal Congress 2015. Melbourne, Australia, 19-25 April 2015
- (6)Türkiye’nin Jeotermal Isıtma Potansiyeli ve Yeni Bir Finans Modeli Projesi Dokümanı. Jeotermal Kaynaklı Belediyeler Birliği. Kasım 2017
- (7)diyadinjeotermal.com.tr (Erişim tarihi 14.12.2017)
- (8)Kaya, F., 2015. Diyardin (Ağrı) ilçesinde jeotermal seracılık, The Journal of Academic Social Sciences Studies, International Journal of Social Sciences, 37, 21-38.
- (9)Bertani, R., 2015. Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report Proceedings World Geothermal Congress 2015.
- (10) Akkuş, İ., Alan H., 2016. Türkiye’nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar ve Öneriler Raporu. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No: 123, Şubat 2016 Ankara
- (11) Türkiye Kalkınma Bankası web sayfası (Erişim tarihi 14.12.2017)



Mavi Gezegem



**TMMOB
JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**

Meşrutiyet Cad. Hatay Sokak No. 21 Kocatepe/ANKARA
Tel: (+90) 312 432 30 85 Faks:(+90) 312 434 23 88
www. jmo.org.tr e-posta: jmo@jmo.org.tr