TÜRKİYE'DE JEOTERMAL KAYNAKLARIN KULLANIMI VE JEOTERMAL ENERJİ SANTRALLERİ GERÇEĞİ

Ali Burak Yener[1]

1. GİRİŞ

Dünya enerji kaynakları, yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır. Petrol, kömür, doğal gaz ve nükleer enerji, "Yenilenemeyen enerji kaynakları"dır. "Yenilenebilir enerji" ise, doğal çevreden sürekli veya tekrarlamalı olarak ulaşılan kaynaklardan elde edilen ve sürdürülebilirliği olan enerji olarak tanımlanmakta olup, güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, dalga enerjisi gibi doğada kendiliğinden var olan kaynaklardan elde edilmektedir. Tüm yenilenebilir enerjilerin ortak özellikleri; çevreye dost, sürdürülebilir ve yerli kaynaklardan elde edilebilir olmasıdır. Dünyada petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıt rezervlerinin hızlı bir şekilde tükenmesi, nüfusun hızla artması ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte jeotermal enerji de dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynakları daha da önem kazanmaktadır.

Enerji ihtiyacına yönelik olarak dünyaya koşut, ülkemizde de yaşanan bu süreçte, ne yazık ki, uygulanan yanlış teşvik politikaları sonucu kâr hırsı ile jeotermal kaynak alanlarında aşırı üretim yapılmakta, bunun sonucunda rezervuar bütünlüğü ve işletmelerin sürdürülebilirliği önemli ölçüde tehlikeye düşmekte, kaynaklar üzerinde aşırı baskı oluşmakta ve jeotermal kaynaklarımız hızla tüketilmektedir. Ayrıca, ülkemizdeki jeotermal kaynakların kullanımına yönelik yasal ve kurumsal tüzük ve yönetmeliklerin karmaşık, eksikli ve sorunlu olması nedeniyle, mevcut işletmelerin büyük bir bölümü geri dönüşü olmayan çevre zararlarına yol açmaktadır. Aydın, Manisa, Denizli, İzmir, Çanakkale, Afyon, Van, Elazığ, Bolu dâhil jeotermal sistem üzerinde kurulu birçok ilimiz, kontrolsüz ve denetimsiz jeotermal enerji yatırımları tehdidiyle karşı karşıyadır.

[1] Dr., Jeoloji Yüksek Mühendisi, (DSİ Gn. Md. Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı – Emekli) - *abyener@yahoo.com*

Yasal düzenlemelerin yetersizliği, kapsamlı ve etkin denetim mekanizma ve uygulamalarının bulunmaması, bazı özel sektör yatırımcılarının daha çok kazanç ede etme tutkusu ile bilim ve teknik dışı uygulamalara yönelmesi, kamu yönetiminin de etkin bir müdahalede bulunmaması nedeniyle, sektörde birçok uygulama, sosyal hayata ve çevreye zarar veren bir sürece evrilmiştir. Sorunların yadsınamaz boyutlara gelmesi sonucunda, başta TMMOB olmak üzere birçok demokratik kitle örgütü, Türkiye Bilimler Akademisi TÜBA ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı kapsamlı araştırmalar yapmış, çalıştaylar düzenlemiş ve raporlar hazırlayarak çözüm yolları aranmıştır. "Büyük Menderes Havzasında Jeotermal Enerji Santralleri Gerçeği ve Aydın İlinde Kurulu JES'lerin Çevresel Etkileri" konulu kapsamlı TMMOB Raporu [1], TÜBA tarafından hazırlanan" Jeotermal Enerji Teknolojileri Raporu" [2], Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığının hazırladığı "Türkiye'de Jeotermal Kaynakların Kümülatif Etki Değerlendirme Raporu" [3] sorunun boyutlarını ortaya koyan başlıca çalışmalardır.

2. JEOTERMAL KAYNAKLARIN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Jeotermal, Yunanca geo (yer) ve therme (ısı) sözcüklerinden türemiş olup, yer ısısı anlamına gelmektedir.

Jeotermal kaynak ise, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazlardır.

Jeotermal Sistem; biri değiştiğinde ötekilerde de değişikliğe neden olacak şekilde etkileşimli bir bütünsellik içinde yer alan ısı kaynağı, ısı taşıyan akışkan, bunun dolaşıp biriktiği kaya ortamı, basınç ve sıcaklık koşulları, kimyasal bileşenler, bunların beslenme ve boşalma cepheleri ile benzerlerinin tümünü tanımlayan ve doğal yollarla birbirleri ile bağ oluşturan sistemdir (Şekil 1) [4].

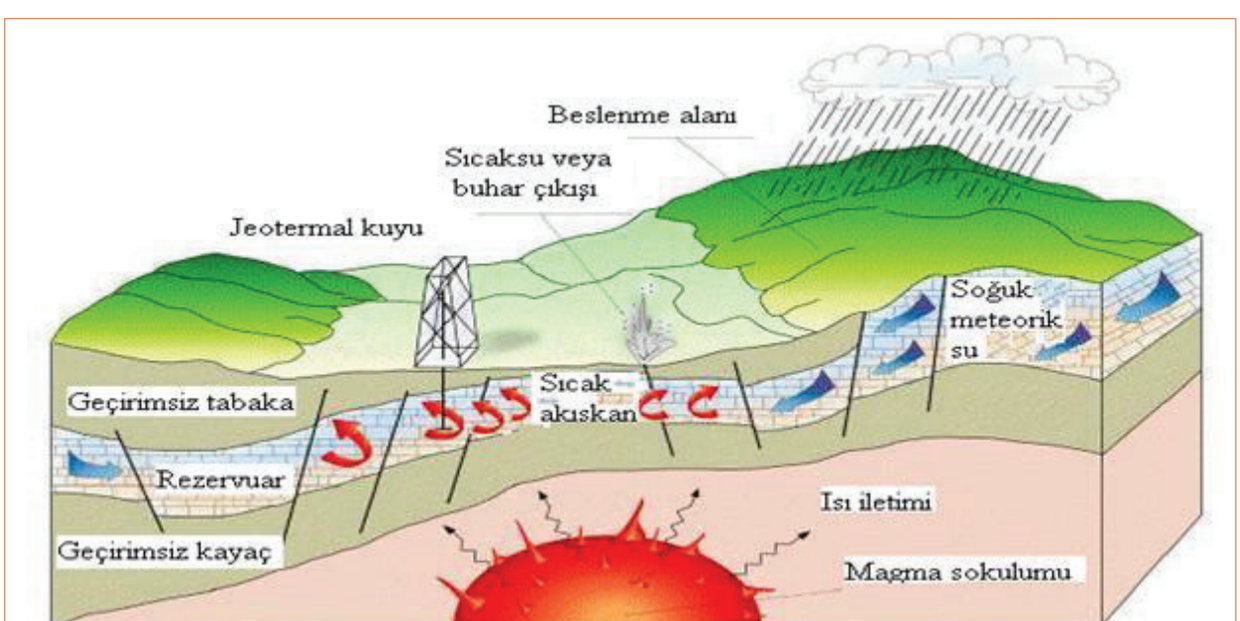
Jeotermal sistemler fiziksel yapı olarak üç grupta incelenmektedir.

- Sıvı etkin sistemler: Bu sistemde rezervuardaki akışkan sıvı haldedir.
- İki fazlı akışkan etkin sistemler: Bu sistemde rezervuarda su ve su baharı beraber bulunur.
- Buhar etkin sistemler: Bu sistemde rezervuarda kızgın buhar bulunmaktadır.

Akışkan sıcaklıklarına göre jeotermal sistemler üç sınıfa ayrılmaktadır.

- Düşük entalpili sahalar (20-70°C sıcaklık)
- Orta entalpili sahalar (70-150°C sıcaklık)
- Yüksek entalpili sahalar (>150°C sıcaklık).

Günümüz teknolojik ve ekonomik koşulları altında jeotermal akışkanın sıcaklık değerlerine göre jeotermal kaynakların kullanım alanları; yüksek entalpili sahalarda elektrik üretimi, orta entalpili sahalarda çeşitli kurutma işlemleri, kent ve sera ısıtmacılığı, tarım ve sanayideki çe-



Şekil 1. İdeal Bir Jeotermal Sistemin Şematik Gösterimi [4]

Tablo1. Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanma Yerleri, LINDAL DİYAGRAMI

	°C		
DOYMUŞ BUHAR	200		Elektrik Enerjisi Üretimi
	180	Yüksek yoğunluklu çözeltinin buharlaşması, Amonyum emilimi ile soğutma	
	170	Hidrojen sülfit yolu ile ağırsu eldesi, diatomitlerin kurutulması	
	160	Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması	
	150	Bayer's yolu ile alüminyum eldesi	
	140	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (Konservecilikte)	
	130	Şeker endüstrisi, tuz eldesi	
SICAK SU	120	Temiz su eldesi, tuzluluk oranının arttırılması	
	110	Çimento kurutulması	
	100	Organik madde kurutma (Yosun, et, sebze vb.), yün yıkama	Isıtma
	90	Balık kurutma	
	80	Ev ve sera ısıtma	
	70	Soğutma	
	60	Kümes ve ahır ısıtma	
	50	Mantar yetiştirme, Balneolojik banyolar (Kaplıca Tedavisi)	
	40	Toprak ısıtma, kent ısıtması (Alt sınır) sağlık tesisleri	
	30	Yüzme havuzları, fermantasyon, damıtma, sağlık tesisleri	
	20	Balık çiftlikleri	

şitli kullanımlar, düşük entalpili sahalarda ise yüzme havuzları, balneolojik banyolar (kaplıcalar) ve balık çiftlikleri gibi tesisler şeklinde sıralanabilir. Son yıllarda orta entalpili sahalardaki akışkanlardan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur (Tablo 1).

Jeotermal enerji yenilenebilir ve doğru kullanıldığında çevreye en az zarar veren enerji kaynaklarından biri olmasına karşın, yanlış kullanımında çevreye ciddi zarar vermektedir.

Elektrik enerjisi üretiminden dolayı oluşan zararlı çevresel etkiler ise; sondaj süresince ekosistemin bozulması, kuyu sondajları boyunca jeotermal sıvı ile su ve toprağın kirlenme riski, tesisin işletilmesi süresince CO_2 ve H_2S salımları, jeotermal sıvının topraktan çekilmesi nedeniyle arazinin çökme riski, doğrudan akarsulara deşarj yapılması yoluyla yoğun su kirliği, asit yağmurları nedeniyle toprağın, ağaçların, tarımsal ürünlerin, göller ve akarsuların etkilenmesi, canlı yaşamına zarar verilmesi, yaşam döngüsü ve küresel ısınmaya olumsuz etkileri olarak sıralanabilir.

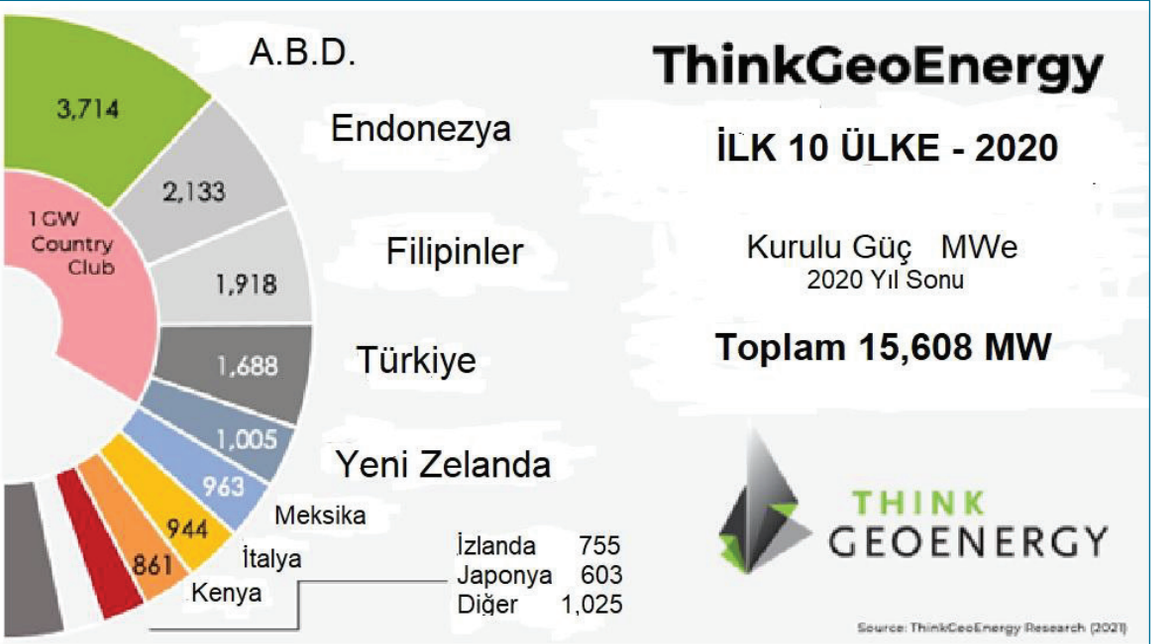
3. DÜNYA'DAKİ JEOTERMAL KAYNAKLAR VE GELİŞİMİ

Dünyada jeotermal enerjiden yararlanma konusunda, termal turizm ve ısıtma amaçlı kullanım başı çekmekle birlikte, son yıllarda teknolojik gelişmelere ve özellikle kızgın kuru kaya uygulamalarına yönelik çalışmalardan elde edilen olumlu sonuçlara bağlı olarak, jeotermal enerjiden elektrik üretiminin boyutu ve önemi her geçen gün artmaktadır.

Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2020 yılı verilerine göre 15.608 MWe düzeyindedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk beş ülke; ABD, Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni Zelanda'dır (Tablo 2). Tabloya göre; 3.714 MWe ile Amerika Birleşik Devletleri birinci sırayı alırken, 2.133 MWe ile Endonezya, 1.918 MWe Filipinler, 1.688 MWe ile Türkiye, 1.005 MWe ile Yeni Zelanda jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk 5 ülke arasındaki yerlerini almışlardır. Daha sonra, Meksika, İtalya, Kenya, Japonya ve İzlanda gelmektedir [5].

Elektrik dışı kullanım ise 70.000 MWt'ı aşmış olup, dün-

Tablo 2. Dünyada Jeotermal Enerjide Kurulu Güç Bakımından İlk On Ülke, 2020



(https://www.thinkgeoenergy.com/thinkgeoenergys-top-10-geothermal-countries-2020-installed-power-generation-capacity-mwe/ 'den [5] uyarlanmıştır.)

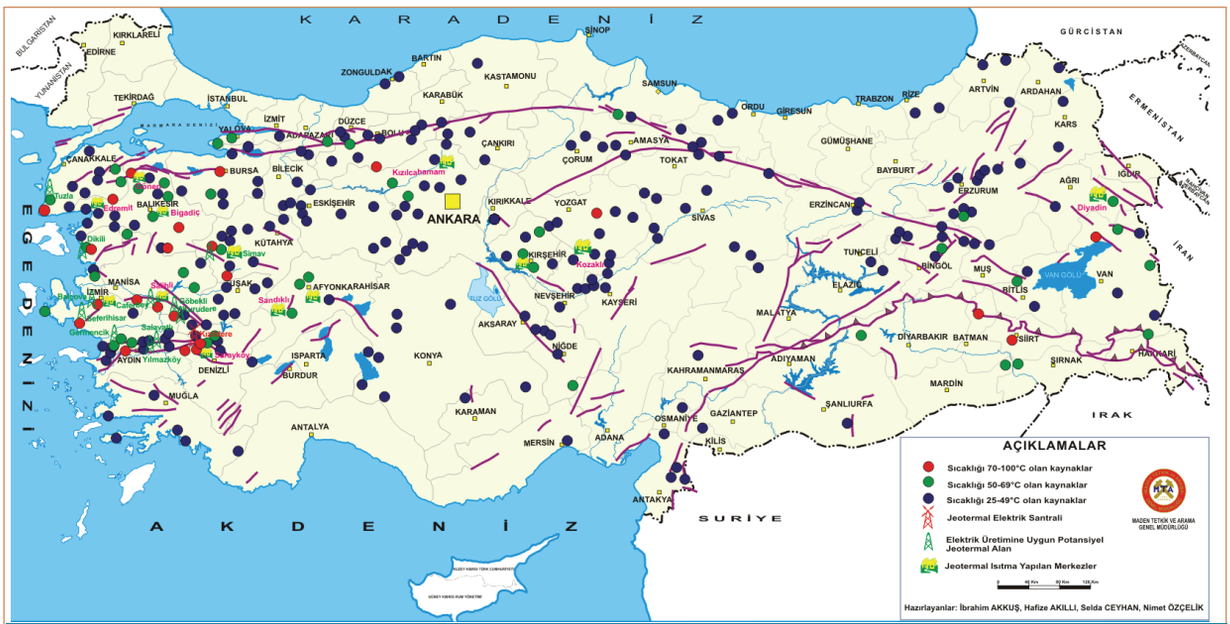
yada jeotermal enerjinin termal turizm ve ısıtma amaçlı kullanımında ABD, Çin, İsveç, Türkiye ve Almanya ilk 5 sırayı almaktadır. 3.222 MWt doğrudan kullanma kapasitesi ile Türkiye dünyada dördüncü sırada yer almaktadır. 2019 yılında dünyada elektrik dışı kullanımda oransal dağılım ısıtma %80,4, kaplıca-sağlık amaçlı kullanım %13,2, sera ısıtması %3,1, jeotermal balıkçılık %1,3, endüstriyel kullanım %1,1, soğutma-kar eritme %0,7 ve diğer %0,1 olarak gerçekleşmiştir. İzlanda, Fransa ve İtalya'da da doğrudan kullanım giderek artmaktadır. Örneğin, İzlanda'da toplam konut ve işyeri ısıtma (şehir ısıtma) gereksiniminin %86'sı jeotermal enerjiden karşılanmaktadır.

4. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL KAYNAKLAR VE GELİŞİMİ

Ülkemiz jeolojik ve coğrafik konumu itibarı ile aktif Alp-Himalaya tektonik kuşağı üzerinde yer aldığı için, doğal çıkış şeklinde ve sıcaklığı 30°C üzerinde olan jeotermal kaynak zenginliği bakımından dünyada yedinci sıradadır. Sıcaklık alt sınır değeri 20°C olarak belirlendiğinde ise sahip olduğumuz toplamda 600 kaynak grubuyla Avrupa'da birinci sırada yer almaktadır. Jeodinamiği gereğince farklı sistemlerde oluşmuş, tektonik unsurlarla uyumlu biçimde ülkemiz geneline dağılmış 346 adet jeotermal alan bulunmaktadır. Batı Anadolu'da yüksek sıcaklıklı, potansiyeli ve enerji kapasitesi yüksek alanlar, diğer bölgelerde düşük/orta sıcaklık kategorisindeki alanlar yer almaktadır.

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 2) [6].

Türkiye'deki jeotermal kaynakların 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 [7]. Kullanım olanakları dikkate alındığında, enerji üretimi yapılabilecek alan sayısı 43, oranı ise %12'dir. Alan ve bölge ısıtmasında yararlanılabilecek saha sayısı enerji üretilebilecek sahalardaki 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 2. Türkiye'nin Genç Tektonik Unsurları ve Jeotermal Kaynakların Dağılımı [6]

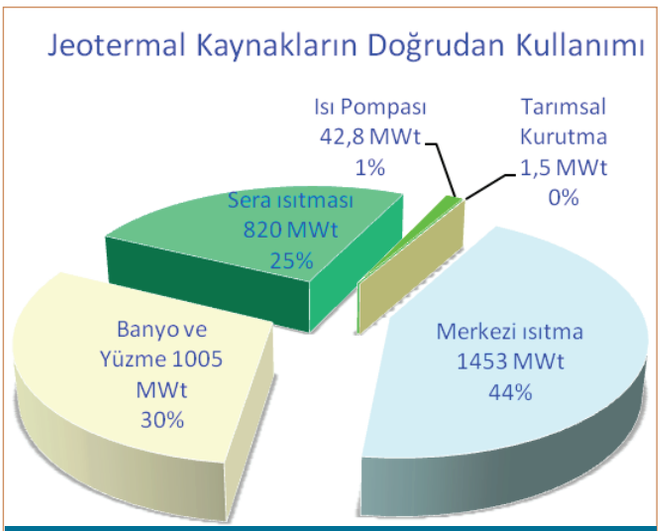
Şekil 3. Jeotermal Alanların Kullanım Olanaklarına Göre Dağılımı [7]

Ülkemizde jeotermal alanlarımıza ait rezervuar sıcaklıkları 103°C – 295°C arasında değişen ve elektrik üretimi yapılabilecek 44 adet potansiyel alan vardır. Çanakkale, Nevşehir ve Niğde dışındaki kaynak alanlarının tamamı Batı Anadolu'da konumlanmıştır. Sıcaklıklarına göre Germencik – Ömerbeyli (Aydın), Kızıldere (Denizli), Tuzla (Çanakkale), Salavatlı (Aydın) ve Eynal-Simav (Kütahya) bölgeleri yüksek entalpili sahalar olarak sınıflandırıldığı için elektrik enerjisi üretimi için uygun bölgelerdir. Bununla birlikte işletmede olan jeotermal elektrik santrallerinin (JES) üçte ikisine yakın bir bölümü Aydın'da kurulmuş olup; halen yatırım sürecinde olan, ön lisans ve planlama aşamasındaki yeni JES proje stokunun da dörtte biri Aydın il sınırları içindedir. Aydın, Büyük Menderes Grabeni'nin batısında yer almakta olup, 776,93 MW kurulu güç kapasitesi ile toplam 35 adet jeotermal enerji santrali işletme aşamasındadır. 215,6 MW kapasite ile kurulmak üzere üretim lisansı verilen dokuz adet jeotermal enerji santrali vardır [2].

Sahaların jeolojik, coğrafik iklim koşulları; ulaşım ve pazar durumu, önemli bir potansiyel varlığına işaret eden sıcak su kaynakları ve kuyulardaki üretim değerleri, elektrik üretiminin yanı sıra "merkezi ısıtma", "modern termal tesisler ile kaplıcalarda kullanım", "jeotermal sera ısıtması" ve "kültür balıkçılığı" gibi geniş bir yelpazede çok çeşitli ve entegre kullanım seçeneği sunmaktadır (Şekil 4) [8].

Yerleşimlerin merkezi ısıtılması için 50 °C alt sıcaklık değerine göre ısıtmada yararlanılabilecek 110 adet, enerji üretilebilecek sahalardaki entegre kullanımla birlikte ise toplam 154 adet potansiyel saha bulunmaktadır. Merkezi ısıtma, 1.453 MWt kapasiteyle (%44) özel bir yere sahiptir. Afyon şehir ısıtması, ekonomik örneklerinden biridir. Jeotermal akışkan kullanılarak 18 yerleşim biriminde jeotermal kaynaklı ısıtma yapılmaktadır [9].

Sera ısıtması 2002 yılında 500 dönüm iken 2019 yılında 4.283 dönüme çıkmış, yaklaşık %850 artış olmuştur. Konut ısıtması 2002 yılında 30.000 konuttan 2019 yılında 137.650 konut eşdeğerine çıkmış, %460 artış olmuştur.



Şekil 4. Doğrudan Kullanım Kapasiteleri ve Dağılımı [8]

Ülke görünür ısı kapasitesi 2002 yılında 3.000 MWt iken, 2008 yılında Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'nun yürürlüğe girmesi ve özel sektörün de jeotermal arama, geliştirme ve yatırım çalışmaları ile birlikte ülkemiz toplam jeotermal ısı kapasitesi (görünür ısı miktarı) 2019 yılında 35.500 MWt'e ulaşmış, %1083 artış sağlamıştır [23].

Jeotermal enerjinin tarımsal amaçlı kullanımı konusunda seracılık ve balık çiftlikleri en ön sırada yer almaktadır. Sera ısıtması; ağırlıklı olarak, İzmir-Dikili, Balçova, Seferihisar, Manisa-Salihli, Afyon-Ömer, Sandıklı, Kütahya- Simav, Denizli-Kızıldere, Balıkesir-Edremit, Havran, Şanlıurfa-Karaali'de uygulanmakta olup, Türkiye genelinde 18 ilde yaklaşık 4.283 dönümlük alanda sera ısıtma konusunda dünya lideri olmuştur [10].

Fiziksel, kimyasal ve şifa özellikleri, ulaşımı kolay coğrafi konumları itibariyle 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. İzmir-Balçova'daki tesisler, akredite olan ve gelişmiş ülkeler standardındaki ilk örnektir. Son yıllardaki gelişmeyle çok sayıda termal tesis, 5 yıldızlı otel kalitesinde hizmet vermeye başlamışlardır. Balneolojik amaçlı kullanımlarda 400 kaplıca ve termal tesisten yılda 16 milyon yerli ve 10.000 yabancı turist yararlanmaktadır.

Kimyasal madde üretimi (sıvı karbondioksit kuru buz, deri işlemesi, tarımsal kurutma, ısı pompası), jeotermal kaynağın diğer tüketim alanlarıdır. Denizli-Kızıldere sahasında sıvı CO_2 ve kuru buz üretimi gerçekleştirilmektedir. Aydın-Salavatlı sahası, yan ürün olarak CO_2 üretimi yapılan diğer jeotermal alandır. Ülkemizin yıllık CO_2 üretim kapasitesi 240.000 tondur. 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 kullanan, ısıtma ve soğutmayı bir arada sağlayan ısı pompalarının ülkemizdeki kapasitesi 42,8 MWt ile %1 düzeyindedir. 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.

5. JEOTERMAL ARAMA ve İŞLETME SÜREÇLERİNİN JEOLOJİK AÇIDAN ÇEVREYE OLUMSUZ ETKİLERİ

Jeotermal alanın araştırılması, geliştirilmesi, uygulanması ve re-enjeksiyon aşamaları jeolojik faaliyetler olup, yasal yetersizlikler, tüzük ve yönetmeliklerdeki eksiklikler, araştırma ve geliştirme aşamasında yapılan usulsüzlük ve yanlışlıklar, hem jeotermal kaynağın verimsiz harcanmasına hem de geri dönülemez çevresel sorunlara yol açmaktadır.

5.1 Jeotermal Arama, İşletme ve Reenjeksiyon Kuyularının Etkileri

Jeotermal alanın araştırılması, geliştirilmesi ve uygulanması için sondaj yapılması gerekmektedir. Sondaj çalışmalarının fiziksel çevreye olumsuz etkisi çok fazladır.

5.1.1 Gürültü

Gürültü; jeotermal aktiviteden, özellikle inşa ve işletme aşamalarında çevreye zarar veren önemli etkilerden biridir. Havalı sondaj, dizel motorların çalıştırdığı kompresörler ve elektrik üreticiler, uzak mesafelere taşınan ve yankılanan sesler üretir.

5.1.2 Sondajlarda kullanılan çamur

Özellikle rezervin örtü kayacının içinden sondaj yapıldığı durumlarda olmak üzere, jeotermal sondajda sondaj sıvısı olarak sondaj çamuru kullanılır. Örtü kayacın litolojik (taş bilimsel) özelliklerine göre, sondaj çamuru içerisinde silis bileşikleri, klorür, arsenik, cıva, vanadyum, nikel ve diğer ağır metallerin konsantrasyonları bulunabilir. Sondaj çamuru çamur havuzlarında bekletilir. Çamuru dibe çökmekte, suyu ise üzerinde kalmaktadır. Çamur üst suyu

derelere veya sığ sondaj kuyularından yeraltına verilmekte, katı atık çamur ise havuzun dibinde kurumaya bırakılmakta, sonrasında farklı arazilerde toprağa gömülmekte, böylece çamur içeriğindeki kirleticiler yeraltı suyuna karışmaktadır.

5.1.3 Jeotermal Testler

Kuyu tamamlandıktan sonra, işletme periyoduna geçmeden önce, üretim potansiyeli ve rezervuar parametrelerin belirlenmesi amacıyla, kısa (1 hafta) ve uzun (1-3 ay) süreli akış testleri uygulanmaktadır. Bu testler uygulandığı sırada genellikle reenjeksiyon kuyusu henüz açılmamış durumdadır. Deşarj edilen akışkanda bulunan tehlikeli maddelerin belli sınırlar altına çekilmesi, sıcaklığın düşürülmesi, analiz edilmesi gerekmektedir. Ancak, bu değerlerin analiz edilerek belli limitlerin altına çekilmesi (özellikle kısa süreli testlerde) zaman bakımından uygulanabilir değildir. Tehlikeli maddelerin belli limitlerin altına çekilmesi, kuyu başında yapılabilecek pratiklikte bir proses değildir ve maliyeti yüksektir. Bu nedenle, testler sırasında ortaya çıkan ve içinde tehlikeli maddeler bulunduran akışkan, alıcı ortama (genellikle derelere) deşarj edilmektedir.

5.1.4 Jeotermal İşletme

Jeotermal testler ve işletme döneminde jeotermal akışkanın, rezervuarla bağlantılı bir re-enjeksiyon kuyusundan rezervuara enjekte edilmesi gerekir. Ancak, bazı durumlarda re-enjeksiyonun hiç yapılmadığı; bazı durumlarda ise gerektiği şekilde yapılmadığı bilinmektedir. Re-enjeksiyonda karşılaşılan iki önemli sorun da, toprakların, yüzey sularının ve yer altı sularının kirlenmesine neden olmaktadır. Bunlar:

a. Re-enjeksiyon kuyularının sığ olması

Büyük Menderes ve Gediz Grabenleri'nde jeotermal rezervuarlar genellikle 1.000 m altındadır. Bu derinlikten daha sığ re-enjeksiyon kuyuları, rezervuarla hidrolik olarak bağlantılı değillerdir. Re-enjeksiyon kuyularının rezervuarla bağlantılı olup olmadığı test edilmediği taktirde, bu kuyulardan deşarj edilen akışkan daha sığ olan soğuk su akiferlerine (su taşır) karışabilmektedir.

b. Rezervuar basıncının çok yüksek olması

Bazı sahalarda re-enjeksiyon pompalarının kapasitesi, yüksek basıncı yenerek akışkanı enjekte etmeye yetmemektedir. Yense dahi, yüksek enerji maliyetleri, projenin fizibilitesini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle bazı sahalarda, re-enjeksiyon yapılmaksızın, akışkanın alıcı ortama doğrudan deşarj edildiği bilinmektedir.

5.2 Çökme

Her tür yeraltı rezervuarında sıvı çekimi, gözenekli alanda basınç azalmasına neden olur ki, bu durum çökmeyi oluşturmaktadır. Çökme; yeraltı suyu rezervuarlarında, petrol rezervuarlarında ve jeotermal rezervuarlarda gözlemlenir. Çökme, jeotermal güç üretimi için pek çok anlam taşır ve çevresel etkisi vardır. Jeotermal sahada kapasite fazlası tesis ve aşırı çekim, jeotermal sahadaki boru hatlarında ve kuyu dayanıklılığında önemli sorunlar yaratır. Eğer arazi yerleşim yerlerine yakın ise, çökme, çekme kuyuları ve diğer binalarda problemlere neden olur. Yerleşim olmayan daha uzak alanlarda, bölgesel, yüzey su havza sistemleri etkilenebilir. Bu yüzden çökme, çevresel etki kapsamında kabul edilmelidir. Ancak, Türkiye'de jeotermal faaliyetler sonucunda meydana gelen zemin çökme ölçümleri yapılmamakta, mevcut ve muhtemel çökmelerin yakın yerleşimlere olan etkisi göz önünde bulundurulmamaktadır.

5.3 Depremlerin Oluşumu

Jeotermal sahalar genellikle yüksek sismik aktiviteli alanlarda oluşurlar. Bu nedenle jeotermal santrallerin çevresinde hem tektonik olarak aktif bölgelerdeki fayların aktivitesinin bir sonucu olarak, hem de akışkanın kontrolsüz ve aşırı çekimi ve rezervuara verilmesi ile mikro–depremler oluşabilmektedir. Bı nedenle jeotermal sahalarda sismik verilerin detaylı bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir [11]. Ancak bu konuda ülkemizdeki çalışmalar son derece yetersizdir. Yapılan incelemeler, bazı jeotermal sahalarda mikrosismisitenin arttığını göstermektedir. Jeotermal akışkanın re-enjeksiyonundan sonra bölgeye yakın yerleşimlerde çok sayıda mini depremin hissedilmesi bu nedenle olup, olası kötü etkilerin önüne geçilmelidir.

5.4 Bölgenin Hidrojeolojik Yapısı Nedeniyle Tatlı Su Akiferlerinin ve Tarımsal Alanların Kirlenmesi

Ülkemizde jeotermal kaynakların ruhsat alanlarının hidrojeolojik yapısı incelendiğinde, büyük bir bölümünün pekişmemiş sedimanter birimlerin olduğu yerleri kapsadığı ve bu birimlerin geçirimli, çok geçirimli olarak sınıflandırıldığı bilinmektedir. Söz konusu hidrojeolojik yapı nedeniyle, yanlış ve denetimsiz re-enjeksiyon uygulamaları, tarımsal alanları ve tatlı su akiferlerini kirletmektedir.

5.5 Aşırı Çekim - Usulsüz ve Gereğinden Fazla Ruhsat Verilmesi

"Yenilenebilirlik" doğal kaynakların tüketildiği ölçüde kendini yenileyebiliyor olmasını anlatır. Jeotermal kaynakların üretilip kullanılmasında sistemdeki akışkana yüklü olan ısı çekilip kullanılmaktadır. Bu ısı çekimi sistemi besleyenden çok olmadığı sürece bu kaynak yenilenebilir kalacaktır [24]. Ancak, jeotermal rezervuarın beslenebildiğinden fazla ısı ve akışkanın sistemden çekildiği durumlarda, ısı/akışkan eksikliği ortaya çıkar. Çoğu durumda yan kayada yeterli ısı kalmış dahi olsa, soğuk artık akışkanın sisteme geri basılması (re-enjeksiyon) sırasında yapılan yanlışlıklar ya da yanlış yerlerde açılan kuyular rezervuar sıcaklıklarını düşürmekte ve kaynakları tüketmektedir.

Türkiye'de jeotermal kaynak alanlarının büyük bölümünde birbirine çok yakın ve fazla sayıda kuyu açıldığı gözlenmiştir. Mevcut duruma koşut olarak bazı jeotermal santrallerde üretimde ve verimde kayıplar söz konusu olmuş, birbirine yakın santrallerde rezervuardan akışkan temini konusunda problemler yaşanmaya başlamıştır. Üretimlerin başladığı ilk yıllarda; re-enjeksiyona gereken önemin verilmemesi ile de bu durum daha da kötüye gitmiştir [3]. Bu sorunun çözülmemesi durumunda yakın gelecekte sahalarda kaynak rezervuarının kendisini yenileyememesi ve tükenmesi sorunu ile karşı karşıya kalınması söz konusu olabilecektir.

6. JEOTERMAL ENERJİ YASAL DÜZENLEMELERİ, EKSİKLİKLER VE SORUNLAR

6.1 Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu

Ülkemizde jeotermal kaynaklar ile ilgili uzun süre yasal düzenleme yapılmamış, sonunda 2007 yılında çıkarılan 5686 sayılı "Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu" [12] ile bu alan yasal olarak düzenlenmeye çalışılmıştır.

Ancak, jeotermal kaynakların madenler gibi statik değil dinamik bir yapıda olduğu gerçeği dikkate alınmadan hazırlanan yasa, rezervuar ve havza bütünlüğünü bozacak şekilde ruhsatlandırmaların yolunu açmış olup, 5686 sayılı yasaya göre ruhsat alan birçok yatırımcı bugün aynı rezervuarı(ları) kullanmaktadır. Aynı rezervuarda yapılan hatalı ve çok sayıda ruhsatlandırma ile buna bağlı aşırı çekim, yanlış arazi kullanımı, hatalı işletme teknikleri nedeniyle jeotermal kaynak rezervuarlarında sıcaklık, basınç ve debilerinde önemli değişikler olmaya başlamıştır.

Jeotermal kaynağın özellikleri ve rezervuar bütünlüğü gözetilmeden, mevcut yasal mevzuata göre ruhsatlandırılan aynı rezervuardan ya da bitişik ruhsatlar ile yapılan üretimler birbirini etkilemekte ve jeotermal kaynak rezervuarının sürdürülebilirliğini büyük risk altına sokmaktadır.

Ayrıca, Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sularla ilgili 5686 sayılı Kanun ve Uygulama Yönetmeliği [13] kapsamında izin süreçlerini yürüten, faaliyetleri denetleyen ve görüş oluşturan çok sayıda otorite bulunmaktadır. Jeotermal kaynak kullanımının türüne göre bu kurumlar; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı, Hazine ve Maliye Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Kültür ve Turizm Bakanlığı, İl Özel İdareleri, Yatırım İzleme Koordinasyon Başkanlığı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü olarak sıralanabilir.

Jeotermal ile ilgili çalışmaların planlanması, izlenmesi ve değerlendirilmesi çalışmalarının çok sayıda kurum tarafından yapılıyor olması; bu çalışmaların takibini ve işlevini yavaşlatmakta, denetlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, jeotermal kaynaklar ile ilgili çalışmaların tek bir kurum tarafından yönetilmesi, verilecek kararların ve işlemlerin daha verimli ve sürdürülebilir olmasını sağlayacaktır.

6.2 Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği

Jeotermal kaynakların aranması ve işletmesi aşamalarında olan çevresel sorunlarla ilgili başvurulan temel mevzuat ise Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği [14] ile çevre koruma ve kirlilikle ilgili diğer yönetmeliklerdir. Ancak, söz konusu yönetmelikler de jeotermal kaynak kullanımı açısından sorunludur.

Çevre koruma ve kirlilik yönetmeliklerinde, jeotermalle ilgili hususlar ya hiç yer almamakta, ya da eğer yer almış ise yeterli kapsamda olmamaktadır. Çünkü söz konusu yönetmeliklerdeki kirliliğe ilişkin limit değerler gelişmiş ülke standartlarının çok üstündedir. Bu durum, ülkemizdeki jeotermal üretimin negatif etkileri olarak karşımıza çıkmaktadır.

6.2.1 "ÇED Gerekli Değil" Sorunu

Uluslararası uygulamalara göre, jeotermal enerji santrali projeleri için, Çevresel Etki Değerlendirmesi kapsamında

bir kapasite alt sınır değeri mevcut değildir. Türkiye'de ise mevcut uygulamaya göre ısıl gücü 5 MWe'ın altında olan projeler ÇED Yönetmeliğinden muaf tutulmuştur ve kapsamlı bir değerlendirmeye tabi değildir. Oysaki 5 MWe altındaki projelerde de ısıl gücü yüksek projelerdeki süreçlerin aynısı yaşandığından, düşük kapasiteli santrallerde de potansiyel çevresel ve sosyal etkiler mevcuttur ve projeye özel değerlendirme yapılmadan yatırıma izin verilmemelidir. Tüm jeotermal enerji projelerinde, kapasitelerine bakılmaksızın ÇED raporu istenilmelidir.

6.2.2 Paydaş Katılımının Göz Önünde Bulundurulmaması

Çevresel ve sosyal mevzuatlardaki boşluklardan biri de, Projeden Etkilenen Kişilerle (PEK) ilgili olarak yeterli paydaş katılımının göz önünde bulundurulmaması ve bir şikâyet giderme, izleme ve değerlendirme mekanizmasının mevcut olmamasıdır. Her ne kadar proje alanında yasa gereği halkı bilgilendirme toplantıları yapılmakta ise de, çoğunlukla yöre halkının tepkisiyle karşılaşılan bu toplantılardaki şikayet ve talepler idari otorite ve yönetsel kurumlarda karşılığını bulmamaktadır. Bu kapsamda, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi, kapasite sınırı olmaksızın tüm jeotermal enerji santrali projelerinde uygulanan Paydaş Katılımı Planlarının hazırlanması ve uygulanması, tüm paydaşların sürece dahil edilmesi gerekmektedir.

6.3 Çevresel Koruma ve Kirlilikle İlgili Yönetmelikler

6.3.1 Atık Sudan Kaynaklı Kirliliğin Önlenmesi

Her ne kadar 31.12.2004 tarihli Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği [15] atık sudan kaynaklı kirliliğin önlenmesine yönelik düzenlemeler içerse de, sorunun çözümü için yeterli değildir. Söz konusu yönetmeliğin 27. Maddesinde, kullanılan jeotermal kaynak sularının debisi 10 l/sn ve üzerinde ise jeotermal kaynak suyunun kullanıldıktan sonra alındığı formasyona re-enjeksiyonunu zorunlu kılmakla birlikte daha düşük debiler için bir yaptırım getirmemektedir. Ayrıca, aynı maddede belirtilen "re-enjeksiyonun mümkün olmadığının bilimsel olarak ispatlanması hâlinde; alıcı ortama deşarj edilecek olan suların içerisinde çözülmüş hâlde bulunan mineral ve elementlerin miktarlarının belirlenmesi için yapılacak jeokimyasal analizlerin sonucuna göre Bakanlıkça belirlenecek deşarj standartları esas alınarak izin verilebilir." ifadesi de sorunludur.

Jeotermal kaynak arama ve test aşamalarında üretim kuyusuna dönme potansiyeli bulunan kuyu sondajlarında, atıksu oluşabileceği göz ardı edilmiş ve Madde 27 kapsamı dışında kalan haller, düzenlemeler kapsamında net olarak tanımlanmamıştır. Bu tanımlanmamış durum ve kısıtlayıcı hükümlerin bulunmaması, uygulamada karşılaşılan sorunların çözümünü zorlaştırmaktadır.

6.3.2 Hava Kirliliği ve Koku Problemi

03.07.2009 tarihli Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği [16] ve Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği [17] jeotermal enerji üretiminden kaynaklanan, yoğuşmayan gazların salımına ilişkin düzenlemeleri içermemektedir.

Jeotermal santraller jeotermal akışkanın içinde çözünmüş formda bulunan yoğuşmayan gazların (NCG), özellikle CO_2 gazının atmosfere salınması dolayısıyla sera etkisine ve hava kirliliğine neden olmaktadır. Bu nedenle, JES projeleri NCG emisyon değerlerini uluslararası limit değerlerinin altına düşürmek ve bu amaçla CO_2 ve diğer NCG'lerin re-enjeksiyon veya tutulmasına ilişkin gerekli ekipmanları kurmak ile yükümlü olmalıdır. Uluslararası uygulamalarda tanımlanmış olan CO_2 salımına ilişkin sınır değer, ulusal yasal düzenlemede tanımlanmamıştır.

06.11.2020 tarihli "Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" [18] ile H_2S emisyonu ile sınır değerler belirlenmiştir. Ancak söz konusu yönetmelik 30.06.2021 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

Benzer şekilde, 19.07.2013 tarihli "Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik" [19] kapsamında jeotermal kaynak kullanım faaliyetleri tanımlanmamıştır.

Mevcut yönetmeliklerde H_2S için mevcut sınır değerler, 100 µg/m^3 (saatlik) olarak belirlenmişken, uluslararası kurumlarca, koku rahatsızlığının oluşmaması için belirlenmiş olan değer (Dğnya Sağlık Örgütü -DSÖ); 7 µg/m^3 (30 dakikalık ortalama) 'tür. Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Yönetmeliğinde ve Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelikte yer alan H2S için belirtilen sınır değerler koku rahatsızlıklarını göz önünde bulundurmadığından, bu değerlerin yeniden tanımlanması gerekmektedir.

Ayrıca, söz konusu yönetmeliklerde, yoğuşmayan gazların sınır değerin altına düşürülmesine yönelik giderim yöntemlerinin ("scrubber", "SulFix", vb. sistemler) uygu-

lanması zorunluluğu bulunmaması ve yaptırımların yeterli olmaması, yatırımcıların çevreye karşı duyarsızlığına neden olmaktadır.

6.3.3 Gürültü Sorunu

Jeotermal kaynak kullanıma ilişkin faaliyetlerde, özellikle sondaj/test ve işletme aşamalarında yüksek gürültü seviyeleri gözlenmektedir.

04.06.2010 tarihli Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği [20], Madde 22 (ç) bendinde, "işletme, tesis, atölye, imalathane ve işyerlerinin faaliyeti sonucu oluşabilecek darbe gürültüsü LCmax gürültü göstergesi cinsinden 100 dBC'yi aşamaz" ifadesi yer almaktadır. Ancak, uluslararası mevzuattaki limitler ulusal mevzuata kıyasla daha düşüktür ve jeotermal kaynak kullanımı kaynaklı oluşacak gürültü rahatsızlıklarının önlenmesi için uluslararası iyi uygulama örneklerine ilişkin limit değerlerin göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir.

Mevcut uygulamalarda, gürültünün jeotermal kaynakların kullanılmasına ilişkin faaliyetlerin (santral, sera, termal tesis, vb.) arama/sondaj fazlarında yönetmelikte belirlenen sınır değerlerin üzerine çıktığı ve jeotermal tesislerin yerleşim yerlerine yakınlığı sebebiyle gürültü kirliliği oluştuğu gözlenmiştir. Ne yazık ki yasal mevzuattaki eksiklikler ve yönetmeliklerde yüksek limit değerlerinin tanımlanması nedeniyle yatırımcılar bu konunun çözümü için hiçbir şey yapmamaktadırlar.

6.4 Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği

10.09.2014 tarihli Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği [21] kapsamında jeotermal kaynak kullanım faaliyetleri tanımlanmamıştır. Jeotermal kaynak kullanımına ilişkin faaliyetler Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği EK-1 ve EK-2 listelerinde yer alan işletmeler, bunlar arasında olmadığından, çevre izni almakla yükümlü tutulmamıştır. Bu durum, mevzuattaki en önemli eksikliklerden biri olup, alıcı ortamı korumak amacıyla jeotermal kaynakların kullanımına ilişkin tesislerin (santral, sera, termal tesis, vb.) bu yönetmelik kapsamına alınması gereklidir.

06.11.2020 tarihli Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği'nde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" [22] ile 5 MW'tan büyük jeotermal tesisler de "Çevre izni" kapsamına alınmıştır. Ancak söz konusu yönetmelik 30.06.2021 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Ayrıca, 5 MWe altındaki projelerde de ısıl gücü yüksek projelerdeki süreçlerin aynısı yaşandığından, düşük kapasiteli santrallerin izne tabi olmaması kabul edilemez.

7. JEOTERMAL ELEKTRİK SANTRALLARI GERÇEĞİ

2010 yılında, o dönem yatırım ve işletme maliyetleri bugüne göre yüksek olan yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimini desteklemek amacıyla; on yıl süreyle yüksek alım fiyatları ile alım garantileri uygulamasına başlanmıştı. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimini Destekleme Mekanizması (YEKDEM) ile 18.05.2005 tarihinden sonra işletmeye girmiş ve 2015 yılı sonuna kadar işletmeye girecek olan santrallerde; hidrolik ve rüzgâr kaynakları için 7,3 dolarcent/kWh, jeotermal kaynağı için 10,5 dolarcent/kWh, güneş (fotovoltaik) ve biyokütle kaynakları için 13,3 dolar cent/kWh fiyat ile satın alma garantisi verilmişti. Teşviklerden yararlanma süresi ise 10 yıl ile sınırlandırılmıştı. Ayrıca lisanslı tesislerde kullanılan yerli üretim aksamlar için de 5 yıl süre ile ek teşvikler tanımlanmıştı. Geçen sürede, kaydedilen teknolojik gelişmelerle, yatırım maliyetlerinin azalmaya başlamasına karşın, 2015 sonunda sona ermesi öngörülen uygulama, yatırımcı özel şirketlerin talepleri doğrultusunda, aynı yüksek alım fiyatlarıyla 2020 yılı sonuna kadar uzatılmıştı. 2020 sonbaharında yapılan başka bir düzenleme ile, bu süre küresel salgın gerekçesiyle 30 Haziran 2021'e ertelenmiştir. Haziran 2021'den sonra işletmeye girecek yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretim tesisleri için yapılacak destek uygulamalarında da değişiklikler yapılarak 29.01.2021 tarih ve 3453 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile yeni esaslar belirlendi. Söz konusu karara göre, 1 Temmuz 2021 ile 31 Aralık 2025 arasındaki dönemde devreye girecek YEK belgeli santrallarda üretilen elektrik için 10 yıl boyunca (yeni belirlenen) garantili alım fiyatı uygulanacaktır. Bu santrallarda yerli ekipman kullanıldığı takdirde de 5 yıl boyunca alım fiyatlarına ek olarak yerli katkı desteği verilecektir.

Alım garantileri ve yüksek alım fiyatları, özel sektör şirketlerinin JES'lere yönelik ilgisini hızla arttırdı. Uygulamanın başladığı 2011'de YEKDEM'den yararlanan JES sayısı 4 iken, bu sayı 2015'de 14'e, 2016'da 20'ye, 2017'de 29'a, 2018'de 37'ye, 2019'da 45'e, 2020'de 49'a çıktı. 2021'de ise uygulamadan yararlanmak için 52 santral başvuruda bulundu.

JES'lerin yaklaşık %95'i YEKDEM kapsamındadır. EPİAŞ verilerine göre YEKDEM kapsamındaki JES'lerde 2018 yılında 6.616,7 GWh, 2019 yılında 7.938,3 GWh ve 1 Ocak-30 Eylül 2020 arasında 6.550,9 GWh olmak üzere toplam 21.105,9 GWh elektrik üretilmiştir. YEKDEM kapsamındaki JES'lere bu dönemde birim fiyatlarına göre yapılan ödeme yaklaşık olarak asgari 12 milyar 724 milyon TL, azami 15 milyar 996 milyon TL olarak hesaplanmıştır (TCMB yıllık ortalama ABD dolar kurlarına göre). Tesiste yerli aksam kullanılmamışsa 10,5 dolarsent/kWh, yerli ekipman kullanılmışsa 13,2 dolarsent/kWh üzerinden ödeme yapılmıştır.

Halbuki, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu tarafından bazı kabullerle yapılan hesaplamaya göre:

- EPİAŞ tarafından işletilen elektrik borsasında gün öncesinde oluşan Piyasa Takas Fiyatına (PTF) göre bunun ederi yaklaşık 5 milyar 374 milyon TL'dir
- IRENA Renewable Power Generation Cost 2019 Raporuna göre yatırım, işletme ve paranın değer kaybını içeren Seviyelendirilmiş Elektrik Maliyeti ("Levelized Cost of Electricity", LCOE) yaklaşık 8 milyar 846 milyon TL'dir.

Özel firmalarca üretilen elektrik enerjisine (yukarıda ortaya konulduğu gibi JES'ler dahil) yüksek fiyatla alım garantisi verilmesi ve denetimsizlik, şirketlerin iştahını kabartmış ve bir yandan doğayı-çevreyi olumsuz yönde etkileyen ve ülkenin diğer zenginliklerini göz ardı eden bazı yatırımlara sebep olurken, diğer yandan yurttaşların elektrik faturalarını şişirmiştir. Özel sermaye çıkarlarını gözeten uygulama, yatırımcı firmaların yanı sıra, yabancı ekipman üreticilerinin ve finans kurumlarının da ekmeklerine yağ sürmüştür. Ekipman tedarikçileri, fiyatlarını maliyet esasına göre değil, teşvik fiyatından yola çıkarak belirlemiştir [1], [25].

8. SONUÇ

Türkiye'nin 2018'den bu yana elektrik talebi kayda değer bir artış göstermemekte ve yıllık elektrik tüketimi 300 GWh civarında gerçekleşmektedir. Cumhurbaşkanlığı 2019 Programına göre bugünkü kurulu güçle 467 TWh elektrik üretilebilmekte olup, mevcut kurulu gücün, bu yıl tüketilen elektriğin yüzde 53 daha fazlasını üretme kapasitesi olduğu ortadadır. Buna rağmen, halen 23.000 MW'dan fazla kurulu güçte santral yatırımı sürmektedir. Görüldüğü üzere, abartılı talep tahminleri ve plansız bir şekilde yapılan yatırımlarla, ihtiyacın çok üzerinde kurulu güç ve üretim kapasitesi tesis edilmiştir. YEKDEM uygulamasıyla fazla ödemelerin yapıldığı JES üretimleri ise Türkiye için kritik önemde olmayıp 2020 yılında ülkemizin elektrik üretiminde JES'lerin payı sadece %3,1'dir.

Bu nedenle, jeotermal kaynaklarımızın enerji dışı alanlarda kullanılması, olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması, sürdürülebilirliğinin sağlanması ve kaynak kullanımında kamu yararının gözetilmesi, daha akılcı olacaktır.

Jeotermal kaynakların aranması, kullanımı ve işletilmesine ilişkin mevzuattaki yetersizliklerin giderilmesi, mevzuatın bilimsel ve teknik gereklere uygun olarak dünya ölçeğine çekilmesi; arama ve işletme aşamasındaki mevzuata aykırı uygulamaların denetlenmesi ve engellenmesi ile aykırılıklara devam eden mevcut işletmelerin ruhsatlarının iptal edilmesi, santrallerin çevresel etkilerinin bütüncül biçimde saptanarak değerlendirilmesi ve en aza indirilmesi için gerekli işlemlerin yapılması, tüm bu aşamalarda eksik olan kamu denetiminin tam anlamıyla sağlanması gerekir.

Ülkemizde jeotermal enerji santrallerinin yoğunlaştığı, rant uğruna plansız, programsız ve denetimsiz yatırımlarla, doğası, çevresi, tarımı, insan sağlığı ve sosyal hayatı katledilen bölge, Ege Bölgesidir. 2500 yıl önce, "Bizim yeryüzünde bildiğimiz en yüksek gökyüzünün altı ve en güzel iklimin bulunduğu yer" diye anlatır Ege'yi "tarihin babası" Heredot . Bu güzelliği yok etmek insanlık suçudur.

TEŞEKKÜR

Türkiye'deki jeotermal enerji santralları gerçeğinin tartışılmasına katkı koyan TMMOB Jeotermal Enerji Santrallarının Büyük Menderes Havzasına Çevresel Etkileri Raporu Komisyonuna ve TMMOB Makina Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu Başkanı Sayın Oğuz Türkyılmaz'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKÇA

1. TMMOB JES Komisyonu. 2021. Büyük Menderes Havzasında Jeotermal Enerji Santralları Gerçeği ve Aydın İlinde Kurulu JES'lerin Çevresel Etkileri. ISBN: 978-605-01-1397-6, TMMOB Yayını, Ankara

2. TÜBA Jeotermal Enerji Teknolojileri Raporu. Kasım 2020. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, TÜBA Raporları No: 41 Editörler: Prof. Dr. İbrahim DİNÇER Doç. Dr. Mehmet Akif EZAN

3. Türkiye'de Jeotermal Kaynakların Kümülatif Etki Değerlendirmesi. Kümülatif Etki Değer-lendirme Raporu. (Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ortak projesi). Aralık 2020.

4. **Kılıç, F. Ç., Kılıç, M. K.** 2013. "Jeotermal Enerji ve Türkiye," Mühendis ve Makina, cilt 54, sayı 639, s. 45-56,

5. ThinkGeoEnergy's Top 10 Geothermal Countries 2020 – installed power generation capacity (MWe), https://www.thinkgeoenergy.com/thinkgeoenergys-top-10-geothermal-countries-2020-installed-power-generation-capacity-mwe/ , son erişim tarihi: 20/07/2021

6. **Akkuş İ., Akıllı, H., Ceyhan, S., Özçelik, N.** 2005. Türkiye Jeotermal Kaynaklar Envanteri. MTA Genel Müdürlüğü Envanter Serisi 201, Ankara.

7. **Akkuş, İ.** 2020. "Jeotermal Sektöründe Durum" Yasal Düzenleme ve İdari Yapılanmanın Gerekliliği," Jeoloji Mühendisleri Odası. Jeo Dergi, 14, 44-54

8. **Akkuş, İ.** 2017. "Neden jeotermal enerji? Türkiye için önemi, hedefler ve beklentiler," Mavi Gezegen Dergisi, 23, 25-39.

9. **Mertoğlu O.** 2020. TÜBA–Jeotermal Enerji Teknolojileri Çalıştayı ve Paneli, "Dünyada ve Türkiye'de Jeotermal uygulamalar ve Teknolojiler", Sunum Dokümanları ve Notları, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 19 – 21 Şubat 2020.

10. **Akkuş İ. 2020.** TÜBA–Jeotermal Enerji Teknolojileri Çalıştayı ve Paneli, "Türkiye'de Jeotermal Enerji Gerçeği: Potansiyel ve Sorunlara Genel Bir Bakış", Sunum Dokümanları ve Notları, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 19 – 21 Şubat 2020.

11. **Baba A.** TÜBA–Jeotermal Enerji Teknolojileri Çalıştayı ve Paneli, "Jeotermal Kaynakların Çevresel Etkileri ve Bunlara Yönelik Yenilikçi Teknikler", Sunum Dokümanları ve Notları, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 19 – 21 Şubat 2020.

12. 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu, 2007. Resmî Gazete Tarihi: 13.06.2007 Resmî Gazete Sayısı: 26551

13. Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği, 2007. Resmî Gazete Tarihi:11.12.2007 Resmî Gazete Sayısı: 26727

14. Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği, 2014. Resmî Gazete Tarihi: 25.11.2014 Resmî Gazete Sayısı: 29186

15. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004. Resmî Gazete Tarihi: 31.12.2004 Resmî Gazete Sayısı: 25687

16. Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Resmî Gazete Tarihi: 03.07.2009 Resmî Gazete Sayısı: 27277

17. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, 2008 Resmî Gazete Tarihi: 06.06.2008 Resmî Gazete Sayısı: 26898

18. Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik Resmî Gazete Tarihi: 06.11.2020 Resmî Gazete Sayısı: 31296

19. Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik, 2013 Resmî Gazete Tarihi: 19.07.2013 Resmî Gazete Sayısı: 28712

20. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 2010 Resmî Gazete Tarihi: 04.06.2010 Resmî Gazete Sayısı: 27601

21. Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği, 2014 Resmî Gazete Tarihi: 10.09.2014 Resmî Gazete Sayısı: 29115

22. Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği'nde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" Resmî Gazete Tarihi: 06.11.2020 Resmî Gazete Sayısı: 31296

23. Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü. (https://www.mta.gov.tr/v3.0/ arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari), Erişim tarihi: 20.07.2021

24. **Stefansson, V.** 2000: The renewability of geothermal energy. Proceedings of the World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, May-June 2000, 883-888.

25. https://enerji.mmo.org.tr/wp-content/uploads/2021/01/2021_Enerjide_Yurtta%C5%Flara_Neler_ Getiriyor_Sunumu_O%C4%9Fuz-T%C3%BCrky%C4%B1lmaz-Olgun-Sakarya-Orhan-Ayta%C3%A7-14-Ocak-2021.pdf, Erişim tarihi: 20.07.2021