

TÜRKİYE JEOTERMAL KAYNAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

E. Didem KORKMAZ BAŞEL, Umran SERPEN, Abdurrahman SATMAN
İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak-İstanbul
e-mail: korkmazem@itu.edu.tr

ÖZET

Türkiye'nin jeotermal kaynakları hidrotermal ve destekli jeotermal sistemler (GJS=EGS "Engineered Geothermal Systems") olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Günümüzde ülkedeki tüm jeotermal arama ve geliştirme projeleri hidrotermal üzerine yoğunlaşmıştır. İthal edilen enerji kaynaklarına olan bağımlılık ve mevcut jeotermal potansiyel, Türkiye'deki jeotermal enerji arama ve geliştirme projelerini teşvik etmektedir.

Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyelinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla İstanbul Teknik Üniversitesi'nde bir çalışma yürütülmektedir. Yürütülmekte olan bu çalışmada amaç, jeotermal sahalardan elektrik ve doğrudan kullanım amaçlı potansiyellerin tahmin edilmesidir. Bu amaçla Türkiye için 2 tür kaynak kategorisi üzerinde durulmaktadır: (1) 3 km derinlikten daha sığ derinliklerdeki hidrotermal kaynaklar ve (2) yerküredeki ısı akısı kullanılarak elde edilen jeotermal potansiyel. Bugüne kadar yapılan çalışmalar Türkiye'nin ilk 3 km derinliğindeki jeotermal potansiyelin 3×10^{23} J olduğunu göstermektedir. Monte Carlo tipi olasılıklı rezerv (potansiyel) tahmin yöntemi kullanılarak Türkiye genelinde toplam 40 adet orta-yüksek sıcaklıklı jeotermal (hidrotermal) saha incelenmiştir. Bu sahalardan elektrik üretimi için elde edilebilecek en düşük jeotermal potansiyel sınır değeri referans sıcaklığının 100 °C olması halinde 661 MW_e ve doğrudan kullanım için elde edilecek

en küçük sınır değeri ise referans sıcaklığının 15 °C olması durumu için ise 18 GW_t olarak tahmin edilmiştir.

Mayıs 2009 itibarıyla, Türkiye'deki keşfedilmiş mevcut bütün jeotermal oluşumlar değerlendirilerek Türkiye'nin tahmini görünür kapasitesi referans sıcaklığının 15 °C olması durumu için yaklaşık 4800 MW_t olarak hesaplanmıştır.

Bu bildiride, tanımlanmış görünür (hidrotermal) kapasite, jeotermal temel kaynak ve GJS potansiyeli hesaplamaları için kullanılan yöntemler ve güncellenmiş sonuçlar sunulmaktadır. Bunlara ek olarak, Türkiye'nin yüzeyden 500 m derinliği için hesaplanmış tahmini sıcaklık dağılımı haritası sunulmaktadır.

1. GİRİŞ

Gelişme ve büyümesine paralel olarak, nüfus endüstrileşme ve elektrik kullanımının artmasıyla Türkiye'nin kullandığı enerji yüzdesi de her geçen gün artmaktadır. Ancak, ülkenin mevcut enerji üretimi tükenen/fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Enerji ihtiyacının yaklaşık %75'i ithal edilen ve enerji bağımlılığını arttıran yakıtlardan karşılanmaktadır. Ülkenin enerji tüketimi 106 milyon ton petrol eşdeğeri ve elektrik üretimi kurulu kapasitesi ise yaklaşık 42000 MW_e'dir. Enerji bağımlılığını rüzgar, güneş, jeotermal gibi yenilenebilir kaynakların devreye sokulmasıyla, bir nevi enerji çeşitlendirilmesi yapılarak azaltması gerekmektedir.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olduğu öteden beri dile getirilmekle birlikte bu kaynaklarından üretebilecek enerjinin değerlendirilmesi net olarak yapılmamıştır. Ülkenin yerli enerji potansiyelinin artmasına az da olsa bir olanak sağlayacak jeotermal kaynaklarını enerji arzı portföyüne eklemesi gerekmektedir.

Jeotermal arama faaliyetleri Türkiye'de 1960'larda başlamıştır. İlk olarak 1968 yılında yüksek entalpili bir jeotermal saha olan Kızıldere Sahası keşfedilmiştir. Orta sıcaklıklı sahalar olarak nitelendirilen Balçova ve Seferihisar Sahaları 1960 ve 70'lerde bulunup, çalışılmıştır. İkinci yüksek entalpili saha, Germencik ve diğer orta entalpili sahalar olarak kabul edilen Salavatlı ve Simav sahaları ise 1980'lerde

keşfedilmişlerdir. Türkiye’de 45 yıldan uzun bir süredir jeotermal faaliyetler devam etmekte olmasına rağmen, düşük ve orta sıcaklıklı kaynaklar detaylıca araştırılıp, değerlendirilmemiştir.

2. TÜRKİYE’NİN JEOTERMAL KAYNAK POTANSİYELİ

Türkiye tektonik ve volkanik aktivitelerce oldukça zengin bir ülkedir. Ülkenin jeotermal kaynakları hidrotermal ve destekli jeotermal sistemler (GJS=EGS “Engineered Geothermal Systems”) olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Günümüzde ülkedeki tüm jeotermal arama ve geliştirme projeleri hidrotermal üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmanın amacı kapsamında, yer yüzeyinden ilk 3 km derinlikteki ve 15 °C sıcaklıktan yüksek kayaç ve akışkanın içerdiği toplam ısı jeotermal temel kaynak olarak tanımlanmıştır. Kayaç ve akışkan ısısının birlikte düşünüldüğü hidrotermal sistemler için yer kabuğu içinde sınırlayıcı derinlik olarak 3 km kabul edilmektedir. Sınırlayıcı derinlik olan 3 km, günümüzdeki mevcut ekonomik koşullarda geçerli sınırlayıcı derinlik olmasından kaynaklanmaktadır. Jeotermal kaynak potansiyeli hakkındaki ilk çalışma 1978 yılında Amerika’da bulunan EPRI (Enerji Üretimi ve Araştırma Enstitüsü) tarafından raporlanmıştır. Sonraki yıllarda çeşitli araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalarla birlikte en son Korkmaz Başel vd., (2008b) Türkiye’nin yeraltındaki depolanmış ısı içeriğini (jeotermal temel kaynak potansiyeli) ortaya koyan bir çalışma yapmıştır. Yapılan tüm çalışma sonuçları Tablo 1’de özetlenmektedir. Korkmaz Başel vd., (2008b) Türkiye’nin ilk 3 km derinliğindeki depolanmış ısı içeriğini hesaplarken, Mihçakan vd., (2006)’nin sıcaklık gradyanı haritasındaki derinlik ve sıcaklık bilgilerini kullanmış ve farklı sıcaklık grupları gözetilerek yeraltında depolanmış ısı içeriği tahmin edilen gradyan değerlerinin 3 km derinliğe extrapolasyonu ile hesaplanmıştır. Kullanılan sıcaklık grupları aşağıdaki gibidir: Grup 1: $T < 100$ °C, Grup 2: $100 < T < 150$ °C, Grup 3: $150 < T < 250$ °C, Grup 4: $T > 250$ °C.

Tablo 1: Türkiye’nin 3 km derinliğinde depolanmış ısı enerjisi (Başel vd., 2008b).

Yapılan Çalışmalar	Sıcaklık Grupları, °C				Toplam Depolanmış Isı Enerjisi, J
	Grup 1 ($T < 100$)	Grup2 ($100 < T < 150$)	Grup3 ($150 < T < 250$)	Grup4 ($T > 250$)	
EPRI, 1978	1.9×10^{23}	8.4×10^{22}	2.3×10^{22}	1.4×10^{22}	3.1×10^{23}
Serpen, 1996	1.6×10^{23}	9.3×10^{22}	3.2×10^{22}	---	2.9×10^{23}
Serpen-Mihçakan, 1999	7.1×10^{22}	1.1×10^{23} ($100 < T < 180$)	1.5×10^{22} ($180 < T < 250$)	---	2.0×10^{23}
Satman, 2007	1.8×10^{23}	1.2×10^{23}	6.3×10^{22}	6.9×10^{20}	3.7×10^{23}
Korkmaz Başel vd., 2008	1.72×10^{23}	1.3×10^{23}	6.4×10^{22}	3.02×10^{22}	3.96×10^{23}
Depolanmış Isıl Enerji Aralığı: 2.9×10^{23} J - 3.96×10^{23} J					

Jeotermal temel kaynak ile ilgili çeşitli çalışma sonuçlarının gösterildiği Tablo 1’de, Türkiye için toplam jeotermal temel kaynak değerinin $\pm 1 \times 10^{23}$ J standart sapma ile ortalama 3×10^{23} J olduğu tahmin edilmektedir.

Akışkan içermeyen ve iletimin etken olduğu sıcak kuru kayaç veya son yıllarda kullanılan teknolojiyle geliştirilmiş (destekli) jeotermal sistemler (GJS) için derinlik sınırı 10 km olarak alınmaktadır Satman,(2007).

GJS uygulamaları için 3 -10 km derinlik aralığındaki ısı kaynağı incelenmiştir. Yer yüzeyinden 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 km derinliklerdeki depolanmış ısı enerjisi ve bu derinlik aralıklarındaki depolanmış ısı enerjisi, gradyan haritası kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 2 ve 3’de gösterilmektedir.

Tablo 2: Türkiye’nin farklı derinliklerinde depolanmış ısı enerjisi.

Sıcaklık Aralığı, °C	Derinlik, km							
	3	4	5	6	7	8	9	10
T<100	1.72	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
100<T<150	1.3	2.31	2.61	2.70	2.70	2.70	4.15	4.15
150<T<250	6.39	1.78	4.20	6.54	7.93	8.54	8.66	8.81
T>250	3.02	1.17	2.41	6.99	9.16	1.52	2.23	3.05
Toplam Dep. Isıl En., 10^{23} J	3.96	7.03	11	18	21.6	28.2	36.9	45.3

Tablo 3: Türkiye’nin 1 km’lik derinlik aralıklarında depolanmış ısı enerjisi.

Derinlik Aralığı, km	Depolanmış Isı, 10^{23} J	Derinlik Aralığı, km	Depolanmış Isı, 10^{23} J
3-4	3.06	7-8	6.61
4-5	3.97	8-9	8.74
5-6	7.01	9-10	8.37
6-7	3.56		

3. ÜRETİLEBİLİR ISIL GÜÇ

Rezerv gelişimi ve üretimi değerlerine etki eden parametrelerdeki belirsizliğe bir yaklaşım sağlamak amacıyla olasılık yöntemleri kullanılmaktadır. Monte Carlo simülasyon tekniğinde, her bir değişken için değer aralıkları belirlenerek dağılımlar oluşturulmakta ve bu dağılımlardan her bir değişken için olasılıklar hesaplanmaktadır. Bu teknik kullanılarak, değişkenlerin değerlerinin tayin edilmesinde ilk olarak rastgele bir sayı üretilmekte ve daha sonra tanımlanmış olasılık dağılımları kullanılarak

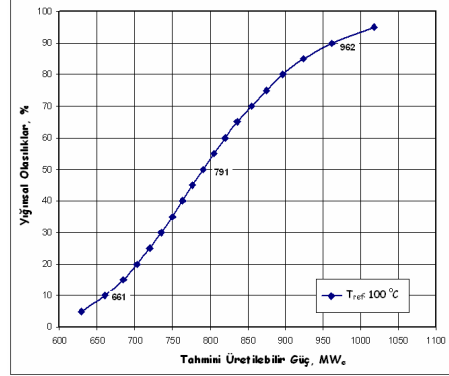
değişkenlerin değeri tayin edilmekte ve en sonunda üretilen değerler kullanılarak depolanmış ısı miktarı hesaplanmaktadır. Üretilen ısı hesabı (elektrik MW_e / ısı MW_t) için bu işlemler, en iyi temsili olasılık dağılımı üretilinceye kadar tekrarlanmaktadır. Her bir değişkenin tanımlanmasında farklı dağılım tiplerinin kullanılması mümkün olabildiği gibi, bu çalışmada olduğu gibi üçgen ve düzgün dağılımlar da kullanılmaktadır. Monte Carlo simülasyonundan elde edilen sonuçlar, belirli bir değerin oluşum sayısını gösteren histogram ve yığınsal dağılım fonksiyonları (YDF) cinsinden ifade edilmektedir. Yığınsal olasılık dağılımdaki orta değer (medyan) P50 değerini göstermektedir. P10, P50 ya da P90 terimleri ise sırasıyla, 10., 50. ve 90. yüzdelerdeki eşit veya küçük değerleri ifade etmektedir. Tek bir saha yerine birden fazla saha ile çalışılırken ve tüm bu sahalardan elde edilecek toplam üretim güç değeri belirlenirken, her bir sahanın simülasyon sonucundan elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri log normal dağılımlar olarak ifade edilerek toplanmıştır. Elde edilen toplam, 10000 kere koşulmuş ve sonuç yığınsal dağılım fonksiyonu şeklinde ifade edilmiştir.

Elektrik üretimine uygun yüksek sıcaklıklı 15 jeotermal saha değerlendirilmiştir. Bu sahalardan üretililecek hem elektrik hem de ısı güçler, Monte Carlo olasılık yaklaşımı kullanılarak tahmin edilmiştir. Elektrik üretimi hesaplamalarında, sahalanın ömürleri 30 yıl ve referans sıcaklıkları 100°C olarak varsayılmıştır. 15 sahadan üretilen elektrik gücü değerlerini gösteren yığınsal dağılım fonksiyonlarındaki P10, P50 ve P90 değerleri sırasıyla 661, 791 ve 962 MW_e 'dir. Referans sıcaklığının 15°C olması durumunda 15 sahadan elde edilecek ısı güç değerlerinin yığınsal dağılım fonksiyonundaki P10, P50 ve P90 değerleri ise sırasıyla 18077, 21460 ve 28390 MW_t olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4: Elektrik üretimine uygun 15 sahanın Güç Potansiyelleri, MW_e ($T_{ref}:100^{\circ}\text{C}$).

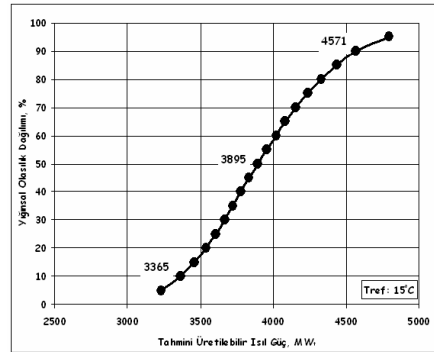
Sahalar	P10	P50	P90	Sahalar	P10	P50	P90
1. Balçova	0.3	0.8	1.8	9. Simav	21.9	35.6	54.5
2. Zilan-Ercis	0.6	1.8	3.5	10. Germencik	24.6	43	70.6
3. Tuzla	3.6	6.6	11.5	11. (X)	28.4	45.9	69.5
4. (S)	2.4	4.5	7.9	12. (Y)	50.5	83.9	134
5. Dikili	5.3	11.5	23.3	13. Salavatlı	63	119	215
6. (T)	5.2	8.5	12.9	14. Kızıldere	88.2	112	140
7. Seferihisar	5.3	14.5	26.3	15. (Z)	162	264	401
8. (U)	10.4	13.1	16.7				

Her bir sahaya ait değerler Tablo 4’de verilmekte olup, 100 °C referans sıcaklığının temel alındığı üretilebilir elektrik güç simülasyon sonuçları Şekil 1’de gösterilmektedir. Tablo 4’de, 6 sahanın ismi, sahaların ihalesi devam etmekte olduğu ve girişimcileri yanıltmak istenmediği için verilmemektedir.



Şekil 1: Elektrik üretimine uygun sahaların Monte Carlo Simulasyon sonuçları.

Monte Carlo simülasyonu yaklaşımı ayrıca, merkezi ısıtma sistemine uygun düşük ve orta sıcaklıklı 28 jeotermal sahanın üretilebilir ısıl potansiyellerinin tahmininde kullanılmıştır. Tahminlerde merkezi ısıtma sistemlerinin proje ömrü 30 yıl, referans sıcaklığı ise 15 °C olarak varsayılmıştır. Elde edilen tahmin sonuçları Şekil 2 ve Tablo 5’de P10, P50 ve P90 değerleri yığılma dağılım fonksiyonu cinsinden ifade edilmektedir. Değerlendirilmesi yapılan düşük ve orta sıcaklıklı 28 jeotermal sahadan referans sıcaklığının 15 °C olması durumu için üretilebilir ısıl potansiyelin P10, P50 ve P90 değerleri sırasıyla, 3365, 3895 ve 4571 MW_t’dir.

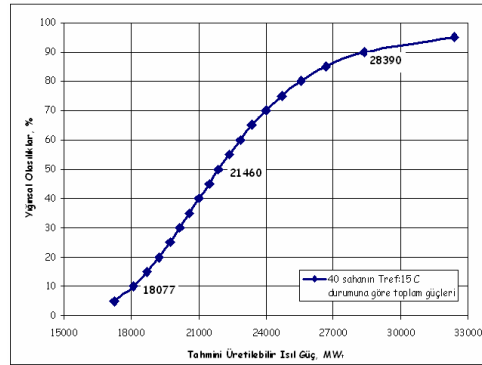


Şekil 2: Doğrudan kullanıma uygun 28 sahanın Monte Carlo simulasyon sonuçları.

Tablo 5: Doğrudan kullanıma uygun 28 sahanın potansiyelleri, MW_t (T_{ref} : 15 °C).

Sahalar	P10	P50	P90	Sahalar	P10	P50	P90
1. Simav (Kütahya)	671	1055	1578	15. Kızılcahamam (Ankara)	28	50	85
2. Dikili (İzmir)	353	576	869	16. Gönen (Balıkesir)	26	46	80
3. Şaphane (Kütahya)	185	291	419	17. Yenice (Denizli)	25	45	78
4. Ömer-Gecek (Afyon)	157	235	312	18. Sorgun (Yozgat)	23	39	62
5. Kestanbol (Çanakkale)	140	295	576	19. Salihli (Manisa)	20	34	55
6. Gediz (Kütahya)	102	164	250	20. Armutlu (Yalova)	19	32	54
7. K.hayit Pamukkale (Denizli)	69	125	216	21. Kuzuluk (Sakarya)	17	31	53
8. Urganlı (Manisa)	53	102	178	22. Güre (Balıkesir)	14	27	49
9. Sandıklı (Afyon)	53	98	170	23. Edremit (Balıkesir)	14	23	36
10. Diyardin (Ağrı)	50	96	174	24. Heybeli (Afyon)	13	28	54
11. Gölemezli (Denizli)	45	82	140	25. Yerköy (Yozgat)	8	14	23
12. Kozaklı (Nevşehir)	40	71	120	26. Kırşehir	6	11	19
13. Balçova (İzmir)	38	75	145	27. Hisarköy (Balıkesir)	5	16	39
14. Bergama (İzmir)	31	58	104	28. Demirci (Manisa)	4	9	17

Çalışma kapsamında şimdiye kadar 40 jeotermal saha değerlendirilmiş olup, referans sıcaklığının 15°C olarak varsayılması durumunda, bu sahalardan elde edilebilecek üretilen ısı güçleri hesaplanmıştır. 40 saha için P10, P50 ve P90 değerleri sırasıyla, 18077, 21460 ve 28390 MW_t olarak hesaplanmış ve yığılmsal dağılım fonksiyonu ise Şekil 3'te gösterilmektedir.



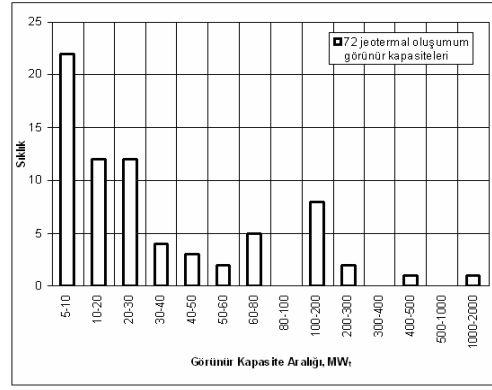
Şekil 3: Değerlendirilen 40 sahanın Monte Carlo simulasyon sonuçları.

4. GÖRÜNÜR JEOTERMAL KAPASİTE

Türkiye’de bugüne kadar yapılan araştırmalar ile MTA 1996 ve MTA 2005 envanterleri değerlendirildiğinde, ülke genelinde 277 alanda jeotermal etkinliğin olduğu görülmektedir. Görünür jeotermal kapasite hesabı yapmak için mevcut veriler detaylıca değerlendirilmiştir. Tanımlanmış sahaların mevcut koşullardaki üretim ve rezervuar verileri hem MTA jeotermal envanteri hem literatür hem de İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümünde yapılmakta olan çalışmalardan elde edilen veriler olacak şekilde toplanmış, analiz edilmiş ve sınıflandırılmıştır. Toplanan mevcut bütün veriler, ülkenin jeotermal potansiyelinin kapasite cinsinden tahmini için kullanılmıştır. Ortalama referans sıcaklığı bölgeden bölgeye değişkenlik göstermekle birlikte, Türkiye için bu değer ortalama olarak 15 ya da 20 °C olarak alınmıştır. Akışkanın Satman vd., (2007)’nin yapmış oldukları Türkiye için tanımlanmış jeotermal kapasite çalışmasında, ülkedeki tüm jeotermal oluşumların debi değerleri ve buralardan üretilen akışkanların ortalama sıcaklıkları dikkate alınmıştır. Referans sıcaklığının 15°C ve 20°C olması durumu için sırasıyla tanımlanmış jeotermal enerji kapasitesi 3850 MW_t ve 3700 MW_t olarak hesaplanmıştır. Nisan 2009’da gerçekleştirilen güncelleme çalışması ile bu rakamlar 4800 MW_t ve 4450 MW_t olarak yenilenmiştir. Türkiye genelinde 277 jeotermal oluşumun 205 tanesinin bir başka ifade ile jeotermal kaynakların %74’ünün görünür mevcut kapasite değerleri 5 MW_t ve altındadır (Tablo 6). 5 MW_t’lik kapasite değeri çok küçük olduğundan oluşturulan sıklık grafiğinde (Şekil 5) bu oluşumlar değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Tablo 6: Türkiye’deki 277 jeotermal oluşumun görünür kapasite aralık değerlerine göre oluşum yüzdeleri (T_{ref}: 15°C).

Görünür Kapasite Aralığı, MW _t	Oluşum Yüzdesi	Görünür Kapasite Aralığı, MW _t	Oluşum Yüzdesi
0-5	74	80-100	0
5-10	7.9	100-200	2.9
10-20	4.3	200-300	0.7
20-30	4.3	300-400	0
30-40	1.4	400-500	0.4
40-50	1.1	500-1000	0
50-60	0.7	1000-2000	0.4
60-80	1.8		



Şekil 5. 72 jeotermal oluşumun sıklık-görünür kapasite değerleri (referans sıcaklığı: 15 °C).

Türkiye'deki jeotermalden elektrik üretim santrallerinin kurulu kapasitesi 80 MW_e'dir. Tablo 7, mevcut ve yakında kurulacak olan santrallerin kurulu kapasite değerlerini göstermektedir.

Tablo 7: Türkiye'nin jeotermal enerji santralleri.

Yer	İşletmeye Alındığı Yıl	Kurulu Kapasite (MW _e)	Yer	İşletmeye Alındığı Yıl	Kurulu Kapasite (MW _e)
Kızıldere (Denizli)	1984	17.8	Gürmat (Germencik)	2009	47.4
Dora I Salavatlı (Aydın)	2006	7.35	Tuzla (Çanakkale)	2009	7.5
Bereket Enerji (Denizli)	2007	7.5	Dora II Salavatlı (Aydın)	2010	9.7

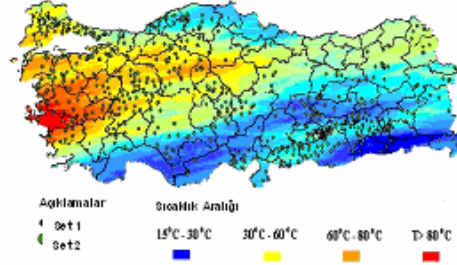
5. TÜRKİYE YERALTI SICAKLIK DAĞILIMI HARİTASI

Yer altı sıcaklık dağılımı haritasını oluşturmak için iki adet veri seti kullanılmıştır. Set

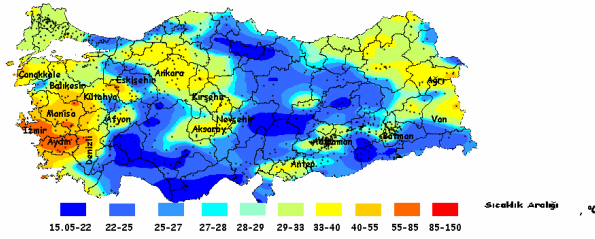
1) Mıhçakan vd.,(2006)'nin sıcaklık gradyanı haritası oluşturmak için kullandıkları veriler ve Set 2) İlkışık vd., (2008)'nin ısı akısı haritası geliştirebilmek için kullandığı veriler.

İlk olarak Mıhçakan vd., (2006)'nin yapmış olduğu çalışmadan derlenen en az 1 km derinlikten yapılan sondajlardan elde edilen 241 adet veri ve 100/150 m derinliklerdeki sığ kuyulardan elde edilmiş 543 adet veri birleştirilerek toplamda 784 adet veri simple krigging olasılık yöntemi kullanılarak Şekil 6 oluşturulmuştur.

Şekil 7 ise, Nisan 2009'da veri setlerinin güncellenerek ve yeni verilerin eklenerek toplam veri sayısının 968'e yükseldiği (veri seti 1: 420 adet ve veri seti 2: 555 adet) 500 m sıcaklık dağılımı haritasını göstermektedir. Oluşturulan yeni haritanın jeotermal bölgeleri daha iyi yansıttığına inanılmaktadır.



Şekil 6: Türkiye'nin 500 m derinliğindeki sıcaklık dağılımı haritası (Korkmaz Başel vd., 2008b).



Şekil 7: Türkiye'nin 500 m derinliğindeki sıcaklık dağılımı haritası.

SONUÇLAR

Bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Türkiye'nin yüzeyden ilk 3 km derinliğinin içerdiği jeotermal kaynak potansiyeli, $3 \pm 1 \times 10^{23}$ J, yüzeyden ilk 10 km derinliğinin içerdiği jeotermal kaynak potansiyeli ise 4.5×10^{24} J olarak tahmin edilmiştir.
2. Monte Carlo simülasyonu kullanılarak 40 saha incelenmiş ve bu sahaların P10, P50 ve P90 ısııl enerji değerleri (MW_t), referans sıcaklığının $15^\circ C$ olması durumu için sırasıyla 18077, 21460 ve 28390 olacak şekilde bulunmuştur.
3. Mevcut veriler kullanılarak Türkiye'nin 500 m derinliği için sıcaklık dağılımı haritası oluşturulmuştur.

4. Bilinen ve yeni sahalarda yapılan araştırma-geliştirme etkinlikleri sonrasında gözlemlenen/ölçülen ek kapasitelerle birlikte jeotermal görünür kapasite, referans sıcaklığının 15°C olması durumunda 4800 MW_t olarak hesaplanmıştır

KAYNAKLAR

Electric Power Research Institute: Geothermal Energy Prospect For The Next 50 Years, EPRI ER-611-SR, Palo Alto, Ca (1978).

İlkışık, O. M.: Kişisel görüşme, (2008).

Korkmaz Başel, E. D., Serpen, U., Satman, A.: Geothermal Potentials Of The Fields Utilized For District Heating Systems in Turkey, *Bildiri Kitabı*, New Zealand Geothermal Workshop ve NZGA Seminar,(2008a).

Korkmaz Başel, E. D., Çakın, K., Satman, A.: Türkiye'nin Yer altı Sıcaklık Haritası ve Tahmini Isı İçeriği, *Sempozyum Bildiri Kitabı*, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul (2008b).

Satman, A., Serpen, U., ve Korkmaz Başel, E.D.:An Update on Geothermal Energy Potential of Turkey, *Bildiri Kitabı*, 32th Stanford Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, CA (2007).

Serpen, U., Korkmaz Başel, E.D. ve Satman, A.: Power Generation Potentials of Major Geothermal Fields in Turkey, *Bildiri Kitabı*, 33rd. Stanford Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, CA (2008).

Mihçakan, M., Onur, M., Erçelebi, S.G., Okay, A., Yilmazer, M.: Türkiye Yer altı Sıcaklık Gradyanı Dağılımının Derin Kuyu Sıcaklıkları ve Variogram Analizi Kullanılarak Haritalanması, *Tübitak Projesi* No: YDABÇAG-100Y040, (2006).

Satman, A.:Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli, *Seminer Kitabı*, Teskon-VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, (2007).

Serpen, U., Mihçakan, M.: Heat Flow and Related Geothermal Potential of Turkey, *Geothermal Resources Council Transactions*, Vol. 23, (1999).

ÖZGEÇMİŞ

E. Didem KORKMAZ BAŞEL

1977 yılı İstanbul doğumludur. Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği'nde lisans derecesini 2001 yılında, yüksek lisans derecesini 2004 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nden (İTÜ) almıştır. 2005 yılında araştırma görevlisi olarak göreve başladığı İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü'nde halen "Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli" konulu doktora çalışmasına devam etmektedir.

Umran SERPEN

1945 yılı İzmir doğumludur. 1967 yılında İTÜ Petrol Mühendisliği Bölümü'nden mezun olduktan sonra 1974 yılına kadar TPAO ve MTA'da petrol ve jeotermal sahalarda çalışmıştır. 1974 yılından 1987 yılına kadar ELECTROCONSULT adlı bir İtalyan mühendislik ve danışmanlık şirketinde El Salvador, Guatemala, Meksika, Nikaragua, Kosta Rika, Arjantin, Şili, Etiyopya, Kenya, Filipinler, Rusya ve İtalya gibi ülkelerin çeşitli jeotermal projelerin çeşitli aşamalarında danışmanlık yapmıştır. 1987 yılından itibaren İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü'nde Öğr. Gör. Dr. olarak çalışmaktadır.

Abdurrahman SATMAN

İTÜ Petrol Mühendisliği Bölümü'nden Y. Mühendis olarak mezun olduktan sonra gittiği A.B.D.'deki Stanford Üniversitesi'nde Petrol Mühendisliği Bölümü'nden MS ve Doktora ünvanlarını aldı. Daha sonra Stanford Üniversitesi'nde Asistan Profesör olarak çalıştıktan sonra 1980 yılında İTÜ Petrol Mühendisliği Bölümünde çalışmaya başladı. 1985-1987 arasında Suudi Arabistan'da KFUPM-Research Institute'te çalıştı. Mayıs 2005 ve Ocak 2009 arasında İTÜ Enerji Enstitüsü Müdürlüğü görevini yürüttü. Halen İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. İlgili alanları arasında petrol, doğal gaz ve jeotermal mühendisliğinin üretim ve rezervuarla ilgili konular yer almaktadır.