



Manisa/Türkiye’de Yeraltı Isı Değiştiricisi Uygulamaları İçin Toprak Sıcaklıklarının Tahminlenmesi

Prediction of Soil Temperatures for Underground Heat Exchanger Applications in Manisa Turkey

Deniz Yener¹, Önder Özgener^{2*}, Leyla Özgener³

¹Fen Bilimleri Enstitüsü, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi, Bornova, İzmir, Türkiye

²Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, Bornova, İzmir, Türkiye

³Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği, Muradiye, Manisa, Türkiye

Öz

Bu araştırma düşük entalpili jeotermal kaynaklar için toprak sıcaklığı tahminlenmesini, zamanın ve derinliğin fonksiyonu olarak ele almaktadır. Yapılan tahminler özellikle toprak-hava ısı eşanjörleri ve toprak kaynaklı ısı pompası uygulamalarına yöneliktir. Toprağın termal davranışı pek çok farklı parametreden etkilenmektedir. Örneğin; mevsimsel hava değişimleri, termal iletkenlik ve nem oranı gibi. Bu parametreler özellikle toprak yüzeyine yakın derinliklerde etkisini arttırmaktadır. Bilimsel çalışma ve uygulamalarda son derece önemli olan bu parametrelere eksiksiz ulaşmak oldukça zordur ve bu durum tasarım parametrelerinin doğru belirlenmesini güçleştirmektedir. Bu sebeplerden dolayı, toprak sıcaklığını tahmin edebilmek için matematiksel bir model geliştirdik. İzmir Meteoroloji İstasyonu’ndan alınan Manisa iline ait 1960-2014 yılları arasındaki 5-10-20-50 ve 100cm’deki toprak sıcaklığı ölçüm değerleri ile hesaplanan değerler karşılaştırılmış ve hata oranları sırasıyla %13.4 , %12 %8.5 , %9.4 ve %8.7 olarak hesaplanmıştır. Özetle, bu çalışmada 5-3000cm derinlikleri arasında, hava sıcaklığı verileri baz alınarak toprak sıcaklığı tahminleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toprak sıcaklığı, Jeotermal enerji, Isı değiştiriciler

Abstract

This present study deals with the prediction of soil temperature’s as a function of time and depth. Soil temperature values, especially near the surface, depend on different types of parameters such as seasonal weather variations, moisture content, thermal conductivity, etc. The main drawback is that even though these values are really important, they cannot be reached easily. Due to this reason we developed theoretical model for prediction. Measured data between 1960 and 2014 that was taken from the İzmir State Meteorological Station, and predicted soil temperatures at depths of 5cm, 10cm, 20cm, 50cm, and 100cm were compared for city of Manisa. Additionally, at depths of 5cm, 10cm, 20cm, 50cm and 100cm, the maximum average percentage errors were 13.4% , 12%, 8.5% , 9.4% ve 8.7% respectively. In summary, we investigated the relationship between ambient temperature fluctuations and soil temperatures in terms of depth from 5cm to 3000cm.

Keywords: Soil Temperature, Geothermal Energy, Heat Exchanger

1. Giriş

Son yıllarda, toprak sıcaklığı önemini enerji uygulamalarında giderek arttırmaktadır. Özellikle düşük derinlikteki jeotermal kaynaklar için hem teorik hem de uygulamalı bir çok çalışma mevcuttur (Badache 2016, Beltrami 2001, Chow 2011). Ancak gerekli verilerin doğru ve eksiksiz elde edilebilmesi bu tarz çalışmalar açısından önemli bir sorundur. Bu

sebeple ortalama hava sıcaklığı temelli, zamanın ve derinliğin fonksiyonu olarak toprak sıcaklığının tahmin edildiği çalışmalar yapılmıştır. Özgener vd. (2013) çalışmalarında jeotermal ısı değiştiriciler için toprak sıcaklığı tahmini üzerine yoğunlaşmışlar ve Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü’nde bulunan topraktan havaya ısı değiştirici sistem aracılığıyla aldıkları ölçüm değerlerini, matematiksel modelle elde edilen verilerle karşılaştırmış, toprak ve ortam sıcaklığı arasındaki ilişkiye değinmişlerdir. Yener vd. (2016) araştırmalarında, 1 yıllık meteorolojik veriler ışığında İzmir ilinin farklı derinliklerdeki toprak sıcaklığını teorik model aracılığıyla tahminlemiştir. Tahminler İzmir Meteoroloji

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: leyla.ozgener@gmail.com

Geliş tarihi / Received : 17.02.2016

Kabul tarihi / Accepted : 29.04.2016

İstasyonu’ndan alınan değerler ile kıyaslanarak yüzde hata oranlarına ulaşılmış ve en yüksek hata oranlarının toprak yüzeyine yakın bölgelerde olduğu belirtilmiştir. Özellikle jeotermal uygulamalar açısından, en önemli tasarım parametrelerinin başında gelen toprak sıcaklığının doğru bilinmesi, uygulamalarda karşılaşılabilecek pek çok durumu önceden belirlemeye ve tasarımın planlandığı ölçüde verimli olmasına etki edebilmektedir. Tüm bu sebeplerden dolayı, bu çalışmanın amacı, Manisa ilinin 55 yıllık ortalama hava sıcaklığı değerleri aracılığıyla toprak sıcaklıklarını tahminlemektir.

2. Gereç ve Yöntem

Yöntem ile ilgili ayrıntılı açıklama ve formüller yazarın önceki çalışmasında verilmiştir (Özgener vd. 2013). Bu çalışmada toprak homojen, termal iletkenlik $k = 2,850 \text{ W/mK}$, ısı akışı tek yönlü ve toprağın termal geçirgenliği sabit kabulleri yapılmıştır. Bu araştırmaya göre z toprak yüzeyinden derinliktir ve maksimum 3000cm olarak alınmıştır. T toprak sıcaklığı, T_m incelenen periyottaki ortalama hava sıcaklığıdır bu çalışmada 17°C olarak hesaplanmıştır, P saat cinsinden 1 yıllık süreç (8760 saat) ve t_0 hava sıcaklığının incelenen periyottaki ortalama sıcaklık değerine ulaşması için geçen süredir. Sinüzoidal toprak sıcaklığı modeli ilk kez Hillel (1982) tarafından çözümlenmiştir.

$$T(z,t) = T_m + A_z \sin \left[\frac{2\pi}{P} (t - t_0) - yz - \frac{\pi}{2} \right] \quad (1)$$

$T(z,t)$ derinliğin ve zamanın fonksiyonu olarak toprak sıcaklığıdır. A_z , z derinliğindeki sıcaklık dalgalanmasının genliğini gösterir ve formül (2) ile ifade edilir.

$$A_z = A_0 \cdot \exp^{-\gamma z} \quad (2)$$

A_0 ve A_z topraktaki sıcaklık dalgalanmasını gösterir. Bu sebeple önemli parametrelerdir. A_0 çalışma periyodundaki maksimum sıcaklık ile ortalama sıcaklığın farkıdır. A_z ise farklı derinliklerdeki genliklerin göstergesidir. A_0 bu çalışmada 1.58 değerindedir. γ sönüm derinliğidir ve bu araştırmada Manisa için 3000cm olarak incelenmiştir. Bir diğer önemli parametre t_0 ’dır. İncelenen süreç içerisinde ortalama ortam sıcaklığı ile sıcaklık dalgalanmasının ilk kesiştiği noktanın değerini alır ve sıfır noktası olarak adlandırılır. Formül (1) baz alınarak, Manisa için, derinlik ve zamanın fonksiyonu olarak toprak sıcaklığı Formül (3) ile hesaplanır:

$$T(z,t) = 17 + 1.58 \exp(-0.0189z) \sin \left[\frac{2\pi}{8760} (t - t_0) - 0.0189z - \frac{\pi}{2} \right] \quad (3)$$

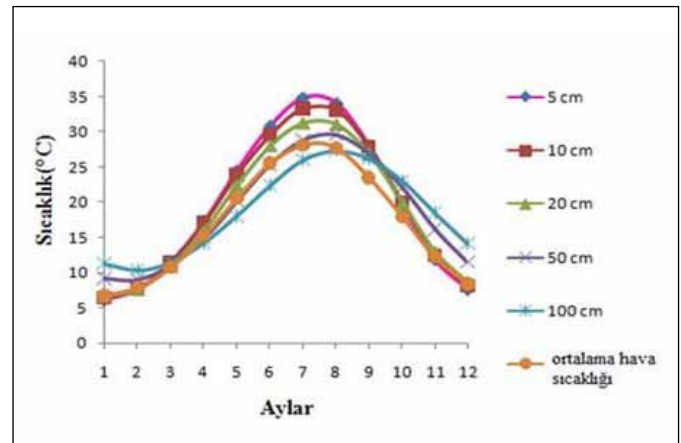
3. Sonuçlar

Bu çalışmada ölçülen ve hesaplanan toprak sıcaklıkları karşılaştırılmış ve aralarındaki ilişki incelenmiştir. Şekil 1’de görüldüğü gibi ortalama hava sıcaklığı ve farklı derinliklerdeki toprak sıcaklıkları aynı eğilimi göstermektedir.

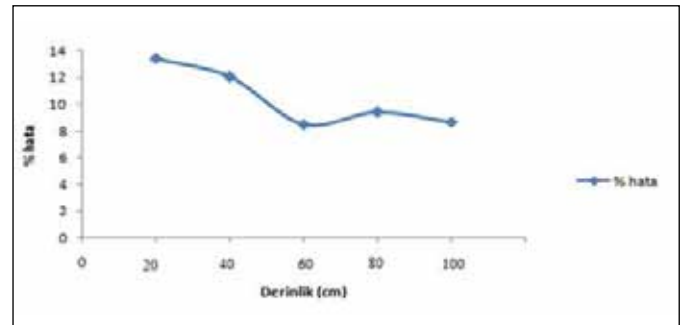
Yapılan çalışma dahilinde Manisa ili için, 5cm’den 3000cm’e kadar toprak sıcaklık tahminleri yapıldı. Ve sığ derinliklerde en yüksek yüzde hata oranları saptandı. Bunun sebebi, kısa süreli rüzgar, yağmur gibi değişikliklerin ve mevsimsel iklim farklarının yüzeye yakın derinliklere daha çok etki edebilmesidir. Dolayısıyla, toprak derinliği arttıkça hata yüzdesi de azalmaktadır.

Şekil 3, ölçülen ve hesaplanan toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi gösterir.

Topraktaki sıcaklık çeşitliliğinin aksine, 300cm’den hesaplanan toprak sıcaklığı ortalama hava sıcaklığına eşit olmaktadır. 300cm’den sonra derinlik arttıkça ise oldukça küçük, ihmal edilebilir sıcaklık farkları hesaplanmaktadır. Bu sebeple ek olarak Şekil 4’de toprak sıcaklığının genliği, derinliğin fonksiyonu olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Aylara göre toprak ve hava sıcaklıkları.



Şekil 2. Derinliklere göre hata yüzdeleri.

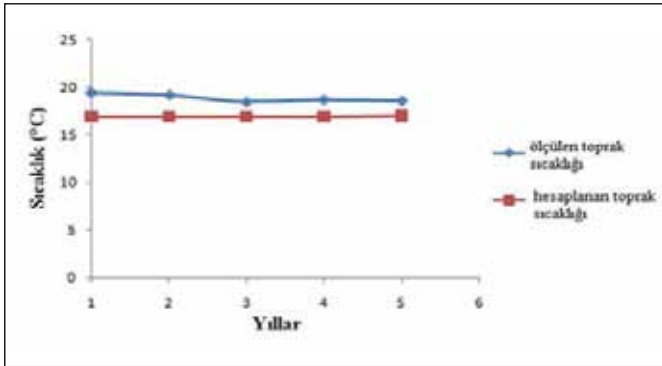
Manisa için 55 yıllık veriler ışığında 5- 3000 cm derinlikleri arası inceleme sonucunda elde edilen bağıntı formül (4)'teki gibidir;

$$\frac{A_z}{A_0} = 8.655e^{-0.89z} \quad (R^2=0.99) \quad (4)$$

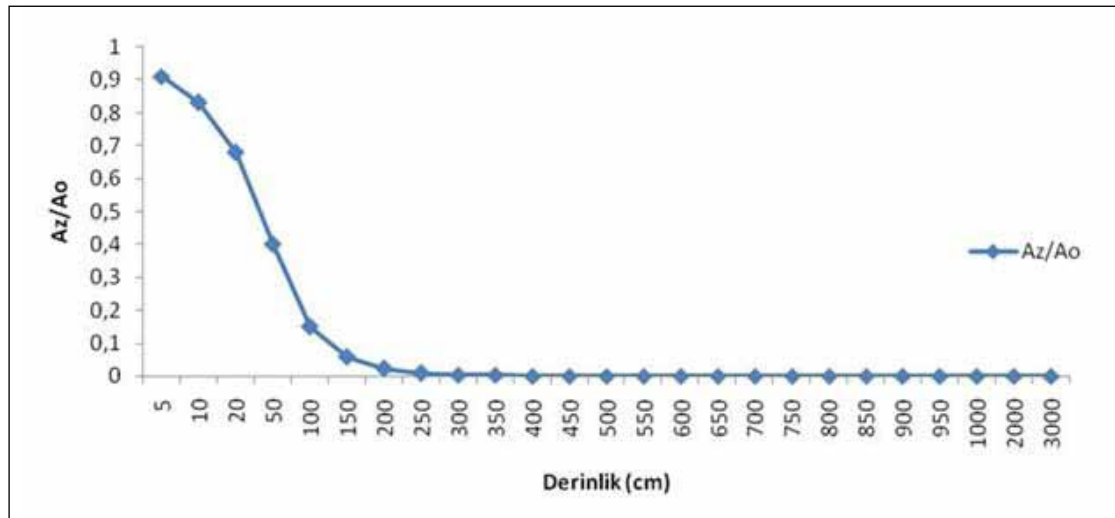
4. Tartışma ve Öneriler

Bu çalışmada toprak altı ısı değiştirici uygulamaları için Manisa'nın toprak sıcaklık tahminleri yapılmış ve İzmir Meteoroloji İstasyonu'ndan alınan ölçüm değerleriyle kıyaslanmıştır. Önemli tasarım parametrelerinden biri olan toprak sıcaklığının hesaplanabilmesiyle, mühendislik uygulamaları üzerinde, uzun ölçüm süreçleri ve maliyetli sondaj çalışmalarının olumsuz etkileri azalacaktır. Çalışmadan ulaştığımız sonuçlar;

- Manisa iline ait 1960-2014 yılları arasındaki 5-10-20-50 ve 100cm'deki toprak sıcaklığı ölçüm değerleri ile hesaplanan değerler karşılaştırıldı ve hata oranları sırasıyla %13.4, %12 %8.5 , %9.4 ve %8.7 olarak



Şekil 3. Ölçülen ve hesaplanan sıcaklıklar arasındaki ilişki.



Şekil 4. Derinliğin fonksiyonu olarak toprak sıcaklığı genliği.

bulundu. Hata oranlarında beklenen lineer azalmanın görülmemesi, çalışmanın yapılma amaçlarından biri olan, eksik ölçüm verileridir.

5. Teşekkür

Hava ve toprak sıcaklıkları ölçüm verilerine ulaşmamızı sağlayan İzmir Meteoroloji Bölge Müdürlüğüne teşekkür ediyoruz.

6. Kaynaklar

Badache, M., Nejad, PE., Ouzzane, M., Aidoun, Z., Lamarche, L. January 2016. A new modeling approach for improved ground temperature profile determination. *Renew. Energy*, 85: 436-444.

Beltrami, H. 2001. On the relationship between ground temperature histories and meteorological records: a report on Pomquet station. *Glob. Planet. Change*, 29: 327-348.

Chow, TT., Long, H., Mok, HY., Li, KW. 2011. Estimation of soil temperature profile in Hong Kong from climatic variables. *Energy Build.*, 43: 3568-3575.

Hillel, D. 1982. Fundamentals of Soil Physics. Academic Press, San Diego, CA, 167-170 pp.

İzmir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, 1960-2014 yılları arası Manisaya ait hava ve toprak sıcaklığı ölçüm verileri.

Ozgener, O., Ozgener, L., Tester, JW. July 2013. A practical approach to predict soil temperature variations for geothermal (ground) heat exchangers applications. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 62: 473-480

Yener, D., Ozgener, O., Ozgener, L. 2016. Prediction of Soil Temperatures for Underground Heat Exchanger Applications in Izmir Turkey. *12. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu*, İstanbul. (baskıda).