



Jeotermal Bölgelerde Arazi Yüze Sıcaklıklarının Sentinel Uydu Görüntüleri Kullanılarak Belirlenmesinin Doğruluk Analizi

Hatice Edanur Çınar^{1*}

<https://orcid.org/0000-0002-5367-3255>

R. Cüneyt Erenoğlu²

<https://orcid.org/0000-0002-8212-8379>

^{1,2}Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, 17020, Çanakkale, Türkiye.

*Sorumlu yazar: hedanurcinar@gmail.com

Özet

Doğal afetler kendi iç dinamiklerinde değerlendirildiğinde bir döngü veya yenilenme olarak düşünülse de insanoğlu ve beşer yapılar üstünde çok büyük felaketlere yol açabilmektedir. Özellikle son yüzyılda insanoğlu doğal afetlerin önüne geçemese de insanoğlu üzerindeki etkilerini azaltmaya çalışmaktadır. Bununla beraber doğal afetlerden, hayatımızın her alanında çokça kullandığımız mühendislik yapılarının etkilenmemesi için çaba göstermektedir. Özellikle deprem, heyelan gibi doğal afetlerin ardından mühendislik yapıları olan karayolu, demiryolu vb. yapıların etkilenmesi hem mal hem de can kayıplarını sebep olmaktadır.

Bu çalışmada, doğal afetlerin direkt sebep olduğu ya da dolaylı yoldan mühendislik yapılarını etkileyerek meydana gelecek kazaların önüne geçilebilmesi için nesnelerin interneti, bulut bilişimi kullanılarak bir erken uyarı sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan bu sistem sürekli mesafe ölçmeleri yardımı ile söz konusu mühendislik yapısı olan demiryolunda sürekli üst yapı takibi ile üst yapının deformasyonunu ve kaymaları tespit edebilmek için tasarlanmıştır.

Tasarlanan erken uyarı sistemi nesnelerin interneti olarak arduino sensörler ve bulut bilişimi olarak Google Drive teknolojisini kullanmaktadır. Yaptığı tekrarlı mesafe ölçülerini kablosuz ağ aracılığı ile Google Bulut sistemine aktarabilmektedir. Tam otomatik olarak veri toplama, depolama ve analiz gerçekleştirebilen sistem. Gelecekte tüm çalışmalara baz oluşturacağı gibi birçok alanda erken uyarı sistemi olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal Alan, Arazi Yüze Sıcaklığı, Sentinel, SNAP

Accuracy Analysis of Determination of Terrain Surface Temperatures Using Sentinel Satellite Images in Geothermal Regions

Abstract

Although natural disasters are considered as a cycle or regeneration when evaluated in their own internal dynamics, they can cause great disasters on human beings and human structures. Especially in the last century, although human beings cannot prevent natural disasters, they try to reduce their effects on human beings. In addition, it strives not to affect the engineering structures that we use a lot in all areas of our lives from natural disasters. Especially after natural disasters such as earthquakes, landslides, highway, railway, etc., which are engineering structures. Affecting the buildings causes both loss of property and life.

In this study, an early warning system has been designed by using the internet of things, cloud computing in order to prevent accidents that will occur directly by natural disasters or indirectly by affecting engineering structures. This designed system is designed to detect the deformation and slippage of the superstructure by continuous superstructure monitoring on the railway, which is the engineering structure, with the help of continuous distance measurements.

The designed early warning system uses Google Drive technology as the internet of things, as the arduino sensors and cloud computing. It can transfer the repeated distance measurements it makes to the Google Cloud system via wireless network. The system that can perform data collection, storage and analysis fully automatically. It can be used as an early warning system in many areas as it will serve as a basis for all future studies.

Keywords: Geothermal Area, Land Surface Temperature, Sentinel, SNAP

Giriş

Sıcaklık kavramı birçok çalışma için oldukça önemli bir değerdir. Günümüzde en çok iklim değişikliği konusunda yer göstermektedir. Bu kapsamda arazi yüzeyinin sıcaklığı iklim değişikliği açısından oldukça önemlidir. Yüzey sıcaklığı, dünya yüzeyinden ölçülen sıcaklık değeridir. Yüzey sıcaklığı yersel olarak yapılan çalışmalarla ya da uydu görüntülerinin yer yüzey sıcaklığı ve deniz yüzey sıcaklığı verilerinden elde edilebilir.

Jeotermal kelimesinin tanımı yerkabuğunun derinliklerinde biriken ısının oluşturduğu sıcaklığı, bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığının üzerinde olan, çevresinde var olan yeraltı ve yerüstü sularına nispeten erimiş mineral içeriği fazla basınç altındaki sıcak su ve buharı olarak yapılabilir (Erkul, 2012). Jeotermal alanlar geçirgen ve gözenekli kayalardaki suyun ısınarak bir rezervuar oluşturduğu alanlardır. Genelde, yerkabuğundaki sıcaklık değişimi derinliğe bağlı olarak kilometrede 25-30°C'dir. Su sıcaklığı, derinliğe bağlı olarak yer yüzey sıcaklığında bazı anomaliler meydana getirebilmektedir. Bu kapsamda, jeotermal alanların keşfi ve var olanların izlenmesinde uzaktan algılama (yer gözlem uyduları) çok önemli imkânlar sunmaktadır (Polat N. ve diğ., 2018).

Ülkemiz jeotermal kaynaklar açısından Dünyada ilk yedi ülke arasında yer alırken, Avrupa'da kaynak potansiyeli açısından birinci, kaplıca uygulamaları konusunda ise üçüncü sıradadır (Termal Turizm Master Planı 2007-2023). Türkiye genelinde termal turizm bölgeleri 4 kısma ayrılmaktadır. Bunlar: Güney Marmara, Güney Ege, Frigya ve Orta Anadolu Termal Turizm Kentleri Bölgeleri'dir. Eskişehir ili Termal Turizm Kentleri Bölgeleri sınıflandırmasında Frigya Bölgesi dahilinde 3. bölgede yer almaktadır. Kızılınlar ve Mihalgazi Sakarılıca termal turizm merkezleri Eskişehir'de öncelikli geliştirilecek termal turizm merkezleri kapsamına alınmıştır (Termal Turizm Master Planı 2007-2023). Ülkemiz önemli bir jeotermal kuşak üzerinde yer almaktadır ve 1300'ün üzerinde jeotermal kaynak barındırmaktadır. Fakat bu jeotermal kaynakların birçoğundan faydalanılamamaktadır. Bunun en büyük sebebi ülkemizde jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerin çoğunlukla geçmişte volkanik veya tektonik bölgeler olmasıdır. Türkiye'de 2007 yılında yürürlüğe giren Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ile jeotermal enerjinin kullanımı düzenlemeye alınmıştır. İl Özel İdareleri bu konuda yetkilendirilmiştir. Bu kanunla, jeotermal ve doğal mineralli su kaynaklarının en verimli bir şekilde aranması, araştırılması, geliştirilmesi, üretilmesi, korunması, bu kaynaklar üzerinde hak kazanılması ve hakkın devredilmesi, çevre ile uyumlu olarak ekonomik şekilde değerlendirilmesi ve terk edilmesi ile ilgili hususlar da açıklanmıştır (Biberici vd. 2017).

Uzaktan algılama terimi, objelere fiziksel temasta bulunmaksızın herhangi bir uzaklıktan yapılan ölçümlerle objeler hakkında bilgi edinme bilim ve teknolojisi şeklinde tanımlanmaktadır. Bu ölçümler özellikle objelerin elektromanyetik tayf içerisindeki davranışlarına, konumsal özelliklerine ve yıl içerisindeki özelliklerinin değişimlerine dayanmaktadır (Sabin,1973). Uzaktan Algılama yöntemleri literatürler de sıklıkla başvurulan yöntemlerden biridir. Jeotermal kaynaklar hakkında birçok bilgi edinebilmede, keşfedilmesinde ve araştırılmasında kullanılan etkili yöntemlerden biri olarak uzaktan algılama yöntemleri literatürlerde yer almaya başlamıştır. Türkiye'de de uzaktan algılama yöntemleri ile jeotermal alanlarda gerçekleştirilen önemli çalışmalar (makale, bildiri vb.) bulunmaktadır. Bu çalışmalardan uydu görüntüleri yardımı ile hesaplanan yüzey sıcaklık analizi (YSA) ile yüzey sıcaklık dağılımı haritalaması, jeotermal sahaların belirlenmesine yönelik olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Jeotermal araştırmalar vb. çalışmalar için yer yüzeyi sıcaklığı önemli bir parametredir (Oğuz,2015).

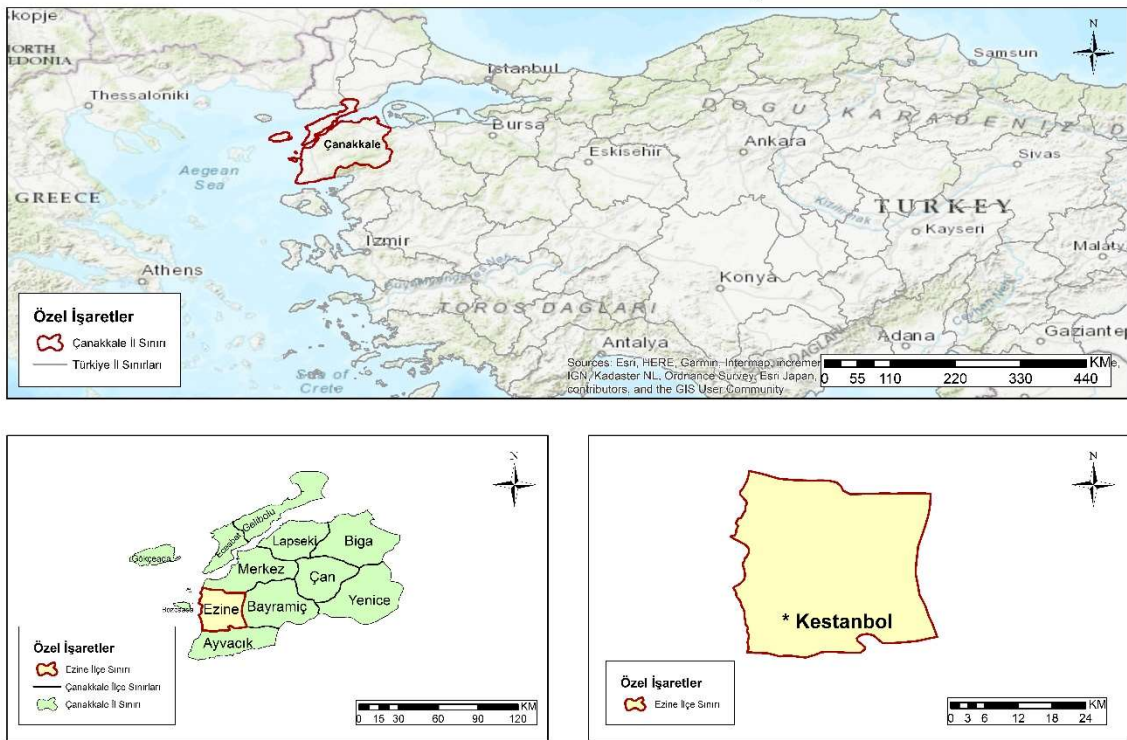
Bu çalışmada, çalışma bölgesi olarak seçilen Çanakkale ilinin Ezine ilçesine bağlı Kestanbol köyü yakınlarında bulunan jeotermal alanda yapılan yersel arazi çalışmalarında elde edilen sıcaklık verisi ile Surfer programı kullanılarak jeotermal alana ait iki boyutlu ve üç boyutlu sıcaklık modelinin oluşturulması ve arazi çalışmaları ile eş zamanlı olarak elde edilen Sentinel uydu görüntülerinin SNAP programı kullanılarak gerekli işleme ve analiz işlemleri sonucunda jeotermal alanın arazi yüzey sıcaklığının belirlenmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

1. Çalışma Alanı

Çanakkale ilinin Ezine ilçesine bağlı Kestanbol köyü yakınlarında bulunan kaplıca suyu içerdiği kalsiyum ve demir sayesinde birçok hastalığa iyi gelmenin yanı sıra sağlık turizmi açısından da oldukça önemlidir. İsa peygamberin havarilerinden biri olan Saint Paul'un ölmek üzere olan ağır bir hastayı bu sulara getirdiği ve suya sokarak diriltiği rivayet edilir. Bu yüzden halk arasında ölü diriltiren su olarak bilinmektedir. Eski tarihlerden beri insanlara şifa dağıtmaya devam eden kestanbol kaplıca suyunun 1 litresi yaklaşık 22 gr yoğunlukta mineral içermektedir. Kaplıca suyunun sıcaklığı 54 derece ile 80 derece arasında değişiklik göstermektedir. Bu jeotermal alan günümüzde halen insanlara şifa dağıtmaya devam etmektedir. Bu çalışma kapsamında Ezine ilçesine bağlı Kestanbol köyü yakınlarında bulunan jeotermal alan çalışma alanı olarak seçilmiştir. Jeotermal alanın lokasyon haritası aşağıdaki şekilde verilmiştir.

Kestanbol Jeotermal Alan Lokasyon Haritası



Şekil 2. Çalışma Bölgesi Lokasyon Haritası

Şekil 1.'de gösterilen Kestanbol Jeotermal Alan Lokasyon Haritası çalışma alanı olarak belirlenen Çanakkale ili Ezine ilçesine bağlı Kestanbol köyü yakınlarında bulunan jeotermal alanın konumunu göstermektedir. bu çalışma kapsamında belirlenen jeotermal alanda el termometresi kullanılarak yersel arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği dönemlere ait uydu görüntüleri temin edilmiş ve arazi yüzeyinin sıcaklık verileri elde edilmiştir.

2. Arazi Çalışmaları

23 Aralık 2020 tarihinde ilk arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Arazide istikşaf işlemi yapılmış ve jeotermal suların toplandığı havuzlar Şekil 2.'de ki gibi görülmektedir.

Jeotermal Bölgelerde Arazi Yüzey Sıcaklıklarının Sentinel Uydu Görüntüleri Kullanılarak Belirlenmesinin Doğruluk Analizi



Şekil 2. Jeotermal Kaynak Sularının Toplandığı Bir Havuz

İstikşaf işleminden sonra belirlenen noktalardan Şekil 3.'teki gibi sıcaklık verileri ve koordinat verileri toplanmıştır. Koordinat verilerinin toplanmasının sebebi ileriki tarihlerde gerçekleştirilecek olan arazi çalışmalarında aynı noktalardan sıcaklık verilerinin toplanabilmesidir.



Şekil 3. Arazide Ölçüm Yapılma Anı

19 Mart 2021 tarihinde ikinci, 7 Nisan 2021 tarihinde üçüncü, 22 Nisan 2021 tarihinde dördüncü arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İlk arazi çalışmasında belirlenen ve koordinatı alınan noktalardan Şekil 3.'teki gibi el termometresi kullanılarak yüzey sıcaklık verileri toplanmıştır.

Jeotermal Bölgelerde Arazi Yüzey Sıcaklıklarının Sentinel Uydu Görüntüleri Kullanılarak Belirlenmesinin Doğruluk Analizi

Golden Software, hem basit hem de karmaşık verileri haritalar, grafikler ve modeller gibi anlaşılır görsel araçlara dönüştüren yazılımların geliştirilmesinde uzmanlaşmış, önde gelen bir bilimsel grafik yazılımı şirketidir. Bu şirketin bir ürünü olan Surfer yazılımının özellikle mühendisler ve araştırmacılar düşünülerek hazırlanmış sayısız analiz aracı bulunmaktadır. Surfer yazılımı kullanılarak jeoloji, hidroloji, inşaat, çevre ve birçok mühendislik araştırmaları ve çalışmaları ile ilgili elde edilen verilerin doğruluğunu ve hassasiyetini koruyarak yüksek kaliteli iki boyutlu ve üç boyutlu haritalar oluşturulmaktadır. Surfer yazılımı kullanılarak geoit belirleme işlemi yapılacaktır. Bu işlemde önceden tanımlanmış enterpolasyon teknikleri ile dayanak noktalarından elde edilen geoit yükseklikleri enterpolasyon ve ekstrapolasyon noktalarının arazi çalışması ile elde edilen jeotermal verilerin yardımıyla belirlenen geoit yükseklikleri karşılaştırılır. Ağırlıklı ortalama yöntemleri için jeotermal veriler Excel yazılımına aktarılır. Jeotermal verilerin koordinatları Netcad programı kullanılarak enterpolasyon ve ekstrapolasyon noktaları ile ayrı ayrı üçgenlenmiştir. Geoit yüksekliğinin belirlenmesini istediğimiz noktaların komşu noktaları tespit edilir ve Excel programında geoit yüksekliklerine ulaşılır. Enterpolasyon yöntemleri uygulanırken dayanak noktalarına ait bilinen konum ve yükseklik bilgileri “Gridding Method” yöntemi kullanılarak grid dosyasına dönüştürülür. Kullanılan bu yöntem ile nokta sayısı hakkında rapor oluşturulur. Amacımız Enterpolasyon ve ekstrapolasyon noktalarına ait bilinen ve enterpole edilmiş olan geoit yüksekliklerinin farklarının bulunmasıdır. Bu yüzden ilk olarak enterpolasyon yöntemleri ile oluşturulan grid dosyası seçilir. Daha sonra jeotermal veri enterpolasyon ve ekstrapolasyon noktalarının konum ve geoit yüksekliklerine ait dosya seçilir. Enterpolasyon ve ekstrapolasyon noktalarının bilinen geoit yükseklikleri ile hesaplanan geoit yükseklikleri arasındaki fark istenen çalışma dosyasına aktarılır. Son olarak elde edilen farklar ile ilgili istatistiksel sonuçlar ortaya konur.

Bu çalışmada, gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda elde edilen yüzey sıcaklığı verileri Surfer yazılımı kullanılarak analiz edilmiş ve jeotermal alana ait iki boyutlu ve üç boyutlu yüzey haritaları oluşturulmuştur.

3. Uydu Görüntülerinin Temini

Copernicus Earth programı Avrupa Birliğinin, Avrupa Komisyonu ve Avrupa Uzay Ajansı tarafından uydu görüntüleri kullanılarak devamlı, yüksek çözünürlükte ve geniş kapsamlı olarak yeryüzü inceleme amacıyla başlatılmıştır. Tüm Copernicus uydularına, uydular hakkındaki verilere ve uydu sensörleri ile oluşturulan verilere Copernicus Açık Erişim Merkezi ile ücretsiz bir şekilde erişim sağlanmaktadır. Bu çalışmada kullanılacak olan uydu görüntüleri Copernicus programı ile ücretsiz bir şekilde elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında Sentinel-3 uydu görüntü verileri kullanılmıştır. Sentinel-3 uydusu Sea and Land Surface Temperature Radiometer (SLSTR) termal bantları Land Surface Temperature (LST) verisi içermektedir. Bu termal kızılötesi bantlar 1 km çözünürlüğe sahiptir. Arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği tarihlerde jeotermal alana ait Sentinel-3 uydu görüntüleri Copernicus programı ile elde edilmiştir.

Elde edilen uydu görüntülerinin görüntülenmesi, analizi ve işlenmesi için Sentinel Uygulama Platformu olan SNAP kullanılmıştır. Tüm Sentinel Araç Kutuları için ortak bir mimari, Brockmann Consult, Array Systems Computing ve C-S tarafından Sentinel Uygulama Platformu (SNAP) olarak ortaklaşa geliştirilmektedir. SNAP mimarisi, aşağıdaki teknolojik yenilikler nedeniyle Dünya Gözlemi işleme ve analizi için idealdir. Sentinel Uygulama Platformu (SNAP) Öne Çıkan Özellikleri;

- Hızlı görüntü görüntüleme ve gezinme,
- Gelişmiş katman yönetimi,
- Bant aritmetiği,
- Yer kontrol noktaları kullanılarak coğrafi kodlama ve düzeltme,
- Büyük arşivleri verimli bir şekilde taramak ve kataloglamak için veri kütüphanesi ([Url - 1](#)).

Burada Sentinel Uygulama Platformunun (SNAP) ve Sentinel Araç Kutularının en son sürümleri bulunmaktadır. Tüm kullanıcılar Sentinel Veri Merkezi aracılığı ile ücretsiz bir şekilde bu

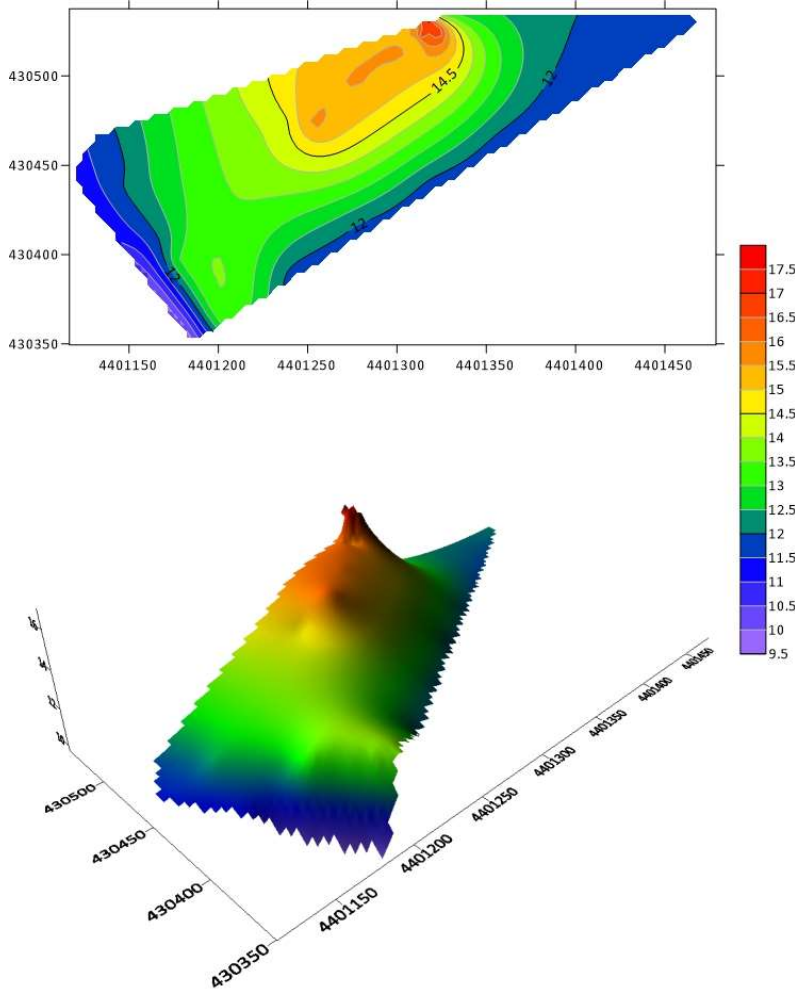
Jeotermal Bölgelerde Arazi Yüzey Sıcaklıklarının Sentinel Uydu Görüntüleri Kullanılarak Belirlenmesinin Doğruluk Analizi

uygulamayı indirebilmekte ve uydu görüntüleri üzerinde gerekli işlemleri gerçekleştirebilmektedir. Bu çalışmada elde edilen Sentinel-3 uydu verilerinin görüntülenmesi, işlenmesi ve sıcaklık değerlerinin çıkarılması işlemleri Sentinel Uygulama Platformu (SNAP) ile gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen Sentinel-3 uydu görüntüsü SNAP programında açılır. İlk olarak çalışma alanı kesilerek seçilir. Daha sonra Land Surface Temperature (LST) bandı seçilerek işlenir. İşlenen LST bandı arazi maskeleyme işlemi gerçekleştirilir. Son olarak ortaya çıkan görüntü renklendirilir. Sonuç olarak seçilen jeotermal alana ait sıcaklık değer aralıkları ve arazi yüzeyinin sıcaklık görüntüsü ortaya çıkar.

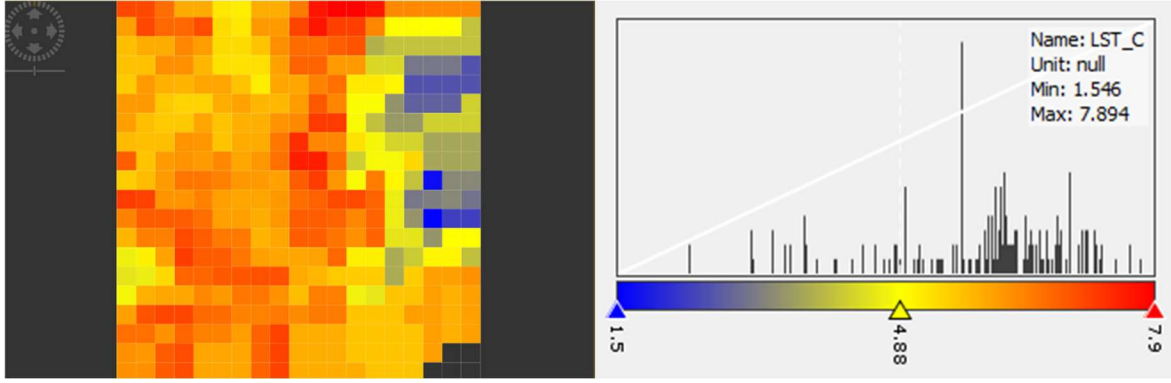
BULGULAR VE TARTIŞMA

23 Aralık 2020 tarihinde gerçekleştirilen ilk arazi çalışması sonucunda elde edilen iki boyutlu ve üç boyutlu sıcaklık modelinde Şekil 4'te görüldüğü gibi en yüksek sıcaklığa sahip olan bölgenin jeotermal suların toplandığı havuzların bulunduğu bölge olduğu gözlenmiştir. Ölçülen en yüksek yüzey sıcaklık değeri 17.5 °C, en düşük yüzey sıcaklık değeri 9.5 °C'dir. Fakat 23 Aralık 2020 tarihli elde edilen ve işlenen Sentinel-3 uydu görüntüsünde Şekil 5'te görüldüğü gibi en yüksek yüzey sıcaklığının 7.9 °C, en düşük yüzey sıcaklığı 1.5 °C olduğu gözlenmiştir. Sıcaklığın yüksek olduğu bölgeler jeotermal suların toplandığı alanlar ve jeotermal kaynakların bulunduğu yerlerdir. Sentinel-3 uydu görüntüsü sonucunda ortaya çıkan yüzey sıcaklığı ile jeotermal alanda gerçekleştirilen arazi çalışması sonucunda ortaya çıkan yüzey sıcaklığı arasında büyük bir fark görülmektedir. 23 Aralık 2020 tarihinde gerçekleştirilen arazi çalışmasında yüzey sıcaklığı ölçümünün sabah saatlerinde gerçekleştirilmesi fakat aynı tarihte temin edilen uydu görüntüsünün gece saatlerinde olması jeotermal alana ait ölçülen ve elde edilen iki farklı yüzey sıcaklığının sebebi olarak gösterilebilir.



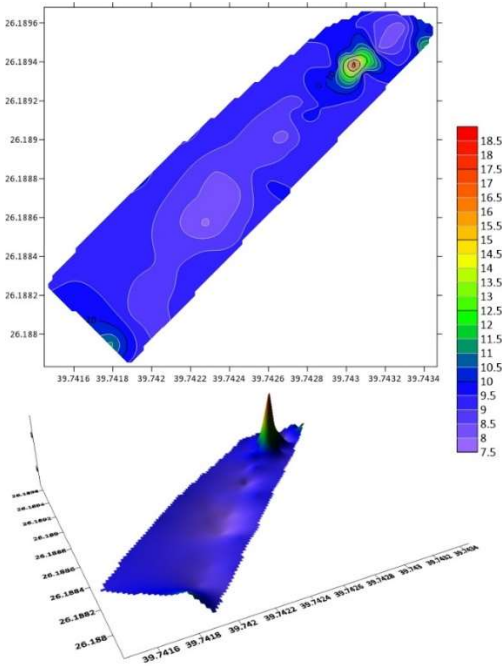
Şekil 4. 23 Aralık 2020 Arazi Yüzey Sıcaklığı Modeli

Jeotermal Bölgelerde Arazi Yüzey Sıcaklıklarının Sentinel Uydu Görüntüleri Kullanılarak Belirlenmesinin Doğruluk Analizi



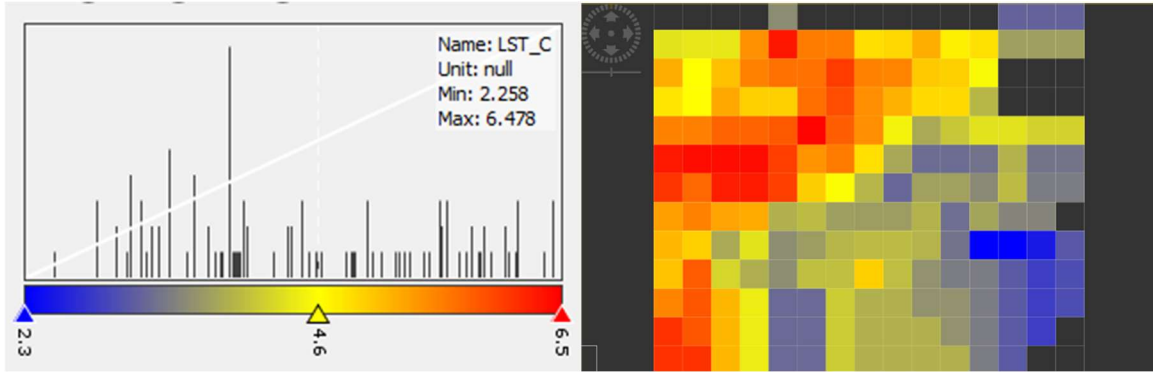
Şekil 5. 23 Aralık 2020 Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi

19 Mart 2021 tarihinde gerçekleştirilen ikinci arazi çalışması sonucunda mevsimin ve yağışlarında etkisiyle bölgedeki en yüksek yüzey sıcaklığına sahip olan alanın jeotermal suların toplandığı ana havuzun bulunduğu alan olduğu gözlenmiştir. Şekil 6'da görüldüğü gibi ölçülen en yüksek yüzey sıcaklık değeri 18.5 °C, en düşük yüzey sıcaklık değeri 7.5 °C'dir. Arazi çalışmasının gerçekleştirildiği gün 19 Mart 2021 tarihli Sentinel-3 uydu görüntülerinin bulutluluk oranlarının yüksek seviyede olması sebebiyle en yakın tarihli görüntü olan 18 Mart 2021 tarihli Sentinel-3 uydu görüntüsü elde edilmiş ve işlenmiştir. Şekil 7'de görüldüğü gibi Sentinel-3 uydu görüntüsünde en yüksek yüzey sıcaklığı 6.5 °C, en düşük yüzey sıcaklığı 2.3 °C olduğu gözlenmiştir. Sıcaklığın yüksek olduğu bölgeler jeotermal suların toplandığı ya da jeotermal kaynakların bulunduğu yerlerdir. Fakat gerçekleştirilen arazi çalışması sonucunda elde edilen en yüksek sıcaklık 18.5 °C iken işlenen ve analiz edilen Sentinel-3 uydu görüntüsünde en yüksek sıcaklık değeri 6.5 °C'dir. Gerçekleştirilen arazi çalışmasında ölçülen en düşük yüzey sıcaklığı değerinden daha düşüktür. 19 Mart 2021 tarihinde gerçekleştirilen arazi çalışmasında yüzey sıcaklığı ölçümü sabah saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Fakat aynı tarihli uygun uydu görüntüsü bulunamadığı için 18 Mart 2021 tarihli akşam saatlerine ait uydu görüntüsü temin edilmiştir. Bu durum gerçekleştirilen arazi çalışması sonucu ölçülen yüzey sıcaklık değerleri ile uydu görüntülerinin işlenip analiz edilmesi sonucunda elde edilen yüzey sıcaklık değerleri arasındaki farkın sebebi olarak gösterilebilir.



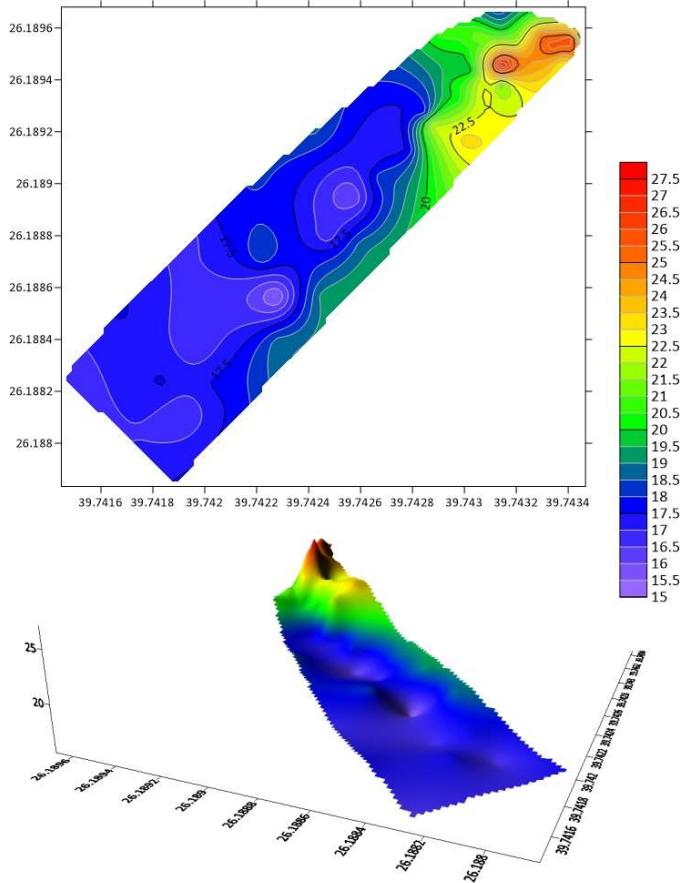
Şekil 6. 19 Mart 2021 Arazi Yüzey Sıcaklığı Modeli

Jeotermal Bölgelerde Arazi Yüzey Sıcaklıklarının Sentinel Uydu Görüntüleri Kullanılarak Belirlenmesinin Doğruluk Analizi



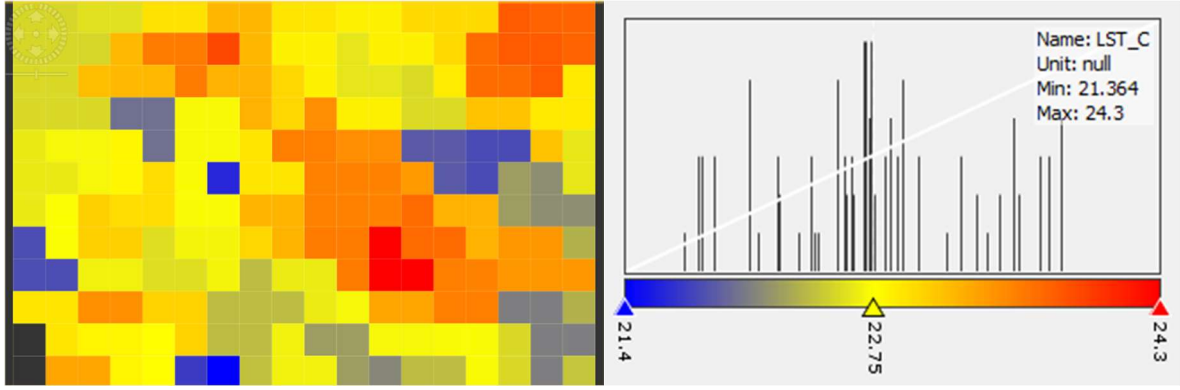
Şekil 7. 18 Mart 2021 Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi

7 Nisan 2021 tarihinde gerçekleştirilen üçüncü arazi çalışması sonucunda Şekil 8'de görüldüğü gibi hava sıcaklıklarının da artmasıyla ölçülen en yüksek yüzey sıcaklık değeri 27.5 °C, en düşük yüzey sıcaklık değeri 15 °C'dir. En yüksek yüzey sıcaklığına sahip olan alanın da jeotermal suların toplandığı havuzların bulunduğu alan ve çevresi olduğu gözlenmiştir. 7 Nisan 2021 tarihli elde edilen ve işlenen Sentinel-3 uydu görüntüsünde Şekil 9'da görüldüğü gibi en yüksek yüzey sıcaklığı 24.3 °C, en düşük yüzey sıcaklığı 21.4 °C olduğu gözlenmiştir. Sıcaklığın yüksek olduğu bölgeler jeotermal suların toplandığı ya da jeotermal kaynakların bulunduğu yerlerdir. Jeotermal alanda yapılan arazi çalışması ve elde edilen uydu görüntüsü sonuçlarında en yüksek arazi yüzey sıcaklıklarının birbirine yakın olduğu, en düşük yüzey sıcaklıklarının arasında fark olduğu gözlenmiştir. Buna sebep olarak 7 Nisan 2021 tarihinde arazi çalışmasının sabah saatlerinde gerçekleştirilmesi, aynı tarihe ait temin edilen uydu görüntüsünün sabahın erken saatlerine ait olması jeotermal alanda ölçülen ve elde edilen sıcaklık farkına sebep olarak gösterilebilir.



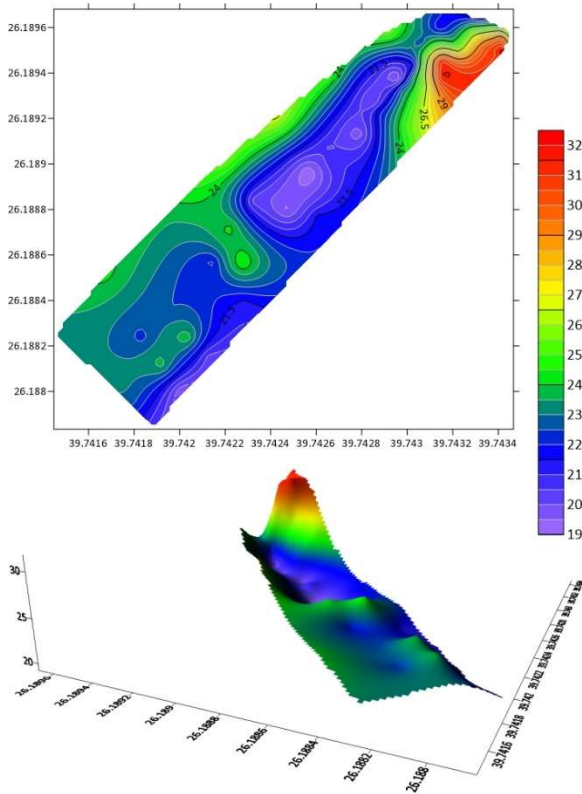
Jeotermal Bölgelerde Arazi Yüzey Sıcaklıklarının Sentinel Uydu Görüntüleri Kullanılarak Belirlenmesinin Doğruluk Analizi

Şekil 8. 7 Nisan 2021 Arazi Yüzey Sıcaklığı Modeli

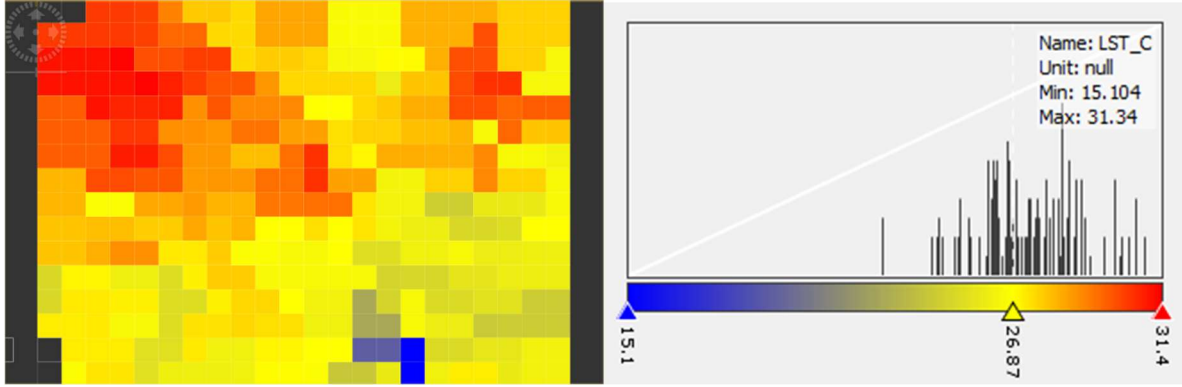


Şekil 9. 7 Nisan 2021 Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi

22 Nisan 2021 tarihinde gerçekleştirilen dördüncü arazi çalışması sonucunda Şekil 10 'da görüldüğü gibi en yüksek yüzey sıcaklığına sahip olan alanın jeotermal suların toplandığı havuzların bulunduğu alan ve çevresi olduğu gözlenmiştir. Jeotermal alanda ölçülen en yüksek yüzey sıcaklık değeri 32 °C, en düşük sıcaklık değeri 19 °C'dir. 22 Nisan 2021 tarihli elde edilen ve işlenen Sentinel-3 uydu görüntüsünde Şekil 11'de görüldüğü gibi en yüksek yüzey sıcaklığı 31.3 °C, en düşük yüzey sıcaklığı 15.1 °C olduğu gözlenmiştir. Sıcaklığın yüksek olduğu bölgeler jeotermal suların toplandığı, jeotermal kaynakların bulunduğu bölgeler ve çevresidir. 22 Nisan 2021 tarihinde gerçekleştirilen arazi çalışmasında yüzey sıcaklığı ölçümü sabah saatlerinde yapılmıştır. Aynı tarihli uydu görüntüsü de arazi çalışmasında yüzey sıcaklık ölçümüne başlandığı sabah saatlerine yakın olduğu için jeotermal alana ait ölçülen ve elde edilen en yüksek yüzey sıcaklığı değerlerinin neredeyse aynı, en düşük yüzey sıcaklığı değerlerinin de birbirine yakın olduğu gözlenmiştir.



Şekil 10. 22 Nisan 2021 Arazi Yüzey Sıcaklığı Modeli



Şekil 11. 22 Nisan 2021 Arazi Yüzey Sıcaklığı Verisi

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda çalışma alanı olarak seçilen Çanakkale ilinin Ezine ilçesine bağlı Kestanbol köyü yakınlarında bulunan jeotermal alanda hem yersel arazi çalışmaları hem de uzaktan algılama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İlk olarak arazi istikşaf işlemi gerçekleştirilmiş el termometresi kullanılarak jeotermal alanda ölçüm yapılacak sıcaklık noktaları belirlenmiştir. Bu noktaların koordinatları alınmış ve bir dahaki arazi çalışmalarında da aynı noktalardan sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Arazi çalışmaları sabah saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Ölçülen sıcaklık değerleri Surfer yazılımına aktarılarak jeotermal alanın iki boyutlu ve üç boyutlu sıcaklık modelleri oluşturulmuştur. Aynı zamanda gerçekleştirilen arazi çalışmaları ile eş zamanlı olarak Sentinel-3 uydu görüntüleri temin edilmiştir. Temin edilen uydu görüntüleri SNAP programı kullanılarak işlenmiş, analiz edilmiş ve sıcaklık verileri elde edilmiştir. Fakat elde edilen uydu görüntülerinin ilki gece saatlerinde, ikincisi uygun uydu görüntüsünün olmaması sebebi ile arazi çalışmasından bir gün önce akşam saatlerinde, üçüncüsü sabahın erken saatlerinde, son görüntü ise gerçekleştirilen arazi çalışması ile neredeyse aynı saatlerde olması sebebiyle ortaya çıkan sıcaklık değerleri gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda ortaya çıkan yüzey sıcaklık değerleri ile farklılık göstermektedir. Arazi çalışmasına en yakın olan uydu görüntüsünün yüzey sıcaklık değerlerini inceleyecek olursak ölçülen yüzey sıcaklık değeri ile uydu görüntüsünün işlenmesi, analiz edilmesi sonucunda ortaya çıkan yüzey sıcaklık değerleri neredeyse aynıdır.

Bu durumda jeotermal alanlarda gerçekleştirilecek olan yüzey sıcaklığı ölçümlerinin bölgeye ait elde edilecek Sentinel-3 uydu görüntüleri ile aynı günlerde ve neredeyse aynı saatlerde olması çalışmanın doğruluğunu arttırmıştır. Bu alanda yapılacak olan zaman farkı göz önüne alınmalıdır.

Teşekkür:

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-2020-3401

Kaynakça

- Biberici, M.A., Özhüner, E., Çelik, M. B., 2017. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belediyelerde Kullanımı. Şehir Düşünce Dergisi, 2018(11): 80-93.
- Erkul, H., 2012 Jeotermal Enerjinin Ekonomik Katkıları ve Çevresel Etkileri: Denizli-Kızıldere Jeotermal Örneği, Yönetim Bilimleri Dergisi, Cilt: 10, Sayı: 19, ss. 1-30
- Oğuz, H., 2015, A Software Tool for Retrieving Land Surface Temperature from ASTER Imagery, Tarım Bilimleri Dergisi, 21, 471-482
- Polat N., Dereli M. A., Uğur M. A., Yalçın M., 2018. Termal Uydu Görüntülerinin Jeotermal Kaynak Araştırmasında Kullanılabilirliğinin Araştırılması: Afyonkarahisar Örneği. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 3(3): 1-7.
- Sabin, F.F., 1973, Remote sensing principal and interpretation, W.H. Freeman Company, San Francisco.
- Termal Turizm Master Planı, 2007-2023. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Ankara. 188 sayfa.
- URL – 1: <https://step.esa.int/main/toolboxes/snap/>, 24.04.2021