



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/humder>

Termal Uydu Görüntülerinin Jeotermal Kaynak Araştırmasında Kullanılabilirliğinin Araştırılması: Afyonkarahisar Örneği

Investigation of the Usability of Thermal Satellite Images in Geothermal Research: The Case of Afyonkarahisar

Yazar(lar) (Author(s)): Nizar POLAT, Mehmet Ali DERELİ, Mehmet Ali UĞUR, Mustafa YALÇIN

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Polat N., Dereli M.A., Uğur M.A., ve Yalçın M., “Termal Uydu Görüntülerinin Jeotermal Kaynak Araştırmasında Kullanılabilirliğinin Araştırılması: Afyonkarahisar Örneği”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3): 1-7, (2018).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>

Termal Uydu Görüntülerinin Jeotermal Kaynak Araştırmasında Kullanılabilirliğinin Araştırılması: Afyonkarahisar Örneği

Nizar POLAT¹, Mehmet Ali DERELİ², Mehmet Ali UĞUR³, Mustafa YALÇIN³

¹Harran Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, e-posta: nizarpolat@harran.edu.tr

²Giresun Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Giresun

³Afyon Kocatepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

Geliş Tarihi: 26.11.2018

Kabul Tarihi: 30.12.2018

Özet

Jeotermal alanlar geçirgen ve gözenekli kayalardaki suyun ısınarak bir rezervuar oluşturduğu alanlardır. Genelde, yerkabuğundaki sıcaklık değişimi derinliğe bağlı olarak kilometrede 25-30°C'dir. Ancak, Jeotermal rezervuar oluşan alanlar genelde aktif volkanik ve tektonik alanlardır ve buralarda sıcaklık değişimi 150 ° C'ye kadar çıkabilmektedir. Bu tarz jeotermal alanların çoğu, volkanik ve tektonik faaliyetlere bağlı olarak yeryüzüne çıkmış kaplıcalar olarak keşfedilmiştir. Fakat bazı jeotermal alanlarda belirgin bir yüzey görünümü yoktur. 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. Özellikle Landsat ve Aster gibi uyduların, termal bantları ciddi bilgi sağlayabilmektedir. Bu çalışmada Landsat uydusu termal bantları kullanılarak Afyon Kocatepe Üniversitesi Ahmet Necdet Sezer kampüsü bölgesinde termal anomali araştırması yapılmıştır. Bu kapsamda yer yüzey sıcaklığı üretilerek anomali alanları araştırılmış ve var olan aktif jeotermal kuyular ile karşılaştırma yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yüzey sıcaklığı; Landsat; termal bant; jeotermal

Investigation of the Usability of Thermal Satellite Images in Geothermal Research: The Case of Afyonkarahisar

Abstract

Geothermal fields are areas where water in porous and porous rocks heats up to form a reservoir. In general, the temperature change in the earth's crust is 25-30 ° C depending on the depth. However, the geothermal reservoir areas are generally in active volcanic and tectonic areas, where the temperature change can be up to 150° C. Many of these geothermal fields have been discovered as volcanic and tectonic activities and have been found on the surface of the earth. However, some geothermal areas do not have a distinct surface appearance. Depending on the depth, the water temperature can bring some anomalies into the water at the surface temperature. In this context, the discovery of geothermal fields and remote sensing (earth observation satellites) are very important opportunities. Especially the thermal bands of satellites such as Landsat and Aster can provide serious information. In this study, thermal anomaly research was carried out in Afyon Kocatepe University Ahmet Necdet Sezer campus area, by using Landsat satellite thermal bands. In this context, anomaly sites were investigated by generating surface temperature and compared with existing active geothermal wells.

Keywords: Surface temperature, Landsat, thermal band, geothermal.

1. Giriş

Yer yüzey sıcaklığı (YYS) arazi sıcaklığın sürekli mekânsal değişimidir ve yer yüzeyinin ışınsal cildi olarak tanımlanabilen sayısal bir görüntüdür. Yer yüzeyini kaplayan yapay ve doğal objelerin cinsine bağlıdır. YYS' nin sıcaklık ile olan direkt ilişkisi göz önüne alındığında, bir çalışma bölgesindeki sıcaklık değişimi, YYS ile temsil edilebilir. YYS; kentleşme, orman kaybı, kentsel içi yeşil alan, canlı sağlığı, kentlerin yeniden planlaması gibi birçok büyük ve küçük ölçekli çalışmalarda dikkate alınması gereken

önemli bir parametredir. Özellikle beton ağırlıklı olarak doğal arazi yüzeyini değiştiren şehirleşme sözü konusu olduğunda, YYS daha da önem kazanmaktadır. Şehirlerin temel unsurları olarak bina ve yolların sürekli artışı, beraberinde ısınan, enerji tüketen ve özellikle hava kirliliğiyle başlayan birçok sağlık problemini de doğurmaktadır. Tahrip edilen su ve yeşil alanlar da düşünüldüğünde, ekolojisi bozuk ve doğal arazi yüzeyini kaybetmiş kentler ortaya çıkmaktadır. Bu noktada YYS ile planlaması yapılan bir kent daha sağlıklı ve çevre

dostu olmaktadır. Günümüzde dünyadaki ortalama kent boyutları düşünüldüğünde YYS üretiminin klasik arazi çalışmalarıyla yapılması çok zordur. Bunun yanı sıra kentin sürekli büyüdüğü ve YYS ye sürekli ihtiyaç olduğu gerçeği de YYS üretimini arazi ölçmeleriyle imkânsız hale getirmektedir. Son yıllarda jeotermal kaynakların tespiti için de kullanılmaya başlayan YYS, arazi yüzeyindeki sıcaklık farklılıklarının tespitinde önemli bir kolaylık sağlamaktadır. Jeotermal; yerkabuğunun farklı derinliklerinde var olan ısının oluşturduğu sıcaklıkları yer altındaki sulara iletmesiyle oluşur. Bu sular erimiş mineral ve çeşitli tuzlar bakımından yeraltı ve yerüstü sularına göre daha zengin olup basınçlı gaz şeklinde de olabilmektedir [1].

Jeotermal kaynaklar elektrik enerjisi üretimi, yapı ve sera ısıtma, tropikal bitkicilik, doğal sıcak su sağlama, toprak ve cadde ısıtma, havaalanı pistlerini ısıtma, sıcak yüzme havuzu ve fizik tedavi ısıtma, çeşitli endüstriyel kullanımlar, yiyeceklerin kurutulmasında ve sterilize edilmesinde, konservecilikte, kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayinde, kâğıt, dokuma ve boyamacılıkta, derilerin kurutulması vb. birçok alanda kullanılmaktadır [2-4]. Fakat bu kadar geniş kapsamı olan ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan jeotermal kaynağın tespiti zorlu bir süreçtir. Dikkate alınan ilgili veri arttıkça arama alanı daraltılır [5,6]. Bu verilerden biri Jeotermal rezervuar oluşan alanların genelde aktif volkanik ve tektonik bölgelerde olmasıdır.

Türkiye, jeotermal potansiyeli bakımından dünyada altıncı, Avrupa da ise ilk ülkedir. Ülkemizde kullanımda olan 227 jeotermal bölge mevcuttur. Bu bölgelerde yaklaşık olarak 2000 sıcak su ve maden suyu kaynakları aktif olarak kullanılmaktadır. Sıcak su kaynaklarında 20 ila 287 °C arasında değişen sıcaklıklar belirlenmiştir. Bu bölgeler daha çok Batı Anadolu'daki ana grabenler boyunca, Kuzey Anadolu Fay Zonu, İç ve Doğu Anadolu volkanik bölgelerinde bulunmaktadır.

Jeotermal rezervuarlardaki ısının 150 ° C'yi geçtiği düşünüldüğünde araziyi de ısıtması kaçınılmazdır. Doğal olarak, 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. Özellikle Landsat ve Aster gibi uyduların, termal bantları ciddi bilgi sağlayabilmektedir.

Dünyadaki jeotermal alanların volkanik ve tektonik aktivitelere bağlı olarak, yer yüzeyine çıkmış veya bir şekilde belirtisi tespit edilmiş olan alanlardır. Fakat bazı jeotermal alanların yeryüzünde herhangi bir tezahürleri bulunmamaktadır. Genelde bu alanlar hem jeolojik hem de jeofiziksel olarak araştırılmaktadır. Bu kapsamda tüm olası bölgeler belirlenen kriterlere göre incelenir. Her bölgede kriterler elenerek en olası alanlar seçilir. Daha sonra jeolojik ve hidrojeolojik etütler, jeokimyasal etütler, jeofizik etütler ve sonuçta keşif kuyuları açılır. Bu süreç çok zorlu ve zaman alıcı bir süreçtir. Ayrıca ciddi mali yük de getiren bir iştir. Bu sebeple Jeotermal kaynakların belirlenmesinde ilk aşama potansiyel alanlarının belirlenmesidir. Bu aşama çok karmaşık, zor ve yavaş ilerleyen bir süreçtir. Yer tespiti ile ilgili karar verme süreci genelde güncel ve ileriye dönük kullanılabilecek kaynakların tespiti için, jeoloji, morfoloji ve topografya gibi farklı disiplinlerden bilgilerin birleştirilmesini içerir. Ayrıca çoğu durumda alanında uzman kişilerinde yorum ve görüşlerine ihtiyaç duyulmaktadır

Jeotermal alan araştırmasının klasik arazi ölçümleriyle yapılması çok zordur. Çünkü ciddi anlamda insan gücü ve zaman gerekmektedir. Bu sorunun çözümünde en verimli yol uzaktan algılama uydu verileridir. Uydu verileri yeryüzünü büyük parçalar halinde sinoptik bir görüş ile düzenli bir şekilde farklı dalga boylarında kaydeder [2-4,7]. Arazi çalışmalarıyla kıyaslanınca daha hızlı, homojen, ekonomik ve az sürede daha geniş alanlara ait veri elde edilmesi mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada Landsat uydusu termal bantları kullanılarak Afyon Kocatepe Üniversitesi Ahmet Necdet sezer kampüsü bölgesinde termal anomali araştırması yapılmıştır. Bu kapsamda yer yüzey sıcaklığı üretilerek anomali alanları araştırılmış ve var olan aktif jeotermal kuyular ile karşılaştırma yapılmıştır.

2. Çalışma Bölgesi ve Yöntem

Çalışma Afyon Kocatepe üniversitesi Ahmet Necdet Sezer kampüsü ve çevresi seçilmiştir. Bu bölge Akarçay havzasında olup, yaklaşık olarak 7300 km² bir alanı kapsayan kapalı bir havzadır. İç Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgelerinin kesişiminde kalmaktadır. İl olarak daha çok Afyonkarahisar ve Konya il sınırları içine girer (30° – 32° E ve 38° – 40° N). Afyonkarahisar, Türkiye'de önemli jeotermal potansiyeli olan illerden biridir. Afyonkarahisar'da jeotermal sular genelde fay hatları boyunca yer alır ve jeotermal sıcaklık gruplarına göre orta sıcaklıktır. Şehirde bulunan birçok jeotermal kaynak banyo ve termal turizm ile ev ısıtma, sera ısıtma ve balneolojik uygulamalar için yoğun olarak kullanılmaktadır.

Çalışma için ilgili bölgeye ait Landsat TM ve OLI uydu verileri temin edilmiş ve çalışma gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Landsat programı, Dünya'nın uydu görüntülerini edinme konusunda en uzun süredir devam eden girişimdir. 23 Temmuz 1972'de, (Earth Resources Technology Satellite) "Dünya Kaynakları Teknoloji Uydusu" ismiyle tanıtıldı ve günümüzde Landsat olarak değiştirildi. Bu serinin en yeni uydusu Landsat 8, 11 Şubat 2013'te aktif hale geldi ve çektiği görüntüler piyasaya sürüldü. Landsat uyduları üzerindeki enstrümanlar milyonlarca görüntü elde etti. Amerika Birleşik Devletleri'nde ve dünyadaki Landsat alıcı istasyonlarında arşivlenen görüntüler, tarım, haritacılık, jeoloji, ormancılık, bölgesel planlama, gözetim ve eğitim alanlarında küresel değişim araştırması ve uygulamaları için eşsiz bir kaynaktır ve kullanıcılara 'EarthExplorer' web sitesi üzerinden ücretsiz olarak sunulmaktadır. Landsat verilerinde, 15 ila 60 metre arasında değişen mekansal çözünürlük ile görünür bölge, kızıl ötesi ve termal dalga boylarında spektral bant vardır. Zamansal çözünürlüğü 16 gündür. Landsat görüntüleri genellikle kolay indirme için görüntü çerçevelerine ayrılır. Her Landsat çerçevesi yaklaşık 185 km uzunluğunda ve 185 km genişliğindedir (veya 100 deniz mili uzunluğunda ve 100 deniz mili genişliğinde veya 115 mil uzunluğunda ve 115 mil genişliğinde). Çalışmada Landsat uydu verilerinin temel olarak görünür bölge, kızıl ötesi ve termal bantlar kullanılmıştır.

Çalışma Envi yazılımı kullanılarak iki adımda uygulamaya geçirilmiştir. İlk adım, arazi kullanım

sınıflarının değerlendirilmesinde ve yayınlık hesabında kullanılacak olan Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) üretimini kapsamaktadır. İkinci adım ise çalışma bölgesinin YYS hesabını kapsamaktadır.



2.1. NDVI Hesaplama

NDVI, temelde yeşil bitkiler için en yüksek ve en düşük yansıma değerlerini içeren bantlardan hesaplanan bir oran olup sağlıklı ve yeşil bitki örtüsünü ifade eden bir ölçüdür. Yeşil bitki örtüsünün gösteriminde çok yaygın olarak kullanılan etkili bir gösterimdir. Bu endeks değeri -1 ila 1 arasında değişmektedir. Yeşil bitki örtüsünü ifade eden NDVI değer aralığı 0.2- 0.8. NDVI aşağıdaki gibi formüle edilmektedir [6]:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Denklem 1'de NIR bandı yüksek klorofil yansıması yapan yakın kızılötesini ifade ederken, RED düşük klorofil yansıması yapan kırmızı bandı ifade

etmektedir. NDVI genel olarak sınıflandırma işlemlerinde arazi örtüsü tespiti için kullanılmaktadır [8].

2.2. YYS Hesaplama

Yer yüzey sıcaklığı (YYS) arazi sıcaklığın sürekli mekânsal değişimidir ve yer yüzeyinin ışınal cildi olarak tanımlanabilen sayısal bir görüntüdür. Yer yüzeyini kaplayan yapay ve doğal objelerin cinsine bağlıdır. YYS' nin sıcaklık ile olan direkt ilişkisi göz önüne alındığında, bir çalışma bölgesindeki sıcaklık değişimi, YYS ile temsil edilebilir. YYS; kentleşme, orman kaybı, kentsel içi yeşil alan, canlı sağlığı, kentlerin yeniden planlaması gibi birçok büyük ve küçük ölçekli çalışmalarda dikkate alınması gereken önemli bir parametredir. Özellikle beton ağırlıklı olarak doğal arazi yüzeyini değiştiren şehirleşme söz konusu olduğunda, YYS daha da önem kazanmaktadır.

Şehirlerin temel unsurları olarak bina ve yolların sürekli artışı, beraberinde ısınan, enerji tüketen ve özellikle hava kirliliğiyle başlayan birçok sağlık problemini de doğurmaktadır. Tahrip edilen su ve yeşil alanlar da düşünüldüğünde, ekolojisi bozuk ve doğal arazi yüzeyini kaybetmiş kentler ortaya çıkmaktadır. Bu noktada YYS ile planlaması yapılan bir kent daha sağlıklı ve çevre dostu olmaktadır. Günümüzde dünyadaki ortalama kent boyutları düşünüldüğünde YYS üretiminin klasik arazi çalışmalarıyla yapılması çok zordur. Bunun yanı sıra kentin sürekli büyüdüğü ve YYS ye sürekli ihtiyaç olduğu gerçeği de YYS üretimini arazi ölçmeleriyle imkânsız hale getirmektedir.

Uzaktan algılama verileri yerin yüzeyine ilişkin sinoptik görünümü sağlayan, uzun vadeli, hızlı, etkili bir veri türüdür ve yüzeyden yansıyan güneş ışınları kaydedildiği için YYS tespitinde süreklilik sağlayan düşük maliyetli bir yöntemdir. Yeryüzünden yansıyan ışın miktarı atmosfer, coğrafi konum ve yıl içerisinde geldiği zamana bağlı nedenlerden dolayı farklılık göstermekte ve bu sebeple yer yüzeyinin sıcaklığı da sürekli değişmektedir. Bu noktada uzaktan algıla verilerini kullanmak büyük avantaj sağlamaktadır. Çalışma bölgesine ait görüntülerin YYS üretiminde izlenen adımlar aşağıdaki gibidir:

Adım 1: *Piksel değerinden Spektral yansıtıma dönüşüm:*

Bilindiği gibi sıcaklığı mutlak sıfırın (K) üzerindeki herhangi bir nesne ısı elektromanyetik enerji yayar. Bu nedenle piksel değerinin sensordaki spektral yansıtım değerine çevirmek için denklem 2 kullanılmıştır [9,10].

$$L\lambda = \text{gain} * \text{DN} + \text{Bias}$$

Burada; $L\lambda$ sensordaki spektral yansıtım değerine ($W/(m^2 \text{ ster } \mu m)$), gain yansıtımın eğimini, Bias yansıtımın kesişimini ve DN ise piksel değerini ifade etmektedir. Gain ve Bias değerleri için yeniden ölçekleme parametreleri de denmekte ve bu değerler veriye ait meta data dosyasında bulunmaktadır. Ayrıca Spektral yansıtıma dönüşümü aşağıdaki denklem 3 teki gibi de ifade edilebilir [11,12].

$$T\lambda = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{Q_{\text{calmax}} - Q_{\text{calmin}}} (DN - Q_{\text{calmin}}) + L_{\min}$$

Burada; Q_{calmin} ve Q_{calmax} maksimum ve minimum sayısal kalibre edilmiş piksel değeri, L_{\max} ve L_{\min} ise Q_{calmax} ve Q_{calmin} 'e göre ölçeklendirilmiş spektral yansıtım değerini ifade etmektedir.

Adım 2: *Spektral yansıtım değerinden sensor parlaklık sıcaklığına dönüşüm:*

Termal bandın spektral yansıtım değeri uydunun gönderilmeden önceki hesaplanmış kalibrasyon katsayıları kullanılarak sensor parlaklık sıcaklığı hesaplanabilmektedir [9,10].

$$T\lambda = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Burada $T\lambda$ sensor parlaklık sıcaklığını, $K1$ ve $K2$ ise kalibrasyon sabitlerini ifade eder.

Adım 3: *Sensor parlaklık sıcaklığından Yer yüzey sıcaklığına dönüşüm:*

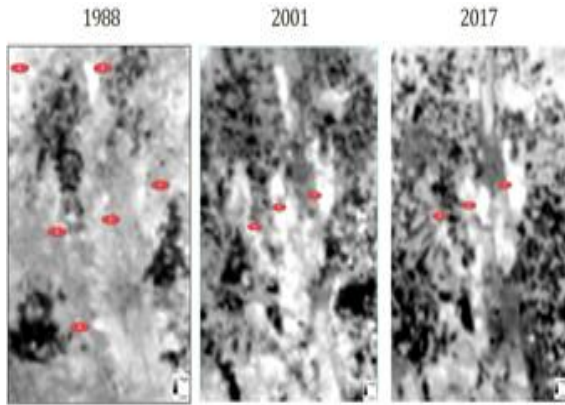
Bir önceki adımda üretilen görüntü her ne kadar sıcaklık değeri ifade etse de hesaplanan sıcaklık gerçek yüzey sıcaklığı değildir. Kabul edilebilir bir YYS için yüzeye ait yayım (emissivity) düzeltilmesi yapılmalıdır [12]. Yayım düzeltilmesi yapılmış YYS hesabı denklem 5' de verilmiştir [2].

$$YYS = \frac{T\lambda}{1 + \left(\lambda + \left(\frac{T\lambda}{h * \frac{c}{s}} \right) * \ln \epsilon \right)}$$

Burada; YYS hesabı için, λ gelen termal bant dalga boyu, h Planck sabiti, s Boltzmann sabiti, c ışık hızı ve ϵ piksele karşılık gelen yayınlılığı ifade eder. Tüm hesaplama işlemleri Envi yazılımında gerçekleştirilmiştir.

3. Uygulama

Çalışma kapsamında 1988, 2001 ve 2017 yıllarına ait uydu görüntüleri elde edilmiş ve bunlar kullanılarak çalışma bölgesinin YYS üretilmiştir. Üretilen her bir YYS görüntüsünde potansiyel jeotermal alanları tespit edilmiş ve işaretlenmiştir (Şekil 2). Temel amaç 1988'den 2017 yılına kadar yüzey sıcaklığında anomali olan bölgeler tespit edilmesi ve bu bölgelerin bilinen jeotermal alanlara yakınlığının incelenmesidir. İlgili yıllara ait YYS istatistikleri Tablo 1 de verilmiştir.



Şekil 2. 1988, 2001 ve 2017 yıllarına ait YYS ve anomali alanları.

Tablo 1. İlgili yıllara ait YYS istatistik değerleri.

YIL	Minimum	Maksimum	Ortalama
1988	16.8	37.5	27.9
2001	23.1	47.5	37.5
2017	24.1	47.0	38.2

Şekil 2 de ilgili yıllara ait YYS üretilmiş ve bu görüntülerde çevresinden daha sıcak olan anomali alanları belirlenmiştir.

4. Bulgular ve Tartışma

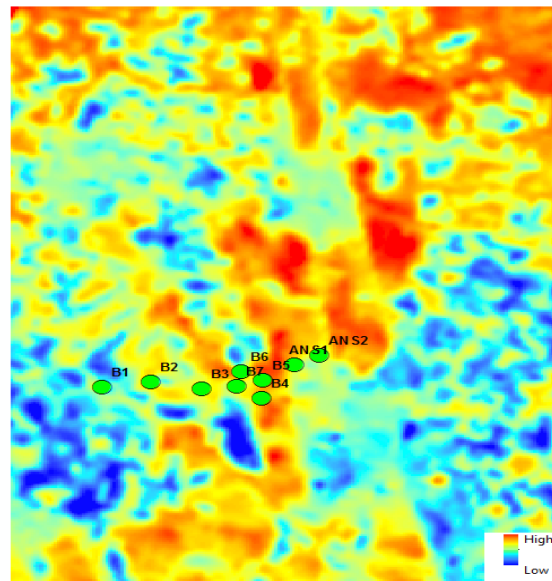
Şekil 2 de verilen YYS görüntüleri ve Tablo 1 beraber incelendiğinde bölgenin sıcaklığında genel bir artış olduğu görülmektedir. Fakat sıcaklık merkezlerinde değişimler olmuştur. 1988 yılında çevresinden daha sıcak olduğu görülen altı farklı konumun 2017 yılında

üç konumda yoğunlaştığı görülmektedir. Çalışmanın doğruluğunu irdelemek için belirlenen anomali alanlarının, bölgede aktif olarak kullanılan jeotermal kuyulara olan uzaklıkları araştırılmıştır. Bunun için Afyonkarahisar valiliğinden alınan aktif jeotermal kuyu konumlarına bakılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışma alanındaki aktif jeotermal kuyu konumları.

Hâlihazırda ANS kampüsü içinde 4 adet aktif kuyu bulunmakla beraber bölgede 9 adet aktif kuyu bulunmaktadır. Bu kuyular konut ve sera ısıtmada kullanılmaktadır. 2017 YYS görüntüsü sıcaklık sınıflarına ayrılmıştır (Şekil 4). Kuyu konumları bu sınıflandırılmış görüntü ile incelendiğinde belirlenen anomali alanlarıyla örtüştüğü görülmektedir (Tablo2).



Şekil 4. Sınıflandırılmış YYS.

Tablo 2. Aktif kuyular ve buldukları YYS sınıf aralıkları.

Kuyu Adı	YYS (°C)
Bayatçık 1	32.6 - 34.1
Bayatçık 2	38.4 - 39.8
Bayatçık 3	36.9 - 38.4
Bayatçık 4	39.8 - 41.2
Bayatçık 5	39.8 - 41.2
Bayatçık 6	38.4 - 39.8
Bayatçık 7	36.9 - 38.4
ANS 1	36.9 - 38.4
ANS 2	36.9 - 38.4

Görüldüğü gibi bayatçık 5 ile ANS 1 ve ANS 2 kuyuları tespit edilen anomali alanlarında bulunmaktadır. Sonuç olarak günümüzde YYS üretiminin klasik arazi çalışmalarıyla yapılması çok zordur. Bunun yanı sıra YYS ye sürekli ihtiyaç olduğu gerçeği de YYS üretimini arazi ölçmeleriyle imkânsız hale getirmektedir. Bu noktada klasik arazi çalışmaları ile potansiyel jeotermal alan araştırmasına yardımcı olarak uzaktan algılama verilerinin kullanışlı olduğu ve zaman, iş gücü ve maliyet anlamında pozitif katkıda bulunabileceği gözlenmiştir.

5. Sonuç

Jeotermal alan araştırmasının klasik arazi ölçümleriyle yapılması çok zordur. Çünkü ciddi anlamda insan gücü ve zaman gerekmektedir. Jeotermal su sıcaklığı, derinliğe bağlı olarak yer yüzey sıcaklığında bazı anomaliler meydana getirdiği göz önüne alındığında, jeotermal alanların keşfi ve var olanların izlenmesinde uzaktan algılama (yer gözlem uyduları) çok önemli imkânlar sunmaktadır. Bu sorunun çözümünde en verimli yol uzaktan algılama uydu verileridir. Uydu verileri yeryüzünü büyük parçalar halinde sinoptik bir görüş ile düzenli bir şekilde farklı dalga boylarında kaydeder. Arazi çalışmalarıyla kıyaslanınca daha hızlı, homojen, ekonomik ve az sürede daha geniş alanlara ait veri elde edilmesi mümkün olmaktadır. Özellikle Landsat ve Aster gibi uyduların, termal bantları ciddi bilgi sağlayabilmektedir.

Bu çalışmada da Landsat uydusu kullanılarak YYS'da anomali araştırması yapılmış ve bulunan anomali alanları mevcut jeotermal kuytu alanları ile karşılaştırılmıştır. Görülmüştür ki YYS görüntüleri, tek başına olmasa da, jeotermal kaynaklı sıcaklık anomalisi tespitinde ciddi ipucu vermektedir. ANS kampüsü ve çevresinde bulunan 9 adet aktif jeotermal kuyunun üretilen YYS görüntülerindeki anomali alanlarında kaldığı belirlenmiştir. Kuyular

özellikle 36 (°C) ve üzerinde YYS değerine sahip alanlarda bulunmaktadır. Fakat uyduların ülkemiz üzerinden sabah 8 dolaylarında geçmesi gölgelenme ve güneşlenme etkisini doğurmaktadır. Bu da sıcaklık farkı tespiti zorlaştırmaktadır. Bu sebeple mutlaka arazi doğrulaması da gerekmektedir. Farklı uydulardan gece elde edilmiş termal görüntüler de çalışmaya ciddi katkı sağlayabilir. Bu tarz çalışmalarda Jeolojik ve meteorolojik bilgiler gibi farklı kaynaklardan elde edilmiş veriler kullanılarak sonuçların iyileştirilebileceği de düşünülmektedir. Sonuç olarak klasik arazi çalışmaları ile potansiyel jeotermal alan araştırmasına yardımcı olarak uzaktan algılama verilerinin kullanışlı olduğu ve zaman, iş gücü ve maliyet anlamında pozitif katkıda bulunabileceği gözlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Uysal M. and Polat N., "An Investigation of the Relationship between Land Surface Temperatures and Biophysical Indices Retrieved From Landsat Tm in Afyonkarahisar (Turkey)" , **Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette**, vol. 22(1), ISSN 1330-3651, p. 177-181, 2015.
- [2] Balçık, F. B., "Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices", **Environmental Monitoring and Assessment**, 186(2), 859-872, 2014.
- [3] Yuan, F., and Bauer, M. E. "Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery", **Remote Sensing of Environment**, vol. 106(3), p. 375-386. 2006.
- [4] Zhang, J. Q., Wang, Y. P., and Li, Y., "A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band6", **Computers & Geosciences**, vol. 32(10), p. 1796-1805, (2006).
- [5] Yalcin M and Gul Kilic F., "A GIS-based multi criteria decision analysis approach for exploring geothermal resources: Akarcay basin (Afyonkarahisar)", **Geothermics**, 67, 18-28, 2017.
- [6] Rouse Jr, J. W., Haas, R., Schell, J., and Deering, D., "Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS", In **Third ERTS symposium**, NASA SP-351, U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C., vol. 1, pp. 309-317, 1974.
- [7] McNitt, J.R., "The Role of geology and Hydrogeology in Geothermal Exploration, Geothermal Energy, a review of research and development", **Earth Sciences 12**, UNESCO, Paris, 1973.
- [8] H. ERKUL, "Jeotermal Enerjinin Ekonomik Katkıları ve Çevresel Etkileri: Denizli-Kızıldere Jeotermal Örneği", **Yönetim Bilimleri Dergisi** Cilt: 10, Sayı: 19, ss. 1-30. 2012.

- [9] *National Aeronautics and Space Administration, N. (2006). Landsat 7 Science Data Users Handbook. Retrieved on 21.03.2016, from http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat_7_Handbook.pdf*
- [10] *National Aeronautics and Space Administration, N. (2015). Landsat 8 Data Data Users Handbook. Retrieved on 21.03.2016, from http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat_7_Handbook.pdf.*
- [11] *Polat N. and Uğur M. A., "Determination of the Long-term Trend in Satellite-retrieved Land Surface Temperature (LST) for şanlıurfa, Turkey", 1st **International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences**, At: Afyonkarahisar, Turkey Volume: 1 (1) - ISBN: 978-605-4444-05-2, 2016.*
- [12] *Uğur M. A. and Polat N., " An Investigation of the Relationship between Land Surface Temperature (LST) and Land Use/Cover in Sanliurfa Province, Turkey", **International Scientific Conference On Applied Sciences**, At: Antalya, Turkey, Volume: 1 (1) - ISBN: 978-605-65700-2-5, 2016.*