

LANDSAT 8 UYDU VERİLERİNİN JEOTERMAL SAHA ARAŞTIRMALARINDA KULLANILMASI: GAZLIGÖL (AFYONKARAHİSAR) ÇALIŞMASI

*A. Yıldız^a, M. Başcı^a, C. Başaran^a, F. E. Çonkar^a, C. Ayday^b

^a Afyon Kocatepe Üniversitesi, Jeotermal-Mineralli Sular ve Maden Kaynakları Uyg. ve Ar. Merkezi, Afyonkarahisar, (ayildiz, mbagci, cbasaran, feconkar@aku.edu.tr)

^b Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, (cayday@anadolu.edu.tr)

ANAHTAR KELİMELER: Landsat 8, Jeotermal, Toprak Isısı, Gazlıgöl, Afyonkarahisar.

ÖZET:

Çok eski yıllardan beri ölçülen toprak ısısı birçok alanda kullanılan bir parametredir. Tarım için gerekli olan toprak ısısı, uzun yıllardır sahada termometre kullanılarak ölçülmüştür. Çalılı alan alan sınırları genişledikçe termometre kullanarak bu ölçümleri yapmak zorlaşmaktadır. Son yıllarda hızla gelişen uydu teknolojisi sayesinde bir seferde tüm alana ait spektral verilerin ve bu verilere ait ısı değerlerinin elde edilmesi mümkün duruma getirmiştir. Çalılı alan alanın toprak ısısının belirlenebilmesi ve bu veriler kullanılarak sahanın toprak ısısı haritasının yapılması, alanın jeotermal saha olma özelliğini ortaya çıkarmada etkili bir yöntem olacaktır.

Afyonkarahisar ilinin yaklaşık 20 km kuzeyinde yer alan Gazlıgöl jeotermal sahası, Afyonkarahisar ilindeki en önemli jeotermal sahalardan birisidir. Bölgenin jeolojisi Paleozoyik ve Senozoyik yaşlı kayalar ile karakterize edilir. Bölgenin temel kayalarını, kirel ve mermer içeren Paleozoyik yaşlı Afyon Metamorfikleri oluşturur. Bu temel istif; Konglomera-tüf ve andezit gibi farklı litolojilerdeki Senozoyik yaşlı kayalar tarafından üzerlenmiştir. Alüvyon ve traverten ise bölgedeki en genç birimlerdir. Gazlıgöl bölgesinde birçok termal ve mineralli su kaynağı bulunmaktadır. Genel olarak, suların sıcaklıkları 40 ile 85°C arasında değişmektedir. Ayrıca, Gazlıgöl termal ve maden suları Na ve HCO₃ tipinde sular sınıfında yer alır. Landsat 8 uydusu, toprak ısı haritası oluşturulması ve potansiyel jeotermal saha belirlenmesinde kullanılabilir olan serisinin en yeni uydusudur. Uyduya ait olan bantlar arasında 2 adet termal bant bulunmaktadır. Bu çalışmada, Landsat 8 uydusuna ait bantlar kullanılarak Gazlıgöl bölgesi ve etrafı jeotermal saha potansiyeli açısından incelenmiştir. Sahanın önceden bilinen jeotermal özellikleri yüksek olan bölgeleri ile uydu verilerinden elde edilen ısı haritaları karşılaştırılarak, yöntemin diğer potansiyel jeotermal sahaların araştırılması ve bulunmasında etkin kullanılabilirliği araştırılmıştır.

LANDSAT 8 SATELLITE DATA USAGE IN GEOTHERMAL FIELD RESEARCH: GAZLIGÖL (AFYONKARAHİSAR) STUDY

KEY WORD: Landsat 8, Geothermal, Soil heat, Gazlıgöl, Afyonkarahisar.

ABSTRACT:

The soil heat, used in many areas, is a parameter which is measured since many years ago. The soil heat has been measurement by using a field thermometer for agriculture. As the working field boundaries expand, it is difficult to make these measurements using a thermometer. Due to rapidly developing satellite technology in recent years, it is now possible to obtain the spectral data of the whole area and the temperature values of this data at a time. The determination of the soil temperature and the construction of the soil temperature map of the field will be an effective method for revealing the geothermal field characteristic of the area.

Gazlıgöl geothermal field, which is located about 20 km north of Afyonkarahisar, is one of the most important geothermal fields in Afyonkarahisar. The geology of the region is characterized by Paleozoic and Cenozoic aged rocks. The basement rocks of the region are composed of Palaeozoic aged Afyon Metamorphics containing schists and marbles. These basement rocks are overlain by Cenozoic rocks such as conglomerate-tuff and andesite. Alluvium and travertine are the youngest units in the region. There are many thermal and mineral water sources in Gazlıgöl region. Generally, the temperatures of the thermal waters are between 40 and 85°C. Besides, Gazlıgöl thermal and mineral waters are of the Na-HCO₃ type. Landsat 8 is the newest satellite that can be used to establish a soil heat map and identify potential geothermal sites. The satellite has two thermal bands. In this study, Gazlıgöl region and surrounding area's geothermal potential were investigated by using the thermal bands belonging to Landsat 8. By comparing the heat maps obtained from satellite data with well-known geothermal regions in Gazlıgöl, the method's effective usage in searching and finding geothermal fields has been investigated.

* Ahmet Yıldız, ayildiz@aku.edu.tr

1. G R

1.1 Çalı manın Amacı

Geli en uydu teknolojisi ile birlikte eskiden olabirli i dü ünülemeyen birçok bulgu yeni uydular yardımı ile elde edilmeye ba lamı tır. Elde edilen bu bulguların arasında toprak ısınsının belirlenmesi oldukça önem kazanmı tır. Tarımdan çevre kirlili ine kadar birçok alanda toprak ısınsının önceden belirlenmesi ve haritalanması çalı manın süresini kısaltmakta ve daha do ru sonuçlar elde edilebilmektedir.

Bu çalı mada Landsat 8 uydu verisinin Termal Bandı kullanılarak toprak ısı haritası elde edilmeye çalı lmı tır. Çalı ma alanı olarak Gazlıgöl (Afyonkarahisar) seçilmi tir. Gazlıgöl ve çevresi Afyonkarahisar ilindeki en önemli jeotermal alanlardan birisi olması nedeniyle çalı ma sonucunda elde edilen termal harita ile sahada jeolojik birimler ve çizgisellikler kar ıla tırılmı tır. Çalı ma, jeotermal saha ara tırmalarında uydu görüntülerinin termal bantları kullanılması ve Gazlıgöl bölgesindeki jeotermal sistemin yayılımı ve jeotermal sistemle tektonik unsurlar arasındaki ili kiler ortaya konması amacıyla yapılmı tır.

1.2 Çalı ma Alanı

Afyonkarahisar'ın 25km kuzeyinde, Afyonkarahisar-Eski ehir karayolu üzerinde yer almakta olup, kuzeyde hşaniye ilçesi, do uda Bozhüyük ve Kaplanlı, güneyde Yarımcı ve batıda Anıt kaya gibi alanları içine almaktadır (ekil 1). Çalı ma K-G yönünde 15 km, D-B yönünde 22 km uzunlu unda ve yakla ık 330 km²'lik bir alanda yürütülmü tür. Gazlıgöl son yıllarda Afyonkarahisar ilinde en çok yatırım yapılan bölge olup, Yaylaba ı ile birlikte bölgedeki jeotermal tesislerin yatak kapasitesi 19500'e ula mı tır.



ekil 1. Çalı ma alanının yer bulduru haritası.

1.3 Çalı ma Alanının Jeolojisi

1.3.1 Stratigrafi

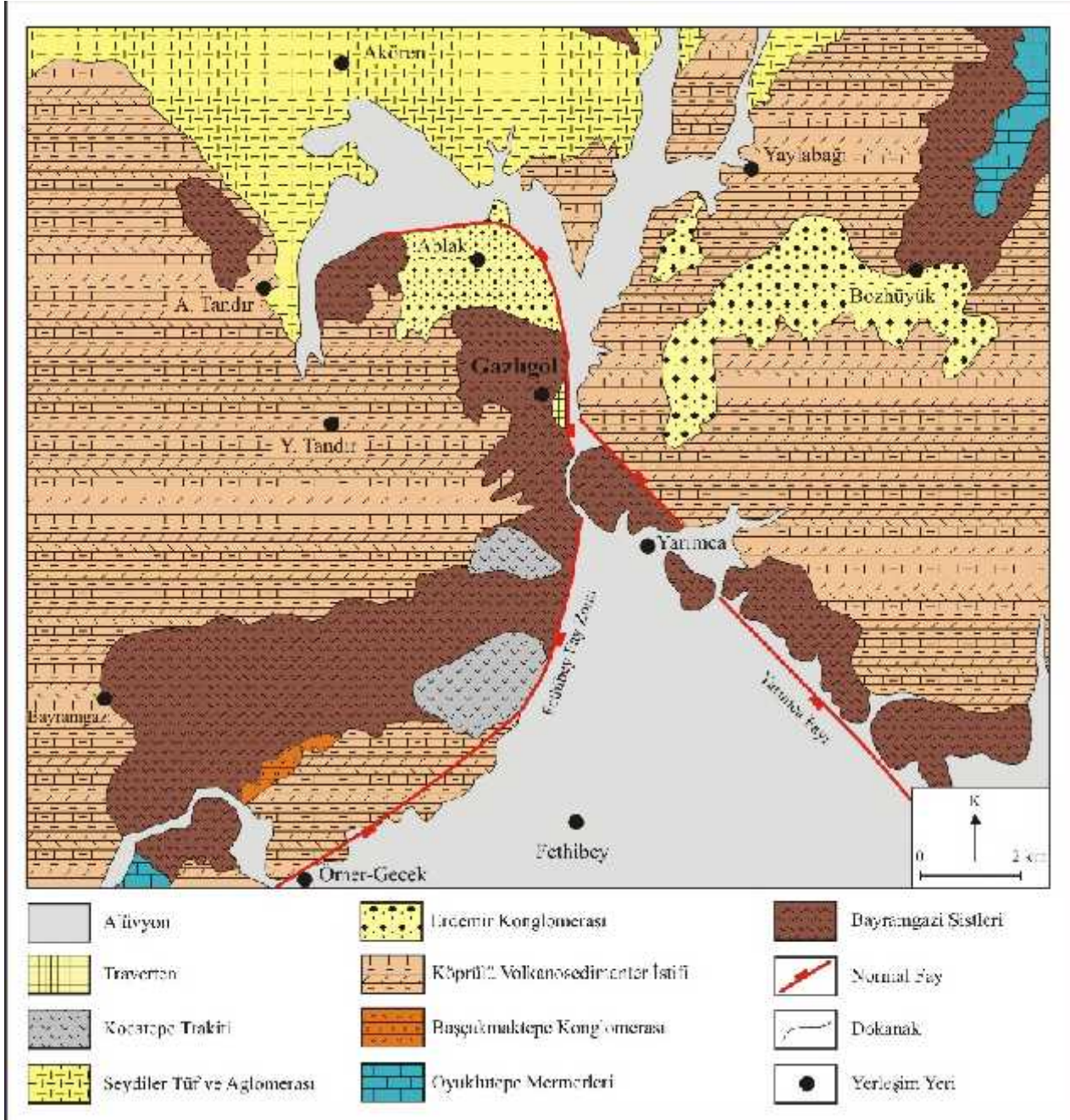
nceleme alanının temelinde Paleozoyik ya lı Afyon metamorfikleri yer almaktadır. Bu formasyon, Bayramgazi istleri ve Oyuklutepe mermerlerinden meydana gelmektedir. Bayramgazi istlerini albit-klorit-muskovit-biyotit-kuvars ist, kalk ist ve kuvarsit türündeki metamorfik kayalar olu turmaktadır (Metin vd., 1987; Tolluo lu vd., 1997). Bayramgazi istlerinde mercerler halinde bulunan Oyuklutepe

mermerleri ço unlukla menek e, az oranda da ekerimsi ve gri renkli dokuların sunmakta olup, dokusal olarak sechisar mermerlerine oldukça benzemektedir (Ulutürk, 2009). Orta-Üst Miyosen ya lı Ömer-Gecek formasyonu temel kayaların üzerinde uyumsuzlukla yer almaktadır. Birim Ba çakmaktepe konglomerası, Köprülü volkano-sedimanter istifi ve Erdemir konglomerasından olu maktadır. Ba çakmaktepe konglomerası Neojen ya lı birimlerin tabanını olu turmakta, koyu sarı, kırmızımsı renkli, kalın tabakalanmalı olan birim çapraz tabakalanma, oygu – dolgu ve kanal yapıları, kuruma çatlakları, akıntı izleri gibi karasal olu umları simgeleyen sedimanter yapılar içermektedir. İlk kez Harut (1995) tarafından adlandırılan Köprülü volkano-sedimanter istifi, Metin vd. (1987) tarafından yapılan çalı mada ise Gebeceler formasyonu olarak adlandırılmı tır. stif lav ve piroklastik türündeki volkanik ara katkılar ve epiklastik sedimanlar içermektedir. Erdemir konglomerası inceleme alanında boz renkli, kalın tabakalanmalı, kum-mil destekli, iri, yuvarlak kireçta ı ve di er cins çakıllı karasal konglomeralarla temsil edilmektedir. Orta-Üst Miyosen ya lı Seydiler tuf ve aglomerası Ömer-Gecek formasyonu ile yan al ve dü ey yönde geçi ler göstermektedir. Genellikle süt beyaz ve krem renkli olup, çok kalın tabakalanmalar gösterir. Üst Miyosen ya lı Kocatepe trakiti volkanizmanın son ürünü olarak bölgede yayılım sunmakta olup, trakit, trakiandezit bile imli lavlardan olu maktadır. Kuvaterner ya lı traverten ve alüvyon ise inceleme alanındaki en genç birimler olarak göze çarpmaktadır (Yıldız vd., 2011) (ekil 2).

1.3.2 Jeotermal Sistemin Özellikleri

Bölgede, Paleozoyik birimler içinde yer alan kuvarsitler termal akı kanın rezervuar kayacını olu turmaktadır. Fethibey ve Yarımcı fayları sahadaki en önemli tektonik hattı olu turmaktadır (Koçyi it ve Deveci, 2007). Litolojik olarak sert ve masif yapılı bir kayaç türü olan kuvarsitler, bölgedeki tektonizmanın etkisiyle kırıklı bir yapıya dönü erek jeotermal sular için gerekli olan yüksek porozite ve permeabiliteye bir ortam olu turmu tur. Jeotermal gradyanın yüksek oldu u sahadaki meteorik kökenli sular çatlak ve kırıklardan süzülerek rezervuar kayaca ula maktadır (Türker vd., 2008). Burada ısınan ve rezervuar-su arasındaki tepkimelerle kimyasal kompozisyonu de i en jeotermal akı kan fay ve çatlaklar boyunca yüzeye çıkmaktadır. Paleozoyik ya lı Bayramgazi istleri geçirimsiz tabanı olu tururken, Ömer-Gecek formasyonunun kiltı ı, marn ve tuf gibi kayalarıyla alüvyon geçirimsiz örtü kayaç özelli i göstermektedir. Fethibey ve Yarımcı fayları tektonik açıdan aktif olup, jeotermal akı kanı ta ryabilecek özelliklere sahiptir. Özellikle Fethibey ve Yarımcı faylarının birbirini kesti i bölgeler jeotermal suların birikimi ve hareketlili i açısından ideal ortamlardır (Yıldız vd., 2011; 2014). Önceki çalı malarda bölgede sıcaklı ı 40-50 °C olan sı zonlar ile, 60-83°C olan geçi zonundan bahsedilmektedir (Akan, 2008). Ayrıca Mutlu (1998), Gazlıgöl bölgesindeki termal ve maden sularının Na ve HCO₃ bakımından zengin oldu unu ve jeotermometre hesaplamaları sonucunda jeotermal

suların rezervuar sıcaklıklarının yaklaşık 100°C olduğunu belirtmiştir.



ekil 2. Çalın yerinin jeoloji haritası (Öcal vd., 2011; Öcal ve Gökta , 2011'den de i tirilerek alınmıştır).

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Toprak Sıcaklığı

Toprak ısı çok eski yıllardan beri ölçülen ve birçok alanda kullanılan bir parametredir. Toprak sıcaklığı, topraktaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylara etki eden önemli bir faktördür. Toprak sıcaklığının temel kaynağı güneştir. Güne ten gelen ışınlar yeryüzüne ulaştığında ışık enerjisi ısı enerjisine dönüerek cisimleri ısıtır. Toprak ısınmasına di er ısı kaynaklarının etkisi ise oldukça düşüktür.

Tarım için gerekli olan toprak ısı, uzun yıllardır sahada termometre kullanılarak ölçülmüştür. Saha büyüdüğü,

çalın alanının sınırları genişlediği zaman bu ölçümleri yapmak zorlaşmaktadır. Toprak sıcaklığı yerbilimleri konularında bilinmesi gereken bir parametredir. Isı pompalarının uygun yerlere yapılmasından jeotermal saha olma potansiyeli yüksek yerlerin aranmasında toprak ısısının bilinmesi gerekir.

2.2 Uydu Verileri ile Toprak Sıcaklık Haritaları

Uydu görüntüleri 1972 yılından beri kullanılmaktadır. Landsat serisinin ilk uyduları ile yer gözlenmeye başlanmıştır. Bu çalınlar arasında jeolojik araştırmalar hep ön planda olmuştur. Yaklaşık 40 yılı aşkın sürede uydu

teknolojisinde ve bu yolla elde edilen verilerin kalitesinde ulaşılan amada yer gözlemleri çok hassas şekilde yapılabilmeye başlandı.

Hızla gelişen uydu teknolojisi ile bir seferde tüm alana ait spektral verilerin elde edilmesi ve bu verilerin işlenmesinin elde edilmesi olanaklı duruma getirmiştir.

Geçmiş yıllarda sadece 90x90 m bir cisim gören uydu algılayıcıları günümüzde 30x30 cm boyutunda bir cisim görebilen özelliklere ulaşılmıştır. Yine 40 yıl önce sadece 4 farklı bant olarak elde edilen uydu görüntüleri arasında 10 farklı spektral bant üzerinde veri elde edebilmektedir. Toprak sıcaklığının önemini bilen bilim adamları bu uyduların termal bantlarını da geliştirmişlerdir. Güncel uydularda termal bantların sayısında artışın olmasının başlıca nedeni budur.

Geçmiş yıllarda bir bölgenin ısı haritası için gereken süre uydu verileri ile çok kısalmıştır.

2.3 Landsat 8 ile Toprak Sıcaklığının Belirlenmesi

Landsat 8 uydusu Landsat serisinin en güncel uydusudur. Ocak 2013 yılında yörüngeye oturtulmuştur. 16 günde aynı noktadan geçer. Landsat 8'in önceki Landsat uydularından ve algılayıcılarından oldukça farklı tarafları vardır. 2 adet termal bantta sahip olması önemli özelliklerinden biridir. Thermal Infrared Sensors (TIRS) olarak adlandırılan termal algılayıcı önceki uyduların 8 bitlik verileri yerine 12 bitlik veri kullanımını sağlar. Bu ise bundan önce 256 farklı renkle belirleyebildiği ısı farklılıklarını 4096 farklı renkle tanımlanması olanakını vermektedir (USGS, 2016).

Landsat 8 uydusunun termal bantlarının yanı sıra 7 çok renkli bant ve 1 adet pankromatik bant da bulunmaktadır. Landsat 8'in özelliği olan 2 adet termal bant kullanılarak birçok yeni yöntem geliştirilebilmektedir. Uydunun termal bantları Band 10 ve Band 11 olarak adlandırılmıştır. Yine uydu verisi ile birlikte sunulan Meta verisi kullanılarak termal bantın piksel değerleri Atmosfer üstü (TOA) Yansıma veya Radyans değeri olarak elde edilebilmektedir. Bu çalışmada bu yöntem kullanılmaya çalışılmıştır. Band 10 verisinin Band 11 verisine göre daha temiz olması nedeni ile çalışmada bu bant kullanılmıştır. Band 10 verisi elektromanyetik spektrumunun 10.60-11.19 µm aralığına karşılık gelmektedir (USGS, 2016).

Çalışmada birden fazla uzaktan algılama yazılımı kullanılmıştır. ENVI 5.2, GRASS ve QGIS kullanılan yazılımlardır. GRASS ve QGIS açık kaynak kodlu yazılımlardır.

Öncelikle çalışmaya yerini içeren Path:179, Row:33 uydu verisi indirilmiştir. Çalışmaya yerine karşılık gelen alan kesilmiştir. Uydu görüntüsü 19 Ekim 2016 tarihinde çekilmiştir. Kesilen alan içinde kalan piksel değerleri kullanılarak alanın radyans değeri bulunmuştur. Radyans değeri yoğunluk dilimleme ile renklendirilmiş ve sahanın radyans dağılım haritası elde edilmiştir. Radyans değeri kullanılarak sahanın Kelvin cinsinden Parlaklık Isı değeri bulunmuştur. Kelvin (K) değeri kullanılarak sahanın derece (C) cinsinden ısı dağılım haritası elde edilmiştir. Bu değerler de renklendirilerek sahaya ait deyimlik belirgin olarak bulunmuştur.

2.4 Çizgisellik Analizi

Çalışılan sahaya ait Landsat 8'in termal Band 10 kullanılarak oluşturulan toprak sıcaklık haritası sahaya ait çizgisellikler ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla Landsat 8'in RGB/752 renkli bant kombinasyonu ve siyah-beyaz Band 7 kullanılarak çizgisellikler elde edilmiştir.

3. BULGULAR

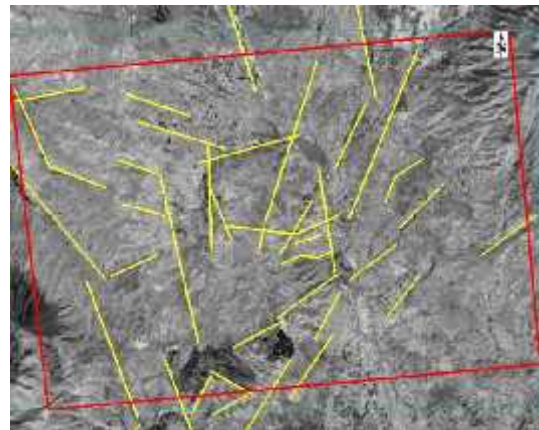
Gazlıköy-Afyon ve civarında belirlenen sahada Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak sahanın toprak sıcaklığını belirleme çalışması yapılmıştır. Bu sahadan elde edilen bulgular yine sahanın multispektral uydu görüntüleri üzerinden elde edilen çizgisellik haritası ve saha çalışması ile hazırlanan jeoloji haritası ile karşılaştırılmıştır.

3.1 Sahanın Çizgisellik Haritası

Path/Row 179/33 olan Landsat 8 görüntüsü üzerine çalışmaya sahaları olarak belirlenen alan sınırları getirilmiştir. Belirlenen bu alan sınırları içinde gözlemlenen çizgisellikler RGB/752 (ekil 3) ve Band 7 (ekil 4) üzerinde çizilmiştir.



ekil 3. Sahanın RGB/752 görüntüsü üzerinde belirlenen çizgisellikler.



ekil 4. Sahanın RGB/752 görüntüsü üzerinde belirlenen çizgisellikler.

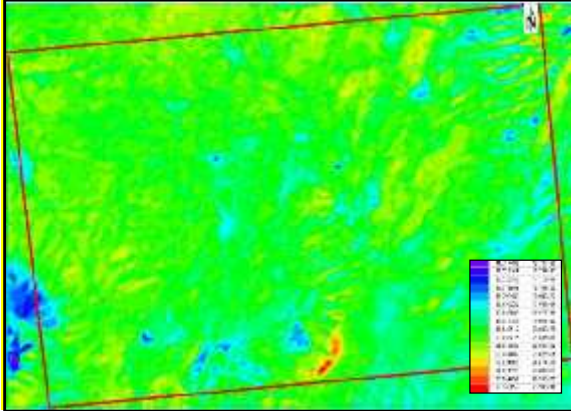
3.2 Termal Band ile Sahanın Toprak Isı Haritası

Toprak ısı haritasının Landsat 8 uydu verisi kullanılarak elde edilmesi çalışmada Band TIRS 10 kullanılmıştır. Band

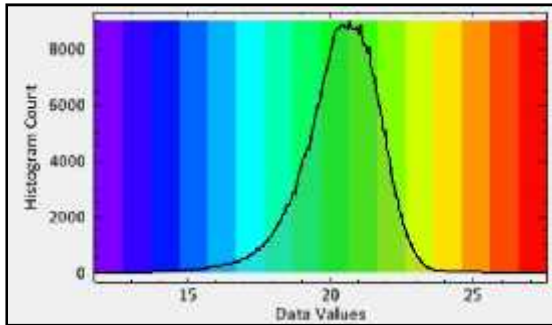
TIRS 10 elektromanyetik spektrumun 10.60-11.19 μm aralı na duyarlı bir algılayıcıya sahiptir.

Çalı ılan sahanın radyans de erleri elde edilmi tir. Radyans belli bir dalga boyunda belli bir açıda ve alandan yansıyan, çıkan veya iletilen enerji miktarı olarak tanımlanır (Anon, 2017). Radyans birimi ($\text{W}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\mu\text{m}^{-1}$) olarak bilinir. Sahanın radyans de er haritası olu turulmu tur. Radyans de erleri kullanılarak sahaya ait Parlaklık Isı de erleri elde edilmi tir. Isı de erlerinin elde edilesinde uydu görüntüsü dosyası içinde bulunan Meta Veri Dosyası (MTL dosyası) içinde bulunan parametreler kullanılmı tur. Sonuçta elde edilen de erler Kelvin (K) cinsinden ısı de eri olarak elde edilmi tir. Bu ısı de erleri Celsius (C) cinsine dönü türülerek sahanın ısı de erleri haritası olu turulmu tur (ekil 5). Sahanın ısı de erlerinin istatistiksel de erleri incelendi inde en küçük de er 11.7°C ve en yüksek de er 27.5°C oldu u görülmü tür. Da ılım normal da ılım e risi ekinde oldu u ve ortalama de erin 21°C oldu u belirlenmi tir (ekil 6).

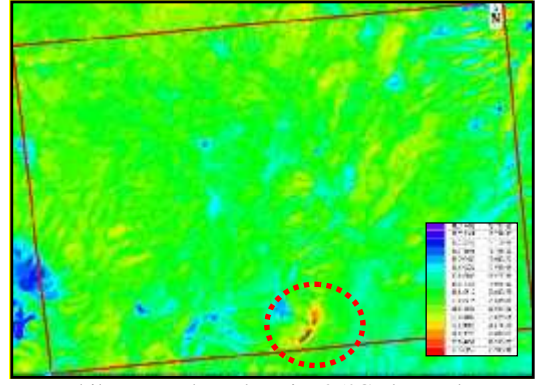
Sahada toprak ısı de erinin 25°C oldu u yerler incelendi inde sahanın güney sınırına yakın yerde bu özelli i gösteren toprakların oldu u anla ılmı tur (ekil 7). Toprak ısının 22°C oldu u yerler ise ekil 8' de görülmektedir.



ekil 5. Sahanın ısı de er haritası.

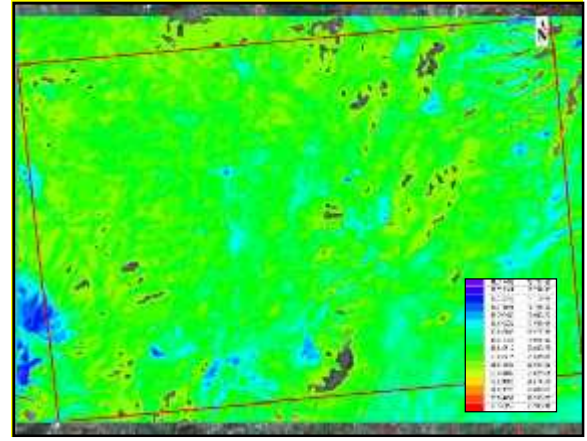


ekil 6. Sahanın ısı de erleri da ılımı.

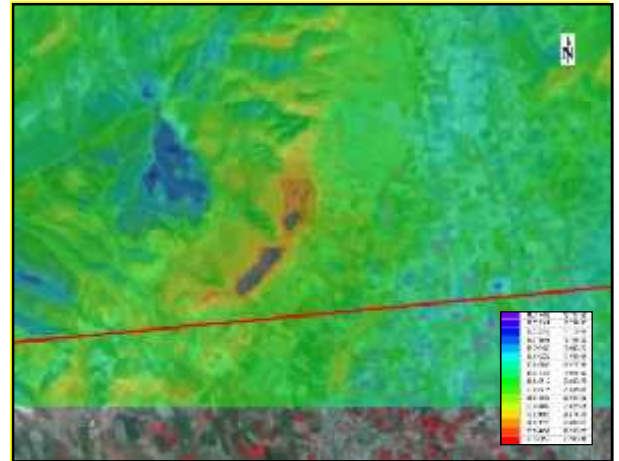


ekil 7. Toprak ısı de eri 25°C olan yerler.

Toprak ısı de erlerinin 22°C dan yüksek oldu u yerler yakından incelendi inde bu bölgenin alüvyonda bulunan toprak ısından daha yüksek oldu u anla ılmı tur. Ormanlık, bitki örtüsü ve akarsuların oldu u yerler ise dü ük ısılyerler oldu u gözlenmi tir (ekil 9).



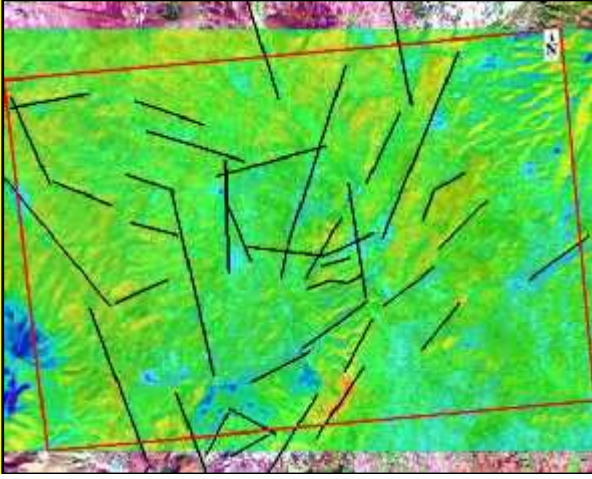
ekil 8. Toprak ısı de eri 22°C olan yerler.



ekil 9. Toprak ısı de eri 22°C olan yerlerin ayrıntılı gözlemi.

3.3 Sahanın Toprak Isı Haritası, Jeoloji Haritası ve Çizgiselliklerle Kar ıla tırılması

Bu a amada çalı ılan sahada elde edilen çizgiselliklerle yüksek ısı gösteren yerler kar ıla tırılmaya çalı ılmı tur (ekil 10).



ekil 10. Yüksek toprak ısıyı gösteren yerler ile çizgiselliklerin ili kisi.

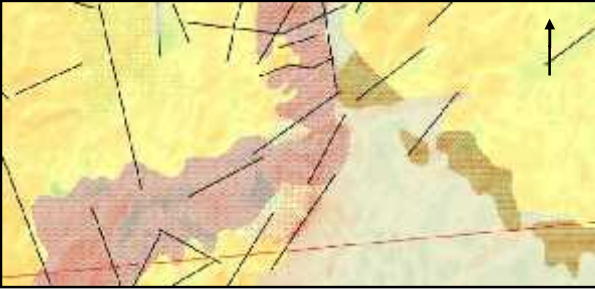
Kar ıla tırma sonucunda sahada yüksek ısı de erine sahip yerler genellikle KD-GB yönlü çizgisellikler ile paralellik gösterdi i anla ılımtır. Bu kar ıla tırmada sahanın en yüksek de erine sahip olan çalı ma sahasının güney sınırında bulunan yerde belirgin olarak ortaya çıkmaktadır.

Yüksek ısı gösteren yer ile jeoloji haritası kar ıla tırıldı ndan ise Pliyosen ya lı bazalt ve Kuvaterner ya lı alüvyon olarak tanımlanan birim civarında yüksek toprak ısıyı saptanmıştır (ekil 11). Yine bu yüksek toprak ısıyı gösteren yerde KD-GB yönlü çizgisellik görülmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNER LER

Yapılan çalı mada a a ıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

-) Landsat 8 udu verisinin termal bandı ile toprak sıcaklık de eri elde edilebilmektedir.



ekil 11. Yüksek toprak ısıyı gösteren yerler ile çizgisellik, jeoloji ili kisi.

-) Yüksek sıcaklık de eri jeolojik olarak farklı birimlere kar ılıklı gelmektedir.
-) Çizgisellikler ile yüksek sıcaklık gösteren yerlerin ili kilendirilmesi sonucu jeotermal saha olabilecek yerler bulunabilecektir.

Yapılan çalı ma sonrasında a a ıdaki öneriler yapılmıştır;

-) Yerbilimlerinde yapılacak çalı malarda uydu teknolojilerinden kesinlikle yararlanılmalıdır.
-) Jeotermal saha aramalarında öncelikle uydu verilerini kullanmalıdır. Bu verileri kullanmak yapılan çalı manın do rulu unu arttıracak ve yapılan i in süresini kısaltacaktır.

-) Landsat 8 uydusunun TIRS 10 ve 11 bandları termal band olup bu bandlardan elde edilen sonuçların yer gerçekleri ile dene tirilmesi gerekmektedir.
-) Elde edilen sonucun do rulu u kesinlikle sınılanmalıdır.
-) Gazlıgöl-Afyon yöresinde bu yöntem kullanılarak yapılan bu çalı ma ba ka yörelerde ve ba ka aylara ait verilerle tekrarlanmalıdır. Böylece yapılan i in do rulu u ortaya çıkacaktır.

KAYNAKLAR

Akan, B. ve Süer, S., 2008. Afyonkarahisar ilinde yer alan jeotermal sahaların incelenmesi. Termal ve Maden Suları Konferansı Bildiriler Kitabı, 92-100, Afyonkarahisar.

Anonim, 2017, <https://en.wikipedia.org/wiki/Radiance>

Harut, B., 1995, Erkmen Volkanitlerinin (Afyon KB Kesimi) Mineralojik-Petrografik ve Jeokimyasal ncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi F.B.E., 79 s. Ankara.

Metin, S, Genç, S ve Bulut, V, 1987. Afyon ve yakın dolayının jeolojisi. M.T.A. Raporu No: 2113, Ankara.

Mutlu, H., 1998, Gazlıgöl (Afyon) termal ve maden sularının jeokimyasal özellikleri ve jeotermometre uygulamaları, *Jeoloji Müh. Dergisi*, sayı 50, 1-7.

Öcal, H., Turhan, N. ve Gökta , F. 2011. 1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları Afyon K-25 paftası ve raporu. Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlü ü Jeoloji Etütleri Dairesi Yayını, No: 159, 34s, Ankara.

Öcal, H. ve Gökta , F. 2011. 1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları Afyon K-24 paftası ve raporu. Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlü ü Jeoloji Etütleri Dairesi Yayını, No: 158, 33s, Ankara.

Tolluo lu, A.Ü., Erkan, Y., Sümer, E.Ö., Boyacı, M.N. ve Yava (Beta), F., 1997. Afyon metasedimanter grubunun mezozoyik öncesi metamorfik evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 40-1, 1-17.

Ulutürk, Y., 2009. Ömer-Gecek (Afyonkarahisar) dolayının jeolojisi ve suların kökensel yorumu. Doktora Tezi, Süleyman Demirel University, 180s. Isparta.

USGS 2016, <https://landsat.usgs.gov/landsat-8>; <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>

Yıldız, A., Candansayar, M.E., Ba cı, M., Türker, E., Ulutürk, Y., Gökgöz, A., Erdo an, E., Ba aran, C., ve Çonkar, F.E., 2011a. Afyonkarahisar ilinin jeotermal potansiyelinin ara tırılması. AKÜ BAPK Projesi, 146s, Afyonkarahisar.

Yıldız, A., Ba aran, C., Ba cı, M., Ulutürk, Y. Afyonkarahisar ilinin Türkiye jeotermal enerji potansiyelindeki konumu üzerine güncel veriler. XIth Bölgesel Kaya Mekani i Sempozyumu, 07-09 Mayıs 2014, 73-80, Afyonkarahisar, 2014.