

JEOTERMAL KE FLER Ç N H DROTERMAL ALTERASYON M NERALLER N N UZAKTAN ALGILAMA TEKN KLER LE TESP T ED LMES : AKARÇAY HAVZASI (AFYONKARAH SAR) ÖRNE

M. Yalçın ^{a,*}, F. Kılıç Gül ^b, A. Yıldız ^c, N. Musao lu ^d, B. Bayram ^b, N. Polat ^a, C. Ba aran ^c

^a AKÜ, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisli i Bölümü, 03200, Afyonkarahisar - (mustafayalcin, npolat)@aku.edu.tr

^b YTÜ, n at Fakültesi, Harita Mühendisli i Bölümü, 34120, stanbul - (fkilic,bayram)@yildiz.edu.tr

^c AKÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisli i Bölümü, 03200, Afyonkarahisar - (ayildiz,cbasaran)@aku.edu.tr

^d TÜ, n at Fakültesi, Geomatik Mühendisli i Bölümü, 34469, stanbul, musaoglune@itu.edu.tr

ANAHTAR KEL MELER: Jeotermal Ke if, Uzaktan Algılama, Hidrotermal Alterasyon

ÖZET:

Enerji üretiminin oldukça önemli oldu u günümüz dünyasında, çevre ve atmosfere zarar vermeyen yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerjinin üretimi büyük önem ta imaktadır. Çalı ma alanı olarak seçilen Akarçay Havzası'nın Afyonkarahisar ili içerisinde kalan kısım ülkemizde önemli bir jeotermal potansiyele sahiptir. Jeotermal sahalarındaki çok sayıda kaynak ve kuyulardan, termal turizmi, konut ısıtmacılı ı, seracılık, balneolojik uygulamalardan yararlanılmaktadır.

Hidrotermal alterasyon zonları jeotermal sahaların ke fi için önemli göstergelerden birisidir. Jeotermal ke if çalı malarının fizibilite çalı malarında hedef alanlarının daraltılması ile ke if çalı malarına büyük katkı sa lamaktadır. Geni alanlara yayılan hidrotermal alterasyon minerallerinin tespitinde uzaktan algılama(UA) tekniklerinin kullanılması ile, geni alanların bütüncül bir ekilde de erlendirilebilmesi sa lanmakta olup hem zaman hem de ekonomik olarak büyük tasarruf edilerek etkin sonuçlar elde edilebilmektedir.

Çalı mada hidrotermal alterasyon zonlarının belirlenmesi için ASTER uydu verileri kullanılarak, renk kombinasyonu, bant oranlama, Crosta tekni i, Spektral Aç ı Haritalama(SAH) teknikleri uygulanmı tır. Bu kapsamda, çalı ma alanından hidrotermal alterasyon minerallerine ait örnekler toplanmı tır. Bu örnekler öncelikle mineraloji laboratuvarında XRD cihazı ile de erlendirilerek, örneklere ait mineraller tespit edilmi , sonrasında spektrometre cihazı ile yansıtım de erleri elde edilmi tir.

Çalı mada kullanılan dört yöntem kar ıla tırıldı nda, Crosta tekni i ve SAH yöntemleri ön bilgiler kullandı ı için hidrotermal alterasyon minerallerinin belirlenmesi için daha hassas sonuçlar üretti i görülmü tür. Klorit, epidot, illit, alunit, kaolinit, montmorillonit ve muskovit mineralleri, iki yöntemde de benzer konumlarda belirlenmi tir. Spektral aç ı haritalama ve Crosta tekni i ile tespit edilen alterasyon zonları birle tirilerek, sonuç alterasyon zonları olu turulmu tur. Hidrotermal alterasyonların jeotermal göstergesi olabilmesi için volkanik ve metamorfik kayalar ile maskelenmi tir.

KEY WORDS: Geothermal Exploration, Remote Sensing, Hydrothermal Alteration

ABSTRACT:

Energy generation has great importance in today's world. Especially geothermal energy generation that is renewable energy sources and not to harm the environment and atmosphere, is very important. Afyonkarahisar is a significant geothermal potential city in the Aegean Region of Turkey. The city has a lot of springs and wells that utilized to thermal tourism, house heating, greenhouses, balneologic applications.

Hydrothermal alteration zones are one of the significant indicator of the geothermal exploration. It make a great contribute to geothermal exploration with reduction target area the narrowing of the target areas in feasibility studies. Using remote sensing techniques in the hydrothermal alteration minerals that spread over large areas provide holistically assessment in a larger areas and effective results with saving both time and economically.

In this study, colour composite, bant rationing, Crosta and Spectral Angle Mapper(SAM) techniques have been implemented with using ASTER data in order to detect hydrothermal alteration zones. In this contex, samples of hydrothermal alteration minerals were collected from the study area. These samples are evaluated in the XRD device in order to detect mineral structure and than evaluated in the spectroradimeter device to obtain reflectance values.

Compared to the four methods used in the study, Crosta technique and SAM methods have been found to produce more precise results for the identification of hydrothermal alteration minerals since they use prior knowledges. Chlorite, epidote, illite, alunite, kaolinite, montmorillonite and muscovite minerals were determined at similar positions in both methods. Alteration zones determined by Crosta technique and SAM were combined and resultant alteration zones were formed. Finally hydrothermal alteration zones are masked by volcanic and metamorphic rocks in order to be a geothermal indicator.

* Sorumlu Yazar.

1. G R

Epitermal maden yataklarının birçoğu yakın bölgedeki kayaların hidrotermal alterasyonu ile birlikte bulunmaktadır. Bozunmaya uğramış kayalar her zaman jeotermal kaynağın yakınında olmamakla birlikte, bozunmaya uğramış kayaların varlığı olan bir jeotermal kaynağın önemli bir göstergesidir. Birçok jeotermal alan alterasyon minerallerinin varlığı ile keşfedilmiştir (Sabins, 1999).

Jeotermal aktivite ile ilişkili kayalar oluşturan minerallerin UA ile analizi, yer tabanlı saha çalışmaları ile ayrıntılı olarak araştırılmadan önce, jeotermal akışkan yollarının kontrolü gibi jeolojik yapıların durumu hakkında ön fikir elde etmek için kullanılabilir. UA ile jeotermal aktivite nedeniyle minerolojideki potansiyel değişimler ve jeolojik geçimin gösterildiği detaylı mineral dağılım haritasının yapılabilmesi sağlanmaktadır (Huenges, 2010).

Optik dalga boyları kullanılarak, elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde yapılan UA araştırmaları, kayaç tipi ve yapısındaki farklılıklarla ilgili yüzeysel bilgiler sunmakta olup çökeltileri ve kayalar oluşturan minerallerin ayırımında tek başına doğru sonuçlar üretmez. Ancak kızılötesi dalga boyu ile birlikte yapılan spektral analizler, alterasyon minerallerinin ayırımı için gerekli yeterliliğe sahip olmaktadır. Böylece açık yüzey belirtileri olmadan, muhtemel zonlar saha tabanlı keşifler için spesifik olarak gösterilebilmektedir (Huenges, 2010).

UA ile mineral alterasyon zonlarının belirlenmesinde renk kombinasyonu, bant oranlama, Crosta tekniği, SAH teknikleri kullanılmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Çalışma Alanı

Türkiye, entegre havza yönetimine göre 25 adet hidrolojik havzaya ayrılmıştır. Akarçay Havzası, İç Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgeleri arasında yer alan, 30°-32° doğu boyları ile 38°-39° kuzey enlemleri arasında kalan kapalı bir havzadır.

Akarçay havzasının önemli bir kesimi Afyonkarahisar il sınırları içerisinde olup doğudaki Konya sınırları içerisine girmektedir. Çalışma alanı Akarçay Havzası'nın Afyonkarahisar sınırları içerisinde kalan kısmını içermektedir (ekil 1.).

Çalışma alanı içerisinde Afyonkarahisar il merkezi ile Hsaniye, Sinanpaşa, Çehisar, Bolvadin, Çobanlar, Çay, Umut ve Sultandağı ilçeleri ve bazı belde ve köyler bulunmaktadır.

Afyonkarahisar il sınırları içerisinde dört adet jeotermal alan bulunmaktadır. Bunlar; Ömer-Gecek-Kızık-Uyuz, Gazlıgöl, Heybeli, Sandıklı jeotermal alanlarıdır. Bunlardan, Ömer-Gecek-Kızık-Uyuz, Gazlıgöl, Heybeli jeotermal alanları Akarçay havzası sınırları içerisinde kalmaktadır (MTA, 2005).



ekil 1. Çalışma alanı

2.2 Materyal

Çalışmada alterasyon zonlarının tayini için VNIR (görünür bölge) ve SWIR (kısa dalga kızılötesi) bantları kullanılmıştır. Mineral alterasyon belirleme çalışmalarında minerallerin spektral ayırımı, SWIR bantlarından daha net elde edilmektedir. ASTER'de 6 adet SWIR bantının bulunmasından dolayı çalışmada ASTER uydu verileri kullanılmıştır.

Mineral alterasyon zonlarının tayininde kullanılan ASTER SWIR algılayıcısı, 2007 yılının Nisan ayından 2008 yılının Ocak ayına kadar yüksek sıcaklığa maruz kalmış ve 2008 yılının Nisan ayından itibaren veri toplama durdurulmuştur. Bu yüzden Nisan ayından itibaren veri toplama durdurulmuştur. Bu yüzden ASTER Bilim Ofisi tarafından SWIR algılayıcıya ait verilerin 2007 yılının Nisan ayından sonrasında kullanılmamasını önerilmektedir (ASTER Science Office, 2009).

Çalışmada ayrıca spektrometre verileri kullanılmıştır. 350-2500 nanometre dalgaboyu aralığında ölçüm yapan ASD FieldspecPro tipi cihaz ile toplanan numunelere ait spektral imzalar elde edilmiştir. Bu imzalar SAH için referans spektrumları oluşturulmuş, spektral kütüphane oluşturulmuş ve uygulanan yöntemlerin doğruluğunun araştırılması için kullanılmıştır.

2.3 METOT

2.3.1 Renk Kombinasyonu Tekniği

Bu tekniğin arkasındaki ilke, insan gözüyle görülmesini sağlamak amacıyla görülebilir dalga boyu içerisindeki multispektral bilgilerin birleştirilmesidir. Doğadaki her bir nesnenin farklı dalga boyuna sahip bir yansıma değeri vardır. İnsan gözünün görebileceği renkler, görülebilir dalga boyu alanı içerisindeki kırmızı, yeşil ve mavi renklerdeki yansımanın birleşimi sonucu gerçekleşir (Sarı, 2007).

Hidrotermal alterasyon minerallerinin belirlenmesi için 4:6:8 kombinasyonu kullanılmaktadır. İleri arjilik ve fillik alterasyon tipleri ASTER bant 6 ve bant 8'de düşük yansıtım, bant 4'te yüksek yansıtım göstermektedirler. Propilitik alterasyonlar, bant 8 ve bant 4'te düşük yansıtım, bant 6'da yüksek yansıtım göstermektedir. Kalsit ise bant 4 ve bant 6'da yüksek yansıtım, bant 4'te düşük yansıtım göstermektedir. Bundan dolayı, ileri arjilik alterasyonları (alunit, kaolinit) ve fillik alterasyonlar (serisit, smektit) kırmızı-pembe arasında, propilitik alterasyonlar (klorit, epidot) açık yeşil olarak, kalkerli birimler ise sarı renkte görüntülenmektedir (Abrams ve Hook, 2003; Yajima, 2014).

2.3.2 Bant Oranlama Tekni i

Alterasyon zonlarının belirlenmesinde kullanılan bant oranlama tekni i bant farklılı maları ve oranlarını temel almaktadır. Bant oranlaması bir bantta ölçülen spektral yansımının di er bantta ölçülen spektral yansımaya oranıdır. Temel avantajı, spektral özellikleri farklı çerçevelerde güne ı nlarının yo unlu u ve açısına ba lı olarak olu an parlaklık de erlerinden ba ımsız olarak ifade eder. Bu nedenle oranlanan görüntüde, farklı aydınlanma ko ullarından do an topografik özelliklere (e im, bakı vb.) göre de i en parlaklıklar en aza indirgenmektedir (Lillesand v.d., 2004).

2.3.3 Temel Bile enler Analizi ve Crosta Tekni i

Multispektral verideki farklı bantlar arasındaki yüksek korelasyon ile farklı dalga boyuna sahip bantlar genellikle benzer bilgiler sunmaktadır. Temel bile enler analizi, çok bantlı görüntüler üzerinde istatistiksel analizler yapılarak, bantlar arasındaki benzer ve dolayısıyla gereksiz veriler azaltılıp orijinal bantlardaki bilgileri sıkı tırılarak bantlar arasındaki korelasyonu dü rtmek ve dolayısıyla çok bantlı verilerdeki gereksiz verileri azaltmak için kullanılan bir yöntemdir (Singh ve Harrison, 1985).

Spektral bant varyasyonlarının önemli bir kısmı yer yüzeyindeki topografik gölgeleme ve albedo etkisine ba lı olarak ölçülmektedir. Temel bile enler analizi, tüm bantlarda hakim olan irradyans etkisini elemine ederek, jeolojik metaryallerin yansıtım özelliklerini zenginle tirmektedir. Hidrotermal alterasyon mineralleri gibi spesifik minerallerin spektral tepkilerini üretmek amacıyla UA'da multispektral görüntüler gibi çok de i kenli veri setlerine uygulanabilir (Singh ve Harrison, 1985).

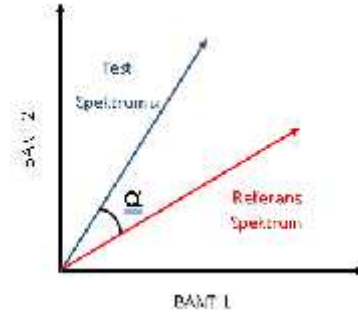
Özellik tabanlı temel bile enler analizi (Feature-Oriented Principle Component Analysis) olarak bilinen Crosta Tekni i, temel bile en görüntülerini hesaplamak için kullanılan özvektör matrisinden elde edilen nümerik de erler ve hedef meteryallerin spektral tepkileri arasında ili ki kurmaya dayanmaktadır. Bu ili ki kullanılarak, hangi temel bile enin hedef minerale ait spektral bilgi içerd i ne ve sonuç piksel de erlerinin koyu ya da parlak olarak ifade edildi i ara tırılır (Crosta vd., 2003).

Crosta Tekni i 4 veya 6 tane seçilmi TM veya ASTER veri bantları üzerinde uygulanabilir. Öncelikle ilgili mineralin spektral imzası incelenerek seçilecek dört ya da altı bantta, hangi bantlarda yükseli hangi bantlarda dü ü oldu u incelenerek kullanılacak bantlar seçilir. Temel bile enler analizi yapıldıktan sonra, olu an bantlardan ilgili mineralin spektral imzasına göre en yüksek yansımaya gösteren ve en dü ük yansımaya gösteren bantlar arasında özvektör matrisindeki de i mler incelenerek en uygun temel bile en seçimi yapılır. Sonraki a amada en yüksek ya da en dü ük yansımaya gösteren bantların i aretine bakılır. E er en yüksek yansımaya gösteren bant (+) i aretli ise öz vektör yüklemesi normal olmu tur ve aranan minerallerin parlak olarak görüntülenir. E er en yüksek yansımaya gösteren bant (-) i aretli ise öz vektör yüklemesi ters olmu tur ve aranan minerallerin parlak çıkması için seçilen bile en -1 ile çarpılır (Crosta vd., 2003).

2.3.4 Spektral Aç Haritalama Tekni i

SAH tekni i temel olarak, bant sayısının boyut sayısına e it oldu u çok boyutlu uzayda ölçülen ve referans yansıtım verilerinin, vektörel olarak de erlendirilmesi fikrine

dayanmaktadır (Lillesand vd., 2004). Referans yansıtım verileri, laboratuvar çalı malarından, sahada ölçüm ile ya da görüntüden üretilerek elde edilebilmektedir (Kruse vd., 1993). Algoritmada, test edilen alana ait spektral yansıtım verileri ile referans yansıtım verileri arasındaki benzerli i belirlemek için, bu verilere ait vektörler olu turularak aralarındaki açı hesaplanır. Hesaplamalardaki boyut sayısı(n) bant sayısına e it olmaktadır. ki bantlı bir görüntüde, iki boyutlu yüzey ekil 2'de gösterildi i gibi, referans spektrum vektörü ile test edilen lokasyonun spektrum vektörü arasındaki açı () hesaplanarak spektral açı belirlenir (Kruse vd., 1993).



ekil 2. ki bantlı görüntüler için SAH geometrisi

Görüntüde güne ı ı ı ı veya gölgelemeyen dolayı tüm parlaklıklar yüksek ya da tüm parlaklıklar dü ük ise vektörün boyu uzar ya da kısılır ancak açısal dönüklük sabit kalacaktır (Lillesand vd., 2004).

SAH ile tüm görüntü birimlerinde, referans ve test spektrum benzerli i ara tırılmakta olup sınıflandırmada açı için kullanılacak e ik de er büyük önem arz etmektedir. E ik de er iki ekilde belirlenebilir. Birincisinde dü ük ve yüksek olmak üzere iki e ik de er belirlenir ve iki açı de eri arasında gri de er skalası olu turulur. Buna göre dü ük spektral büyük benzerlikleri büyük spektral açı küçük benzerlikleri belirtmektedir. İkinci yöntemde ise sabit bir açı de eri girilirse bu de erden küçük olanlar benzer büyük olanlar ise tanımsız olarak sınıflandırılır (Lillesand vd., 2004).

3. UYGULAMA

3.1 Verilerin Hazırlanması

3.1.1 ASTER Uydu Verilerinin Hazırlanması

Çalı mada kullanılan 6 çerçeve ASTER uydu verilerinin SWIR bantlarındaki, 4. Banttan sızan fotonların di er bantlara etkisi Crosstalk Correction Software yazılımı ile giderilmi tir. Sonuç olarak çapraz karı ma düzeltmesi yapılmı görüntüler, HDF veri formatında yeniden olu turulmu tur.

Çalı mada, eski tarihli uydu görüntüleri kullanıldı ndan, yer kontrol noktalarından spektral bilgi alınamamı tir. Bu yüzden ba ıl atmosferik düzeltme yöntemleri kullanılmamı tir. Mutlak atmosferik düzeltme yöntemlerinde ASTER verileri için tercih edilen FLAASH algoritması kullanılmı tir.

Atmosferik düzeltmesi yapılan görüntülerden, çalı ma alanı dı ndaki yerlerin, sulak ve nemli alanların ve insan yapımı objelerin çıkarılması için maskeleye yapılmı tir. Öncelikle çalı ma alanı sınırları her bir çerçeve için ayrı ayrı maskelenmi tir. DS 'den elde edilen göl, gölet, baraj gölleri ve küçük su birikintilerine ait sayısal haritalardan elde edilen detaylar verilerden çıkarılmı tir.

Yerle im yerlerindeki yapay objeler yer yüzeyine ait bilgi edinmeyi engelledi inden dolayı yerle im alanları, fabrika, sanayi, havaalanı v.b. detaylar tespit edilip uydu görüntülerinden çıkarılmı tır. Bu detayların belirlenmesi için Ulusal Arazi Örtüsü verileri ve kontrol için Google Earth ve ESRI Base Map referans haritaları kullanılmı tır.

Bitki alanlarının belirlenmesi için, NDVI kullanılmı e ik de erlerin belirlenmesi için çerçevelere ait NDVI de erlerinin da ılımı incelenmi tır. NDVI de erlerinin da ılımını içeren grafikler incelendi inde, çift durumlu bir da ılım görülmemekle beraber, da ılımı tepe noktasından ayırdı ımızda solda kalan e rinin tepe noktasına göre simetri ini bozan noktalar belirlenmi ve referans uydu görüntülerinden (Google Earth) yararlanarak e ik de erler belirlenmi tır. Belirlenen bölgeler uygulamadan çıkarılmı ve bitki olarak görselle tirilmi tır.

Böylece uydu verileri ön i lem a ması tamamlanarak mineral alterasyon haritalama için analiz edilebilir hale getirilmi tır.

3.1.2 Spektrometre Ölçümlerinin De erlendirilmesi

Çalı ma alanındaki Bayramgazi istleri, Oyluktepe Mermerleri, Köprülü Volkanosedimanter stifi, Köprülü Köyü ve Erkmen Volkanitleri alterasyon zonlarından toplam 33 adet örnek toplanmı tır (ekil 3).



ekil 3. Alterasyon zonlarından toplanan numuneler

Toplanan numuneler XRD (X-I ını Kırınım yöntemi) cihazında incelenmi ve numunelerin cinsi ve özellikleri belirlenmi tır. Sonuçlara göre 33 örnekten 31'inde alterasyon minerallerine rastlanmı ve tamamına yakını birden fazla alterasyon mineralini birlikte içermektedir.

Cinsleri belirlenen minerallerin, stanbul Teknik Üniversitesi Uydu Haberleşme ve Uzaktan Algılama Uygulama ve Ara tırma Merkezi'nde ASD FieldspecPro tipi cihaz ile ölçümleri yapılmı tır. Ölçümler laboratuvar ortamında önce beyaz referans denilen metaryal üzerinde oda artlarına göre referans alınarak, kontakt-prob kullanılarak her bir numune için 350nm ile 2500nm arasında, 1 nm sıklıkla, 20 kez tekrarlı olarak yapılmı tır.

Her bir örne in ASTER bantlarının dalga boyu aralı ndaki de erlerinin ortalaması hesaplanmı tır. ASTER ortalama dalga boyları ve örneklerin kar ılık gelen ortalama yansıtım de erleri düzenlenerek 31 örne e ait spektral bilgiler olu turulmu tır. Buna ek olarak, çalı ma alanında bulundu u varsayılan, klorit, epidot, illit, alunit, kaolinit, montmorillonit ve muskovit minerallerine ait USGS'den edinilen spektral yansıtım bilgileri de eklenerek SAH yönteminde referans spektrumlar olarak kullanılmak üzere spektral kütüphane olu turulmu tır.

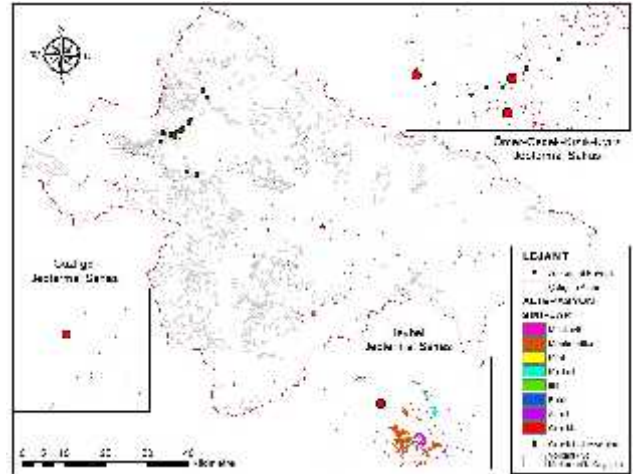
3.2 Mineral Alterasyon Zonları Belirleme Analizleri

Mineral alterasyon zonlarının belirlenmesi için renk kombinasyonu, bant oranlama, Crosta tekni i ve SAH teknikleri kullanılmı tır.

Renk kombinasyonu tekni i ile 3 çerçeve ayrı ayrı 4:6:8 bant kombinasyonu ile inceleme olup, renk ayırımının izlenmesi oldukça güç olmaktadır. Bu yöntem hidrotermal alterasyon minerallerinin belirlenmesinde genel bir yaklaşı m, ilgilenebilecek alanların belirlenmesinde kullanılmaktadır.

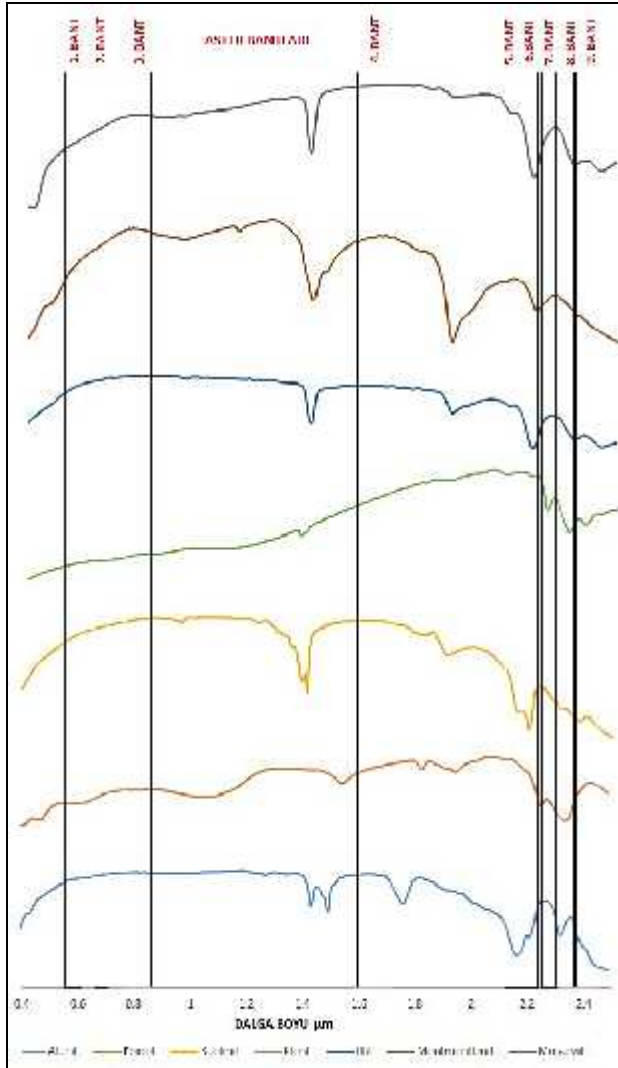
Bant oranlama tekni inde Mars ve Rowan'ın kullandı ı opertörler ve karbonat/klorit/epidot (Propilitik alterasyonlar), serisit/muskovit/illit/smektit (Fillik alterasyonlar), alunit/kaolinit/propillit (leri Arjilik alterasyonlar) ait oranlar kullanılmı tır. Bu mineraller, bölgede olabilecek hidrotermal alterasyon minerallerine göre seçilmi tır. Ayrıca gürlütlü ile olu an pikselleri elemine etmek için 3*3'lük median filtre uygulanmı tır. Bant oranlama tekni ine göre elde edilen sonuçlar incelendi inde, minerallerin çok geni alanlara yayılmakta oldu u ve hassas sonuçlar üretilmedi i görülmü tür.

SAH tekni inde, referans spektrumları tanımlamak ve açı e i nin belirlenmesi iki temel problemdir. Referans spektrumlar olarak, spektrometre ölçümleri ve USGS spektral kütüphanesinden edinilen klorit, epidot, illit, alunit, kaolinit, montmorillonit ve muskovit mineralleri spektral bilgileri ile hazırlanan spektral kütüphane kullanılmı tır. Açı e i inde ise denemeler yapılarak, 0.10 radyan de erini a mayacak ekilde spektral kütüphanedeki her bir örnek için ayrı ayrı açı e i i tanımlanmı tır. Spektral açı haritalama yöntemiyle yapılan sınıflandırmada 31 adet alterasyon karı ımları ve klorit, epidot, illit, alunit, kaolinit, montmorillonit ve muskovit mineralleri sınıflandırılmı tır. Sınıflandırılan alterasyon minerallerinin volkanik ve metamorfik kayalar üzerindeki ile maskelenmi tır (ekil 4).



ekil 4. SAH'a göre belirlenen alterasyon sınıfları

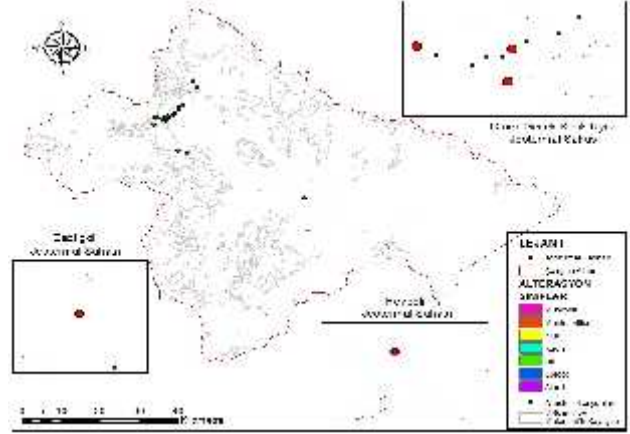
Sonuçlar incelendi inde, alterasyon zonlarından alınan ve alterasyon mineralleri içeren örneklem noktaları, sınıflandırılan alanlar içerisinde kalmaktadır. Sınıflandırılan alanlar mevcut jeotermal sahalar içerisinde incelendi inde jeotermal kaynakların yakın çevresinde ya da üzerinde yer almaktadır.



ekil 5. Çalı mada kullanılan alterasyon minerallerinin yansıtım grafikleri

Çalı mada, klorit, epidot, illit, alunit, kaolinit, montmorillonit ve muskovit mineralleri için kullanılan bantlar temel bile enler analizi ile i leme sokulmu tur. Bu minerallerin ekil 5'teki yansıtım de erlerine bakılarak, ASTER bantlarının hangilerinde yansıtımın arttı ı hangilerinde azaldı ına bakılmı tur ve ilgili minerali karakterize edecek dört adet bant seçilmi tir. Bant seçimleri yapıldıktan sonra özvektörler matrisine bakılarak hangi temel bile en bandı seçilecek ve özvektör yüklemesinin i areti ne olacak sorularına cevap verilmi tir.

Minerallere ait görüntüler olu turulduktan sonra, minerallerin görüntü üzerinden belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için uygun e ik de er belirleme problemi ortaya çıkmaktadır. Bu problemi çözmek için Crosta Tekni inde uygulanan yedi adet mineral, SAH ile belirlenen aynı mineralin konumları ve kapsadıkları alan bilgileri incelenmi tir. Bu bilgilerle yedi adet alterasyon minerali için ayrı ayrı e ik de er belirlenip, ayrı ayrı olu turulmu tur (ekil 6).

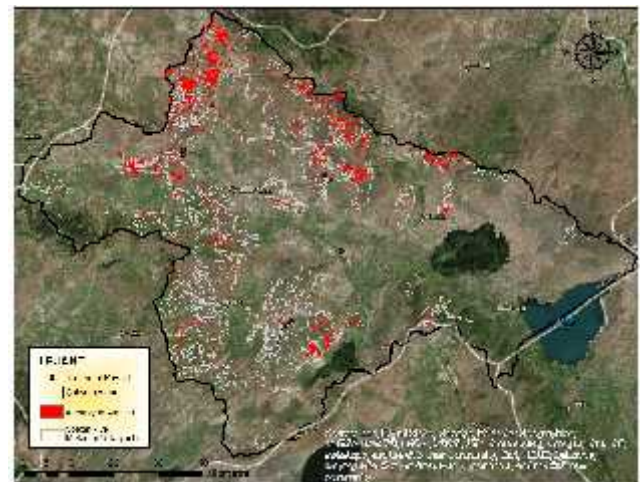


ekil 6. Crosta Tekni ine göre belirlenen alterasyon mineralleri

Crosta Tekni ine göre belirlenen alterasyon minerallerinin konumları incelendi inde, örneklerle bazı lokasyonlarda örtü medi i gözlemlenmi tir. Bunun nedeni örneklerin karı ım halde bulunması, Crosta tekni inde saf haldeki mineraller ile i lem yapılması ve e ik de er seçimi olabilir. Ancak jeotermal sahalar ile de erlendirildi inde belirlenen alterasyon minerallerinin jeotermal kaynaklara yakın oldu u gözlemlenmi tir. Ayrıca üretilen alanlar içerisinde uydu verilerindeki gürültü vs. bozucu etkilerden dolayı da nık tek pikseller olu mu tur. ASTER'de meydana gelen bu etkiyi minimize etmek için 3*3'lük Median filtre kullanımı ve sonuç hidrotermal alterasyon alanları haritası olu turulmu tur.

3.3 Jeotermal Olu uma Neden Olabilecek Hidrotermal Alterasyon Zonlarının Belirlenmesi

Bölgede metamorfik ve volkanik kayalarındaki alterasyonların jeotermal olu uma i aret etti i için yapılan çalı ma ile jeoloji haritasındaki volkanik ve metamorfik kayalar belirlenmi tir. Buna göre çalı ma alanındaki, Lav, metavolkanit, porfiroit kuvarsit, proplastik kaya, trakit, tüf, ist, kalsit, aglomera, andezit, bazalt, trakit bazalt, fonolit, gabro, gnays-mika ist, volkanit ve kuvarsit kayaç türleri seçilerek olu turulan harita kullanılmı tur. SAH ve Crosta Tekni ine göre üretilen hidrotermal alterasyonlar volkanik ve metamorfik kayaç sınırları kullanılarak maskelenmi tir. Sonuç olarak, SAH ve Crosta Tekni inden elde edilen sonuçlar birle tirilerek hidrotermal alterasyon alanları üretilmi tir (ekil 7).



ekil 7. Önerilen hidrotermal alterasyon zonları

4. SONUÇLAR

Hidrotermal alterasyon zonları, hidrotermal akı kanın kayalarla etkileşimi sonucu meydana gelen deşimleşmeler içerir. Jeotermal sistemlerdeki ikincil minerallerin formasyonu sistemin fiziksel ya da kimyasal artlarından meydana gelir. Hidrotermal alterasyon zonlarının varlığı aday muhtemel jeotermal alanlara ait sonuçlar vermektedir.

Hidrotermal alterasyon zonlarının belirlenmesi çalışmalarında yersel ölçümlerle ve UA teknikleri ile yapılabilmektedir. Yersel ölçümler hem maliyetli hem de dar alanlarda yapılabilmektedir. UA ile geniş alanlarda zamandan ve maliyetten tasarruf edilerek etkin çalışmalar yapılabilmektedir.

Afyonkarahisar- Akarçay Havzasında yapılan çalışma, renk kombinasyonu, bant oranlama, SAH ve Crosta Teknikleri kullanılarak alterasyon zonları belirleme analizleri yapılmıştır. Renk kombinasyonu tekniği alterasyon zonlarının görsel yorumlamaya dayalı kabaca yerlerinin belirlenmesinde kullanılabilmektedir. Bant oranlama tekniği ise alterasyon minerallerinin ayrıntılı ve hassas biçimde belirlenmesi için etkin bir yöntemdir. Ancak alterasyon minerallerine ait ayrıntılı ve hassas sonuçlar SAH ve Crosta tekniği ile üretilmektedir. Crosta tekniği ile çalışma alanında bulunduğu varsayılan, 7 adet alterasyon minerali (klorit, epidot, illit, alunit, kaolinit, montmorillonit ve muskovit mineralleri) için ayrıntılı sonuçlar üretilmiştir. SAH ile 7 adet mineralin haricinde alterasyon zonlarından toplanan 31 adet karışım halinde bulunan alterasyon minerallerinin spektral imzaları ile birlikte sınıflandırma yapılmış ve 38 farklı örneğe ait sonuçlar elde edilmiştir. Crosta tekniği ile SAH karşılaştırıldığında, iki yöntemde ön bilgiler ile hassas ayrıntılı alterasyon minerallerinin belirlenmesi için uygun görülmektedir. İkinci yöntemde de kullanılan 7 mineralin belirlendiği bölgeler incelendiğinde, iki yöntemde de mineraller benzer konumlarda belirlenmiştir. Ayrıca aynı konumda ve birbirini tamamlayan şekilde belirlenen alanlar da oldukça fazladır.

SAH ve Crosta tekniği ile yakalanan alterasyon zonları birleştirilerek, sonuç alterasyon zonları oluşturulmuştur. Hidrotermal alterasyonların jeotermal göstergesi olabilmesi için volkanik ve metamorfik kayalar ile maskelenmiştir. Belirlenen hidrotermal alterasyon zonları ve jeotermal kaynaklar incelendiğinde, jeotermal kaynaklar alterasyon zonları üzerinde olmayıp yakınlarında (Heybeli Jeotermal kaynağı hariç) bulunmaktadır. Heybeli jeotermal sahasının alüvyon üzerinde olması ve volkanik, metamorfik kayalara uzak olmasından dolayı alterasyon zonlarından uzak olarak belirlenmiştir.

TE EKKÜRLER

Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün 2014-05-03-DOP01 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Bu çalışma TUB TAK- B DEP tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Abrams M., Hook S., (2003). ASTER User Handbook Version 2, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena

ASTER Science Office, (2009), ASTER SWIR Data Status Report, http://www.science.ASTER.ersdac.jspacesystems.or.jp/t/en/about_ASTER/swir_en.pdf, 14.11.2015

Crosta, A.P., Filho, C.R.D.S, Azevedo, F., Brodie C., (2003). "Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis", International Journal of Remote Sensing, 24(21): 4233-4240

Huenges, E., (2010). Geothermal Energy Systems Exploration, Development, and Utilization, Wiley, 978-3-527-40831-3, Almanya

Kruse, F. A., Lefkoff, A. B., Boardman, J. B., Heidebrecht, K. B., Shapiro, A. T., Barloon, P. J., and Goetz, A. F. H., (1993). "The Spectral Image Processing System (SIPS) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data", Remote Sensing of Environment, 44: 145-163.

Lillesand, M. T., Kiefer, W. R., Chipman J. W., (2004). Remote sensing and image interpretation. 5. Baskı, John Wiley and Sons, Inc., NewYork

MTA Genel Müdürlüğü, (2005). Türkiye Jeotermal Kaynaklar Envanteri. MTA Genel Müdürlüğü, Yayın No: 201, Ankara

Sabins, F.F., (1999). "Remote Sensing for Mineral Exploration", Ore Geology Reviews, 14: 157-183

Sarı R., (2007), Altınlı Hidrotermal Alterasyonların Geliştirilmesi Landsat Tematik Haritalayıcıları ve ASTER Görüntüleriyle Tayini, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, zmir

Singh, A., & Harrison, A., (1985). Standardized principal components. International Journal of Remote Sensing, 6, 883-896.

Yajima, T., (2014). ASTER Data Analysis Applied to Mineral Resource Exploration and Geological Mapping, Doktora Tezi, Doctor of Science Department of Earth and Environmental Sciences, Nagoya University, Nagoya