PETROL KÖKENLİ ALTERASYONLAR VE JEOTERMAL ALTERASYONLARIN UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ: ALAŞEHİR (MANİSA) İLK SONUÇLAR

Elif AYDIN¹

¹Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, 06530, Ankara, eaydin@tp.gov.tr

ÖZET

1970'li yıllardan günümüze dek birçok petrol şirketi ve araştırmacı tarafından gerçekleştirilen uzaktan algılama çalışmaları ile hidrokarbon oluşum ve dolaşım sistemlerinin çözümlemesine yönelik uydu görüntüleri işlenmiş, çeşitli analizler gerçekleştirilmiş ve literatüre katkılar sağlanmıştır. Gelişen teknoloji sayesinde gerek uydu özellikleri gerekse kullanılan metotlar değişmiş, uzaktan algılama çalışmalarının sonuçları jeolojik araştırmalarda daha sıklıkla kullanılır hâle gelmiştir. Bu çalışma, petrol kaynaklarının ve jeotermal potansiyelin araştırılmasında uzaktan algılama teknolojisinin Alaşehir bölgesine uygulanmasını gerçekleştirmektedir.

Çalışmanın amacı iki yönlü olup, birinci amacı Alaşehir ve civarının petrol basenleri ile ilişkili muhtemel hidrokarbon sızıntılarının yüzeyde oluşturduğu mineralojik alterasyonun belirlenmesi ve haritalanmasıdır. Bu sayede bölgedeki hidrokarbon oluşum ve dolaşım sisteminin çözümüne katkı sağlanması planlanmaktadır. Projenin ikinci amacı ise Gediz Grabeni'nin tektonik ve volkanik evrimine yaklaşım yapmak ve çalışma bölgesinin uzun yıllardan beri jeotermal enerji potansiyelinin belirlenmesi üzerine gerçekleştirilen çalışmalara, yeni nesil uzaktan algılama yöntemleri kullanarak katkıda bulunmaktır.

Landsat ve ASTER olmak üzere farklı türde optik görüntüler kullanılarak mineral indeks haritaları oluşturulmuştur. Spektrometre ile araziye gidilerek numuneler toplanmış ve spektral ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu veriler ENVI ve ArcGIS programları kullanılarak analiz edilmiş ve inceleme alanının petrol-jeotermal potansiyellerine yönelik yaklaşımlar ortaya konmuştur.

Anahtar Sözcükler: optik algılama sistemleri, dijital görüntü işleme, jeoloji, CBS, jeolojik uzaktan algılama

ABSTRACT

DETECTION OF THE PETROLEUM AND GEOTHERMAL ALTERATIONS BY USING REMOTE SENSING TECHNIQUES: INITIAL RESULTS OF ALAŞEHİR (MANİSA)

Starting from 1970s and still going on today, many petroleum companies and researchers have used many remote sensing methods to examine the evaluation and distribution of petroleum system. According to this purpose, different techniques on satellite imagery processing and analyses have taken part in the literature. Technological improvements have control on the type of data being used and that leads on changing the methods. Today geological remote sensing applications are more commonly used. This study is aimed to examine the petroleum and geothermal potential of the Alasehir- Manisa region by using remote sensing techniques.

The study has two different main purposes. One is to identify and map the mineralogical alterations on surface which is caused by the hydrocarbon system. It is believed to provide more information about the petroleum system of the region. And second main purpose is to identify the geothermal potential of the area by using new remote sensing techniques and adding new approaches to the tectonic evolution of the area.

Different types of optical imagery are used: Landsat and ASTER. Mineral index maps are generated. And also spectral measurements are taken from the field and samples of these measurements are collected.

Keywords: optical remote sensing, digital image processing, geology, GIS, geological remote sensing

1. GİRİŞ

Günümüzde uzaktan algılama ve uygulamaları, yer bilimlerinde kullanılan birçok yöntem arasında önemli bir araştırma aracı hâline gelmiştir. Uzaktan algılama, bir diğer teknoloji olan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile birlikte doğal kaynakların araştırılması, optimum işletimi ve çevre ile ilgili dengelerin sağlanması gibi bilimsel çalışmalara çok hızlı ve ekonomik veri üreten, analiz imkânı sağlayan ve karar vermeyi kolaylaştıran bir teknoloji olarak hizmet sunmaktadır.

Bu çalışma ile petrol kaynaklarının ve jeotermal potansiyelin araştırılmasında uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak Manisa Alaşehir bölgesinin incelenmesi hedeflenmiştir. Alterasyon mineralojisinin uzaktan algılama yöntemleri ile ortaya konulması ve bölge hakkında bilgi sağlanması planlanmıştır.

Alterasyon mineralojisinin belirlenmesi ve haritalanması, maden yataklarının ve petrol sahalarının aranmasında önem arz etmektedir. Çok bantlı uydu görüntülerinin dijital görüntü işleme teknikleri ile analizleri potansiyel mineral oluşumları ile ilişkili olabilecek altere olmuş kayaçların çok kısa bir sürede ve geleneksel metotlardan çok daha ucuza haritalanmasını sağlayacak yeni bir araç sağlamaktadır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma bölgesi, İzmir ilinin yaklaşık 140 km doğusunda, DB uzanımlı Alaşehir Grabeni içerisinde yer almakta olan Alaşehir ilçesi ve civarını kapsamaktadır. Batı Anadolu K-G gerilme rejimine ilişkin gelişen D-B uzanımlı birçok graben arasında Alaşehir (Gediz) Grabeni, Ege graben sisteminde önemli bir yapısal unsur olarak birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yazman, 1990; İztan ve Yazman, 1990; Emre, 1996; Seyitoğlu ve Scott, 1996; Seyitoğlu vd., 2000; Sarıkaya, 2001; Kavak, 2005; Purvis ve Robertson, 2005; Çiftçi, 2007; Demircioğlu, 2009; Çiftçi ve Bozkurt, 2009-2010; Catlos vd., 2011; Hakyemez vd., 2013; Ersoy vd., 2014; Şahin, 2014; Türk, 2014; Sert, 2015; Poyraz vd., 2015; Seyitoğlu ve Işık, 2015).

Doğu bölümü KB-GD gidişli yay şeklinde, batı bölümü ise D-B gidişli olan Alaşehir Grabeni'nin uzunluğu 140 km, genişliği ise ortalama 15 km bulunmaktadır. Ege Bölgesi'ndeki diğer grabenler arasında en iyi gelişmiş olarak nitelendirilen Alaşehir Grabeni, en kalın sediman dolgusuna sahip olması bakımından büyük önem arz etmektedir (Çiftçi, 2007).

Bölge genellikle normal fay sistemleri tarafından meydana gelmiş horst ve graben morfolojisi sergilemektedir. Alaşehir Grabeninin güney kenarının kuzey kenarına oranla daha etkin ve baskın olduğu Çiftçi (2007)'nin çalışmasında toplam atım ve aktivite sürelerinin göz önüne alınması ile vurgulanmaktadır. İçerisinde Neojen yaşlı karasal sedimanları barındıran gerilmeli bir havza olarak nitelendirilen Alaşehir Grabeni, D-B uzanımlı aktif fay sistemlerince kontrol edilmektedir.

İnceleme alanının temelinde Batı Anadolu'da geniş bir alanda yüzeylenmiş, Anadolu'nun en önemli ve en büyük masiflerinden olan Menderes masifine ait metamorfik kayaçlar toplulukları bulunmaktadır. Metamorfik kayaç toplulukları ve bunları örten genç tortul kayaçlar Menderes masifini oluşturmaktadır. Bu masife ait sınırlar kabaca güneyde Muğla, kuzeyde Kütahya, batıda İzmir ve doğuda Denizli olarak uzanmaktadır (Akkök, 1981).

3. VERİ VE YÖNTEM

3.1. Yöntem

Petrol ve doğal gaz rezervuarları makro ve mikro olmak üzere iki tip hidrokarbon sızıntısı gösterebilmektedirler. Sızıntıların varlığı hidrokarbon sistemine kaynak gösterebilmekte olup arama faaliyetlerinde önem arz etmektedir. Literatürde hidrokarbonla ilişkili yüzey alterasyonları birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Fu vd., 2007; Donovan, 1974; Schumacher 1996; Saunders vd, 1999). Çalışmalarda sızıntıların toprak ve sedimanlar üzerinde anomalilere yol açtıkları ortaya konmaktadır. Botanik anomaliler, mineralojik alterasyonlar ve elektrik ile manyetik özelliklerdeki değişimler bunlara işaret etmektedir (Shi vd, 2010).

Araştırmalar; Bozlaşma, kil mineralizasyonu, uranyum mineralizasyonu, ikincil karbonat oluşumları, ikincil sülfat oluşumları, manyetik mineral özelliklerindeki değişim ile elektrokimyasal ve biyojeokimyasal değişimlerin, yüzey kayaları ve topraklarda; hidrokarbon sızıntılarına ilişkin oluşum gösteren kimyasal farklılaşmalar olduğunu ortaya koymaktadır (Schumacher, 1996; Saunders vd, 1999; Fu vd., 2007). Bu değişimlerden: Bozlaşma, ferrus demirlerde zenginleşme, kil minerallerindeki ve karbonatlardaki alterasyonlar ve botanik anomaliler uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak spektral özelliklerindeki değişimlerinden tespit edilebilmektedirler (Sabins, 1999; Almeida vd., 2002, Fu vd., 2007).

Yer-gözlem uydularındaki Landsat TM/ETM ve ASTER gibi algılayıcı düzenekler belirli bir spektrum için elektromanyetik ışıınımı ölçerek, sayısal olarak ifade edilmesine olanak sağlarlar. Kayaç ve minerallerin spektral özelliklerinin laboratuvar çalışmaları; elektromanyetik spektrumun 0.4 ve 2.5 mikrometre aralığında gözlenen soğurma özelliklerinin altere olmuş kayaçlardaki yaygın minerallerin belirlenmesi ya da tanımlanmasında kullanılabileceğini göstermiştir (Hunt vd.,1971) Alterasyon kimi zaman jeologların sahada çıplak gözle tespit edebilecekleri kadar belirgin nitelikte olmayabilir. Bu durumlarda, çok bantlı uydu görüntüsü verileri ana kaya, toprak ve bitki gibi yüzey malzemelerinin spektral özelliklerine bağlı olarak çok bariz olmayan bu değişkenlerin tespitine yardımcı olabilmektedir (Petrovic vd., 2008; Van der Meer vd., 2012).

Çalışmanın kapsamı, Alaşehir ve civarında elde edilen veriler ile kaynak bilgi birikimi sağlamak olup, üniversite-kamu iş birliği ile uzaktan algılama teknolojisinin farklı yer-gözlem uydusu görüntü ve verilerini (Landsat TM/ETM, ASTER) kullanarak çeşitli jeolojik araştırmalar gerçekleştirmektedir.

Çalışmanın amacına uygun olarak temin edilen uydu görüntüsü verileri bilgisayar ortamında geliştirilip, sayısal görüntü işleme teknikleri ile işlenerek hidrokarbon ve jeotermal ile ilişkili olabilecek mineralojik alterasyon ve anomali alanları belirlenmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonuçlarından belirlenen mineralojik alterasyon alanları yer-gerçeği çalışmaları ile yerinde kontrol edilip yerinde ve laboratuvarında yapılan spektral ölçümler ve jeokimyasal analizler ile desteklenmesi planlanmıştır.

Ortaya konan sonuçlar ile petrol basenlerindeki hidrokarbon sızıntılarının ve jeotermal ile ilişkili alterasyonun ve litolojilerin belirlenmesi, haritalanması ve bölge jeolojisine katkı sağlanması beklenmektedir.

3.2. Veri

Japon Uluslararası Ticaret ve Endüstri Bakanlığı tarafından 1999 yılı Aralık ayında TERRA platformu üzerinde yörüngeye gönderilen ASTER algılayıcısı, yer bilimcilerin daha detaylı jeolojik veriler elde edebilmeleri adına tasarlanmıştır. TERRA uydusunun aynı noktayı tekrar görüntüleme periyodu (zamansal çözünürlüğü) 16 günde bir olup yerden yüksekliği 705 km'dir (ERSDAC, 2005). Petrol sisteminin araştırılması ve jeotermal potansiyelin ortaya konulması için ASTER görüntüleri üzerinde önceki çalışmalarda kullanılan yöntemler örnek alınarak (Koyuncu, 1990; Dağ vd., 2012a, Dağ vd., 2012b, Koruyucu ve Sümer, 2015) çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler: Verinin hazırlanması ve ön işlemlerinin tamamlanmasının akabinde bant oranlama ve spektral indekslerin kullanılması ile türlü mineralojik indeks haritalarının oluşturulması, anomali alanlarının belirlenmesi, termal analizler ile yüzey sıcaklık verilerinin haritalanması ve radyans değerlerinin ortaya konmasına olanak sağlamaktadır.

Çizelge 1. Kullanılan uydu görüntülerine ilişkin özellikler (Kavak, 2005).

Uydu	Sensör	Çözünürlük			
		Spektral	Mekânsal	Radyometrik	Şerit (swath) genişliği
ASTER/ TERRA	ASTER	VNIR:3 Bant	15 m	8 bit	60 km
		SWIR:6 Bant	30 m	8 bit	
		TIR: 5 Bant	90 m	12 bit	
Landsat 7	ETM +	PAN: 1 bant	15 m	8 bit	185 km
		VNIR: 2 bant	30 m	8 bit	
		TIR: 1 bant	60 m	8 bit	

Çalışmada **Çizelge 1**'de sensör ve çözünürlük özellikleri yer alan ASTER ve Landsat görüntüleri kullanılmış olup bitki örtüsü etkisini minimize etmek üzere Ağustos ayında çekilmiş arşiv görüntüleri tercih edilmiştir. **Şekil 1**'de çalışma alanını kapsayan uydu görüntüleri yer almaktadır.

Şekil 1. Çalışma Alanını Kapsayan Uydu Görüntüleri.

4. UZAKTAN ALGILAMA ANALİZLERİ

4.1. Bant Oranlama

Bant Oranlama Tekniği, bir çoklu-bant görüntü işleme metodu olarak nitelendirilmektedir. Bir banda ait olan piksellerin DN değerleri ile farklı bant piksellerinin DN değerlerinin birbirine oranlanması ile gerçekleştirilmektedir. Yeryüzünde bulunan malzemelerin farklı spektral yansımalar göstermeleri prensibinden yola çıkan bu teknik sayesinde tek bir banttan elde edilemeyecek bilgilerin edinilmesi sağlanır, ayrıca çevresel etkilerin de azaltılmasına olanak sağlanır. Ön işlemler aşamasında atmosferik düzeltme vb. gibi düzeltmeler gerçekleştirildikten sonra, yüzey malzemesinin spektral özelliklerine ve diğer malzemelere oranla sergilediği dağılım oranına göre hangi bantların kullanılacağına karar verilmektedir. Özellikle, oranlamanın pay kısmında malzemenin yüksek yansıma gösterdiği bant yer alırken paydada ise soğrulma özelliği taşıdığı bant kullanılmaktadır (Koruyucu ve Sümer, 2015).

4.2. Spektral İndeksler

Yamaguchi ve Naito (2003)'ün çalışması, literatürde ASTER görüntüsü üzerinde ilk spektral indeks kullanarak litolojik ayırtlama gerçekleştiren çalışma olarak geçmektedir. Çalışmada SWIR bantları kullanılmış ve ek olarak AVIRIS verisinden yararlanılmıştır. Aynı yıl Yamaguchi ve Takeda (2003) tarafından sadece ASTER verisi kullanılarak ve dönüşüm katsayıları hesaplanarak: Alunit, kaolen ve kalsit mineralleri için indeksler oluşturulmuştur. Bu çalışmaların ışığında literatürde ASTER verilerinden faydalanılarak jeolojik incelemelere ışık tutan birçok spektral indeks çalışması ortaya konmuştur. Koruyucu ve Sümer (2015)'in çalışmasında da bahsedildiği gibi spektral indeks yönteminin en büyük avantajı görüntüye bağlı bir işlem olmaksızın, kullanılan dönüşüm katsayıları ile yeryüzünde bulunan malzemelerin spektral özelliklerinden faydalanarak, ayırt edilmelerine olanak sağlamak ve jeolojik yorumlamayı kolaylaştırmaktır.

4.3. Termal Analizler

ASTER, elektromanyetik spektrumun termal kızılötesi (TIR) kısmında görüntüleme yapan ilk ve tek çok bantlı uydu algılayıcı sistem olması bakımından büyük önem arz etmektedir. Jeolojik çalışmalar için spektral, mekânsal ve radyometrik çözünürlük özellikleri elverişli koşullar barındırmaktadır (Ninomiya ve Fu, 2010). SWIR bantlarını kullanarak elde edilen spektral indekslere benzer şekilde, TIR alandaki yüzeyden yayılan ışıının değerleri kullanılarak termal analizler gerçekleştirilir. Bu ışıının değerleri, emisivite ile yüzey sıcaklığının bir fonksiyonu olmakla birlikte yüzey bileşimi ile bağlantılı olan emisivite sayesinde litolojik haritalamada kullanılmaktadırlar (Nair

ve Mathew, 2012). Termal band analizleri, yüzey sıcaklık hesaplamalarında kullanılmakla birlikte sıklıkla kuvars, kalsit ve karbonat indekslerinin oluşturulmasında da kullanılmaktadır.

4.4. Spektrometre Analizleri

Spectra Vista Corporation (SVC) firmasının ürünü olan HR-1024 marka Spektrometre ile saha çalışmasında spektral ölçümler alınmıştır. Spektral ölçümden sonra numune alımı gerçekleştirilmiş olup, 124 tane numune üzerinde laboratuvar koşullarında spektral ölçümler gerçekleştirilmiştir. Böylelikle hem uydu görüntüleri üzerindeki veriler denetlenmiş hem de sahadaki ölçümler laboratuvar ortamındakiler ile karşılaştırılarak güvenilirlikleri ispat edilmiştir.

Şekil 2. Spektral Analizlere İlişkin Metodoloji.

Arazide ölçülen yansıma eğrileri bilgisayar ortamında sig (.sig, signature) uzantılı dosya olarak kaydedilmektedir. Dosyada yer alan ilk kısımda, ölçüm ayarları hakkında bilgiler yer almaktadır. Dosya adı, konumu, cihazın adı, ölçüm ayarları ve gps bilgileri bu kısımda yer alır. İkinci kısım ise veri kısmı olarak adlandırılır. Bu kısımda ise her bir dalga boyunda referans tahtası için ışık miktarı (radyans), numune için ışık miktarı (radyans) ve yansıma (reflektans) ölçümleri bulunur.

Ölçümler sonucu elde edilen sig dosyası için öncelikli olarak düzeltme işlemi uygulanması gerekmektedir. İki aşamalı olan düzeltme işleminde önce üst üste binme/ eşleşme düzeltmesi gerçekleştirilir. En son olarak referans tahtası yansıma düzeltmesi yapıldıktan sonra veri ENVI Spektral Kütüphane dosyasına dönüştürülerek tercih edilecek spektral kütüphane ile eşleştirilmeye hazır hâle getirilmektedir.

4.5. Jeokimyasal Analizler

Saha çalışmaları sırasında altere ve altere olmayan alanlardan alınan arazi numuneleri üzerinde jeokimyasal ve sedimantolojik analizler gerçekleştirilmektedir. Uydu görüntülerinden belirlenen anomalilerin ve mineralojik alterasyonların hidrokarbon/jeotermal ile ilişkili olup olmadığını anlamak ve yapılan çalışmanın doğruluğunu belirlemek amacıyla toplanan 124 numune üzerinde TP Araştırma Laboratuvarında XRD ve Petrografik analizleri gerçekleştirilmiştir.

5. SONUÇLAR

Bant oranlama metodu ile ASTER görüntüleri üzerinde mineral analizleri: Demiroksit, Alunit, Kaolinit, Muskovit, Kalsit ve Dolomit için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Sınır değerleri bulunmuş ve haritalanmıştır. TIR bantlarından elde edilen görüntüye uygulanan termal analizler sonucunda ise radyans, yüzey sıcaklığı, kuvars indeksi, karbonat indeksi ve mafik indeks değerleri bulunmuş ve görüntü üzerindeki dağılımları haritalanmıştır.

Landsat görüntüsü üzerinde kil karbonat, demirli mineraller ve demiroksit analizleri gerçekleştirilerek dağılımları haritalanmıştır. Hidrokarbon Alterasyonu ile beklenen kaolen, illit, simektit gibi kil minerallerindeki artışlar ve indirgen ortam koşullarında Ferrik demiroksitlerin, Ferrus demiroksit formlarında çökmesi koşullarını araştırmak üzere, Landsat görüntülerinden elde edilen sonuçlar ile ASTER görüntülerinden edinilen sonuçlar birlikte değerlendirilerek kritik alanlar haritalanmıştır.

Mineralojik analizler ve bulgular, çalışma alanı üzerinde geçmiş yıllarda açılmış olan kuyu bilgileri ve sismik verilerle birlikte değerlendirilmiş olup, bölgenin petrol ve jeotermal potansiyeline katkı sağlayabilmek üzere belirlenen kritik alanlar üzerinde detaylı incelemeler gerçekleştirmek üzere yeni saha planları oluşturulmuştur. Çalışmanın ilk sonuçları niteliğini taşıyan optik görüntü analizleri, spektral analizler ve numunelerin jeokimyasal analizlerine ilişkin ön sonuçlar ve bulgular veri güvenliği sebepleri ile poster sunumunda gösterilecektir.

NOT

Çalışma İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Doktora çalışmasının bir bölümünü oluşturmaktadır. Doktora çalışmasında bu çalışmada kullanılan yöntemler dışında SAR görüntüleri kullanılarak yüzey deformasyonları incelemeleri ve GPS ölçümleri yer almaktadır. Alan üzerinde yeni nesil uzaktan algılama teknikleri kullanılarak jeolojiye katkı sağlanması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Almeida, R., Miranda, F. P., Yamakawa, T., Bueno, G. V., Moreira, F. R., Camargo, E. G., Bentz, C. M., 2002, Data integration for a geologic model of hydrocarbon microseepage areas in the Tona Plateau region, North Tucano Basin, Brazil, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 28(1), 96-107.

Akkök, R., 1981, Menderes Masifinin Gnayslarında ve Şistlerinde Metamorfizma Koşulları, Alaşehir – Manisa, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 24, Şubat 1981, 11-20

Catlos, E. J., Baker, C. B., Sorensen, S. S., Jacob, L. Ve Çemen, İ., 2011, Linking microcracks and mineral zoning of detachment-exhumed granites to their tectonomagmatic history: Evidence from the Salihli and Turgutlu plutons in western Turkey (Menderes Massif), *Journal of Structural Geology*, 33, 951 – 969.

Çiftçi N. B., 2007, Geological Evolution of the Gediz Graben, SW Turkey: Temporal and Spatial Variation of the Graben, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Doktora Tezi, Ankara, Türkiye.

Çiftçi, N. B. ve Bozkurt, E., 2009, Evolution of the Miocene sedimentary fill of the Gediz Graben, SW Turkey, *Sedimentary Geology*, 216, 49-79.

Çiftçi, N. B. ve Bozkurt, E., 2010, Structural evolution of the Gediz Graben, SW Turkey: temporal and spatial variation of the graben basin, *Basin Research*, 22, 846-873.

Dağ, R. Ç., Tokatlı, K., Toprak, V. ve Koyuncu, H., 2012a, Uzaktan Algılama Yöntemleri Kullanılarak Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Muhtemel Hidrokarbon Alterasyonunun Belirlenmesi, TPAO Rapor No: 5388, Ankara, Türkiye.

Dağ, R. Ç., Tokatlı, K., Koyuncu, H. ve Toprak, V., 2012b, Uzaktan Algılama Yöntemleri Kullanılarak Doğu Anadolu Bölgesi Volkanik Kayaçlarının yırtlanması Proje Raporu, TPAO, Rapor No: 5398, Ankara, Türkiye.

Donovan, T. J., 1974, Petroleum microseepage at Cement, Oklahoma – evidence and mechanism, AAPG Bull. ,58, 429-446.

ERSDAC – Earth Remote Sensing Data Analysis Center, 2005, ASTER User's Guide, Part 1: General, 4.0 Versiyon, s. 100.

Fu, B.H., Zheng, G. D., Ninomiya, Y., Wang, C. Y., Sun, G.Q., 2007, Mapping hydrocarbon-induced mineralogical alteration in the northern Tian Shan using ASTER multispectral data., *Terra Nova*, 19, 225-231.

- Demircioğlu, D. K.**, 2009, Alaşehir Grabenine Ait Sismik Kesitlerin Yapısal Yorumu, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2009.
- Emre, T.**, 1996, Gediz Grabeninin tektonik evrimi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 39, no: 2, s. 1-18, Ağustos 1996
- Ersoy, E. Y., Çemen, İ., Helvacı, C. ve Billor, Z.**, 2014, Tectono-stratigraphy of the Neogene basins in Western Turkey: Implications for tectonic evolution of the Aegean Extended Region, *Tectonophysics*, 635, 33-58.
- Hakyemez, H. Y., Göktaş, F., Erkal, T.**, 2013, Gediz Grabeninin Kuvaterner Jeolojisi ve Evrimi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, cilt: 56, sayı: 2, Nisan 2013.
- Hunt, G. R., Salisbury, J. W., and Lenhoff, C. J.**, 1971, Visible and near infrared spectra of minerals and rocks: III. oxides and hydroxides, *Modern Geology*, 2, 195-205.
- Kavak, K. S.**, 2005, Recognition of gypsum geohorizons in the Sivas Basin (Turkey) using ASTER and Landsat ETM+ images, *International Journal of Remote Sensing*, 26, 4583-4596.
- Koruyucu, M. ve Sümer, E. Ö.**, 2015, Aster Uydu Verileri Kullanılarak Jeolojik Özelliklerin Tespiti, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı Ankara – Mart, 2015.
- Koyuncu, H.**, 1990, Remote Sensing Study for Mineral Resource Appraisal of the San Rafael Swell, Emery County, Utah, *Yüksek Lisans Tezi*, Colorado School of Mines, Golden, CO, ABD.
- Ninomiya, Y. ve Fu, B.**, 2010, Regional scale lithologic mapping in Western Tibet using ASTER thermal infrared multispectral data. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*. 38, 454-458.
- Petrovic, A.**, 2006, Remote detection and geochemical studies for finding hydrocarbon-induced alterations in Lisbon Valley, Utah, *Yüksek Lisans Tezi*, University of Houston, Houston, Texas.
- Petrovic, A., Khan, S. D., Chafetz, H.S.**, 2008, Remote detection and geochemical studies for finding hydrocarbon-induced alterations in Lisbon Valley, Utah., *Marine and Petroleum Geology*, 25, 696-705.
- Poyraz, F., Tatar, O., Hastaoğlu, K. Ö., Tiryakioğlu, İ., Gürsoy, Ö., Koçbulut, F., Türk, T., Demirel, M., Duman, H., Cığır, A. F., ve Gül, D.**, 2015, Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS ve PS-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi; İlk Sonuçlar, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1(7), 17- 28.
- Purvis, M. ve Robertson, A.**, 2005, Sedimentation of the Neogene-Recent Alaşehir (Gediz) continental graben system used to test alternative tectonic models for western (Aegean) Turkey, *Sedimentary Geology*, 173, 373-408.
- Sarıkaya M.A.**, 2001, Gediz Grabeninin Alaşehir – Salıhlı Arasındaki Kesiminde (Karadut Çevresi) Menderes Masifi ile Tersiyer Örtü Kayaçları Arasındaki Yapısal İlişkinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye., [Erişim adresi: <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~sarikaya/ylisans.htm>, erişim tarihi: 3 Haziran 2018].
- Sert, S.**, 2015, Subsurface Structural Geology of the Eastern Part of the Büyük Menderes Graben, Western Turkey: Implications for Structural Evolution of the Büyük Menderes and Alaşehir Grabens, University of Alabama, *Master Thesis*, Tuscaloosa, Alabama.
- Seyitoğlu, G. ve Işık, V.**, 2015, Late Cenozoic Extensional Tectonics in Western Anatolia: Exhumation of the Menderes Core Complex and Formation of Related Basins, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 151, 47-106.
- Seyitoğlu, G. ve Scott, B. C.**, 1996, Age of the Alaşehir graben (west Turkey) and its tectonic implications, *Geological Journal*, 31, 1-11.
- Sözbilir, H.**, 2001, Extensional Tectonics and the Geometry of Related Macroscopic Structures: Field Evidence from the Gediz Detachment, Western Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 10, 51-67.
- Şahin, S.**, 2014, Gediz Grabeni Alaşehir Bölgesinin Jeotermal Potansiyelinin Jeofizik Yöntemlerle Araştırılması, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, Türkiye.

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics*, vol. 75, 181-241.

Türk, S., 2014, Seismic Structure and Tectonics of the Alaşehir-Gediz Graben, Western Turkey, *Yüksek Lisans Tezi*, Miami University, Oxford, Ohio.

Van der Meer, F., Hecker, C., Ruitenbeek, F., van der Werff, H., Wijkerslooth, C. ve Wecher, C., 2014, Geologic remote sensing for geothermal exploration: A review., *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 33, 255-269

Yamaguchi, Y. ve Naito, C., 2003, Spectral indices for lithologic discrimination and mapping by using the ASTER SWIR bands, *International Journal of Remote Sensing*, 24 (22), 4311-4323.

Yamaguchi, Y. ve Takeda, I., 2003, Mineralogical mapping by ASTER in Cuprite, Nevada, USA, *Asian Journal of Geoinformatics*, 3 (3), 17-24.

Yazman, K. M., 1990, *Alaşehir'in Jeolojisi ve Petrol Olanakları*, TPAO Arama Grubu Başkanlığı , Rapor No: 2686, Ankara.