



**T. C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SIVAS EMİRHAN YÖRESİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİ
KULLANILARAK JEOLJİK İNCELENMESİ
(SIVAS, TÜRKİYE)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Salim Burak ÇİÇEKLİYURT
(201492081198)**

**Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kaan Şevki KAVAK**

**SIVAS
EYLÜL 2019**

Salim Burak ÇİÇEKLİYURT'un hazırladığı “**SİVAS EMİRHAN YÖRESİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK JEOLJİK İNCELENMESİ**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı **Prof. Dr. Kaan Şevki KAVAK**
Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç. Dr. Uğur TEMİZ**
Yozgat Bozok Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç Dr. Bekir Levent MESÇİ**
Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof.Dr. Özlem Pelin CAN
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Salim Burak ÇİÇEKLYURT, 2019

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserler, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

11.09.2019

Salim Burak ÇİÇEKLİYURT

ÖZET

SİVAS EMİRHAN YÖRESİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK JEOLOJİK İNCELENMESİ (SİVAS, TÜRKİYE)

Salim Burak ÇİÇEKLİYURT

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kaan Şevki KAVAK

2019, 51+xiii sayfa

Bu yüksek lisans çalışması, Sivas ilinin yaklaşık 20 km doğusundaki Emirhan köyü civarındaki mini havzalarla ilişkili jeolojik ve halokinetik yapıların bölgeye ait uydu görüntülerine uygulanan görüntü işlem yöntemleri (görüntü kaynaştırma, bant kombinasyonu, bant oranlama ve temel bileşen analizi) ile ortaya çıkarılması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Pau Üniversitesi (Fransa) ve TOTAL tarafından gerçekleştirilen bir proje kapsamında, özellikle Sivas Havzası'nın orta kesiminde Emirhan ve civarını içine alan inceleme alanında geniş alanlarda yüzlek veren geç Eosen yaşlı Tuzhisar formasyonuna (Hafik formasyonu) ait evaporitik birimlerin neden olduğu tuz tektoniğinin kara üzerinde dünyadaki en iyi örneklerinden birisi olduğu ortaya çıkarılmıştır. Hatta bu çalışmadan elde edilen sonuçlar Meksika Körfezi'nde çökelmiş tuz birimlerindeki petrol oluşumlarının incelenmesinde de önemli veriler oluşturduğu düşünülmektedir. Bölgede daha önce yapılan jeolojik çalışmalarda genel olarak bindirme tektoniğinin egemen olduğu ifade edilmekle birlikte Çubuk 1994; Çubuk ve İnan, 1998, yaptığı çalışmalarda bölgede daha çok raft tektoniğinin etkin olduğunu ifade etmiştir.

Bu tez çalışmasında uydu görüntülerine Er Mapper 7.01 programı yardımıyla spektral zenginleştirme yöntemleri uygulanmıştır. Bu yöntemler sonucunda bölgede yer alan kaya türlerinin ayrılmasına katkı sağlamıştır. Sivas Havzası'nın Türkiye Jeolojisi içerisindeki önemi anlaşılmiş havzanın tektonostratigrafisinin tuz tektoniği ve bindirme tektoniği tarafından yönetildiği açık olarak anlaşılmiştir. Bu bölgede oluşan yapılar ayrıca bir açık hava müzesi oluşturduğundan jeolojik miras açısından da büyük bir öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Evaporitik, görüntü işleme, halokinetik, jips, mini havza, Sivas havzası, tuz tektoniği, uzaktan algılama

ABSTRACT

GEOLOGICAL INVESTIGATION OF SİVAS EMİRHAN REGION BY USING SATELLITE IMAGES

Salim Burak ÇİÇEKLYURT

Master of Science Thesis

Department of Geology Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Kaan Şevki KAVAK

2019, 51+xiii pages

This master study is about geological exploration of mini basins, related geological and halokinetic structures in Emirhan region approximately 20 km east of Sivas province by using image processing methods (image fusion, band combination, band proportioning and principal component analysis) applied to satellite images of the region.

Within the scope of a project carried out by Sivas Cumhuriyet University, Pau University (France) and TOTAL, the salt caused by evaporitic units belonging to the late Eocene Tuzhisar formation (Hafik formation) in the study area including Emirhan and the surrounding area in the central part of Sivas Basin. tectonics is one of the best examples in the world on land. In fact, the results obtained from this study are thought to constitute important data in the investigation of oil formations in the salt units deposited in the Gulf of Mexico. In previous geological studies in the region, it is stated that thrust tectonics is dominant in general but Çubuk 1994; Cubuk and Inan, 1998) stated that the raft tectonics is more effective in the region.

In this thesis, spectral enrichment methods were applied to satellite images with the help of Er Mapper 7.01 program. As a result of these methods, it contributed to the separation of rock species in the region. The importance of Turkey in the Sivas Basin Geology has become apparent that understood basins managed by salt tectonics and thrusting of tectonostratigraphy. Since the buildings formed in this region also constitute an open-air museum, it appears to be of great importance in terms of geological heritage.

Key Words: Evaporitic, image processing, halokinetics, gypsum, mini basin, Sivas basin, salt tectonics, remote sensing

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans tez çalışması; Pau Üniversitesi (Fransa), petrol şirketi TOTAL ve Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü arasında 2013-2018 arasında gerçekleştirilen ve arazi çalışmalarının bir bölümünde de destek verilen “Sivas Havzası’ndaki Tuz Tektoniği” projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Ana amacı havzanın orta kesimindeki tuz çökellerini etkileyen tektoniğin anlaşılması olan bu projede çok geniş bir alanı kapsayan jeolojik haritalama çalışmasının yanı sıra ayrıntılı tektonik, sedimantolojik ve stratigrafik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Söz konusu projeden çıkan sonuçlara ulusal uydumuz RASAT başta olmak üzere ASTER ve Landsat ETM+ gibi farklı uydu verilerinin işlenmesiyle jeolojik uzaktan algılama konusunda bu tez çalışmasıyla önemli katkılar sağlanmıştır. Bu yüzden ben ve danışmanım söz konusu çalışmadaki diğer araştırmacı ve kurumlara teşekkür ediyoruz.

İyi ve zor zamanlarımda yanımda olan, her konuda beni destekleyen, sabırla yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen biricik eşim Seda Çiçekliyurt’a ve dünyaya gelerek hayatımızı daha da anlamlandıran biricik kızımız Nadide Buse’ye ne kadar teşekkür etsem azıdır.

Bu çalışmanın her aşamasında destekleri için tüm aileme, sevgileri ile beni büyüten başarılı olmam için daima destekçim olan canım annem, canım babam ve kardeşlerime teşekkür etmek için kelimeler yetmeyecek, iyi ki varsınız.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER	xi
ÇİZELGELER	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 İncelemenin Amacı ve Kapsamı	4
1.2 Önceki Çalışmalar	5
1.3 Materyal ve Metot	9
1.4 İnceleme Alanının Konumu	13
2. TUZ TEKTONİĞİ VE İNCELEME ALANININ STRATİGRAFİSİ	14
2.1 Tuz Tektoniği	16
2.2 Tuz ve bindirme kuşağı	17
2.3 Tuz reolojisi	18
2.4 Mini Havza Kavramı ve Bölgedeki Oluşumlar	18
2.5 Kanca ve kama (hook and wedge, halokinetic folds)	23
2.6 Karayün Mini Havzası	24
2.7 Emirhan Mini Havzası	24
3. BİNDİRME VE TUZ TEKTONİĞİ YAPILARININ ARAZİ VERİLERİ UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE ORTAYA ÇIKARILMASI VE AYRIMI	26
3.1 ASTER/Terra Uydu Verileri	26
3.1.1 VNIR bölge	28
3.1.2 SWIR bölge	28
3.1.3 TIR bölge	28
3.1.4 Level 1A Görüntüsü	29
3.1.5 Level 1B Görüntüsü	29

3.2 Görüntü Analizi.....	29
3.2.1 Görsel yorumlama.....	29
3.2.2 Sayısal görüntü işleme.....	30
3.2.3 Görüntü kaynaştırılması (Image fusion).....	34
3.2.4 Bant oranlama.....	36
3.2.5 Temel bileşen analizi.....	39
4. SONUÇLAR.....	43
KAYNAKLAR	45



ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 1.1 Anadolu mikro plakasının tektonik haritası (Legeay ve diğ., 2018).....	1
Şekil 1.2 Sivas Havzası'nın jeolojisi (Callot ve diğ., 2014'den alınmıştır)	2
Şekil 1.3 Guezou ve diğ., (1996) ve Kergaravat ve diğ., (2016) dan değiştirilerek tamamlanan Sivas Havzası'nın ana yapısal bölgelerini gösteren taslak enine kesit (Legeay ve diğ., 2019).	3
Şekil 1.4 Bilinen tuz yapılarının oluşum şekilleri (Salt canopy; tuz yaygısı, Salt Wall; tuz duvarı, Salt anticline; tuz antiklinali, Salt roller; tuz silindiri, Salt pillows; tuz yastığı, Salt glacier; tuz buzulu, Salt sheet; tuz örtüsü, Salt stocks; tuz birikimi, Detached salt sheet; ayrılmış tuz örtüsü, Teardrop; gözyaşı damlası, Weld; birleşme alanı,) (Cambridge University Press, 2011)	4
Şekil 1.5 İnceleme alanının yer bulduru haritası (Kergaravat ve diğ. 2016)	13
Şekil 2.1 Bölgesel olarak genel ve inceleme alanındaki stratigrafik kesit (Legay ve diğ.,2018)	14
Şekil 2.2 Avrupa ve Akdeniz' deki büyük tuz havzalarının dağılımı (Saura ve diğ., 2015,) ..	16
Şekil 2.3 Sivas havzasının ana yapısal alanlarını sunan K-G uzantılı kesit (Legeay ve diğ.,2018)	18
Şekil 2.4 Kanca ve kama (Hook ve Wedge) yapıları (Ringenbach ve diğ., 2014).	19
Şekil 2.5 Birleşim noktası (weld): İki ayrı mini havzanın birbirine değdiği nokta (Ringenbach ve diğ., 2014).	19
Şekil 2.6 Duvar ve havza alanı (Kergaravat ve diğ., 2016)	20
Şekil 2.7 Mini havza oluşumu (Ringenbach, J.C, 2014).....	21
Şekil 2.8 Sivas Havzası'nın ana yapısal etki alanlarını gösteren, kesit çizimi (Legeay ve diğ.,2018)	21
Şekil 2.9 Bölgedeki mini havzalara ait genel görünüm (Kergaravat ve diğ. 2016).....	22
Şekil 2.10 (a) Kanca halokinetik sekansı (b) Kama halokinetik sekansı (Giles ve Rowan, 2012)	23
Şekil 2.11 Kıvrım ve bindirme kuşaklarındaki yapısal farkların gösterimi (a) tuz bulunmayan çökeller (b) tuz bulunan çökeller (Jackson ve Talbot,1991).....	23
Şekil 2.12 Bölgenin stratigrafik kesiti (Callot, J.P., ve diğ. 2014)	25

Şekil 3.1 ASTER algılayıcısının da üzerinde bulunduğu Terra uydusu (https://www.nasa.gov/mission_pages/terra/spacecraft/index.html)	27
Şekil 3.2 İnceleme alanındaki Emirhan, Karayün ve Arpayazı mini havzalarında gözlenen halokinetik yapılardan örnekler (Ribes ve diğ., 2015)	30
Şekil 3.3 İnceleme alanının jeoloji haritası (Kergaravat ve diğ. 2016)	31
Şekil 3.4: İnceleme alanına ait RASAT pankromatik bantı.....	32
Şekil 3.5 İnceleme alanına RASAT görüntüsü pankromatik bandına kontrast uzanımı uygulanmış görüntü.....	32
Şekil 3.6 RASAT 321 (RGB görüntüsü)	33
Şekil 3.7 ASTER 321 (RGB görüntüsü)	33
Şekil 3.8 RASAT 321 (RGB) görüntüsüne 7.5 m'lik pankromatik bandın kaynaştırımı	34
Şekil 3.9 Meksika Körfezi'nden alınan sismik kesit ve Emirhan bölgesiyle karşılaştırılabilecek yorum kesiti (Callot ve diğ., 2014).....	35
Şekil 3.10 RASAT ve Landsat ETM+ görüntülerinden oluşan inceleme alanına ait görüntünün pankromatik bantla görüntü kaynaştırılması	36
Şekil 3.11 ASTER 4/7, 4/3, 2/1 (RGB) kombinasyonu	37
Şekil 3.12 ASTER 6,3,1 (RGB) bant kombinasyonu	38
Şekil 3.13 2/1 bant oranlaması uygulaması	38
Şekil 3.14 4/3 bant oranlaması uygulaması	39
Şekil 3.15 (5/3) +(1/2) bant oranlaması uygulaması	39
Şekil 3.16 Temel bileşen analizi (PCA) işlemi uygulaması	40
Şekil 3.17 Aster VNIR (band 1 band 2 band 3) SWIR (band 4 band 5 band 6 band 7 band 8 band 9) görüntüleri kontrast uzanımı gerçekleştirilmiş görüntüleri	42
Şekil 3.18 Rasat uydusu kontrast uzanımı gerçekleştirilmiş görüntüleri	42

ÇİZELGELER

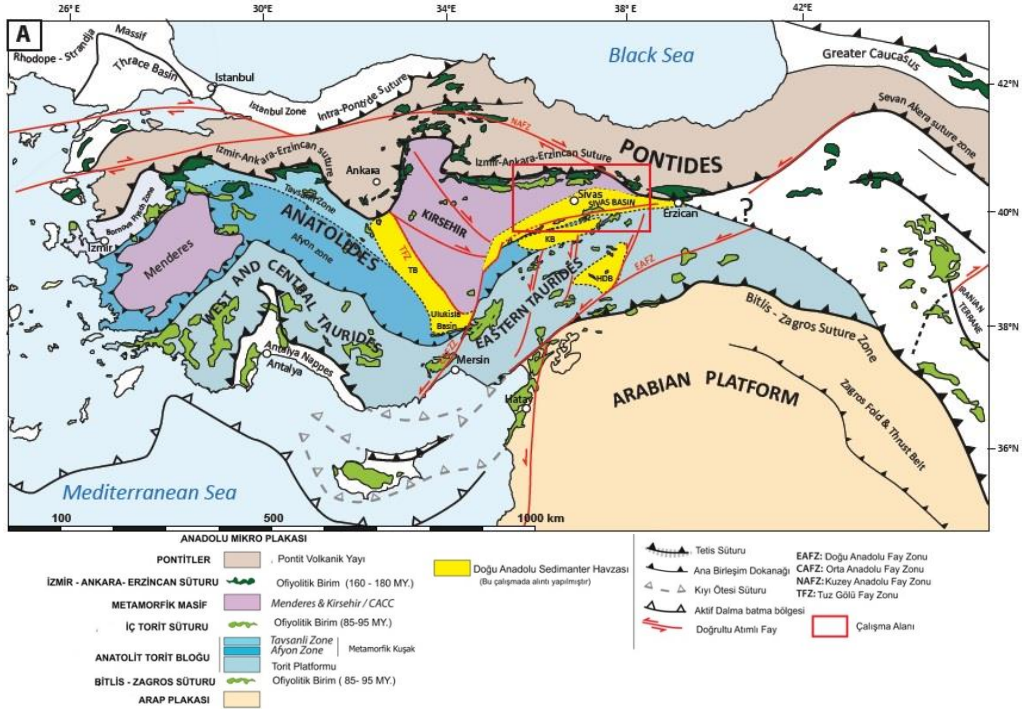
	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1 Landsat 7 Etm+ uydusunun genel özellikleri.....	10
Çizelge 2 RASAT uydusunun genel özellikleri	11
Çizelge 3 Terra uydusuna ait bilgiler (ASTER User's Guide, 2003).....	11
Çizelge 4 ASTER algılayıcı sistemlerin özellikleri (ASTER User's Guide, 2003).....	12



1. GİRİŞ

Anadolu bloğu, Paleojen'deki çarpışma öncesi geç Kretase'ye kadar kuzeye eğimli dalma batma zonları tarafından tüketilen Tetis okyanus havzalarının kalıntılarını barındırır. Maestrihtiyen-Senozoyik arasındaki Anadolu havzalarından olan Sivas Havzası, sırasıyla kuzeyde Pontidler, güneyde Toridler ve batıda Kırşehir bloğuyla sınırlanan anahtar bir konumda yer almaktadır. (Şekil 1.1). Anadolu plakası; güney Avrasya sınırı boyunca farklı suture zonları tarafından sınırlanan ve Paleozoyik'te ilerleyen Gondwana kökenli kıtasal parçaların karmaşık şekildeki birleşimini bünyesinde kaydetmiştir (Okay, 2008; Robertson ve diğ., 1996; Şengör ve Yılmaz, 1981).

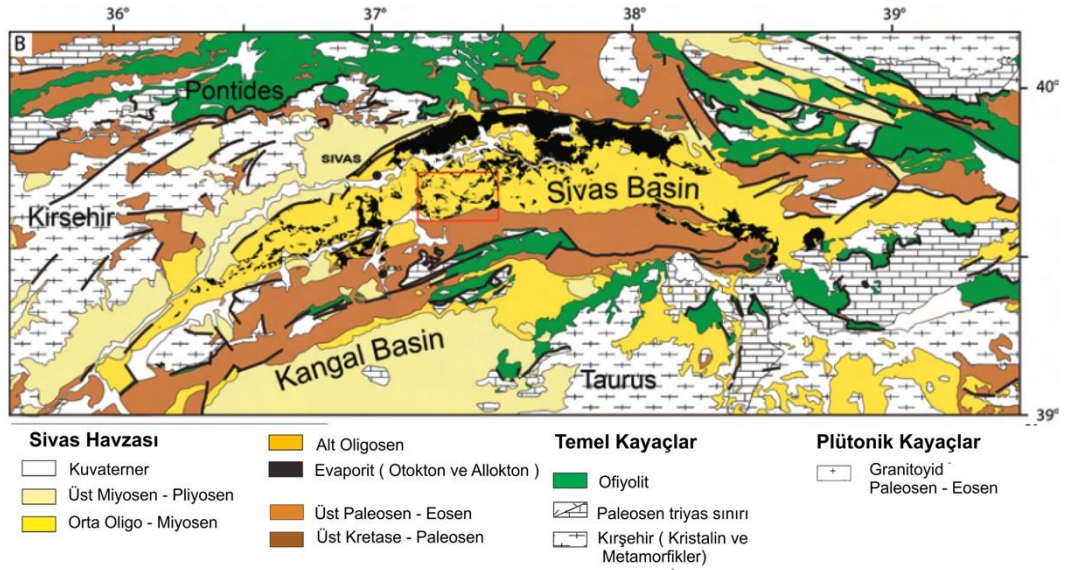
Anatolid-Torid kuşağında, Orta Anadolu'daki daha karmaşık bir tektonik şekillenme, Kırşehir bloğu olarak adlanan, Anatolid'lerden oluşan ve ofiyolitler tarafından üzerlenen bir kıtasal kuşak tarafından Pontid'lerden ayrılır (Van Hinsbergen ve diğ., 2016; Yalınız ve diğ., 2000). Orta Anadolu'nun jeolojisi, farklı kıtasal blokları sınırlayan ayrı kenet (suture) zonlarıyla karakterize olur (Şekil 1.1). Kuzeyde Pontidler, Mesozoyik'te Güney Avrasya aktif kenarı olarak doğu-batı gidişli bir kıvrım ve bindirme kuşağını temsil eder (Okay ve Nikishin, 2015; Şengör ve Yılmaz, 1981; Ustaömer ve Robertson, 2010). Pontidler güneyde İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu (İAESZ) tarafından sınırlanır. Bu kenet, geç Kretase-erken Paleojen sırasındaki Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun kapanmasına işaret eder (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu kenet zonu daha güneyde kıtasal kökenli Kırşehir Bloğu'nu da sınırlar. Paleomanyetizma verileri, geç Kretase'de Kırşehir Bloğu'nun kuzey-güney yönlü bir doğrultu boyunca uzandığına dair delilleri kaydetmiştir (Gürer ve diğ., 2016; Van Hinsbergen ve diğ., 2016).



Şekil 1.1 Anadolu mikro plakasının tektonik haritası (Legeay ve diğ., 2018).

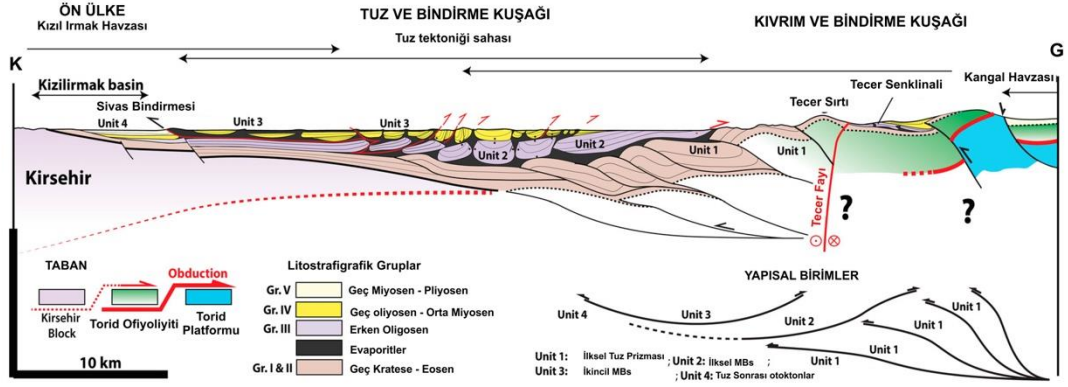
Kırşehir Bloğu, geç Kretase'de Barroviyen tip bir metamorfizmadan etkilenmiş olup bölgesel ofiyolitik karışık ve üzerlenmiş supra subduction zon, ofiyolit parçaları tarafından gösterilen bir okyanus litosferi altındaki gömülmeye ilişkilidir (Lefebvre ve diğ., 2011; Yalınz ve diğ., 2000). Kırşehir Bloğu daha güneyde Orta Anadolu Anatolid-Torid platformuyla tektonik dokanaktır. Bu dokanak boyunca çok sayıda ofiyolitik kütle Torid ofiyolitleri olarak tanımlanmış ve refere edilmiştir (Dilek ve diğ., 1999; Parlak ve diğ., 2013). Bunlar, Kampaniyen-Maestrihtiyen süresince Torid-Anatolidler'e üzerlenmiş ve yerleşmişlerdir (Dilek ve diğ., 1999, Robertson 2002, Parlak ve diğ., 2013 ve Poisson ve diğ., 1996). Torid ofiyolitleri uzun süren tartışmalı bir konu olup Neotetis okyanusunun bir kolunu oluşturan ayrı bir kenet zonu olarak İç Torid Okyanusu olarak adlanır (Görür ve diğ., 1984; Şengör ve Yılmaz, 1981) veya Kırşehir Bloğu kuzeyinde bulunan ofiyolitlerden ziyade aynı okyanus yani İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu'yla ilişkili olduğu kabul edilir (Maffone ve diğ., 2017; Poisson ve diğ., 1996; Van Hinsbergen ve diğ., 2016) (Şekil 1.1).

Sivas Havzası, Avrasya kıtasının güney parçasını oluşturan Pontidler'le Gondwana kıtasından riftleşerek ayrılan ve kıtasal kökene sahip Anadolu bloğunun çarpışma zonu üzerinde yer alır. Havza daha kuzeyde, Tetis okyanusundan güneyde Anadolu üzerine ilerleyen ofiyolitler üzerinde gelişmiştir. Sivas Havzası, Neotetis'in kuzey kolunun üst Kretase'de kapanmasından sonra Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı (CACC) civarında gelişmiş Çankırı, Haymana, Tuz Gölü gibi önemli kıta içi havzalardan birisidir. Havza doğuda Erzincan' dan batıya doğru başlayıp güneybatıda Kayseri'ye kadar devam eden yaklaşık 250 km'lik bir uzunluğa ve 50 km'lik bir genişliğe sahiptir. Sivas Havzası, hem bindirme hem de tuz tektoniğinin yapı ve ürünlerini içerisinde barındırmaktadır. geç Eosen yaşlı Tuzhisar (Hafik) formasyonu, bu tuz yapılarını içinde barındıran anhidrit, jips ve kaya tuzlarından oluşmuştur (Şekil 1.2 deki siyahla gösterilen alanlar)



Şekil 1.2 Sivas Havzası'nın jeolojisi (Callot ve diğ., 2014'den alınmıştır)

Bölgesel jeodinamik gelişim göz önüne alındığında Sivas Havzası en güneyden en kuzeye doğru, havzayı etkileyen evaporitlerin çökelişi öncesindeki (i) kıvrım ve bindirme kuşağı (fold and thrust belt), halokinetik ve bölgesel kısalma tarafından kontrol edilen duvar ve havza (wall and basin) bölgesi olarak da kabul edilen (ii) tuz ve bindirme kuşağı (salt and thrust belt) ve deforme olmamış tortullardan oluşan (iii) Kızılırmak ön ülke havzası (foreland basin) olmak üzere üç farklı yapısal alana ayrılabilir ve her bir alan kendine özgü tektono-sedimanter birimlerden oluşur (Şekil 1.3, Legeay ve diğ., 2019).

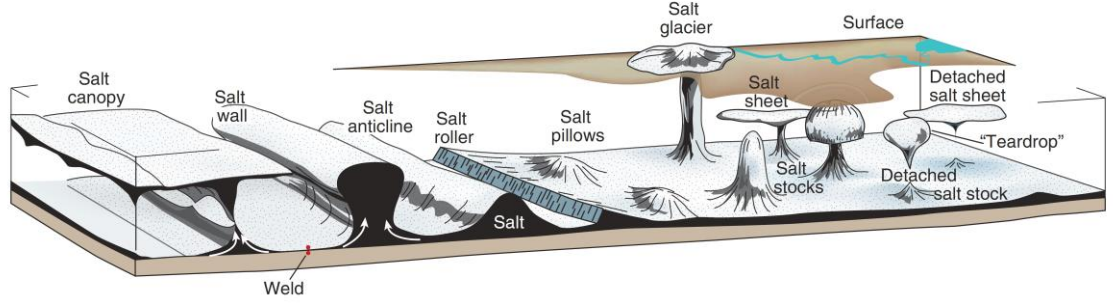


Şekil 1.3 Guezou ve diğ., (1996) ve Kergaravat ve diğ., (2016) dan değiştirilerek tamamlanan Sivas Havzası'nın ana yapısal bölgelerini gösteren taslak enine kesit (Legeay ve diğ., 2019).

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Pau Üniversitesi (Fransa) ve TOTAL tarafından gerçekleştirilen ve tamamlanan "Sivas Tuz Tektoniği Projesi" kapsamında, özellikle Sivas Havzası'nın orta kesiminde Emirhan ve civarını içine alan inceleme alanında geniş alanlarda yüzlekler veren geç Eosen yaşlı Tuzhisar formasyonuna (Hafik formasyonu) ait evaporitik birimlerin neden olduğu tuz tektoniğinin, kara üzerinde dünyadaki en iyi örneklerinden birisi olduğu ortaya çıkarılmıştır (Callot ve diğ., 2014; Ribes ve diğ., 2018; Legeay ve diğ., 2018, Legeay ve diğ., 2019). Hatta bu çalışmadan elde edilen sonuçların Meksika Körfezi'nde çökelmiş tuz birimlerindeki petrol oluşumlarının incelenmesinde de benzerliklerine dayanarak önemli veriler oluşturdukları düşünülmektedir. Bölgede daha önce yapılan jeolojik çalışmalarda, genel olarak bindirme tektoniğinin egemen olduğu ifade edilmekle birlikte Çubuk 1994; Çubuk ve İnan, 1998) yaptığı çalışmalarda bölgede raft tektoniğinin etkin olduğunu ifade etmiştir.

Emirhan ve yöresi jeolojik açıdan, bölgede tuz tektoniğine bağlı olarak gelişen diyapirler sonucunda oluşan mini havzalardan dolayı çok önemlidir (Şekil 1.4). Diyapirler; yeraltında bulunan kalın tuz tabakalarının yükselmesi ile oluşurlar. Plastik özellikte olan ve basınç nedeniyle yükselen tuz domları üzerindeki tortulların yapısı ve stratigrafisini değişik şekillerde etkileyerek petrol birikimi sağlayabilirler. Yükselen tuz tepeleri hazne formasyonları deler ve tabakaların yataya dönük ve tuza yaslı olarak kalmasını sağlar. Böylece çeşitli petrol kapanları oluşabilir. Evaporitik birimler, tuzlar ve killi birimler bu tür kapanları oluştururlar.

Tuzların yoğunluğu genel olarak 2.03 g/cm^3 tür. Yeni çökelmiş kil ve kumların yoğunluğu ise tuzdan daha azdır. Ancak bunlar gömülme ile daha fazla yoğunluk kazanırlar. 800-1200 metreden daha fazla derinlikte gömülmeleri durumunda tuzlar diyapirik harekete başlar ve bazı durumlarda yeryüzüne ulaşır büyük erime çukurlukları oluştururlar. Diyapirik kapanların en iyi örnekleri Meksika körfezi çevresinde, İran ve Kuzey Denizi çevresinde görülür. Bu tür diyapirlerde çok değişik kapan çeşitleri gelişebilir. (Tüysüz, 1998)



Şekil 1.4 Bilinen tuz yapılarının oluşum şekilleri (Salt canopy; tuz yaygısı, Salt Wall; tuz duvarı, Salt anticline; tuz antiklinali, Salt roller; tuz silindiri, Salt pillows; tuz yastığı, Salt glacier; tuz buzulu, Salt sheet; tuz örtüsü, Salt stocks; tuz birikimi, Detached salt sheet; ayrılmış tuz örtüsü, Teardrop; gözyaşı damlası, Weld; birleşme alanı.) (Cambridge University Press, 2011)

Meksika Körfezi civarındakilere benzer bu yapılar Sivas kent merkezine yaklaşık 16 km uzaklıkta doğudaki Emirhan bölgesinde gözlenmekte olup bölgede tuz tektoniği ile birbirinden ayrılan mini havzalar oluşmuştur. Bu bölgede oluşan yapılar ayrıca bir açık hava müzesi oluşturduğundan jeolojik miras açısından da büyük bir öneme sahiptir.

Öte yandan, bitki örtüsü gelişimi olmayan bölgelerde yüzey jeolojisinin uzaktan algılama yöntemleriyle ortaya çıkarılması ilk olarak 1972 yılında uzaya gönderilen Landsat uydularının ve sonrasında SPOT; ASTER, WorldView gibi diğer uyduların uygulama alanına da girmiştir (Kavak, 1998). Çok geniş alanların, elektromanyetik radyasyonun sadece görünür bölgesi değil kızıl ötesi ve mikrodalga bölgelerin de kullanılarak jeolojik açıdan sayısal olarak kaydedilmesi, uygun bilgisayar yazılımları aracılığıyla görüntü işleme yöntemleriyle çözümlenmesi ve değerlendirilmesi yoluyla jeolojik bilgi çıkarımı özellikle farklı renk ve dokudaki kaya birimlerinin ayrılmasının yanı sıra kırık, fay, kıvrım gibi jeolojik yapıların ortaya çıkarılmasında da önemli görevler üstlenmektedir.

1.1 İncelemenin Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasının amacını; Sivas il merkezinin yaklaşık 20 km doğusunda Emirhan bölgesindeki özellikle evaporitik ve kırıntılı birimlerin yoğun çökelim gösterdiği mini havzalarla ilişkili jeolojik ve halokinetik yapıların yine bölgeye ait RASAT, Landsat ETM+ ve ASTER görüntüleri olmak üzere uydu görüntülerine uygulanan görüntü işlem yöntemleri kullanılarak jeolojik açıdan ortaya çıkarılması oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, Sivas Havzası'nın merkezinde bulunan ve dünya ölçeğinde tuz tektoniğinin en iyi örneklerinin görüldüğü Emirhan ve civarındaki tuz ve onları etkileyen tuz ve bindirme tektoniğinin yapı ve özelliklerin jeolojik olarak nasıl işlediği, örnekleri, farklı tipteki uydu görüntülerinde görsel ve görüntü işleme yöntemleriyle tanınması, incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu da bu yüksek tez çalışmasının özgün tarafını ortaya çıkarmaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışması, hem arazi çalışmaları sonucunda elde edilen jeolojik sonuçları hem de özellikle 1972 yılında başlayıp gittikçe artan bir ivmeyle jeoloji disiplinine ek olarak birçok bilimsel disiplinde de uygulama alanı ortaya çıkan uzaktan algılama (remote sensing) yöntemiyle elde edilmiş RASAT, Landsat ETM+ ve ASTER uydu verilerinin kullanımını da kapsar. Söz konusu uydulardan elde edilmiş görüntülere uygulanan sayısal görüntü işleme (digital image processing) yöntemleri bu tezin içeriğinde geniş bir şekilde bulunmaktadır.

1.2 Önceki Çalışmalar

İç Anadolu'nun doğusu ve Doğu Toroslar'ın evriminin anlaşılmasında önemli bir yeri olan Sivas Havzası'nın, Neotetis'in kuzey kolunun Erken Tersiyer'de kapanması ile oluşan bir kalıntı havzayı temsil ettiği (Kelling ve diğ., 1989; Cater ve diğ. 1991), havzanın gelişiminde İç Toros Okyanusu'nun kapanmasının da önemli rol oynadığı (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör, 1984; Koçyiğit, 1990) ya da Kuzey Anadolu Süturu' nun güneyinde gelişmiş, çarpışma sonrası bir ön ülke havzasının özelliklerini yansıttığı (Yılmaz, 1998) ileri sürülmektedir.

Kurtman (1973), Hafik formasyonunun (Tuzhisar formasyonu); genellikle Kızılırmak vadisi ile Kuruçay dolaylarında yüzelediğini ifade etmiştir. Beyaz renkli jips ve alacalı (kırmızı, yeşil, mavi, şarabi) renkli kilitaşı-kumtaşı araldanmasından oluşan formasyonda hâkim kaya biriminin jips olduğu ifade edilmiştir. Araştırmacı, Hafik formasyonunda saptadığı kalınlığın yaklaşık 700-750 m olduğu ve lagüner ortamda çökeldiğini ileri sürmüş aynı zamanda Karacaören formasyonunun fosilli, kalker ve marnlardan oluştuğunu, yaşının ise Miyosen olduğunu belirtmiştir.

Erkan ve diğ. (1978), tarafından bölgede formasyon düzeyinde ilk kez Tersiyer kayaları tanımlanmıştır. Yapmış olduğu çalışmalarda üst Paleosen-Lütesiyen'de volkanizmanın da dahil olduğu bir derin denizden bahsetmiş, olistolit ve olistostromal taşıyan filiş çökellerinin biriktiği bu denizin Lütesiyen sonunda kapandığı belirtilmiştir.

Gökten (1978), Araştırmacı yapmış olduğu çalışmada, bölgede yer alan ofiyolitlerin melanaj özellikli olduğunu ve Alt Tersiyer filiş sedimantasyonu sırasında olistostrom biçiminde yerleştiğini öne sürülmüş ve Olistostromun gözlenebilir yanal devamlılığının 8.5 km olduğu, ortalama 300 m kalınlık gösterdiği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, birimin yerleşme yaşının da orta-üst Paleosen olduğu belirtildiği ve melanaj içerisinde yer alan kireçtaşı olistolitlerinin

üst Kretase yaşında olması nedeniyle, melanjin da en az üst Kretase'de depolandığı kanıtlanmıştır.

Özgül (1981), Kemah formasyonu olarak tanımladığı konglomera, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ve kireçtaşlarından oluşan formasyon, Kurtman (1973) tarafından Karacaören formasyonu olarak tanımlanmış ve Selimiye formasyonu üzerine uyumsuz olarak geldiği belirtilmiştir.

Gökten (1983), Araştırmacı yapmış olduğu çalışmada, bölgede üst Kretase, Paleosen, Eosen, Oligosen ve Pliyosen devrelerine ait birimlerin yüzelediğini ve havzanın Paleosen sonunda bir okyanus kabuğu oluşmadan sıkışarak kapandığını öne sürmüştür.

Gökten (1984) bölgedeki çalışmalarında, jeolojik olay ve yapıların iki tektonik dönemi temsil ettiğini öne sürmüş ve Eski ve Yeni Tektonik Dönem olarak adlandırmıştır. Eski Tektonik Dönemin geç Miyosen sonuna kadar devam eden jeolojik olay ve yapılarla temsil edildiğini, bunları Paleosen, Eosen, ve Oligosen sonunda bölgeyi etkileyen basınç ve gerilmeleri ve bunlara bağlı olarak gelişmiş KD-GB gidişli kıvrımlar ve bindirmelerin izlediğini ayrıca KB-GD gidişli verev atımlı fayların geliştiğini belirterek Yeni Tektonik Dönemi ise Pliyosen yaşlı karasal tortullar ve onların oluşumuyla aynı yaştaki düşey hareketlerle temsil edildiğini öne sürmüştür.

Gürsoy (1986), Araştırmacı yapmış olduğu çalışmada; Tecer kireçtaşları üzerine uyumlu olarak gelen Paleosen yaşlı Gürlevik kireçtaşları, bunların üzerine ise uyumsuz olarak gelen Eosen yaşlı Bozbel formasyonunun bulunduğunu belirtmiş daha üstte yine uyumsuz olarak Oligosen ve Miyosen yaşlı serilerin geldiğini belirtmiştir.

Gökçe ve Ceyhan (1988), Araştırmacılar, Sivas güneyindeki Miyosen yaşlı birimleri, kayaç türleri ve çökme ortamının sedimantolojik evrimini dikkate alarak, Karayün ve Hacıali formasyonları şeklinde ayırmışlardır. Hacıali formasyonunu Boynuzözü, Göbeklitarla, Aktaş ve Purtepe üyelerine, Karayün formasyonunu ise Şahbey, Fadlım ve Bingöl üyelerine ayırmışlardır.

Aktimur ve diğ. (1988), Araştırmacı, Kemah formasyonunu çakıltası, kömür ve Yoğurtdağı üyelerine ayırtlayarak incelediğini Selimiye formasyonu ile dereceli geçişli olduğu ve Hafik formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtüldüğünü ifade etmiştir. Selimiye formasyonunu üyelere ayırarak incelemiş ve üstte alt Miyosen yaşlı Kemah formasyonuna dereceli olarak geçen birimin yaşının, üst Oligosen-alt Miyosen olduğunu tespit etmiştir. Hafik formasyonuna ise üst Miyosen (Tortoniyen) yaşlı verilmiş ve birimin uyumsuz olarak Zöhrep formasyonu tarafından örtüldüğü belirtilmiştir.

İnan (1988), Araştırmacı yapmış olduğu çalışma sonucunda, Tecer kireçtaşının, Tecer dağlarının kuzey yamaçları boyunca Oligosen ve Eosen yaşlı birimler üzerinde olduğunu, bu yüzden birimler üzerine devrik olduğunu da dikkate alarak, Tecer kireçtaşlarındaki tekrarlanmaların, güneyden kuzeye devrik çok sayıda antiklinal ve senklinal yapılarının varlığı ile açıklanabileceğini belirtmiştir.

Yılmaz ve diğ. (1989), yaptıkları çalışmada bölgedeki istifi Paleosen – Eosen yaşlı volkano tortul ve yer yer bloklu tuf, üst Eosen–Oligosen yaşlı şapka jipsleri, Oligosen – alt Miyosen yaşlı akarsu ortamı ürünü alacalı, kırmızı kayalardan oluştuğunu, bu birimlerin üzerine de Miyosen yaşlı gölsel karbonatların uyumlu olarak geldiğini belirtmiştir.

Cater ve diğ. (1991), Sivas Havzası'nın erken Tersiyer'de Neotetis'in kuzey kolunun kapanması sırasında oluşan çeşitli havzalardan biri olduğunu öne sürmüştür.

Yılmaz ve Sungurlu (1991), Araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalara göre, Sivas Havzası'nı Neotetis'e ait, temelinde ofiyolitik kayaların bulunduğu iç havza olarak belirtmişlerdir. Araştırmacılar, havzanın dolgusunun üst Kretase-Paleosen şeylleri kaynak kayalarından çıkmış olduğunu, Eosen'den Miyosen'e kadar olan birimlerin türbiditik kırıntılardan oluşmasının karakteristik olduğunu belirtmiştir.

Gürsoy ve diğ., (1992), Araştırmacılar, Sivas havzasında geç Tersiyer-Kuvaterner yaşlı birimlerde gözlenen normal faylanmalara ait bilgilerin kinematik analizleri sonucunda KKB-GGD yönlü bir tansiyonel gerilmenin var olduğunu tespit etmişlerdir. Bu verilerin, bu zamana kadar bilinen İç Anadolu Bölgesindeki kompresyonel rejimle uyummadığını nitelendirmişlerdir.

Gökten (1993), Araştırmacı, İç Toros Okyanus kapanımı ve Sivas havzasının güney kenarının jeolojisi ile ilgili tektonik gelişimi üstünde çalışmış olup, çalışma bölgesi Miyosen sonunda yoğun tektonik etkinlikler göstermiştir. erken Miyosen sonunda İç Toros Okyanusunun kapanmış olabileceğini gösteren kanıtlar içermekte olduğunu belirtmiştir. Çalışmacı, bölgedeki ilk ofiyolitik melanj yerleşiminin imbrike naplar halinde, üst Jura-alt Kretase yaşlı platform kireçtaşları üzerine geç Kretase'de ilerlediğinden bahsetmiştir.

İnan (1993), Araştırmacı yapmış olduğu çalışmada, havzanın temelini Torid karbonat platformunun doğu ucunda çökelmiş olan üst Jura-alt Kretase yaşlı sığ denizel kireçtaşlarından oluştuğu ve bu otokton birimin Divriği Ofiyolitik Karışığı tarafından tektonik olarak üzerlendiği belirtilmiştir. İç Torid Okyanusu'nun kapanımını gösteren bu karışıkların Maestrihtiyen-Tanesiyen yaşlı sığ denizel resifal kireçtaşları ile açısız uyumsuzlukla örtüldüğü belirtilmiştir. Yukarıdaki istiflerin ise ayrıca Lüttesiye yaşlı türbiditik ve yer yer biyoklastik kireçtaşları ile temsil edilen Bozbel Formasyonu tarafından transgresif olarak örtüldüğü belirtilmiştir. Lüttesiye'den sonra bölgedeki tüm kaya birimleri güneyden kuzeye ve

kuzeydoğuya doğru itilmiş durumda oldukları ve Oligosen sırasında da hareketini sürdüren bindirme sistemlerine bağlı olarak, oluşan dağ arası havzalarda karasal detritiklerle jipslerin çökelmiş olduğu tespit edilmiştir. alt-orta Miyosen döneminde yukarıdaki istifler üzerine sığ denizel detritik ve karbonatlardan oluşan Karacaören Formasyonunun çökeldiği belirtilmiştir. Birimin üst seviyelere doğru karasal kırıntılılar ve karbonatlarla temsil edilen Deliktaş Formasyonu'na geçtiği görülmüştür.

İnan ve diğ. (1993), Araştırmacılar yapmış olduğu çalışmada, çalışma alanının temelini üst Jura-alt Kretase yaşlı sığ denizel ortamda çökelmiş Çataldağ kireçtaşlarının oluşturduğunu ve birimin üst Kretase yaşlı serpantin, gabro, diyabaz, radyolarit ve kireçtaşı blokları içeren Divriği Ofiyolitli Karışığı tarafından tektonik olarak üzerlendiğini öne sürmüştür. Maestrihtiyen-Tanesiyen yaşlı resifal ortamda çökelmiş kireçtaşları ile bilinen Tecer formasyonunun, ofiyolitli karışığı uyumsuzlukla örtüğü tanımlanmıştır. Bu iki birimin, Tersiyer yaşlı farklı birimler tarafından açılı uyumsuzlukla örtüldüğünü öne sürmüştür. Çalışmacılar, Tersiyer birimlerinin sırasıyla, Lütesiyen yaşlı Bozbel formasyonu, Oligosen yaşlı karasal ortamda çökelmiş Selimiye formasyonu ve Miyosen yaşlı birbirleriyle yanal ve dikey geçişli Karacaören, Hafik ve Deliktaş formasyonlarından oluştuğunu öne sürmüşlerdir. Bölgenin sıkışma rejiminin kontrolünde üst Miyosen-Pliyosen arasında yükselmiş olduğu ve bu dönemde kalkalkalen nitelikli bir volkanizmanın geliştiğini belirtmiştir. Pliyosen'den itibaren ise bölgenin karasal ortam özelliğini korumuş olduğu ve Pliyosen yaşlı akarsu ortamı ürünü olan Örenlice formasyonu diğer birimleri açılı uyumsuzlukla örttüğünü belirtmiştir. Monzonit, diyorit ve siyenitlerle temsil edilen Dumluca batolitinin üst Kretase ve Paleosen yaşlı birimleri kestiği ve Eosen yaşlı kayalar tarafından uyumsuzluk ile örtüldüğü belirtilmiştir.

Yılmaz (1994), Araştırmacı, yapmış olduğu çalışmada, Sivas havzasının temelinde Jura – Kretase yaşlı platform türü karbonatlar, kıtasal metamorfitle, ofiyolitli karışık ve ikincil konumuna ulaşmış ofiyolitlerden oluşarak bunun üzerine gelişmeye başladığını belirtmiştir. Sivas havzasının, yaklaşık KD – GB uzanımlı ve doğrultu atımın egemen olduğunu, verev atımlı faylar boyunca birkaç alt havzaya ayrıldığını belirtmiştir. Çalışmacı, havzanın genelde karasal ve sığ denizel fasiyeslerin birbirini izlediğini vurgulamıştır. Havzanın güneyinde ve kuzeyinde Eosen sonunda oluşan mega bloklu seviyelerin, bu aşamada sığ denizel bir ortamda ilerleyen ikincil naplara bağlı olarak geliştiğini ve fasiyeslerinin, yanal ve dikey yönde sıkça değiştiğini, bununla beraber yerel yada bölgesel uyumsuzlukların yaygın olduğunu, volkanizmanın karasal ya da sığ denizel ortamlarda oluştuğunu vurgulamıştır.

Guezou ve diğ. (1996), Araştırmacılar, Sivas havzasında yapmış olduğu çalışmalarda, Torid ve Pontid kuşaklarının arasında yer ve pelajik sedimanlardan oluşan bir bindirme örtüsünden oluştuğunu vurgulamışlardır. Havzanın, Kırşehir temelinden, orta Miyosen yaşlı kumtaşları ve konglomeraları ile Pliyosen yaşlı kireçtaşlarının oluşturduğu yeni bir birim olan Kızılırmak havzası ile ayrıldığı ileri sürülmüştür. Çalışmacılar tarafından, havzanın bir piggy-back

(domuz sırtı) havza olarak geliştiği ortaya konulmuştur.

Poisson ve diğ. (1996), Sivas Havzasının temelini ofiyolitik napların oluşturduğunu belirtmi ve Havzanın Paleosen'den Orta Eosen'e kadar bir ön ülke (foreland) gibi geliştiği, Oligosen ve erken Miyosen'de havzanın çeşitli bölümlerinde bir transgresyonun meydana geldiğini ifade etmiştir. Havzada KKB-GGD yönlü bir bölgesel sıkışmanın etkin olduğunu ve havzanın bir okyanusal temel olmaksızın Torid platformu içinde kıta içi havza olarak gelişmiş olabileceği ileri sürülmüştür.

Ringebach ve diğ. (2013), Sivas Havzası'nda Emirhan civarındaki tuz yapılarını Meksika Körfezi ve Angola'daki yapılarla anoloji kurarak benzerliklerini tespit etmiş ve gözlenen yapıların dünyanın en iyi açık hava müzelerinden biri olduğunu düşünmektedir. Araştırmacılar, yöreyi Neotetis kenet kuşağı üzerinde orojenik olarak gelişen ve uzayan Oligosen – Miyosen yaşlı akma havzaları olarak adlandırmaktadır ve biriken tuz dizilerinin sedimentasyon ve deformasyonu sonucunda yörede mini havza ve tuz duvarları oluştuğunu söylemektedirler.

Callot ve diğ. (2013), Araştırmacılar Sivas Havzasında yapmış olduğu çalışmalar sonucunda alt Oligosen yaşlı Hafik Formasyonunu (Tuzhisar fm.) içeren birimin tuz tektoniği faaliyeti gösterdiğini ifade etmiş ve bölgenin tektonik evriminin yalnızca bindirme sistemleri ile ilişkilendirmenin havzanın tektonik evrimini yanlış anlaşılmasına sebep olacağını belirtmiştir. Tuz tektoniği sonucunda oluşan mini havzaların kısmen Miyosen yaşlı Jipsler tarafından çevrili olduğunu ve Oligosen'de dolan mini havzaların, denizel kırıntılı kireçtaşları (kırmızı silt ve akarsu kumtaşları) ile marn ve gölsel ortam çökelleri içerdiğini ve dolgunun 4 km kalınlığa kadar çıkabileceğini belirtmektedir.

Ribes ve diğ. (2016), Sivas Havzası'nın stratigrafik gelişiminde önemli rol oynadığı düşünülen havzadaki bölgesel sıkışmanın yanı sıra tuz tektoniğinin ve sedimentasyonun tektonik rejimi için çok önemli olduğunu ifade etmiştir. Oligosen – Miyosen arasında ise bir çok mini havzanın oluştuğunu belirtmiştir.

Poisson ve diğ. (2016), Sivas Havzası'nın Oligosen döneminde riftleştiğini, geç Miyosen ve Pliyosen aralığında tekrar hareketlendiğini ifade etmiştir. Havzanın çarpışma bölgesi gibi olup dolmaya devam ederek bölgesel sıkışmanın da etkisiyle tuz yapılarının etkilendiğini ve sonuç olarak ise tuz diyapirlerinin oluştuğunu belirtmiştir.

1.3 Materyal ve Metot

İnceleme alanının jeolojik haritası, projenin havzadaki farklı bölgelerindeki arazi çalışmaları sırasında, 1/25.000 ölçekli topografik harita, jeolog pusulası ve çekici, GPS, gibi araç ve

gereçlerden yararlanılarak tamamlanmıştır. İnceleme alanı ve civarına ait RASAT görüntü verileri istenen kayıt bilgileri girilerek <http://gezgin.gov.tr> portalından indirilmiştir. Bu çalışmada RASAT görüntüleriyle birlikte kullanılan Landsat ETM+ uydu verileri (path/row:174/32) ise Global Land Cover Facility (GLCF) web sayfasından (<http://glcfapp.glcfc.umd.edu/>) indirilmiştir. Söz konusu görüntüye ait özellikle jeolojik uygulamalarda geniş kullanım olanağı bulunan 1.55-1.75 μm ve 2.09-2.35 μm spektral aralığında olup spektrumun orta kızıl ötesi (mid-infra red) bölgesine karşılık gelmektedir (Çizelge 1). Her iki veri setinin de radyometrik düzeltmesi yapılmış, bantları çakıştırılmış ve geometrik düzeltmesi tamamlanmıştır (Teke, 2016). Ülkemizin ilk uzaktan algılama ve yer gözlemlene uydularından olan RASAT 'ın genel özellikleri Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 1 Landsat 7 Etm+ uydusunun genel özellikleri

Şerit Genişliği	185	
Radyometrik Çözünürlük (bit)	8 bit	
Yersel Çözünürlük (m)	PAN 15 m. MS 30 m. TIR 60 m.	
Görüntüleme sıklığı	16 gün	
Spektral Band (μm=mikron) (VNIR = Görünür ve yakın kızılötesi) (SWIR = Kısa dalga kızılötesi) (TIR = Termal kızılötesi)	VNIR	Band 1 - 0.45-0.52 Band 2 - 0.52-0.60 Band 3 - 0.63-0.69 Band 4 - 0.76-0.90
	SWIR	Band 5 - 1.55-1.75 Band 6 - 2.08-2.35
	TIR	Band 7 - 10.42-12.5
	PAN	Band 8 - 0.5-0.9

Çizelge 2 RASAT uydusunun genel özellikleri

Ağırlık	93 kg	
Yörünge	689 km'de dairesel, güneşe eşzamanlı	
Yörünge süresi	98.8 dakika	
Ekvator geçişi yerel zamanı	10:30	
Çözünürlük	Spektral	Pankromatik: 7.5 m Çok bantlı: 15 m
	Yersel	(Pankromatik) 0.42-0.73 μ m 1.Bant: 0.42-0.55 μ m (Mavi) 2.Bant: 0.55-0.58 μ m (Yeşil) 3.Bant: 0.58-0.73 μ m (Kırmızı)
	Radyometrik	8 bit
	Zamansal	4 gün
Şerit genişliği	30 m	

Çalışmada kullanılan bir diğer uydu görüntüsü ise Terra uydusu üzerindeki ASTER algılayıcısından alınmıştır. Gelişmiş Uzay Termal Emisyon ve Yansıma Radyometresi (ASTER), Aralık 1999'da NASA'nın Terra uzay aracında bulunan gelişmiş bir multispektral görüntüleyicidir. ASTER, yüksek mekansal, spektral ve radyometrik çözünürlüğe sahip, görünür bölgeden termal kızılötesi bölgeye kadar 14 bantlı geniş bir spektral bölgeye karşı gelir (Çizelge 3). Her bir ASTER görüntüsü 60 x 60 km'lik bir alanı kaplamaktadır. Terra, NASA'nın Dünya Gözlem Sistemini (EOS) oluşturan bir dizi multispektral cihaz bulunduran uzay araçlarının ilkidir.

Çizelge 3 Terra uydusuna ait bilgiler (ASTER User's Guide, 2003)

Yörünge türü	Daireye yakın ve güneş ile eş zamanlı
Tekrarlanma süresi	16 gün
Bir günde yaptığı devir	14
Yükseklik	705 km
Eğiklik	98.3 ⁰
Yörüngesel Periyod	98.88 dk.
Ekvator geçiş zamanı	10.30 (yerel saatle)

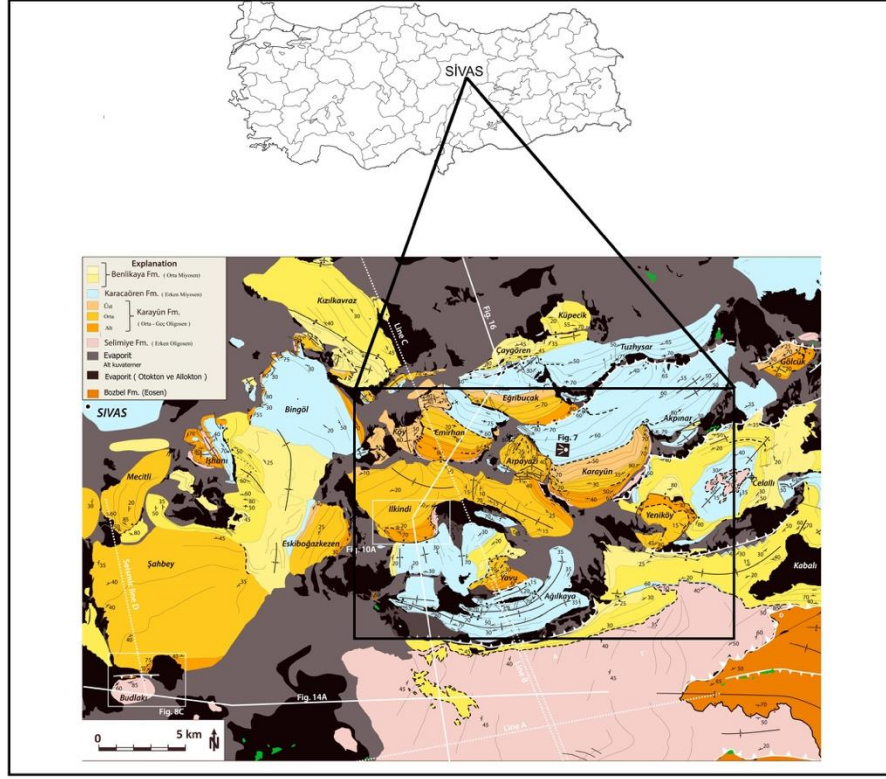
Çizelge 4 ASTER algılayıcı sistemlerin özellikleri (ASTER User's Guide, 2003)

Alt sistem	Bant no.	Spektral aralık (μm)	Yersel Çözünürlük (m)	Radyometrik Çözünürlük
VNIR	1	0.52 – 0.60	15	8 bit
	2	0.63 - 0.69	15	
	3N	0.78 – 0.86	15	
	3B			
SWIR	4	1.600 – 1.700	30	8 bit
	5	2.145 – 2.185	30	
	6	2.185 – 2.225	30	
	7	2.235 – 2.285	30	
	8	2.295 – 2.365	30	
	9	2.360 – 2.430	30	
TIR	10	8.125 – 8.475	90	12 bit
	11	8.475 – 8.825	90	
	12	8.925 – 9.275	90	
	13	10.25 – 10.95	90	
	14	10.95 – 11.65	90	

Görüntü verilerine görsel fotoğraf ve görüntü yorumlama ölçütleriyle beraber ERDAS Er Mapper 2010 yazılımı kullanılarak kontrast uzanımı (contrast stretching), renk bileşimi (color composite) oluşturma, görüntü kaynaştırma (image fusion) gibi başlıca görüntü işleme yöntemleri uygulanmıştır.

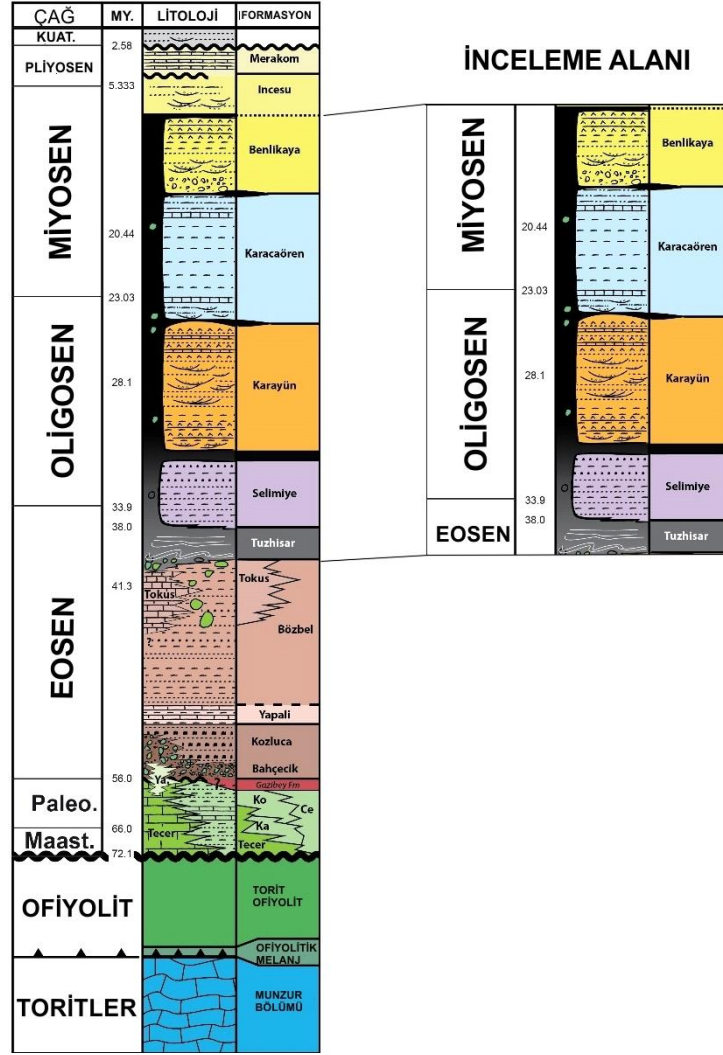
1.4 İnceleme Alanının Konumu

İnceleme alanı Sivas il merkezinin güney doğusunda yer almakta olup 1/25.000 ölçekli Sivas i38-d2 ve i38-c1 paftalarının doğu ve batı yarılarını kapsamaktadır (Şekil 1.5).



2. TUZ TEKTONİĞİ VE İNCELEME ALANININ STRATİGRAFİSİ

İnceleme alanı Sivas il merkezinin güney doğusuna düşmekte olup, stratigrafisi başlıca beş ayrı formasyondan oluşan beş çökeltme grubunda incelenebilir. (Şekil 2.1). Aşağıda yer alan çalışmalarda alt gruplara ayrılan ana litostratigrafik birimler açıklanmaktadır.



Şekil 2.1 Bölgesel olarak genel ve inceleme alanındaki stratigrafik kesit (Legay ve diğ.,2018)

İnceleme alanındaki en yaşlı birim olarak bulunan Tuzhisar formasyonu geç Eosen yaşlı olarak kabul edilmiştir ve kalınlığı konusunda bir sınırlama yoktur. (Gündoğan ve diğ., 2005; Pichat, 2017; Pichat ve diğ., 2018; Poisson ve diğ.,1996). Formasyon, halokinetik deformasyon ürünlerini içinde barındırırken altında bulunan Bozbel formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir ve yersel olarak silis kırıntılılarca zengin olup dalga izi, derecelenme gibi sedimanter yapılar gösterir. Ayrıca marmlarla da ara katkılı olarak bulunur. Bu katmanlar, düzensiz porfiroblastik jips kütleleri tarafından örtülür. Jips katmanları, jips türbiditleri ve önceki tuz çökellerinden çözünmeyle sonuçlanan örtü kayacı şeklindeki kristalin jipsler olarak yorumlanır (Pichat, 2017). Masif jips fasiyesleri Tecer dağlarının güneyinde, ayrıca ofiyolitler

üzerinde doğrudan gelir ve piggy back havzalarda önceki sığ denizel evaporitlerden çökeltmiş olarak yorumlanır. Tuzhisar formasyonunun çökeltimi, kurak-yarı kurak iklimde (Cater ve diğ., 1991; Gündoğan ve diğ., 2005; Kurtman, 1973). okyanusal bölgeden havzanın tektonik izolasyonu ile sonuçlanmış bir şekilde yorumlanır.

Selimiye formasyonu Yaşı erken Oligosen olarak belirlenmiş olup kalınlığı en fazla 2000 m dir (Gündoğan ve diğ., 2005; Kurtman, 1973) halokinetik deformasyon nedeniyle büyük bir kalınlık gelişimine neden olmuştur (Kergaravat ve diğ.,2016; Ribes ve diğ.,2015). Formasyon alt seviyelerinde kırmızı renkli şeyller ve jipsli kumtaşları, üste doğru kırmızı eflatun renkli kumtaşı ve şeylerle ara katkılı olarak geçen bir görünüm sergilemektedir. Formasyonun en yaşlı seviyeleri sığ denizel bir ortamda depolanırken formasyonun çoğu karasal plaj ortamında çökeltmiştir (Gökçen ve Kelling, 1985; Ribes ve diğ., 2015).

Karayün formasyonu inceleme alanında en fazla 2500 metre kalınlık sunmakta olup orta – üst Oligosen arasında çökeltmiş olup biostratigrafik olarak en üst kesimi geç Oligosen olarak belirlenmiştir (Poisson ve diğ.,1996). Bu formasyon, Sivas Havzası'nın batıdaki bitim noktası olan Tatlıcak köyü civarındaki kesimi hariç Selimiye formasyonu üzerinde uyumludur. (Yılmaz, Uysal, Ağan, ve Göç, 1997). Formasyon mini havzalarda birbirini izleyen üç üyeyi içerir (Ribes ve diğ., 2017); (i) kumtaşları ve evaporit tabakalarıyla ara katkılı çamur taşından oluşan bir alt üye (ii) kanal yapılı kumtaşları ve çakıl taşlarıyla birleşmiş bir orta üye ve (iii) lakustrin, karbonat ve evaporit tabakalarıyla arakatlı az sayıdaki kumtaşı ve çamur taşından oluşan bir üst üye. Bu çökeller sırasıyla playa göl ve merkezden uzak çökeller, örgülü nehir çökelleri ve tuzlu göl çökelleri olarak her bir üyenin nehir kolu ortamını karakterize eder. (Ribes ve diğ., 2017)

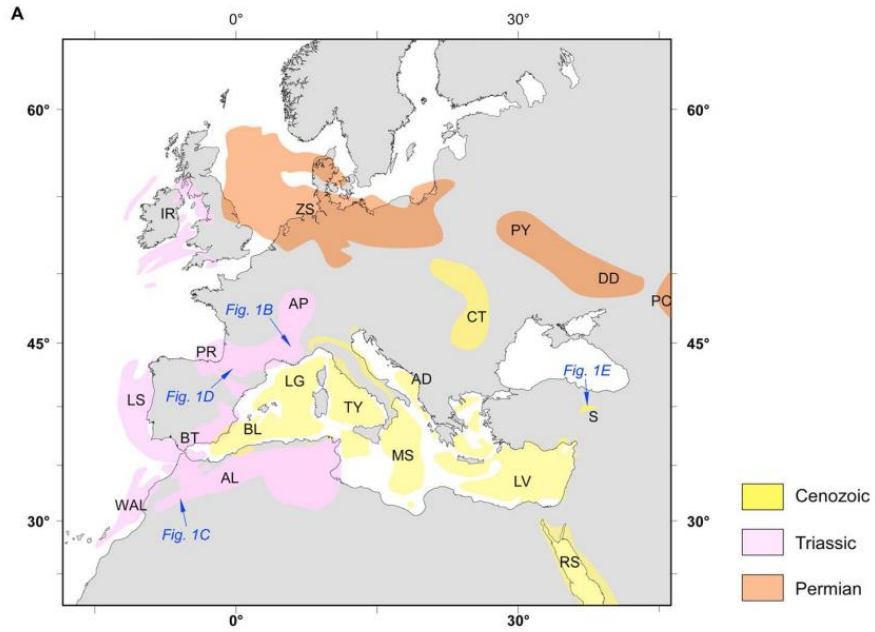
Karacaören formasyonu inceleme alanında en fazla 2500 metre kalınlık sunmakta olup, Akitaniye-Burdigaliyen yaşındadır (Ribes, 2015; Sirel ve diğ., 2013). Formasyonu oluşturan birimler tuz sırtları boyunca Karayün formasyonunu, evaporiti yaygısını ve en doğuda da Selimiye formasyonunu uyumsuz olarak üzerler. (Kergaravat ve diğ., 2016) Evaporit kütlelerinden uzakta olup dokanak Karayün formasyonu üzerinde uyumlu ve Selimiye formasyonu üzerinde ise uyumsuzdur. Sivas bindirmesinin kuzeyinde bu formasyon deforme olmuş Eosen tortulları üzerinde çökeltmiştir. (Guezou ve diğ., 1996; Poisson ve diğ., 1996) Karacaören formasyonu bioklastik kumtaşları, tane taşları, resifal yamalar, marn ve evaporitlerden oluşur. Ayrıca, karışık bir delta ve karbonatlı yokuş ortamından kıyı ortamıyla sınırlanan bir ortamda çökeltmiş denizel transgresyon fasiyeslerini de barındırır. (Ribes, 2015; Ribes ve diğ., 2018)

Benlikaya formasyonu geç Burdigaliyen-Tortoniyen yaşlı olup en fazla 1000 metre kalınlık sunar (Poisson ve diğ., 2016; Ribes ve diğ., 2015) çoğunlukla Karayün ve Karacaören formasyonlarıyla doldurulmuş ve iyi bir şekilde açığa çıkmış ikincil mini havzalarda ve en

fazlada yüksek alanlarda gözlenir. Formasyon, Karacaören formasyonu üzerinde uyumlu veya halokinetik bölge sınırı boyunca yaşlı formasyonlarla uyumsuzdur. Formasyonun alt kesimi kollara sahip nehir sistemi ile ilişkili olup üste doğru iri taneli çakıltası ve kumtaşlarından oluşur. (Ribes ve diğ., 2018) En üst kesimi ise, tuzlu çamur düzlüğü ve gölsel ortamda depolanmış çamur taşları ve karbonatlardan oluşur. (Ribes ve diğ., 2018).

2.1 Tuz Tektoniği

Öncelikli olarak rift havzalarında ve pasif kıta kenarlarında oluşan tuz çökelleri deniz seviyesindeki değişimlere bağlı olarak Akdeniz gibi Messiniyen tuz krizinin yaşandığı ve neredeyse tümüyle bir kurumanın gerçekleştiği bölgelerde gözlenir (Şekil 2.2 Avrupa haritası Saura ve diğ., 2015).



Şekil 2.2 Avrupa ve Akdeniz' deki büyük tuz havzalarının dağılımı (Saura ve diğ., 2015,)

Kaya tuzu, halit mineralinin (madeni tuz) kristalin topluluğudur. Doğada saf halit dizilerinin azlığı göz önüne alındığında, çoğu tuz tektoniği literatüründe halit çoğunlukla tüm kayalar için "tuz" olarak kullanılır. Tuz kütleleri değişik miktarda evaporitik malzeme içerebilir (özellikle anhidrit ya da hidrat formu, jips).

Halokinetik terimi tuz tektoniğiyle ilgili olup Yunanca tuz ve hareket kelimelerinden oluşur. Bu kelime tuzun hareketinde tek neden olarak yerçekimi neden olduğunda ortaya çıkan deformasyon ürünlerini niteler. Tabii ki kıvrılma ve faylanma da tuzda deformasyon meydana getirebilir.

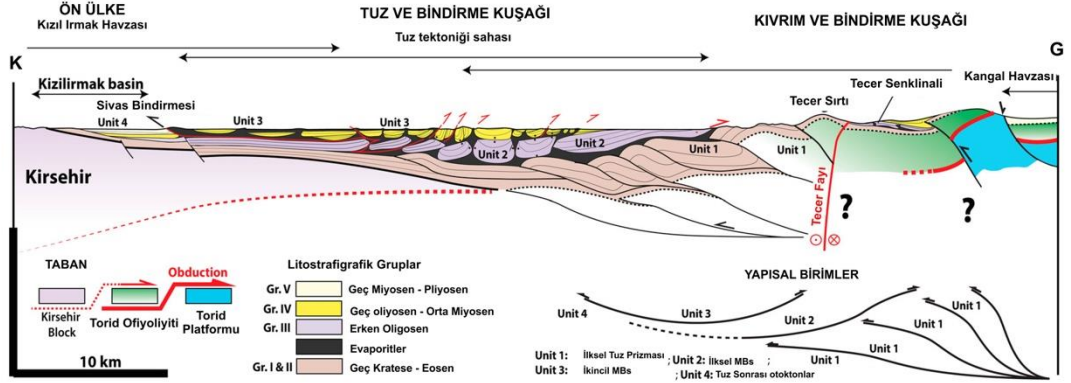
Tuz yapıları kaya tuzu ve jipsin bulunduğu evaporitik ortamlarda oluşur. Diğer kayaç tiplerine göre yüzey sıcaklığı ve basıncı altında daha fazla kıvrım yapıları gösterebilirler. Yukarı doğru hareket eden ve sonrasında yerçekimiyle diğer tortulları üzerleyen tiplerine diyapir adı verilir. Tuz yapıları petrol ve doğal gaz endüstrisi açısından çok önemli yapılardır ve daha çok rift havzaları ve pasif kenarlar boyunca oluşurlar. Sığ denizel türde olanlar genellikle aktif çekme geriliminin etkisinde kalmışlardır. Rift havzalarındaki yarı graben ve dönmüş bloklarla karakteristiklerdir. Messiniyen dönemindeki Akdeniz gibi deniz seviyesindeki değişimlerle ilişkili olabilirler. Sivas Havzası, Neotetis'in kuzey kolunun üst Kretase'de sonra Orta Anadolu Kristalin Karışığı (CACC) civarında gelişmiş Çankırı, Haymana, Tuz Gölü gibi önemli kıta içi havzalardan birisidir. Havza doğuda Erzincan' dan itibaren başlayıp güneybatıda Kayseri'ye kadar devam eden yaklaşık 250 km'lik bir uzunluğa ve 50 km'lik bir genişliğe sahiptir. Sivas Havzası hem bindirme hem de tuz tektoniğini içerisinde barındırmaktadır.

Tuz tektoniği ve yapıları petrol endüstrisinin klasik hedeflerindedir. Hem petrol ve doğal gaz çıkarılmasında hem de depolanmasında çok önemli durumdadır. Ayrıca nükleer atıkların depolanması için de günümüzde kullanılmaktadır. Sismik kazanım ve görüntüleme WATS veya yeni işlem algoritmalarından Beam, RTm veya Full wavegram inversion tuz havzası ve tuz altı yapılarının görüntülenmesine izin verir. Ancak bu yapıların daha yüksek çözünürlüklü verileri tabii ki arazi çalışmalarıyla ortaya konur. Sivas Havzası'ndaki tuz tektoniğine ait yapılarda bu durum çok iyi bir şekilde gözlenmektedir.

2.2 Tuz ve bindirme kuşağı

Sivas Havzası'nın orta kesimleri bir tuz ve bindirme kuşağı oluşturup bu kuşak geç Eosen evaporitleriyle Oligosen'den geç Miyosen'e kadar devam eden karasal - sığ denizel tortulları içerir. Bu bölgede tuz duvarları ve diyapirler erken Eosen karasal kırıntılılar (Kergaravat ve diğ., 2016; Pichat, 2017) tarafından doldurulan ve yaygın bir Oligosen evaporit çökelimiyle (Kergaravat ve diğ., 2017; Ribes ve diğ., 2015; Ribes ve diğ., 2017). üzerlenen ilk nesil mini havzaları betimler. İkincil mini havzalar (ünite 3), bu ikincil evaporit katmanı üzerinde gelişmiş erken Miyosen denizel tortullar (ii) ve sonunda orta-geç Miyosen karasal kırıntılılar ve tekrar taşınmış (reworked) evaporitlere gelen ve üst Oligosen karasal kırıntılılarıyla (Ribes ve diğ., 2015; Ribes ve diğ., 2017) doldurulmuştur. geç Eosen evaporitleri, Oligo-Miyosen'de gelişimine devam eden ve ilerleyen derindeki sıkışma kamasındaki mini basen bölgesinde ayrılmış verimli bir dekolman seviyesi olarak davranır. (Kergaravat ve diğ., 2016; Kergaravat ve diğ., 2017; Poisson ve diğ., 2016; Ribes ve diğ., 2017; Ribes ve diğ., 2018) İlk nesil mini havzalar (alt Oligosen) ve ikincil mini havzaların (orta Oligosen) en yaşlı tortulları, tuz kontrollü mini havza başlangıç aşamasını ve aşağı doğru yapılanmasını da kayıt etmişlerdir. İkincil mini havzalar (geç Oligosen - geç Miyosen) sıkıştırmadan gittikçe artan bir şekilde etkilenirken diyapirlerin sıkışmasına ve kuzeye doğru mini havzanın eğim kazanmasına da eşlik etmiştir. (Kergaravat ve diğ., 2017) Tuz ve bindirme kuşağının kuzey sınırı, bölgenin orta kesimi boyunca Miyosen yaygınının içinde kökü olan ve doğu – batı yönünde bu tuz içinde

devam eden yine doğu batı uzanımlı bir şekilde kuzeyde Sivas bindirmesiyle (Guezou ve diğ., 1996; Poisson ve diğ., 1996; Temiz, 1996) sınırlanır.



Şekil 2.3 Sivas havzasının ana yapısal alanlarını sunan K-G uzantılı kesit (Legeay ve diğ., 2018)

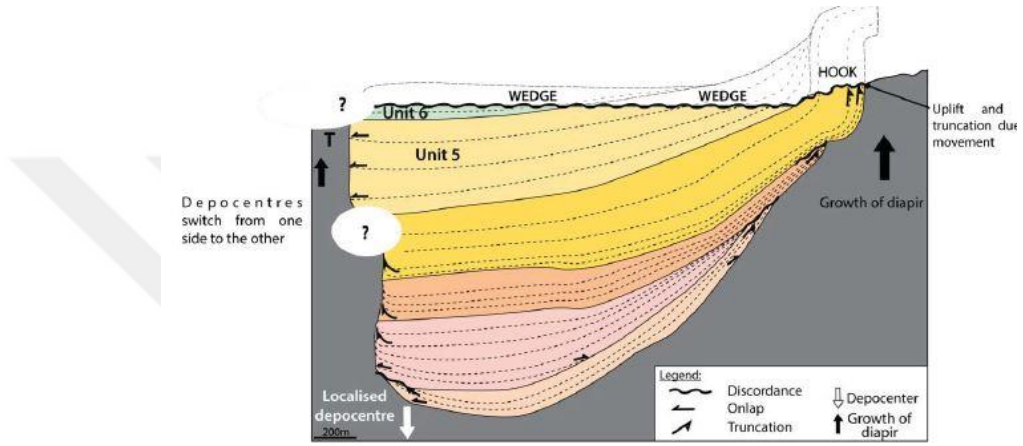
2.3 Tuz reolojisi

Tuz çoğunlukla rift havzalarında ve pasif kenarlar boyunca oluşur. Rift havzalarında yarı grabenler ve düşmüş bloklarla da tipiktir. Tüm Akdeniz Miyosen'de evaporit çökelinin en önemli bölgelerinden birisidir. Deniz seviyesindeki değişimlerle ilgili olan Akdeniz'in yaşadığı Messiniyen krizi sonucu da büyük tuz yatakları çökelmiştir. Tuz kısa zaman ölçeğinde hatta bazen ay ölçeğinde bile plastik olarak akabilen viskoz malzeme olarak deforme olur. Tuz, temelde basınç altındaki bir sıvı gibi davranır ve yoğunluğu derinlikle değişir. Deformasyon, tuzun kendisi tarafından değil genellikle pasif olarak yerçekimi gibi dış kuvvetlere ve sedimentasyon ve bazen erozyon gibi etkenlerle kontrol edilebilir. Ağır kaya tabakalarının altında gömülü duran tuz, büyük tabakalar ve damarlar halinde yüzerek yükselir, su kaynağı gibi yeryüzüne fışkırabilir veya bir buzul gibi akabilir. Tuzun reolojik davranışı nedeniyle çoğu tuz içeren havzalar, diyapir ve duvarlar gibi komşu sedimanlardaki halokinetik sekanslarla ilişkili tuz tektoniği yapılarıyla karakterize olur. Tuz damarlarının petrol ve doğal gaz aramalarındaki önemi uzun süreden beri bilinmektedir. Yer katmanları arasından yeryüzüne doğru yükselen petrol ve doğal gaz, yukarı doğru fışkırmakta olan tuz diyapirlerinin yamaçlarında veya tuz diyapirlerinin tortullarında oluşturduğu kubbemsi yapı içinde sıkışır. A.B.D.'nin güneyindeki gaz ve petrol yataklarının yaklaşık % 20 'si ve Ortadoğu daki büyük petrol yataklarının bazıları çeşitli yönlerden tuzla ilişkilidir. Tuz, sıkışmalı rejimlerde dekolman seviyeleri olarak tanımlanır.

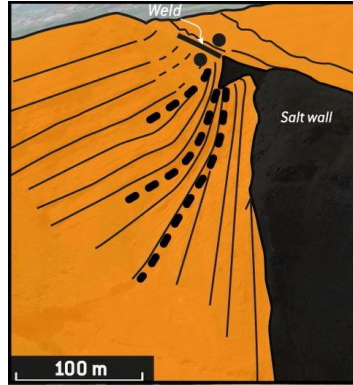
2.4 Mini Havza Kavramı ve Bölgedeki Oluşumlar

İnceleme alanında, yer çekimi nedeniyle yükselen tuz sirtları ve diyapirler arasında kalan küçük yersel çökel alanları olan ve simetrik mini-havzalarla ilişkili sürekli, dik kanatlı duvar ve diyapirlerle ayrılan tipik bir duvar ve havza (wall and basin) yapısı gözlenir. Emirhan ve civarında, irili ufaklı olmak üzere yaşları sırasıyla erken Oligosen ve geç Oligosen olmak

üzere iki ayrı kökene ait on iki mini havzanın varlığı bölgedeki jeolojik haritalamalar sonucunda ortaya çıkarılmıştır (Kergaravat ve diğ., 2016). Mini-havzaların dokanak ve sınırlarında, bölgesel-ayrıntılı haritalamalar ve iki boyutlu bölgesel sismik kesitlerin yorumlamalarından söz konusu duvar ve havza (Wall and basin) yapısı içinde bir tuz yaygısıyla birbirinden ayrılan iki farklı dönemdeki mini-havza gelişimini ayıran sıg evaporitik seviyelerin gelişim kanıtları gözlenmektedir. Bölgede söz konusu tuz yaygıları (salt canopy) ve duvarları (salt walls) ile devasa kanatlar (mega flaps) yaygın olarak gözlenmektedir. Tuz duvarlı bu mini havzalara ek olarak çökelmeyle tuz tektoniği arasındaki etkileşimlerin sonucunda kanca, kama, birleşim noktaları (hook, wedge, weld) gibi bazı halokinetik yapılar da bu mini havzalarda gözlenmiştir.

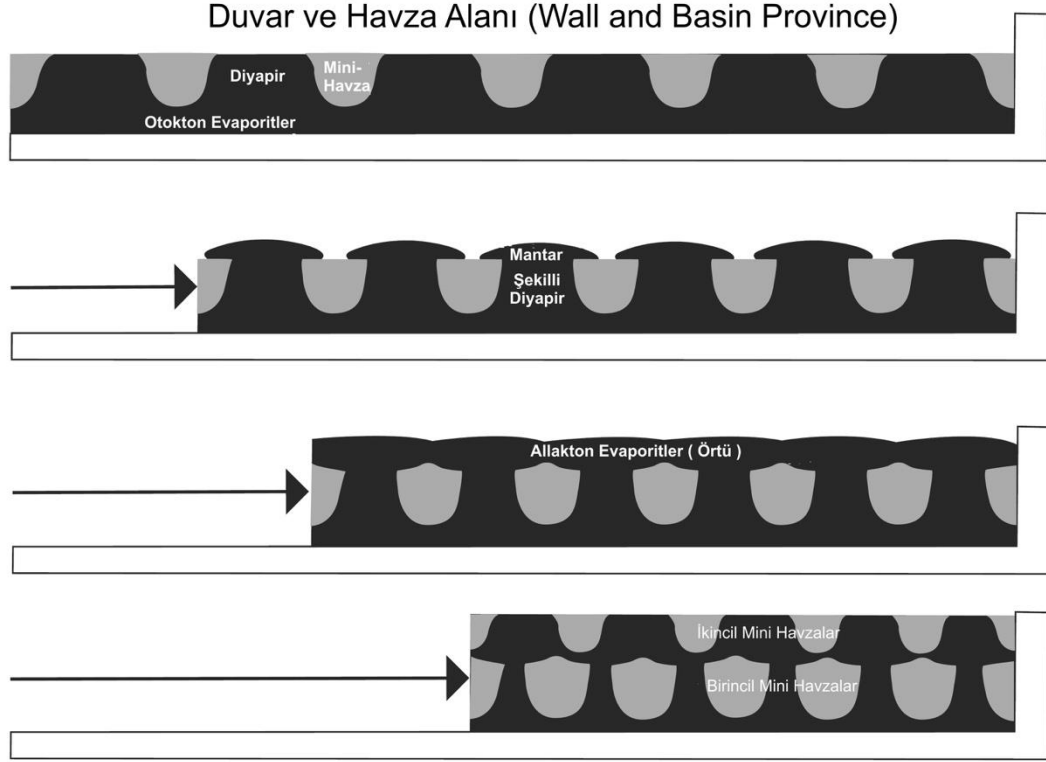


Şekil 2.4 Kanca ve kama (Hook ve Wedge) yapıları (Ringebach ve diğ., 2014).



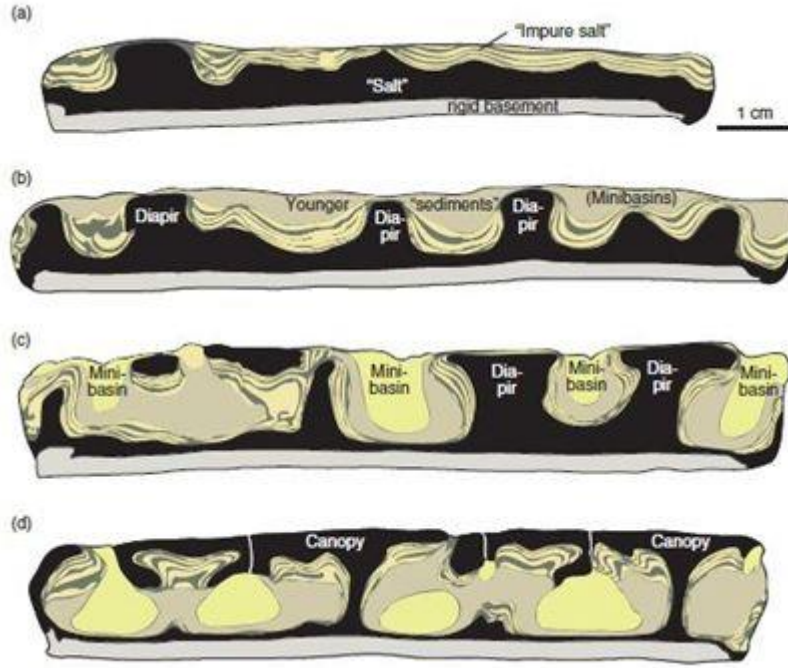
Şekil 2.5 Birleşim noktası (weld): İki ayrı mini havzanın birbirine değdiği nokta (Ringebach ve diğ., 2014).

Sivas Havzası'nın orta kesimi tipik bir wall and basin yapısı sergiler (Şekil 2.6). Ön ülke kıvrım ve bindirme kuşağı kuruluşu içinde gelişen Sivas Havzası sürekli ve dik kenarlı duvarlar ve diyapirler tarafından birbirinden ayrılan simetrik mini havzalarla karakterize olan tipik bir "duvar ve havza yapısı" sergiler.

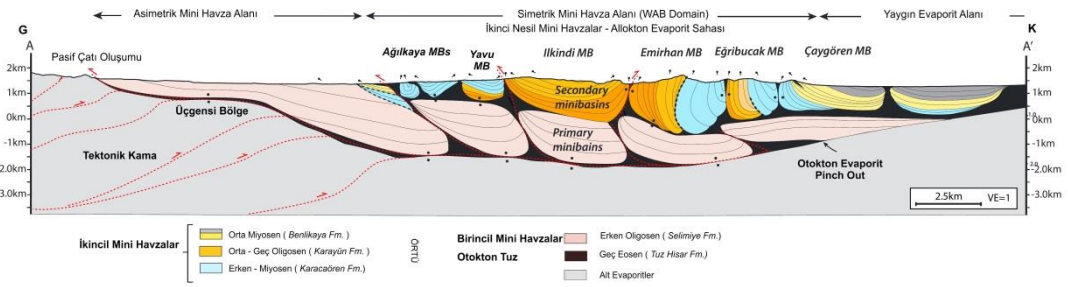


Şekil 2.6 Duvar ve havza alanı (Kergaravat ve diğ., 2016)

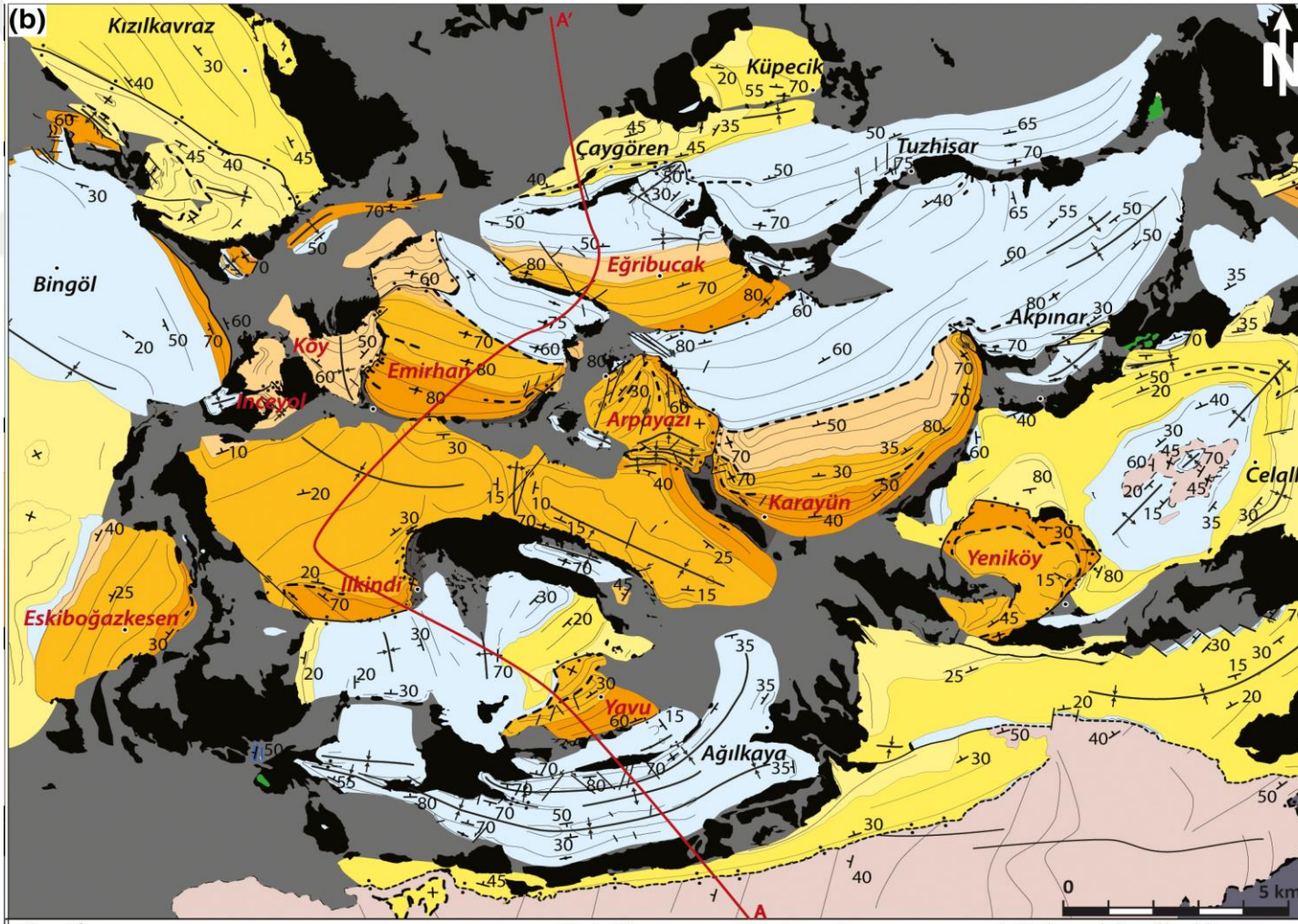
Sivas Havzası'nın merkezi, Jackson ve Harrison (2006; 2013) tarafından, Axel Heiberg tuz havzasında tarif edildiği gibi tipik bir duvar ve havza (wall and basin) yapısını ya da dikey evaporit duvarlarla ayrılmış mini havzaları gösterir, Havzanın orta kısmında, 4 ila 6 km genişliğindeki birkaç mini havza üst Oligosen'den alt Miyosen'e kadar sedimanlar ile doludur (Poisson ve diğ., 1996 ve 1997). Mini havzalar doğu-batı yönünde, kısmen döndürülme ile açıkça büyüme dizileriyle ortaya çıkmıştır (Emirhan, Karayün ve Egribucak havzaları neredeyse dikey konumdadır). Bu mini havzalar, evaporitik duvarlar ve kamalardan (prizmalardan) oluşur. (Callot ve diğ., 2016) Mini havza oluşurken, bölgede var olan tuz yapıları ve yumuşak yapıdaki tuz çökeltileri bir dizi oluşturacak şekilde sıralanır, jeolojik zaman içerisinde giderek olgunlaşan çökeltiler kendilerine yeni bir merkez oluşturmasıyla tamamlanır. Oluşan bu yapı bir mini havza yapısıdır. Tuz yapıları etrafındaki diğer tuz yapılarını besleyebilir genişlemesine ve büyümesine yardımcı olabilir. Besleyen bu yapılar mini havzayı yatay veya dikey yönde büyütebilir. Bu büyüme aslında mini havzanın oluşumu anlamına gelir (Şekil 2.7). Genel olarak mini basenler eğimli halde yani yatay yönde uzamış şekilde 30 km'ye kadar, düşey yönde ise 10 – 15 km civarına kadar kolayca haritalanabilir. Çalışma alanındaki mini havzalar, bölgede bulunan tuz yapıları ve özellikle jipsin zaman içerisinde akarak bir yer bulup bölgeye yerleşerek olgunlaşmasıyla mini havzalar oluşmuştur (Şekil 2.8). Bölgedeki mini havzalara ait genel görünüm Şekil 2.9'de verilmiştir.



Şekil 2.7 Mini havza oluşumu (Ringebach, J.C, 2014)



Şekil 2.8 Sivas Havzası'nın ana yapısal etki alanlarını gösteren, kesit çizimi (Legeay ve diğ.,2018)

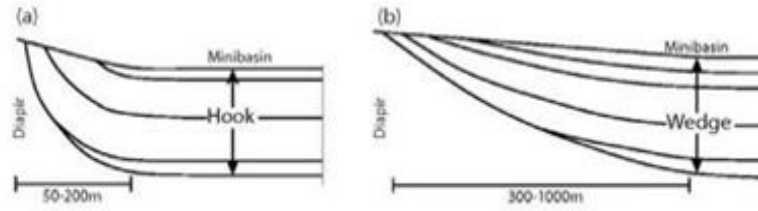


Şekil 2.9 Bölgedeki mini havzalara ait genel görünüm (Kergaravat ve diğ. 2016)

2.5 Kanca ve kama (hook and wedge, halokinetic folds)

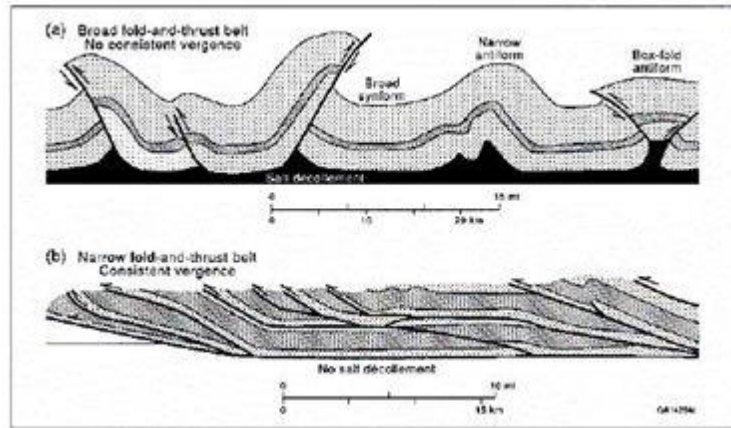
Kanca ve kama, Giles ve Rowan (2012) tarafından ilerleyen çökelim fasiyesinde, görelî sediman-birikim oranları, stratal geometri ve halokinetik deformasyon zonunun genişliği göz önüne alınarak tanımlanan iki ayrı sekansın son-üyeleri olarak tanımlanmıştır.

Bunlardan kanca, tipik olarak diyapir tavanı veya diyapirin yersel olarak kendinden türeyen taban litofasiyes çökeliminden oluşur. J-yapıları olarak da bilinir. Kama ise; yüksek sediman birikim oranına sahip diyapir çevresinden 1 km'ye kadar kıvrımlanmanın içinde uzanan ve açılı uyumsuzluğun 30 ° den küçük olduğu sekanslardır. Her iki sekans da adını aldığı şekille birbirinden ayrılabilir.



Şekil 2.10 (a) Kanca halokinetik sekansı (b) Kama halokinetik sekansı (Giles ve Rowan, 2012)

Kıvrım ve bindirme kuşaklarında tuz bulunan çökellerle bulunmayanlar arasındaki yapısal fark göz önüne alındığında; daha çok kıvrımlanma ve ters faylanmayla birlikte herhangi tercih edilmemiş bir yöne doğru gelişigüzel gelişirken tuzun olmadığı çökellerde daha çok tek bir yöne yönelme ve bindirme faylarının hakim olduğu görülmektedir (Şekil 2.11). Sıkışmalı rejimlerde aynı zamanda deformasyondan dolayı yatay yönde meydana gelebilecek kısalmaları da hesaba katmak gerekir.



Şekil 2.11 Kıvrım ve bindirme kuşaklarındaki yapısal farkların gösterimi (a) tuz bulunmayan çökeller (b) tuz bulunan çökeller (Jackson ve Talbot, 1991)

Bu tezin de içinden çıktığı proje kapsamındaki güncel yayında da (Legeay ve diğ., 2019) belirtildiği gibi, kıvrım ve bindirme kuşaklarıyla ilişkili tuz tektoniğinin gelişim gösterdiği havzalara örnek verilebilecek en önemli havzalardan olan Sivas Havzası söz konusu farklı iki tektonizma türü olan bindirme ve tuz tektoniğinin ürünlerini birlikte sergilemektedir.

2.6 Karayün Mini Havzası

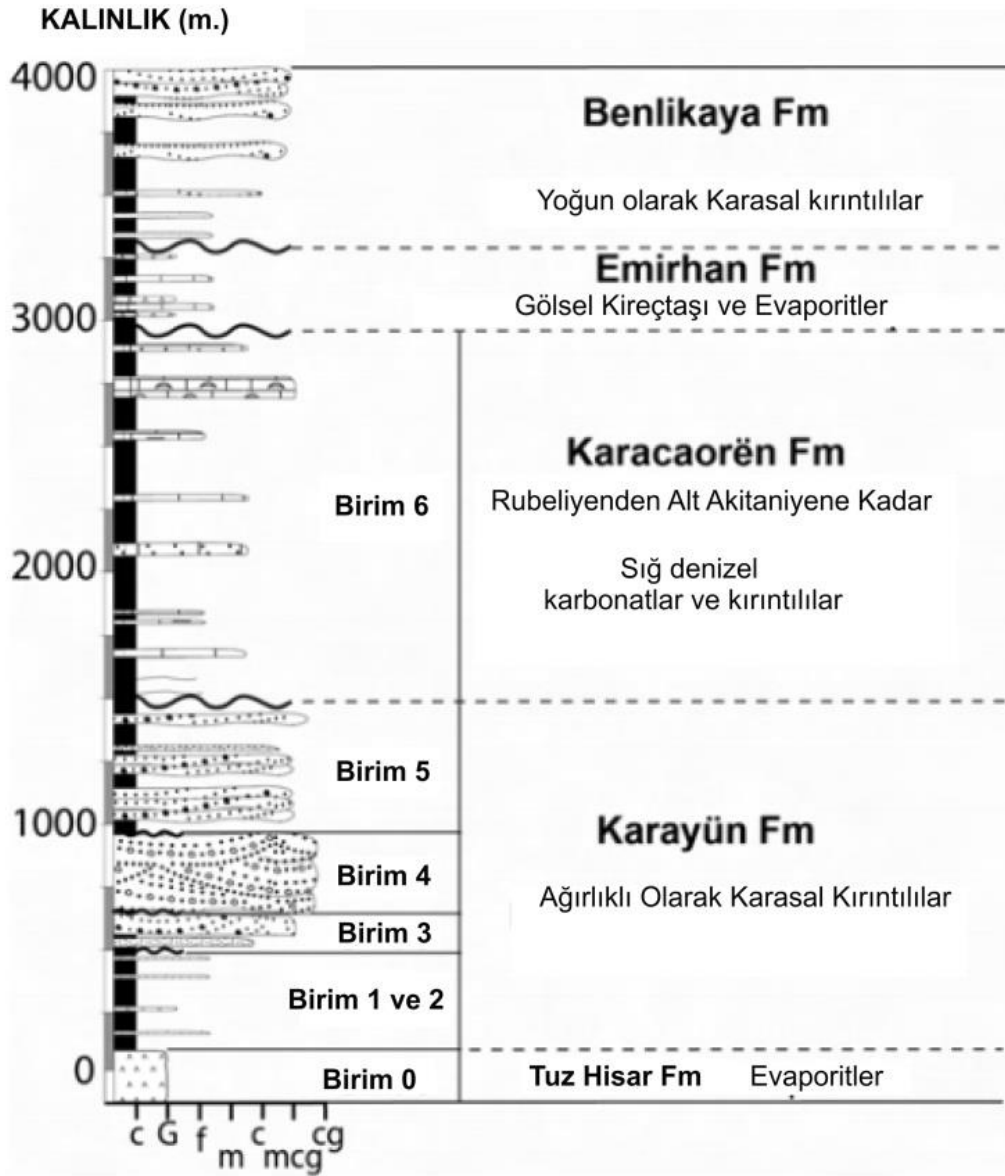
Çalışma alanının güneydoğu kesiminde yer alan Karayün mini havzası oluşumu tuz tektoniği ile alakalıdır. Karayün mini havzasının en altında geç Eosen yaşlı Tuzhisar formasyonuna ait birimlerle başlar ve Karayün formasyonu Tuzhisar formasyonunun üzerine gelir. Karayün formasyonu daha önceki çalışmalarla da tanım, yaş ve ortamsal yorum bakımında doğru veriler sunmaktadır. Fakat konumu ve oluşumu gibi bazı bir takım eksiklikler yörenin yapısının yorumlanmasında yetersizdir. Bu formasyonunun üzerine alt Miyosen yaşlı Karacaören formasyonu gelmektedir.

2.7 Emirhan Mini Havzası

Sivas Havzası'nın ve inceleme alanının neredeyse merkezinde (Şekil 1.2) yer alan Emirhan mini havzası, tuz tektoniği aktivitesiyle ilişkili tüm stratigrafiyi arka arkaya kaydetmiş (Şekil 2.12) ve bu nedenle, Rusya ve Kazakistan'dan bölgelerini içine alan Precaspian havzası gibi, bilinen petrol ve gaz havzalarıyla kolayca karşılaştırılabilmektedir (Barde ve diğ., 2002). Sivas Havzası'nda, erken ila orta Oligosen'de Tuzhisar formasyonu, 200 km'den daha fazla bir alanda buharlaşma meydana getirmiştir. Evaporit çökelinin yaşandığı playalar ve çoğunlukla siltlerin bulunduğu alüvyal düz yataklar küçük ölçekli, sayısız tektonize blok bırakarak yerçekiminin ilk aşamasına tabi tutulmaktadır (Birim 1). Bu deformasyonu, yerel olarak alçı taşı (jips) ile ilişkilendirilen, playa ortamında ikinci bir alçı taşı depolama aşaması izlemiştir. Bu evre, alçı taşlarının yeniden işlendiği karasal kırmızı renkli silt ve kumların birikmesinden önce gelir (2-3 numaralı birimler). Havza etrafındaki tuz duvarlarının müteakip yükselme aşaması, havza kenarları boyunca inceleyerek uyumsuzluklar görülmüş ve ince taneli taşkın ova serisinden fluvial kaba birikintilere kadar 4 km'den fazla çökeltinin (muhtemelen ileri rotasyon ve deposantırların göçü ile ilgili) depolanmasına izin vermiştir (Birim 4). Bu aşamada, evaporit akışı asimetric olduğu ve şuan havzanın batı tarafında bulunan daha kalın tortuların oluşmasına yol açmıştır.

Bitişikteki Karayün mini havzaları, sedimanter sırası ortalama olarak daha ince taneli görünmesine rağmen, büyük fasiyes sıralarının ve uyumsuzlukların benzer bir sıralamasını sunar. Emirhan'da, taşkın ova birikintilerinden daha kalın kumlu kanal ve konglomeralara geçişi, büyük olasılıkla orta ila geç Oligosen'de diapirler gibi stok oluşturan evaporit ekstrüzyonunun ana fazıyla ilişkilidir (Birim 5, Poisson ve diğ., 1997; 2010; Sirel ve diğ., 2013). Bu aşamada mini havza verjansında hızlı bir değişim meydana gelmiş, deposentir havzanın doğu tarafına doğru kaymıştır. Bu doğu tarafı boyunca, yoğun biçimde katlanmış tabakalar ilk önce uyumsuz bir kitle konglomera, daha sonra erken Miyosen tarihli Karacaören Fm tarafından kesilir ve kaplanır. Bu aşamada, havzaların kademeli olarak eğilmesi yavaşlayarak, marnlar eğimde kademeli bir düşüş göstermiştir (Birim 6). Havzanın

doğu tarafı boyunca, Birim 5'in katlanmış yataklarının muhteşem kesilmesi, Angola kıyılarından taşan bir diapirin geometrisine çarpıcı bir şekilde benzer. Kuyu boyunca elde edilen dipmetre, büyüyen tuz stoku tarafından katlanması sırasında kesilen ve daha sonra tuz stoğu genişlemesinin tortul dizisi kaplamasıyla, kaplanan alt dizinin kuvvetli katlandığını açıkça kanıtlar. Son gösel ve elastik çökeltilerin (Benlikaya Fm) taşınması ve deformasyonu ile ilişkili olarak, evaporit ekstrüzyonunun son bir aşamasını kanıtladığı görülmektedir. Günümüzde, alçı levha ve diapirler hala aktif durumdadır, ana mini havzaların geliştirildiği orta kısım çevresinde, sabka ve gösel tortularını aktif yapıların tepesinde mevcut yükseklikte taşırlar. Bunlarla ilişkili olarak, tuzlu su kaynakları tuzun yüzeye yakınlığını kanıtlar.



Şekil 2.12 Bölgenin stratigrafik kesiti (Callot, J.P., ve diğ. 2014)

3. BİNDİRME VE TUZ TEKTONİĞİ YAPILARININ ARAZİ VERİLERİ UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE ORTAYA ÇIKARILMASI VE AYRIMI

Jeoloji, her ne kadar laboratuvar çözümlenmelerini de kapsamış olsa bile çoğunlukla arazi gözlemine, belgelemesine ve ölçümüne dayanan bir bilim olup oldukça geniş alanlarda kayaç ve ilişkili yapıların özelliklerini inceler. Bu incelemeyi yaparken arazide sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmiş jeolojik haritalama aşaması kullanılır. Gözlemler ve harita verileri farklı amaçtaki incelemelerin gerçekleştirildiği laboratuvarlarda çözümlenerek sorgulanır ve sonuca ulaşılır.

Uzaktan algılama, yeryüzünden belli uzaklıkta, atmosferde veya uzaydaki platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleri aracılığıyla, yeryüzü ve nesnelere hakkında bilgi alma ve bunları analiz etme tekniği, ya da nesnelere fiziksel temasta bulunmadan herhangi bir uzaklıktan yapılan ölçümlerle nesnelere hakkında bilgi edinme bilim ve sanatı olarak ifade edilir. İlk bilinen hava fotoğrafı 1858'de Gaspard Felix Tournachon'un, 700-ft. Yukarıdan Paris'i çektiği fotoğraftır. Amerikan iç savaşında birleşik kuvvetlerin balondan hava fotoğrafı çektiği bilinmektedir.

Fiziksel bir dokunuş olmaksızın belli yüksekliklerden alınan görüntülerin kızılötesi ve mikrodalga gibi görünür bölge dışındaki elektromanyetik spektrum aralıklarında da çok değerli jeolojik bilgiler verdiği bilinmektedir (Drury, ve diğ., 2001) Uydudan alınmış uzaktan algılama verilerinin jeolojik anlamda ilk kullanımı 1972 yılında NASA tarafından uzaya fırlatılan Landsat (ERTS) uydusuyla başlamış olup günümüzde Landsat 8, Sentinel 2, ASTER/Terra gibi multispektral ve hiperspektral (Hyperion, Proba) özellikteki gibi uydu görevleriyle devam etmektedir.

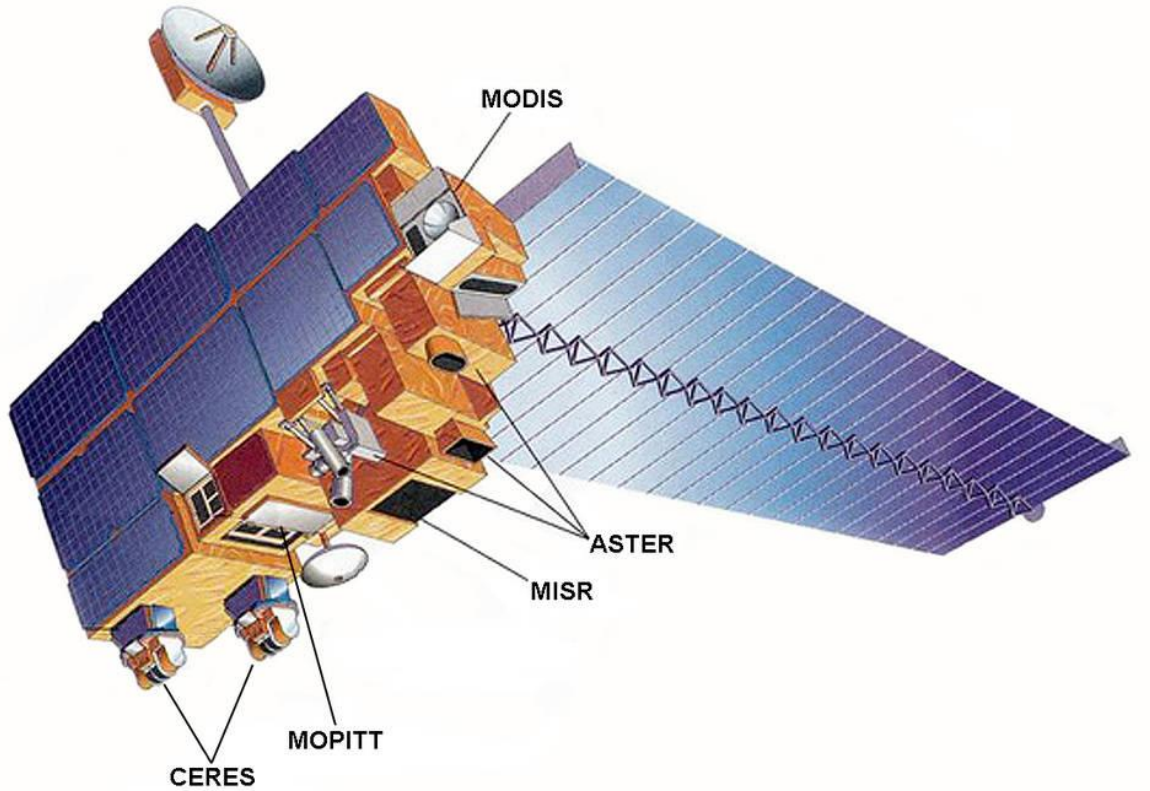
Sivas Havzası, Türkiye'nin zengin jeolojik geçmişinde oluşmuş en önemli Tersiyer dönemi çökeltim alanlarından birisidir (Poisson ve diğ., 1996). Yaklaşık olarak 250 km uzunluk ve 50 km' lik genişliğe sahip olan havzada sıkışma rejimi altında birçok kıvrım ve bindirme fayı gözlemlendiği gibi, mini havzalar, birleşme alanları ve tuz yaygıları da görülebilecek diğer tuz tektoniği yapıları da çok fazla bulunmaktadır. Sivas Havzası'nın farklı bölgelerine ait jeolojik özelliklerin uydu görüntüleri kullanılarak incelenmesine yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Kavak ve diğ., 2002, Kavak ve diğ., 2005). Bu çalışmada, Sivas il merkezinin yaklaşık 20 km doğusunda yer alan Emirhan bölgesindeki jeolojik yapıların petrol aramalarına yönelik önemi ve bölgeye ait uydu görüntülerinin, görüntü işlem yöntemleriyle jeolojik olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

3.1 ASTER/Terra Uydu Verileri

Gelişmiş Uzay Termal Emisyon ve Yansıma Radyometresi (ASTER), Aralık 1999'da NASA'nın fırlattığı Terra uzay aracındaki multispektral algılayıcıdır. ASTER yüksek mekansal, spektral ve radyometrik çözünürlüğe sahip, görünür bölgeden termal kızıl ötesine kadar 14 bantlı geniş bir spektral bölgeyi kapsayan bir görüntüleyicidir. Mekansal çözünürlük,

dalga boyuna göre görünür ve yakın kızılötesi bölgedeki bantlarda (VNIR) 15 m, kısa dalga kızıl ötesi bantlarda (SWIR) 30 m ve termal kızılötesi bölgedeki (TIR) bantlarda ise 90 m dir. Bunun yanı sıra yakın kızıl ötesi banttaki geri bakış (backward) algılayıcı uç boyutlu görüntü yaratmaya neden veren stereo özelliğe olanak sağlamaktadır.

Her ASTER görüntüsü 60 x 60 km'lik bir alanı kaplamaktadır. Terra, NASA'nın Dünya Gözlem Sistemini (EOS) oluşturan bir dizi multispektral cihaz bulunduran uzay araçlarının ilkidir. ASTER verileri jeoloji ve toprak, bitki örtüsü ve ekosistem dinamiği, doğal afet izleme, kara alanlarındaki iklimi, değişimi ve hidrojeoloji gibi çok değişik disiplinleri kapsayan uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Terra, güneşle eş zamanlı bir yörüngede, Landsat ETM + 'in 30 dakika gerisindedir. Yerel güneş saatlerinde saat 10: 30' da ekvatoru geçmektedir. ASTER, yörünge başına ortalama% 8'lik bir görev döngüsü ile tüm dünyadan veri alabilir. Bu, Seviye-1A'ya işlenen, günde yaklaşık 650 görüntünün edinilmesi anlamına gelir. Bunlardan 150'si Seviye-1B'ye işlenir. Tüm ASTER veri ürünleri, HDF EOS adı verilen belirli bir Hiyerarşik Veri Formatı uygulamasında saklanır. Terra uydusu üzerinde Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi (MODIS), Çok Açılı Görüntüleme Spektro Radyometresi (MISR), Bulutlar ve Dünyanın Radyant Enerji Sistemi (CERES) ve Troposferdeki Kirlilik Ölçümleri (MOPITT) algılayıcıları da bulunmaktadır.



Şekil 3.1 ASTER algılayıcısının da üzerinde bulunduğu Terra uydusu
(https://www.nasa.gov/mission_pages/terra/spacecraft/index.html)

3.1.1 VNIR bölge

VNIR alt sistemi, geriye bakan(backward) ve nadir deki görüntü bozulmasını en aza indirmek için iki bağımsız teleskop grubundan oluşur. Her bir bant için dedektörler 5000 elementli silikon şarj bağlı dedektörlerden (CCD) oluşur. Bu dedektörlerin yalnızca 4000'i herhangi bir zamanda kullanılır. Geride olan (backward) görüntünün alınması ile nadir görüntü arasında bir zaman gecikmesi meydana gelir. Bu süre zarfında, dünyanın dönmesi görüntü merkezini değiştirir. VNIR alt sistemi, EOS platformu tarafından sağlanan yörünge konum bilgisine dayanarak 4000 pikseli otomatik olarak doğru çıkarır. VNIR optik sistemi, yansıtıcı ve kırılan bir geliştirilmiş Schmidt tasarımıdır. Geriye bakan(backward) teleskop odak düzlemi sadece tek bir dedektör dizisi içerir ve dalga boyu ayırımı için bir girişim filtresi kullanır. Nadir teleskopun odak düzlemi 3 çizgi dizisi içerir ve üç bandın aynı alanı aynı anda görmesini sağlayan spektral ayırma için dikroik prizma ve girişim filtreleri kullanır. Teleskop ve dedektörler, termal kontrol kullanılarak ve platform tarafından sağlanan soğuk bir plakadan soğutma kullanılarak 296 ± 3 K'de tutulur. İki VNIR teleskopunun yerleşik kalibrasyonu, her teleskop için iki bağımsız kalibrasyon cihazından biriyle gerçekleştirilir. Radyasyon kaynağı bir halojen lambadır. Lamba filamanından sapan bir ışın açıklığının teleskop alt sisteminin doldurma kısmının birinci optik elemanına (Schmidt düzeltici) girilir. Dedektör elemanları bu ışın tarafından düzgün şekilde ışınlanır. Her kalibrasyon cihazında, lambanın parlaklığını izlemek için iki silikon foto diyot kullanılır. Birinci foto diyot, filament doğrudan izler ve ikincisi teleskopun ilk optik elemanının hemen önündeki kalibrasyon ışını izler. Lamba tabanı ve foto diyotların sıcaklıkları da izlenir. Elektronik bileşenlerin elektrik kalibrasyonu için de komutlar verilmiştir. Mutlak radyometrik doğruluk $\pm\% 4$ veya daha iyidir. VNIR alt sistemi, üç ASTER görüntüleme alt sisteminin en yüksek veri hızını üretir. Dört bandın da çalışması (3 nadir ve 1 geri), görüntü verisi, tamamlayıcı bilgiler ve alt sistem mühendisliği verilerini içerir, sistemin veri hızı 62 Mbps'dir.

3.1.2 SWIR bölge

SWIR alt sistemi, tek bir asferik yansıma teleskopu kullanır. Altı kanallı (kanal 4-9) kamera, Altı bantın her birinde bulunan dedektör 80K'ye soğutulmuş bir Platin Silisit-Silikon (PtSi-Si) Schottky bariyer lineer dizisidir. Nadire yönlendirilmiş teleskop, Uçuşa dik doğrultuda nadire göre 8.54° eğik olarak da yönlendirilebilmektedir.

3.1.3 TIR bölge

TIR (termal kızılötesi) Her bir kanalında 10 dedektör bulunan ve 5 kanaldan oluşan bir algılayıcıdır. Döner mekanizmalı çalışan teleskop hem uçuşa dik doğrultuda tarama yaparken hemde nadire göre 8.54° eğik yönlendirme içinde kullanılabilir. TIR alt sistemi sapma düzeltmesi için asferik primer aynalı ve lensli Newton katadiyoptik sistemi kullanır.

3.1.4 Level 1A Görüntüsü

ASTER Level 1A ürünü, 3 teleskopun telemetri akışlarından ve bunlarla ilgili yersel çözünürlüklerinden elde edilen yeniden yapılandırılmış, işlenmemiş cihaz dijital verilerini içerir. Bunlar depacketize, demultiplexed ve yeniden düzenlenmiş görüntü verisinin geometrik düzeltme katsayıları ve radyometrik kalibrasyon katsayıları hesaplanmış ve eklenmiş fakat uygulanmamıştır. Ayrıca SWIR paralaks ve teleskop içi ve teleskopik kayıt bilgileri için düzeltmeler içerir. Bu veri seviyesi, doğru dijital yükseklik modelleri oluşturmakta kullanılabilir, ancak bantlar kaydedilmediği için spektral kullanımda değildir.

3.1.5 Level 1B Görüntüsü

ASTER L1B ürünü, daha önce L1A' daki 3 farklı teleskopun telemetri akışından elde edilen tüm kanallar için geometrik olarak birlikte kaydedilmiş veriler içermektedir. Bu ürün radyometrik kalibrasyon ve geometrik düzeltme katsayıları L1A verilerine uygulayarak oluşturulur. Tüm bantlar için hem teleskopa ait hem de teleskoplar arası kayıt düzeltmesi, her bir alt sistemin referans bandına göre gerçekleştirilmiştir. L1B radyans ürünü, L1A ürünüyle aynı çözünürlükte aynı sayıda bant sunar. L1B verileri daha yüksek olan L2 jeofizik ürünü üretmek için girdi sağlar. L1A olarak toplanan verilerin yalnızca yaklaşık% 20'si, L1 B'ye işlenmiştir.

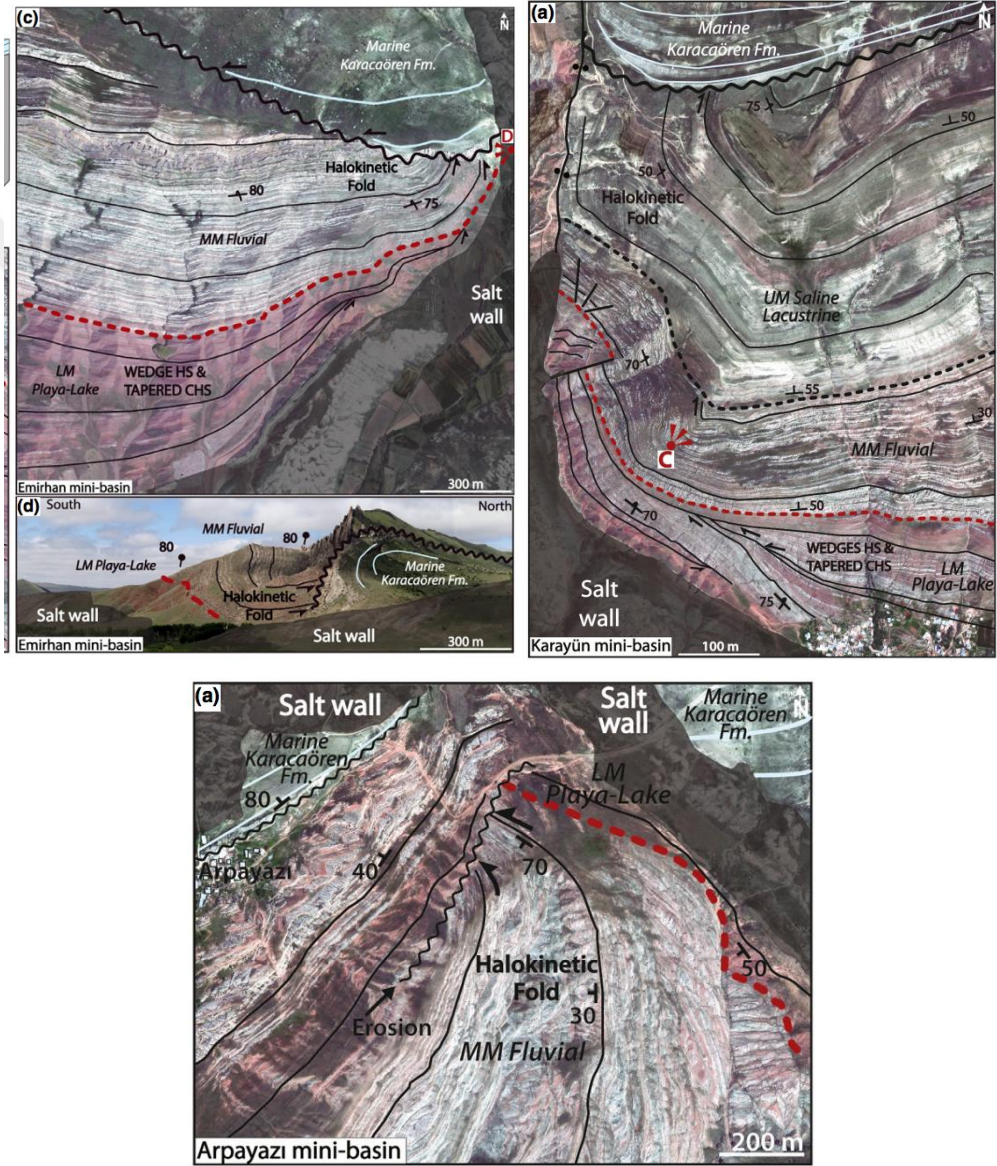
3.2 Görüntü Analizi

3.2.1 Görsel yorumlama

Jeolojide uzaktan algılama uygulamalarında genel olarak yeryüzü şekilleri, renk, ton, şekil, doku, yapı ve gölge gibi görüntü yorumlama bileşenleri kullanılarak öncelikle gri tonundaki tekil bantları ve daha sonra da RGB bileşiklerdeki görüntüleri gözle analiz edilir. Böylece kayalarda deformasyon sonucu meydana gelmiş yapılara ve kaya türü farklılıklarına ait ilksel özellikler ortaya çıkarılmış olur. Yaklaşık 700 km yüksekten alınan bu verilerin büyük alanlarda bölgesel ölçekte özellikleri çıkarabildiğini söylemek de yanlış olmaz.

Görsel yorumlama doğal olarak sayısal olarak kaydedilmiş uydu görüntüleri öncesindeki önemli bilgi kaynakları olan hava fotoğraflarıyla birlikte geniş kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Kurak iklim bölgelerine sahip dünyanın bir çok bölgesinde bitki örtüsünün de engelleyici durumunu eleyerek özellikle jeolojik birimleri ve yapıları belirli bir yükseklikten çıplak gözle ortaya çıkarmak özellikle jeologlara çok büyük avantajlar sağlamıştır. İnsan gözün ün renk ayırt etme yeteneği farklı birimlerin ayrımlarının sağlanmasına ve dolayısıyla da arazide yapılan litolojik ayırım yapılmasına olanak sağlamıştır. Çizgisellikler, eliptik ve dairesel gibi farklı geometrik şekillere sahip fay, kırık, dom, kıvrım gibi jeolojik yapıların saptanması ve sınırlarıyla beraber onları belirleyen doğrultu, gidiş eksenleri, eğim ve dalım gibi düzlemsel ve çizgisel yapı değişkenlerini de saptamak ve ölçmek çok daha kolay hale gelmiştir.

Renk, ton, şekil, boyut, gölge, drenaj ağı, yapı, doku gibi görsel yorumlama bileşenleri kullanılarak jeolojik yorumlamalar halen hava fotoğraflarında gerçekleştirilmekte ve aynı temel bileşenler uydu görüntülerinde de kullanılabilir. Yalnız dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan birisi hava fotoğrafları arasındaki farklılıklardır. Bunlar da ölçek ve dolayısıyla içerilen alan, çözünürlük, elektromanyetik bant aralığı gibi önemli parametrelerdir. Görsel yorumlama göz önüne alındığında; jeolojik haritada da görülebildiği gibi inceleme alanındaki tuz tektoniğinin örneklerini gösteren geometrik şekilleri izlemek, birimleri ve yapıları haritalamak oldukça kolaylaşmaktadır (Ribes ve diğ., 2015)



Şekil 3.2 İnceleme alanındaki Emirhan, Karayün ve Arpayazı mini havzalarında gözlenen halokinetik yapılardan örnekler (Ribes ve diğ., 2015)

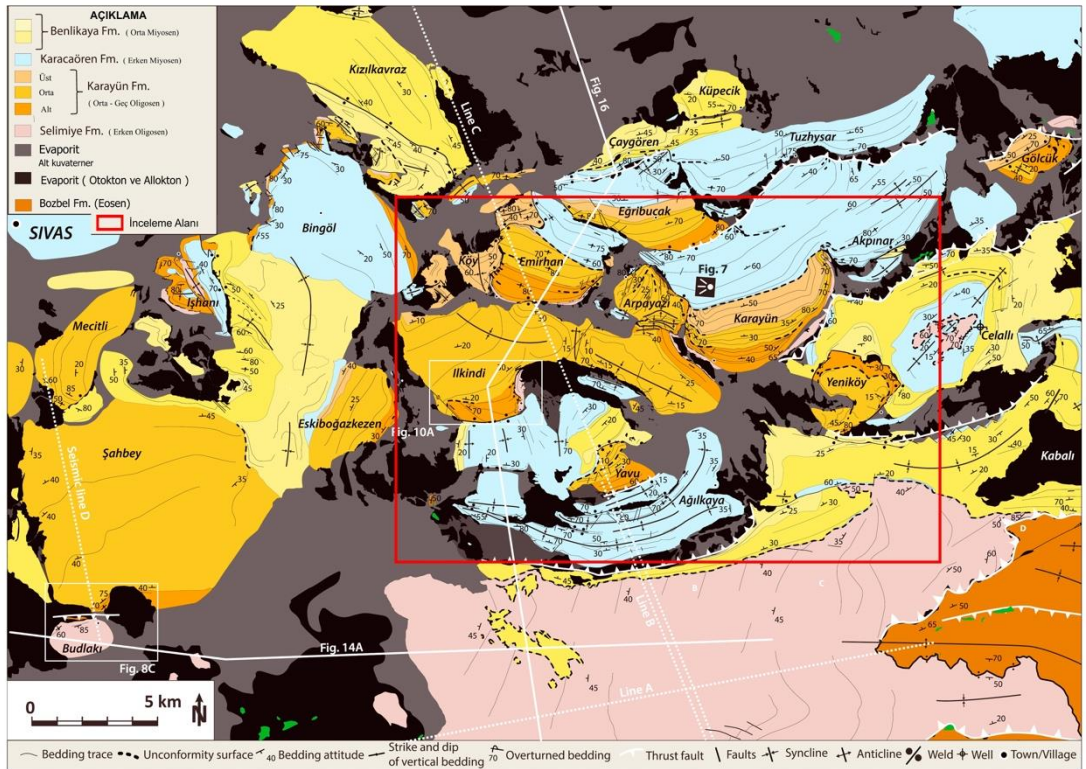
3.2.2 Sayısal görüntü işleme

Sayısal görüntü işleme görsel yorumlama teknikleri gibi jeologların görme yetenekleri ve edindikleri disiplin olan jeolojik alt yapılarından farklı olarak bilgisayarlara yüklenen halka açık veya profesyonel yazılımlarla uygulanabilen ve görüntüden insan gözü olmadan

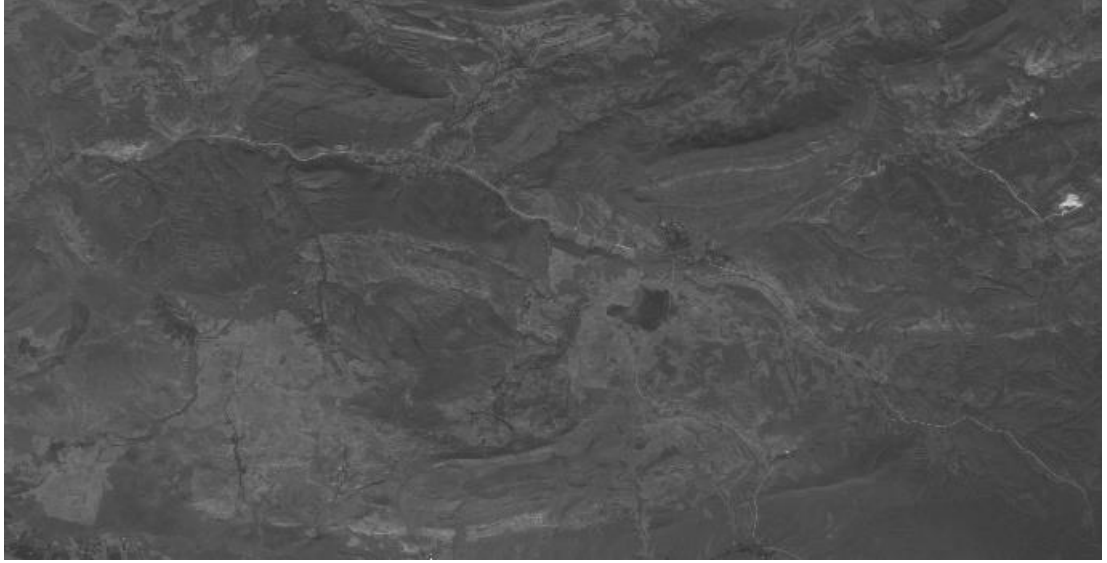
çıkarılabilecek bilgiler bütünü olarak tanımlanabilir. Bu bilgiler mekânsal veya spektral çözümlenmeler olarak adlandırılacak iki ana başlıkta bulunmakta olup farklı algoritmalarla desteklenen yazılımla ilgili parçalardır.

Bu tez kapsamında; bölgedeki jeolojik özellikleri daha da ortaya çıkarabilecek özelliklerle spektral görüntü işleme amaçlı yöntemler kullanılmıştır.

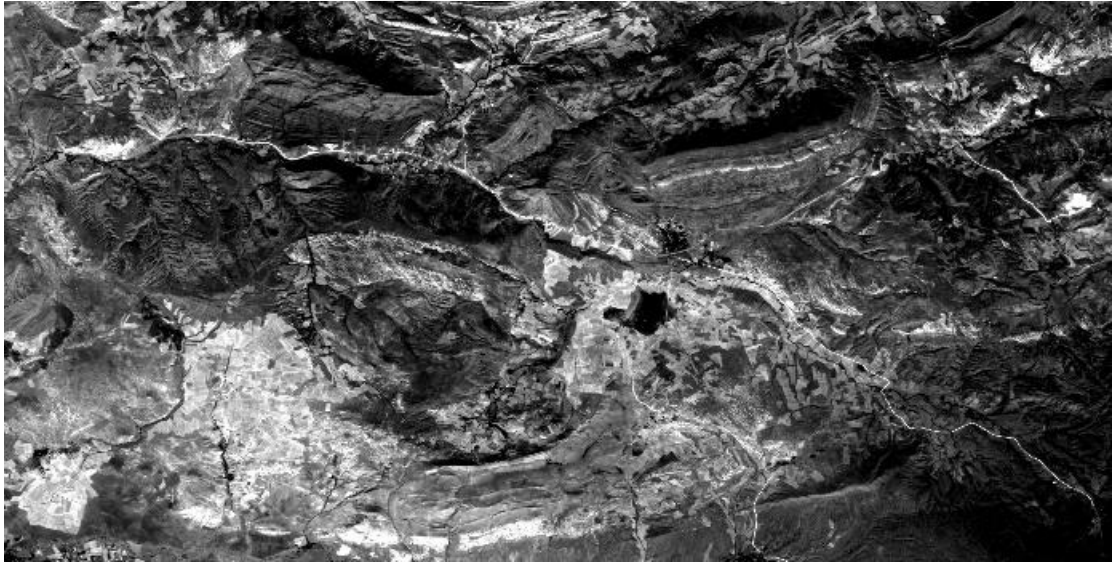
RASAT algılayıcısının 7.5 m yersel çözünürlüğe sahip pankromatik bandı sırasıyla mavi, yeşil ve kırmızı dalga boylarını da içine alır. Karşıtlığı (kontrast) oldukça düşük olan ve kesinlikle bir düzeltmeye ihtiyacı olan pankromatik banda (Şekil 3.4) kontrast uzanımı uygulanmasıyla ortaya çıkan karşılaştırmalı durum Şekil 3.5' de görülmektedir. Böylece, tüm çalışma alanını kapsayan görüntü çıplak gözle incelenebilir ve jeolojik yorumlama kıstasları kullanılarak değerlendirilebilir hale getirilmiştir. İnsan gözünün görüntülerdeki açık ve koyu renkli bölgeleri ayırma yeteneği olarak da adlandırılacak görüntü işleme yöntemlerinden birisi olarak karşıtlık uygulaması inceleme alanındaki jeolojik birim ve yapıların ortaya çıkarılması için gerekli olduğu açık bir şekilde gözlenmektedir.



Şekil 3.3 İnceleme alanının jeoloji haritası (Kergaravat ve diğ. 2016)

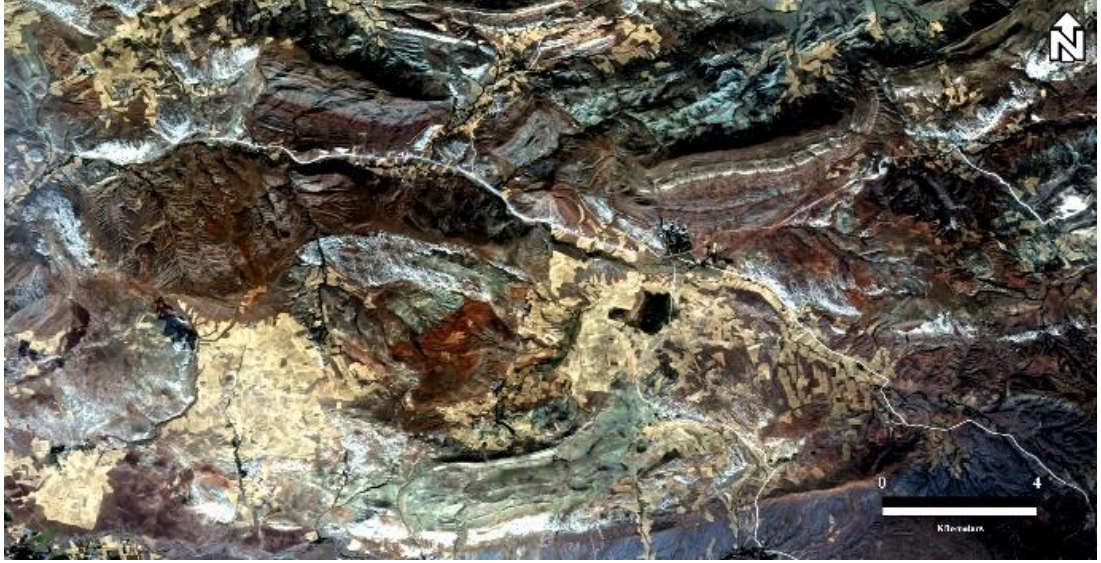


Şekil 3.4: İnceleme alanına ait RASAT pankromatik bantı



Şekil 3.5 İnceleme alanına RASAT görüntüsü pankromatik bandına kontrast uzanımı uygulanmış görüntü.

Elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinden alınan görüntülerinden en az üçünün sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi renklere (RGB) atanmasıyla elde edilen renk bileşikleri jeolojik çalışmalarda önemli bir analizi oluşturmaktadır. Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de inceleme alanının RASAT ve ASTER görüntülerinin 3 görünür bandı kullanılarak oluşturulan RGB renk bileşiği görülmektedir. Her iki uydu görüntüsünde de 15 m yersel çözünürlüğe sahip bu görüntü insan gözünün görebildiği alana karşı gelmekte olup bölgenin aynı ölçekteki jeolojik haritasıyla karşılaştırılmıştır (Şekil 3.3). Haritadaki her bir renk farklı yaştaki kaya türlerini ifade etmektedir.



Şekil 3.6 RASAT 321 (RGB görüntüsü)

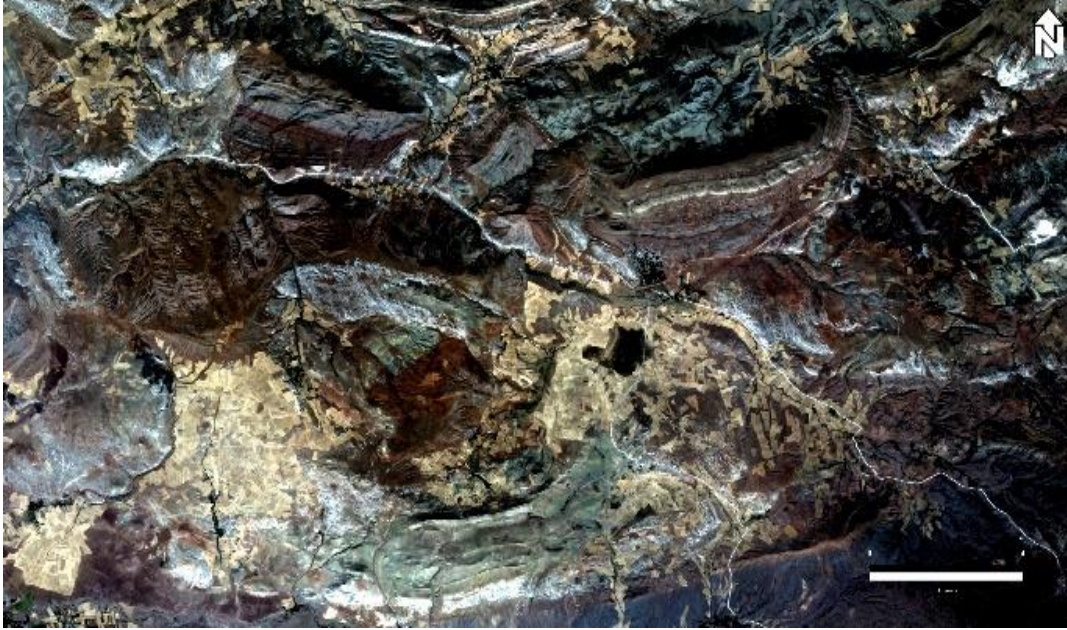


Şekil 3.7 ASTER 321 (RGB görüntüsü)

İki görüntü arasındaki farkları ise şu şekilde çözümlenmek mümkündür. Öncelikle ASTER görüntüsünde gözlenen kırmızıyla belirlenen alanların yakın kızıl ötesi bölgede yüksek yansımaya veren bitki örtüsüyle kaplı alanlar olduğunu ifade etmekte yarar vardır. Jeolojik yapı ve özellikleri engelleyici bir durumun pek gözlenmediği bu durum inceleme alanı ve yakın çevresindeki kurak ve yarı kurak iklim koşullarının etkin olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan RASAT görüntüsünün kombinasyonuna bakıldığında ise spektral açıdan daha zengin bir bilgi içeriği sunduğu bölgedeki kaya türlerinin bir göstergesi olarak görüntünün zengin farklı renk içeriğine yansıdığı da gözlenmektedir.

3.2.3 Görüntü kaynaştırılması (Image fusion)

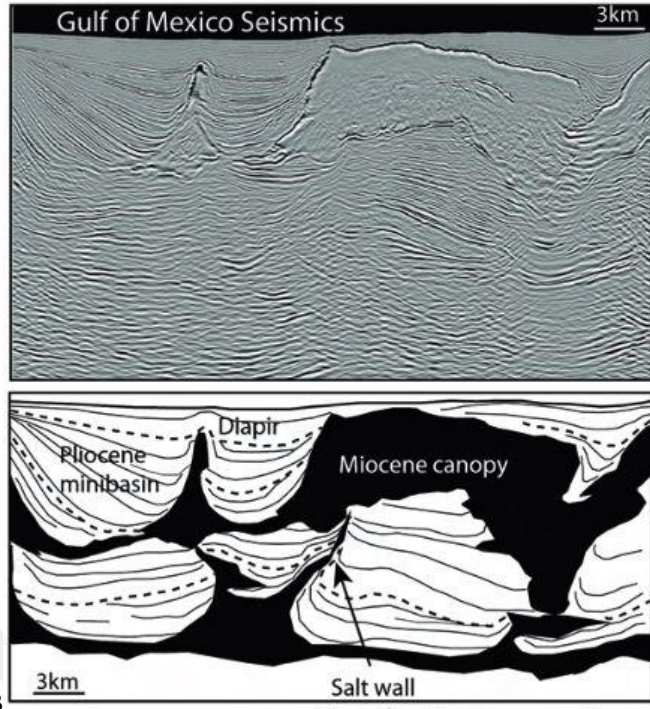
Jeolojik yapı ve kaya türü farklılıklarına görüntülerin katkısını çözümlenmeyi amaçlayan diğer karşılaştırmada ise yazılımda açılan RGB görüntüye pankromatik bandın intensity katman olarak eklenmesiyle yersel çözünürlüğün artırılması hedeflenmiş ve görüntü kaynaştırılması gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.8). Söz konusu görüntü bir önceki görüntüyle karşılaştırıldığında renk ve tonlarda meydana gelen kontrast farklılığının azalmasına rağmen mekansal açıdan çözünürlükte bir iyileşmenin ortaya çıktığı ve tanınabilir bindirme ve tuz yapıları gibi jeolojik özelliklerin daha da fazla vurgulandığı ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 3.8 RASAT 321 (RGB) görüntüsüne 7.5 m'lik pankromatik bandın kaynaştırımı

Bölgede harita düzleminde gözlenen özelliklerin Meksika Körfezi'nde gözlenen deniz altındaki diğer bir örneğiyle benzerlik (analoji) oluşturduğu gözlenmiş, böylece yapı ve kaya türü farklılıklarının kontrolü yatay ve düşey düzlem olmak üzere farklı bir açıdan sağlanmıştır (Şekil 3.9). Körfezde düşey düzlemde ve ancak jeofizik verilerle saptanabilen petrol ve doğal gaz kapanlarına ait yapıların (Şekil 3.8. A) böylece Emirhan (Sivas) yöresindeki yatay düzlemde yani yüzeydeki örnekleriyle birlikte ilişkili tuz ve bindirme yapılarının nasıl geliştiği rahatça izlenebilmiştir. Şekil 3.9 B'de, Meksika Körfezi'nin derinliklerinde düşey kesitte gözlenen mini havza gelişimlerinin Sivas Emirhan yöresinde yatay düzlemde görüldüklerini ifade etmekte fayda vardır. Bölgenin hem kolaylıkla arazide gözlemlenebilir olması hem de bölgede ilişkili tuz yapılarının yatay düzlemde ve uydu görüntülerinde açık bir şekilde görülmesi (Şekil 3.3) birbirlerinden binlerce km ötedeki tuz havzasının benzerliklerinin ortaya çıkarılmasını kolaylaştırmaktadır.

A)

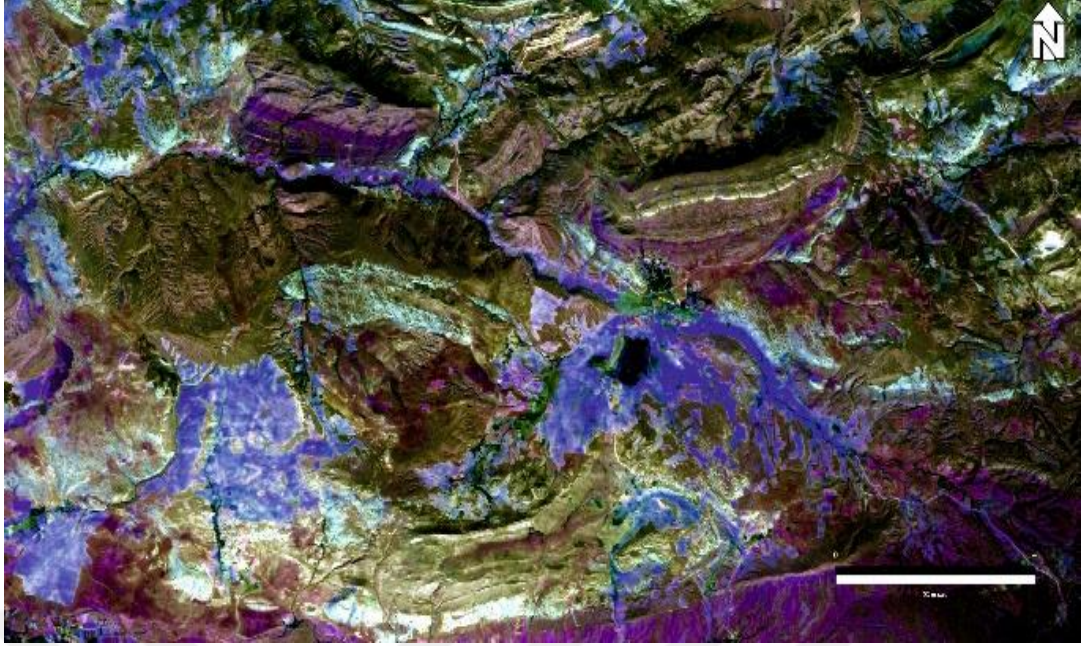


B

Şekil 3.9 Meksika Körfezi'nden alınan sismik kesit ve Emirhan bölgesiyle karşılaştırılabilecek yorum kesiti (Callot ve diğ., 2014)

Şekil 3.9'de de görüldüğü gibi, Meksika Körfezi'nde deniz altında düşey sismik kesitlerle ancak ortaya çıkarılabilen ve petrol açısından önemli olan mini havzaların Emirhan bölgesinde, harita düzleminde (Şekil 3.3) yatay olarak gözlenmektedir. Buradan yola çıkarak körfez ve Emirhan bölgesindeki tuz yapıları arasında benzerlik yaratılarak körfezdeki yapıların durum ve davranışlarının neler olabileceğine yönelik sağlıklı değerlendirmeler yapılmıştır (Kergaravat ve diğ., 2016).

Bu tez çalışmasındaki bir diğer önemli çözümlenme ise ülkemizin uzaya gönderdiği RASAT uydusunda bulunmayan orta kızıl ötesi bantların Landsat ETM+ algılayıcısından temin edilip incelenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Söz konusu uydunun 5. ve 7. (1.55-1.75 μm ve 2.09-2.35 μm) olarak bantlarının sırasıyla kırmızı ve yeşile RASAT'ın ise sadece mavi dalga boyunun eklendiği bir RGB bileşik oluşturulmuştur. Sonrasında bu bileşiğe yine intensity katman olarak RASAT uydusunun pankromatik bandı eklenmiş ve iki ayrı görüntü kaynaştırılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 RASAT ve Landsat ETM+ görüntülerinden oluşan inceleme alanına ait görüntünün pankromatik bantla görüntü kaynaştırılması

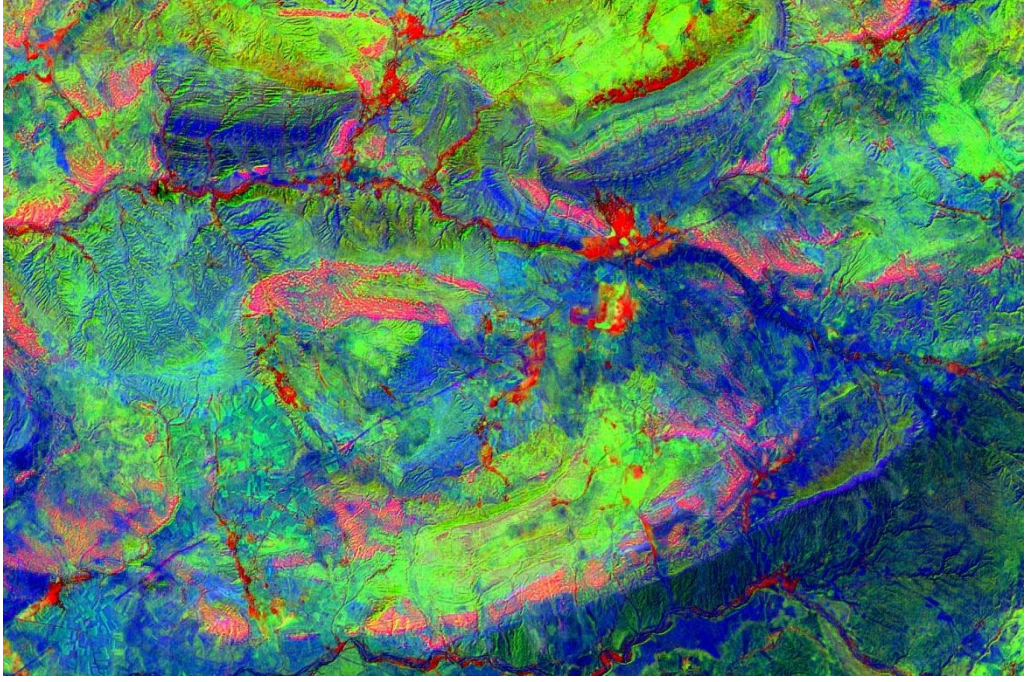
Bu görüntüde jeolojik bilgi içeriği daha da fazla artmıştır. Bunun nedenini ise, RASAT'ın görünür bölgede bulunan mavi bandına Landsat ETM+'ın orta kızılötesi bölgeyi temsil eden 5. ve 7. bantların eklenmesiyle kayaç türünü temsil eden renk ve ton farklılığının öncakilere göre daha da fazla ortaya çıkması olduğu söylenebilir. Bilindiği gibi, orta kızıl ötesine ait bant aralıkları jeolojik açıdan daha fazla bilgi içeriği olan veriyi de beraberinde getirir. Görüntüde açık veya koyu renkli alanlarda görülen ve kaya birimlerini temsil eden mekânsal ve spektral özelliklerin jeolojik haritayla birlikte yorumlanabilirliğinin daha da artmış olduğu gözlenmektedir.

3.2.4 Bant oranlama

Oranlama, görüntü işleme uygulamalarında spektral kanalların birbirine matematiksel olarak bölünmesiyle ifade edilir. Jeolojik malzemeler olarak nitelendirebileceğimiz kaya birimleri arasındaki spektral farklılıklar bant oranlaması ile daha da belirginleştirilir. Buna göre, yeryüzü nesnelere yüksek yansımaya değerinin düşük yansımaya değerindeki banda bölünmesiyle çalışma alanında bulunan farklı tür kayaç gruplarının yayılımları hakkında doğru yorumlar yapabilmeye imkan tanımaktadır. Bant oranlama ayrıca gölgeden dolayı meydana gelen ton farklılıklarını da göz ardı edip daha iyi bir yüzey yorumu sunar.

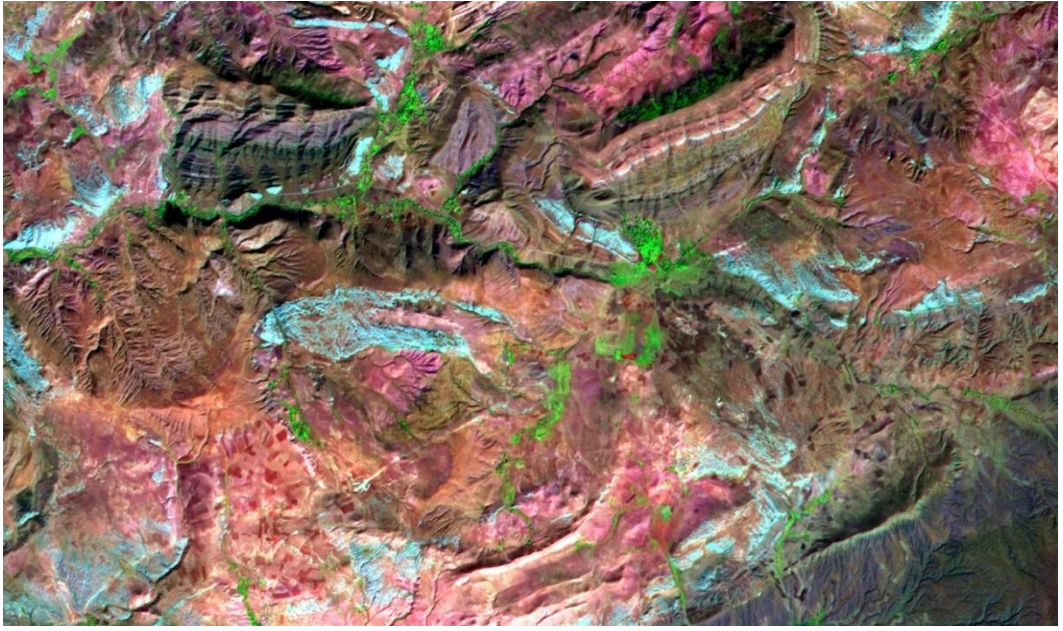
Elektromanyetik spektrumun dalga boylarındaki belirli absorpsiyon değeri, bazı kimyasal element ve iyonların içeriği, bazı elementlerin iyonik yüklemesi ve elementler arasındaki kimyasal bağların geometrisi neden olur (Introduction to Hyperspectral Imaging with TNTmips, 2008). Maddeler ve özellikle kil mineralleri ve demiroksit/hidroksit gibi hidrotermal alterasyon mineralleri belirli spektral aralıklarda absorpsiyon özellikleri gösterirler iken belirli spektral aralıklarda ise yüksek yansımaya özellikleri gösterirler. Materyallerin bant oranlaması yöntemi ile spektral özellikleri kullanılarak diğer kayaçlara göre daha belirgin hale getirilebilir.

Jeolojik uygulamalar için önemli olan ve bant oranlama işlemlerine örnek olarak verilebilecek, aşağıdaki örnekte Abram oranı (Abrams ve diğ., 1995) olarak bilinen ve ASTER görüntülerinde 4/7, 4/3, 2/1 (RGB) bant kombinasyonuna karşılık gelen renk bileşimi görülmektedir. Bu bileşikler oluşturulan 4/7 oranı kırmızı renk ile temsil edilmekte olup bitki örtüsüne karşılık gelmekte, 3/4 oranı kil ve karbonatlı kaya gruplarını ifade etmekte olup görüntüde yeşil renkli bölgelerin bu kayaları ifade ettikleri söylenebilir. 2/1 oranı ise demir içeriğinin yoğun olarak bulunduğu bölgeleri göstermekte olup görüntüde mavi renkte gözlenir.



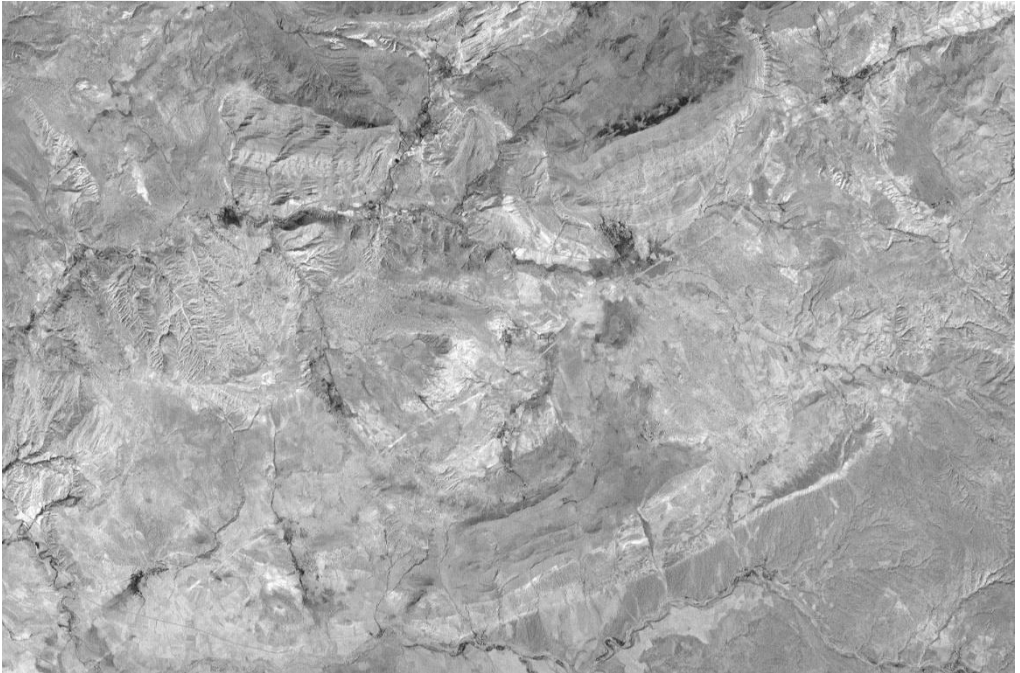
Şekil 3.11 ASTER 4/7, 4/3, 2/1 (RGB) kombinasyonu

Bu görüntü görsel olarak değerlendirildiğinde (Şekil 3.12), kahverengi bölge Karayün formasyonuna ait kanal yapılı kumtaşları ve çakıl taşlarıyla birleşmiş üyeyi temsil etmekte ve koyu yeşilimsi renkte görülen bölgelerde ise yine Karayün formasyonuna ait lakustrin, karbonat ve evaporit tabakalarıyla ara katkılı az sayıda kumtaşı ve çamur taşından oluşan bir üst üyeyi temsil eder. Pembemsi renkte olan bölgeler Karacaören formasyonuna ait bioklastik kumtaşları, tane taşları, resifal yamalar, marn ve evaporitlerden oluşur. Açık mavi renkte görünenler ise evaporitleri (otokton ve allokton) temsil etmektedir.

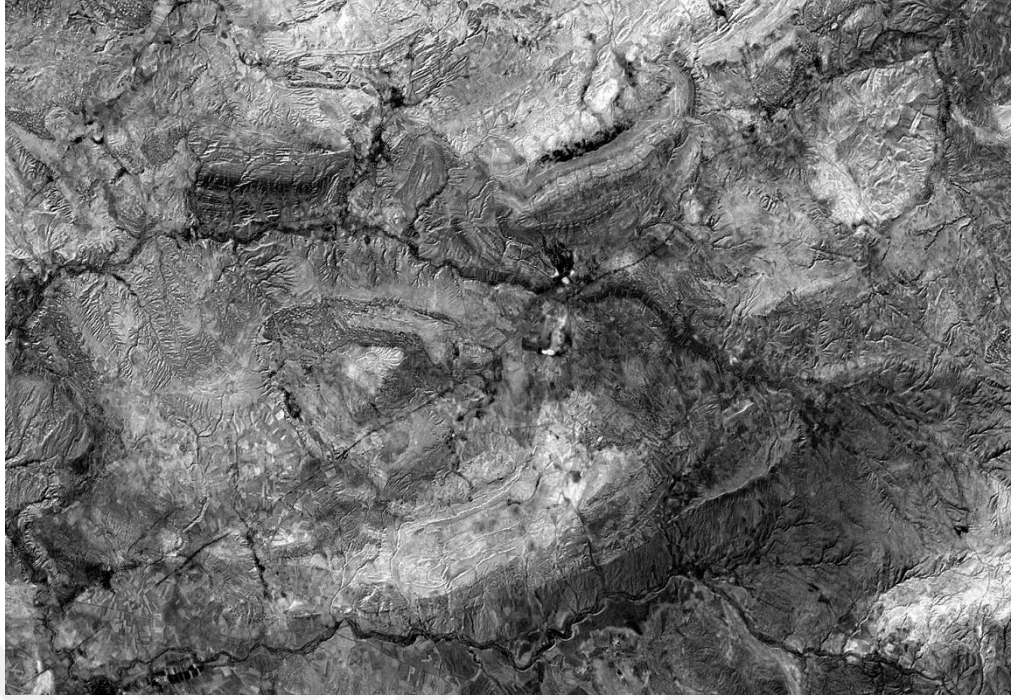


Şekil 3.12 ASTER 6,3,1 (RGB) bant kombinasyonu

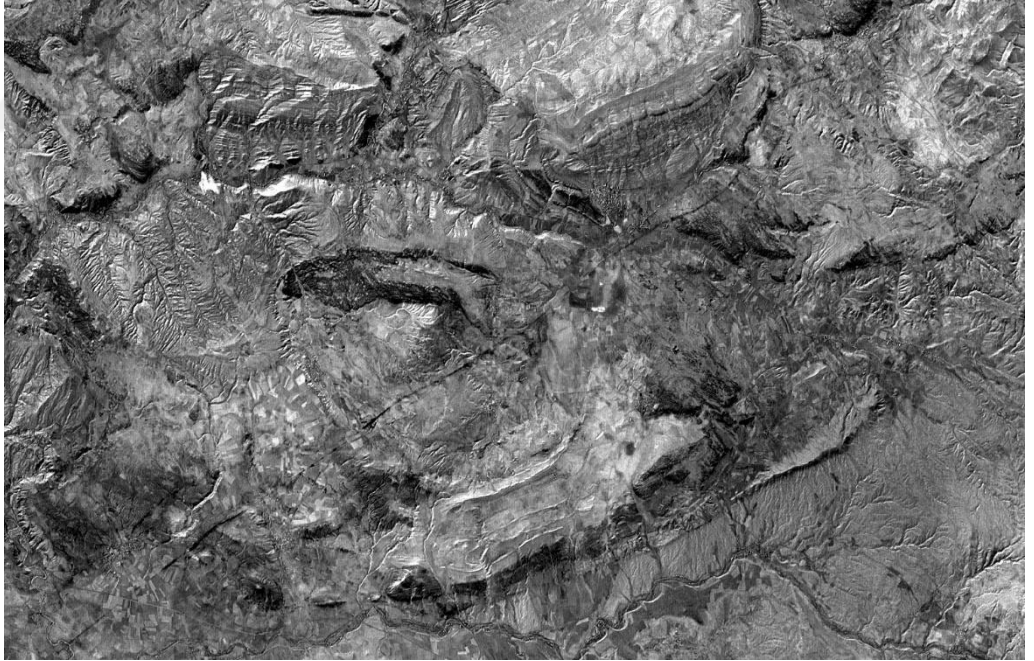
Demir oksit minerallerinin görünür yakın kızıl ötesinde (VNIR) özel spektral görünümü vardır. Bu özellik, hematit, limonit, götit, gibi demir oksit minerallerinin diğerlerinden ayırt edilmesinde kullanılabilir. Bant oranlama yöntemlerinin en iyi bilineni 2/1 oranı olup (Şekil 3.13) ferrik demirin ortaya çıkartılması amacıyla kullanılabilir (Rowan ve Mars, 2003). Bunun dışında 4/3 oranı demir oksit (Şekil 3.14), $(5/3)+(1/2)$ oranlaması ferro demir (Şekil 3.15) olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.13 2/1 bant oranlaması uygulaması



Şekil 3.14 4/3 bant oranlaması uygulaması



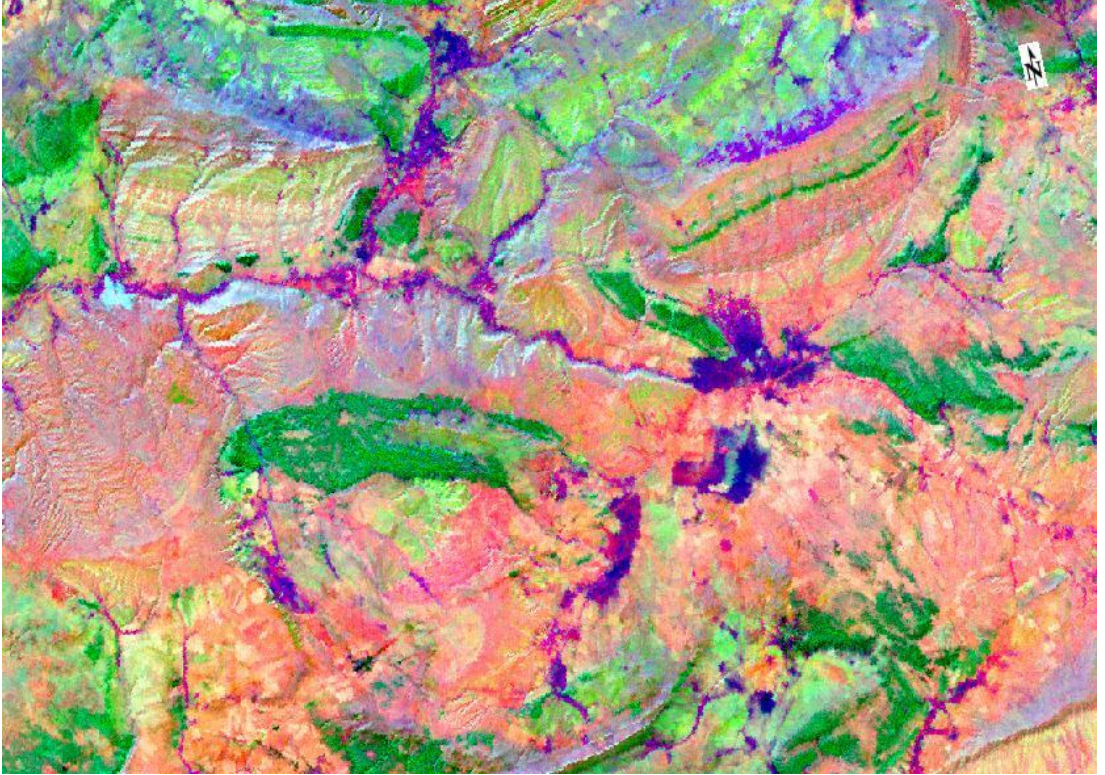
Şekil 3.15 (5/3) +(1/2) bant oranlaması uygulaması

3.2.5 Temel bileşen analizi

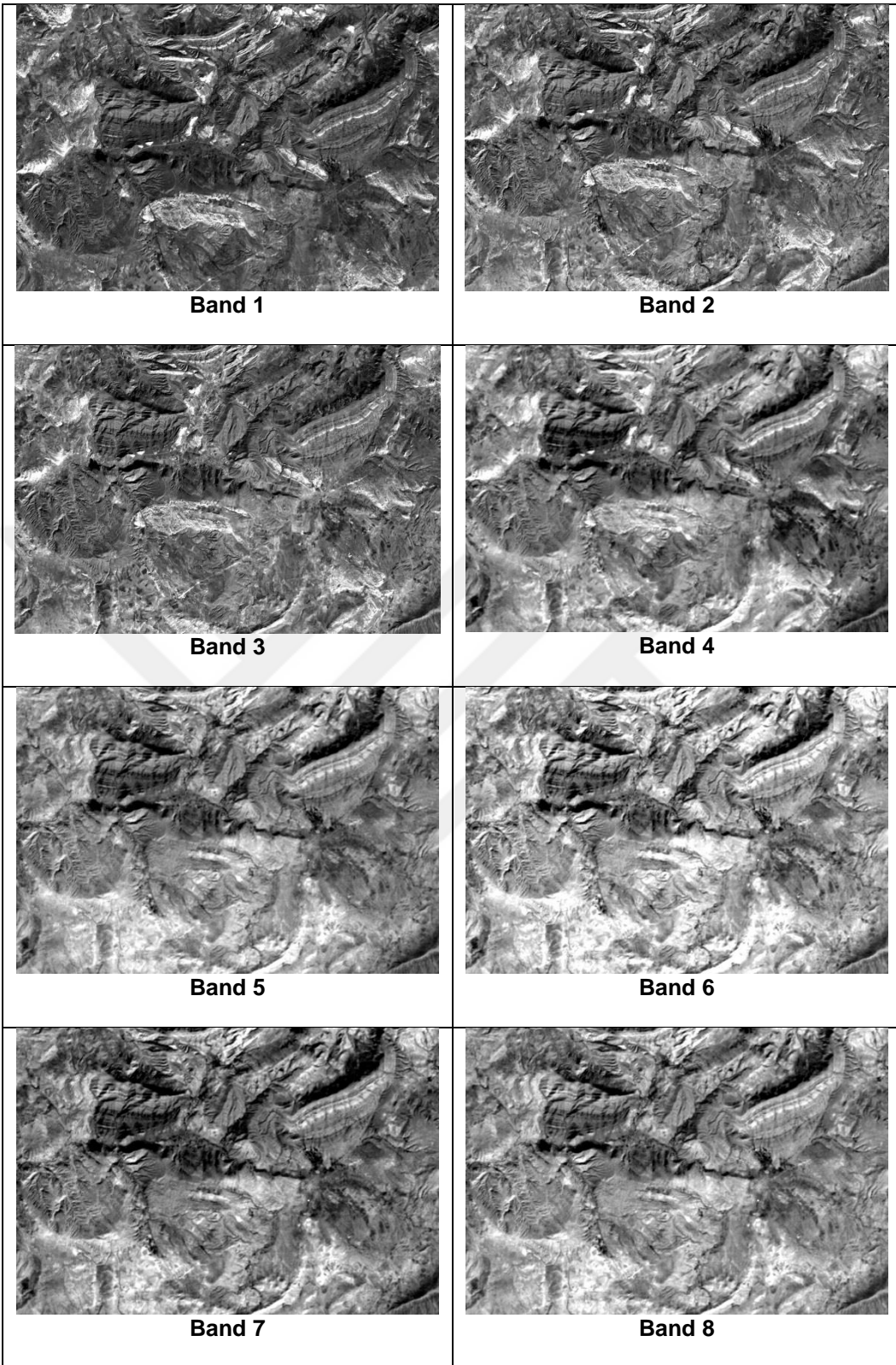
Temel bileşenler analizi, aralarında korelasyon bulunan değişkenler setini aralarında korelasyon olmayan yeni bir değişken setine dönüştüren istatistiksel bir tekniktir. PC dönüşümü genelde spektral fazlalığı azaltmak için kullanılır. Diğer bir anlatımla, verinin boyutunu (bant sayısını) azaltmakta önemlidir. Ayrıca PC dönüşümü, ham veride gizlenmiş ya da görülemeyen spektral özellikleri daha belirgin hale getirir. Analiz, benzer verileri sıkıştırarak

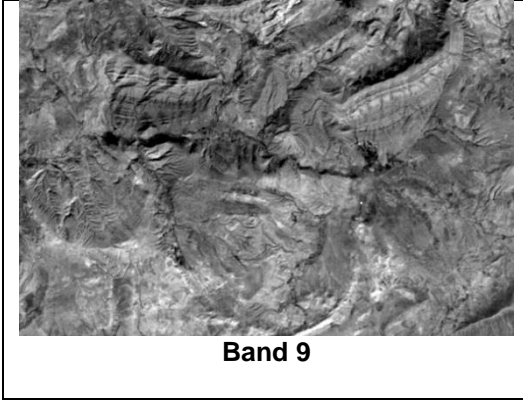
veri tekrarını önler ve orijinal veriden daha yorumlanabilir bir görüntü elde edilmesini sağlar. Bu teknik yüzey materyallerinin (hidrotermal alterasyon minerallerini belirlemek için) görsel olarak yorumlanmasında ve tanımlanmasında yararlıdır (Erdas Field Guide, 2003; Kariuki ve diğ., 2004; Abera, 2005).

İşlem sonucunda bölgede Evaporitler (Otokton ve allokton) bariz şekilde yeşil renkte diğer birimlerden ayrılmıştır. Ayrıca Karayün formasyonu ve Karacaören formasyonuna ait birimler kendi içerisinde farklı renk tonlarında ayrımlanmaları gözlenmiştir.

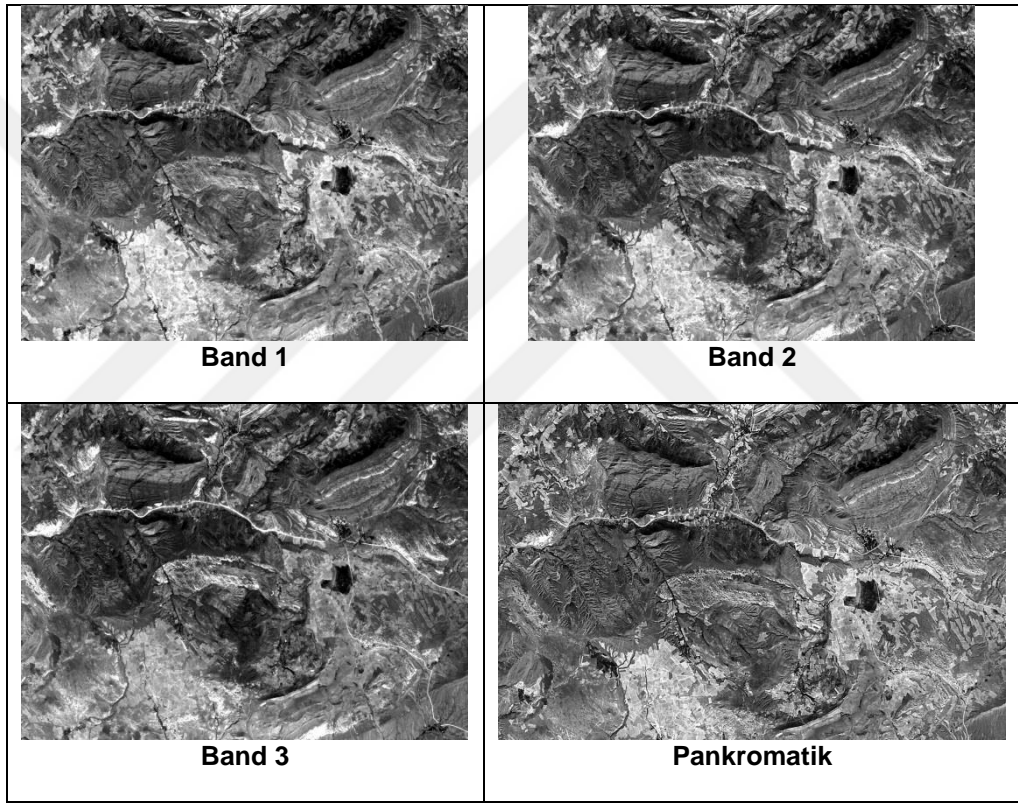


Şekil 3.16 Temel bileşen analizi (PCA) işlemi uygulaması





Şekil 3.17 Aster VNIR (band 1 band 2 band 3) SWIR (band 4 band 5 band 6 band 7 band 8 band 9) görüntüleri kontrast uzanımı gerçekleştirilmiş görüntüleri



Şekil 3.18 Rasat uydusu kontrast uzanımı gerçekleştirilmiş görüntüleri

4. SONUÇLAR

Jeolojik çalışmalarda uzaktan algılanmış görüntülerin kaya türlerinin ayrılması ve jeolojik yapıların ortaya çıkarılmasına katkısı çok büyüktür. Farklı uydulardan alınan görüntülerin kaynaştırılmasıyla jeolojik bilgi içeriğinin artırılabilirdiği söylenebilir. Bitki örtüsünün bulunmadığı bölgelerde görüntülerden yapılan jeolojik yorumlamalar daha kolay gerçekleşmektedir. Jeoloji gibi gözlem ve ölçüm gerektiren bilimlerde yer doğrulama çalışmalarının önemi büyüktür. Jeolojik amaçlı görüntü analizinde dikkat edilecek en önemli konulardan birisi, yerbilimci analistin yaptığı görsel yorumlama sonucu ortaya çıkardığı jeolojik bilgi içeriği ile görüntü işleme yöntemleri sonucunda ortaya çıkan ve analistin görsel olarak gerçekleştiremediği bilgi içeriğinin doğru bir şekilde birleştirilmesi ve yorumlanmasıdır. İnsan gözünün gri ve diğer renkleri ayırt etme kapasitesinin sınırlı kaldığı düşünüldüğünde bu işlemler sonunda ortaya çıkacak renk farklılıklarının ve görüntülerin, görüntülerde kaya türü farklılıklarına ve yapısal özellikleri daha iyi vurgulayacağı rahatlıkla söylenebilir.

Genel olarak bölgenin ayrıntılı olarak hazırlanmış jeoloji haritasıyla beraber görsel ve çeşitli görüntü işleme yöntemleri uygulanmış görüntülere bakıldığında bitki örtüsü yoğunluğunun çok az olmasının bu tür bölgelerin jeolojik açıdan yorumlanması için kazanımları açısından oldukça fazla olduğu dikkate çekmektedir.

Öte yandan uygulamaların her birisi jeolojik haritayla birebir incelendiğinde ise bölgedeki kaya türlerinin ve yapıların ortaya çıkarılan haritayla çok uyumluluk gösterdiği ve bir anlamda aslında uzaktan algılama uygulamalarının çok iyi bir oto kontrol yarattığını da söylemek mümkündür. Ayrıca arazide gerçekleştirilen jeolojik çalışmaların aslında yer doğrulaması olarak bildiğimiz çok önemli ve vazgeçilmez bir amaca hizmet ettiğini söylemek mümkündür. Görüntü işleme yöntemleri bu tezde olduğu gibi sayısal görüntülerin yer aldığı birbirinden farklı bilim dallarındaki disiplinlere uygulanabilmektedir. Jeoloji gibi büyük çoğunlukla doğadaki gözlem ve ölçümlere dayanan bilimlerde sonradan yazılım ve bilgisayar gibi veri çözümlene desteklerine geçiş kolay olmamakla beraber kendini geliştirmek isteyen jeologlar ve yer bilimciler için de her ne kadar yaklaşık 50 yıla varan bir geçmişi olsa da büyük fırsatlar sunabilmektedir.

Görüntü işleme yöntemleri jeolojik açıdan kaya birimlerinin ayrılmasına, topografyanın etkilerinin ortadan kaldırılmasına, ekonomik açıdan maden yataklarının göstergesi sayılabilecek ve yer bilimcileri sondaj ve jeofizik çalışmalarına yönlendirebilecek alterasyon zonlarının bulunmasına, kil, karbonat, sülfat ve demir gibi oluşumlarını görüntülerde vurgulamaya ve yükseklik, jeofizik gibi verilerle bütünleştirilmeye kadar farklı ve yararlı uygulama alanları sunmaktadır.

Tez çalışmasıyla Sivas Havzası'nın Türkiye Jeolojisi içerisindeki önemi anlaşılmış havzanın tektonostratigrafisinin tuz tektoniği ve bindirme tektoniği tarafında yönetildiği açık olarak anlaşılmıştır. Bu bölgede oluşan yapılar ayrıca bir açık hava müzesi oluşturduğundan jeolojik miras açısından da büyük bir öneme sahiptir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında; uzaktan algılamayla ilgili alınan teorik derslere ek olarak ASTER, Landsat ETM+ ve RASAT uyduları ve ürünleri hakkında kapsamlı bir bilgi sahibi

olunmuş ve görüntü işlem yöntemleriyle söz konusu uydu görüntüleri işlenmiştir. Böylece görsel olarak bir jeoloğun elde edebileceği bilginin elde edilebilmesi hakkında lisansüstü seviyede bir birikim ortaya çıkmıştır.

Tuz tektoniğinin gelişimi özellikle 1970' li yıllardan sonra daha fazla olmuş ve petrol-doğal gaz aramacılığı ile birlikte ekonomik ve bilimsel önemleri daha da fazla anlaşılmıştır. Günümüzde bu çalışmayı finanse eden ve Meksika Körfezi'ndeki yapılarla ilinti kurmak isteyen Fransız TOTAL gibi büyük arama şirketlerinin araştırma geliştirme çalışmalarına ayırdığı payların artmasıyla Sivas Havzası içerisinde bulunan Emirhan ve yöresindeki gibi halokinetik yapıların değeri ve önemi daha da anlaşılacaktır.

Türkiye'nin planlanabilecek yeni gözlem uydularında kısa ve orta kızıl ötesi bantların da yer alması ve hiperspektral nitelikteki algılayıcıların da üretilmesi jeolojik çalışmalar ve özellikle alterasyon zonlarıyla saptanabilecek maden yataklarının bulunması açısından bir hayli önemlidir ve ülkemizde önümüzdeki uzun dönemde yapılması planlanan uzay ve uydularla ilgili çalışmalarda algılayıcıların spektral aralık özellikleri için özellikle önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abera, G.B.**, (2005), "Application of Remote sensing and Spatial Data Integration Modeling to Predictive Mapping of Apatite-Mineralized zones in the Bikilal Layered Gabbro Complex, Western Ethiopia", *International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede*, The Netherlands.
- Abrams, M., Hook, S.J.**, (1995). Simulated ASTER data for geologic studies. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 33, pp. 692–699.
- Aktimur, H.T.**, (1988). 1/100 000 Ölçekli açınısıma nitelikli *Türkiye jeoloji haritaları serisi Sivas F-24 paftası*. MTA 11s.
- ASTER Users Guide**, Parth II, 2003, ver. 4.
- Barde J.-P., Chamberlain P., Galavazu M., Gralla P., Harwijanto J., Marsky J. ve Van Den Belt F.** (2002). – Sedimentation during halokinesis: Penno-triassic reservoirs of the Saigak field, Pre- caspian, Kazakhstan. - *Pet. Geosci* 8, 177-187
- Callot, JP., Ribes, C., Kergaravat, C., Bonnel, C., Temiz, H., Poisson, A., Vrielynck, B Ringenbach, JC.**,(2014) The Sivas Basin (Turkey): walking across salt canopies and minibasins. *Bull. Soc. Geol. France*, 85(1), 35-42,.
- Cambridge University Press**, 2011
- Cater, J.M.L., Hanna, S.S., Ries, A.C. ve Turner, P.** (1991), Tertiary evolution of the Sivas Basin, central Turkey. *Tectonophysics*, 195, 29-46s.
- Cicekliyurt, S.B., Kavak, K.S., Callot, JP., Ringenbach, JC.**, 2016. Detection and discrimination of complex thrust and salt tectonics structures using field data and RASAT images around the Emirhan region (Sivas, Turkey) *IEEE –XPLORE* ; 978-1-5090-1679/16/\$31.00).
- Çubuk Y** (1994). Tectonostratigraphic studies on the Miocene sequences around Bogazören (İmranlı), and Karayün (Hafik) (East of Sivas) (in Turkish with English abstract) Unpubl. PhD Thesis, *University Cumhuriyet*, Sivas, 125 pp
- Çubuk, Y. ve İnan, S.** (1998). İmranlı ve Hafik (Sivas) Güneyinde Miyosen Havzasının Stratigrafik ve Tektonik Özellikleri. *MTA Dergisi* 120, s. 45–60.
- Dilek, Y., P. Thy, B. Hacker, ve Grundvig S.** (1999), Structure and petrology of Tauride ophiolites and mafic dike intrusions 761 (Turkey): Implications for the Neotethyan ocean, *Geological Society of America Bulletin*, 111(8), 1192-1216.
- Drury, S.A.**, (2001) Image interpretation in Geology. 3rd edition. *Nelson Thornes*, Cheltenham, UK.
- Erdas Field Guide**, (2003), Seventh Edition, Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC, Atlanta, Georgia, USA.
- Erkan, E., Özer, S., Sümengen, M. ve Terlemez, T.** (1978). Sarız-Şarkışla- Gemerek-Tomarza arasının temel jeolojisi, *MTA. Rap.*, no, 6546(yayımlanmamış).
- Geuzou, J.-C., Temiz, H., Poisson, A., ve Gürsoy, H.** (1996). Tectonics of the Sivas basin: The Neogene record of the Anatolian accretion along the inner Tauric suture. *International Geology Review*, 38(10), 901–925.

- Giles, K. A., M. G. Rowan** (2012), Concepts in halokinetic-sequence deformation and stratigraphy, in Salt Tectonics, Sediments and Prospectivity, edited by G. I. Alsop et al., *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 363, 7–31.
- Gökçe, A. ve Ceyhan, F.**, (1988). Sivas güneydoğusundaki Miyosen yaşlı jipsli çökellerin stratigrafisi, yapısal özellikleri ve oluşumu: *Cumhuriyet Üniv. Müh. Fak., Yerbilimleri Dergisi.*, 5/1, 91-113.
- Gökçen, S. L., ve Kelling, G.** (1985). Oligocene deposits of the Zara-Hafik region (Sivas, Central Turkey): evolution from storm-influenced shelf to Evaporitic basin. *Geologische Rundschau*, 74(1), 139–153.
- Gökten, E.** (1978), Yassıpınar (Şarkışla) olistostromu: *Türkiye Jeol.Kur.Bült.*,21, 153-158.
- Gökten, E.** (1983). Şarkışla (Sivas) güney-güneydoğusunun stratigrafisi ve jeolojik evrimi. *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 26, 167-176s.
- Gökten, E.** (1984). Şarkışla (Sivas) yöresinin tektoniği: *Jeoloji Mühendisliği Derg.*, 20, 3-9.
- Gökten, E.** (1993). Yıldızeli (Sivas) güneyinde Akdağ metamorfileri ve örtü kayalarının stratigrafisi ve tektoniği. *TJK Bulletin*, 36, 1, p. 83–93.
- Görür, N., F. Oktay, I. Seymen, ve Şengör, A.** (1984), Palaeotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey: sedimentary record of a Neo-Tethyan closure, *Geological Society, London, Special Publications*, 17(1), 467- 771 482.
- Gündoğan, I., Önal, M., ve Depçi, T.** (2005). Sedimentology, petrography and diagenesis of Eocene–Oligocene evaporites: The Tuzhisar formation, SW Sivas Basin, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25(5), 791–803.
- Gürer, D., D. J. Hinsbergen, L. Matenco, F. Corfu, and A. Cascella** (2016), Kinematics of a former oceanic plate of the Neotethys 777 revealed by deformation in the Ulukışla basin (Turkey), *Tectonics*, 35(10), 2385-2416.
- Gürsoy, H.**, (1986). Örenlice - Eskiköy (Sivas) yöresinin stratigrafik ve tektonik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas (yayımlanmamış).
- Gürsoy, H., Temiz, H., ve Poisson, A. M.**, (1992). Recent faulting in the Sivas area (Sivas Basin, Central Anatolia - Turkey). *C.Ü. Müh. Fak. Derg.*, Seri A, Yerbilimleri, c. 9,s. 1, 11-17s.
- İnan, S.** (1988). Tecer kireçtaşı formasyonunun yapısı hakkında bir yorum: *Cumhuriyet Üniversitesi Müh. Fak. Derg. Seri A, Yerbilimleri*, 5/1, 49–56, Sivas.
- İnan, S.** (1993). Sivas Baseni güneydoğusunun yapısal evrimi; *C. Ü. Müh. Fak. Seri A, Yerbilimleri Derg.* 10, 13–22, Sivas.
- İnan, S., Öztürk, A ve Gürsoy, H.**, (1993). Ulaş-Sincan (Sivas) yöresinin stratigrafisi; *Doğa, Türk Yerb. Derg.*, 2, 1- 15, Ankara.
- Jackson, M,P,A., Talbot, C, J.**, (1991) A glossary of salt tectonics Univ. *Texas at Austin, Bur. Econ. Geol., Geol. Circ.* 91-4 s 44

- Kariuki, H.C., Clennon, J., Melinda S.B., Uriel, K., Sturrock, R.F., Ouma, J., Tosha Malick Ndzovu, Saidi., Mungai, P.L., Hoffman, O., Hamburger, J., Pellegrini, C., Muchiri, E., King, C.,** (2004). Distribution Patterns and Cercarial Shedding of *Bulinus Nasutus* and Other Snails in the Msambweni Area, Coast Province, Kenya. *The American journal of tropical medicine and hygiene*. 70. 449-56.
- Kavak, K.S.,** (1998), Uzaktan Algılama'nın Temel Kavramları ve Jeolojideki Uygulama Alanları, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 52, 63-74
- Kavak, K.S., Inan, S.** (2002), "Enhancement Facilities of SPOT XS Imagery in Remote Sensing Geology: An Example from the Sivas Tertiary Basin (Central Anatolia /Turkey)", *International Journal of Remote Sensing*, Vol: 23, No:4, S701-710.
- Kavak, K.S.,** (2005) "Recognition of Gypsum Geohorizons in the Sivas Basin (Turkey) using ASTER and Landsat ETM+ Images", *International Journal of Remote Sensing*, Vol:26, No:20, S4583-4596.
- Kergaravat, C., Ribes, C., Callot, JP., Ringenbach, JC.,** (2016), Large and small scale structural evolution of salt controlled minibasins in a fold and thrust Belt setting : the case of the Sivas Basin Turkey. *78th EAGE conference, Salt Tectonics – From Subsurface and Outcrop Observations to Modelling*, Vienna April
- Kergaravat, C., Ribes, C., Legeay, E., Callot, JP., Kavak, K.S., Ringenbach, JC.,** (2016). Minibasins and salt canopy in foreland fold and thrust belts : the central Sivas Basin, Turkey. *Tectonics*, 35, doi:10.1002/2016TC004186.
- Kergaravat, C., Ribes, C., Callot, J. P., ve Ringenbach, J. C.** (2017). Tectono-stratigraphic evolution of salt-controlled minibasins in a fold and thrust belt, the Oligo-Miocene central Sivas Basin. *Journal of Structural Geology*, 102, 75–97.
- Kurtman, F.** (1973). Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı. *MTA Dergisi*, 80, 1-32s.
- Lefebvre, C., A. Barnhoorn, D. J. van Hinsbergen, N. Kaymakçı, and R. L. Vissers** (2011), Late Cretaceous extensional denudation along a marble detachment fault zone in the Kırşehir massif near Kaman, central Turkey, *Journal of Structural Geology*, 33(8), 1220-1236.
- Legeay, E., Pichat, A., Kergaravat, C., Ribes, C., Callot, JP., Ringenbach, JC., Bonnel, C., Hoareau, G., Poisson, A., Mohn, G., Crumeyrolle, P., Kavak, K.S., & Temiz, H.,** (2018): Geology of the Central Sivas Basin (Turkey), *Journal of Maps*, DOI: 10.1080/17445647.2018.1514539
- Legeay, E., Ringenbach, JC., Kergaravat, C., Pichat, A., Mohn, G., Verges, J., Kavak, K.S., Callot, JP.,** (2019), Structure and kinematics of the Central Sivas Basin (Turkey): Salt deposition and tectonics in an evolving fold-and-thrust belt, *Geological Society Of London Lyell Collection Special Publications*, 490
- Okay, A.I.,** (2008), Geology of Turkey: A synopsis. *Anschnitt*, 21, 19-42.
- Okay, A. I., ve Nikishin A. M.** (2015), Tectonic evolution of the southern margin of Laurasia

- in the Black Sea region, *859 International Geology Review*, 57(5-8), 1051-1076.
- Özgül, N.** (1981). Munzur dağlarının jeolojisi. *MTA Raporu*, No 6995, Ankara (yayınlanmamış).
- Parlak, O., F. Karaoğlan, T. Rızaoğlu, U. Klötzli, F. Koller, and Z. Billor** (2013), U–Pb and 40 Ar–39 Ar geochronology of the ophiolites and granitoids from the Tauride belt: implications for the evolution of the Inner Tauride suture, *Journal of Geodynamics*, 65, 22-37.
- Pichat, A.** (2017). Dynamique des systèmes évaporitiques d'un bassin d'avant-pays salifère et processus diagénétiques associés au contexte halocinétique : exemple du bassin de Sivas en Turquie. (PhD Thesis). *University of Pau*, France.
- Pichat, A., Hoareau, G., Callot, J. P., Legeay, E., Kavak, K. S., Révillon, Ringenbach, J. C.** (2018). Evidence of multiple evaporite recycling processes in a salt-tectonic context, Sivas Basin, Turkey. *Terra Nova*, 30(1), 40–49.
- Poisson, A., Guezou, J.C., Temiz, H., Gürsoy, H., İnan, S., Öztürk, A., Kavak, K. ve Özden, S.** (1996). Tectonic setting and evolution of the Sivas basin, Central Anatolia, Turkey. *International Geological Review*, 38, 838–853.
- Poisson, A., Wernli, R., Lozouet, P., Poignant, A. ve Temiz, H.** (1997). Nouvelles données stratigraphiques concernant les formations oligo-miocenes marines du bassin de Sivas (Turquie). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 325, 869–875.
- Poisson, A., Vrielynck, B., Wernli, R., Negri, A., Bassetti, M.- A., Büyükmeriç, Temiz, H.** (2016). Miocene transgression in the central and eastern parts of the Sivas Basin (Central Anatolia, Turkey) and the Cenozoic palaeogeographical evolution. *International Journal of Earth Sciences*, 105(1), 339–368.
- Ribes, C., Kergaravat, C., Bonnel, C., Crumeyrolles, P., Callot, JP., Poisson, A., Temiz, H. Ringenbach, JC.,** (2015). Fluvial sedimentation in a salt controlled mini-basin: Stratal patterns and facies assemblages, Sivas Basin, Turkey. *Sedimentology*, doi 10.1111/sed.12195 2015.
- Ribes, C., Kergaravat, C., Crumeyrolle, P., Lopez, M., Bonnel, C., Poisson, A., Kavak, K., Callot, JP., Ringenbach, JC.** (2016) Controlling factors on fluvio-lacustrine sedimentation in salt-related mini-basins in a compressive setting, the case study of the Sivas mini-basins. *Basin Research*. DOI: 10.1111/bre.12171.
- Ribes, C., Kergaravat, C., Crumeyrolle, P., Lopez, M., Bonnel, C., Poisson, Ringenbach, J.C.** (2017). Factors controlling stratal pattern and facies distribution of fluviolacustrine sedimentation in the Sivas mini-basins, Oligocene (Turkey). *Basin Research*, 29(S1), 596–621.
- Ribes, C., Lopez, M., Kergaravat, C., Crumeyrolle, P., Poisson, A., Callot, J. P. Ringenbach, J. C.** (2018). Facies partitioning and stratal pattern in salt-controlled marine to continental mini-basins: Examples from the Late Oligocene to Early Miocene of the Sivas Basin, Turkey. *Marine and Petroleum Geology*, 93, 468–496.

- Ringenbach, J.C., Callot, J.P., Salel, J.F., Kergaravat, C., Ribes, C., Bonnel, C.,** (2014) Salt tectonics in the Sivas Basin (Turkey): open-air museum of seismic analogue. *EAGE Special workshop*, Abu Dhabi, April 2014.
- Robertson, H. F. A., E. Dixon, J., Brown, S., Collins, Alan., Morris, Antony., Pickett, E., Sharp, Ian., Ustaömer, Timur.** (1996), Alternative tectonic models for the Late Palaeozoic - Early Tertiary development of Tethys in the Eastern Mediterranean region. *Geological Society London Special Publications*. 105. 239-263. 10.1144/GSL.SP.1996.105.01.22.
- Robertson, A. H. F.** (2002), Overview of the genesis and emplacement of Mesozoic ophiolites in the Eastern Mediterranean 919 Tethyan region, *Lithos*, 65(1), 1-67.
- Rowan, L.C., Hook, S.J., Abrams, M.J., ve Mars, J.C.,** 2003. Mapping hydrothermally altered rocks at Cuprite, Nevada, using the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), a new satellite-imaging system: *Economic Geology*, v. 98, no. 5, p. 1019-1027.
- Rowan, L. C., Mars, J. C.,** (2003). Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data, *Remote Sensing of Environment* 84, 350-366.
- Saura, E., Ardevol, L., Teixell, A., Verges, J.,** (2015) Rising and falling diapirs, shifting depocenters, and flap overturning in the Cretaceous Sopeira and Sant Gervàs subbasins (Ribagorça Basin, southern Pyrenees), *Tectonics*, 35, 638-662
- Sirel, E., Ozgen Erdem, N., ve Kangal, O.** (2013). Systematics and biostratigraphy of Oligocene (Rupelian-Early Chattian) foraminifera from lagoonal-very shallow water limestone in the eastern Sivas Basin (central Turkey). *Geologia Croatica*, 66(2), 83–110.
- Şengör, A., ve Yılmaz Y.,** (1981), Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75(3), 181-241.
- Teke, M.,** “Satellite Image Processing Workflow For Rasat and Göktürk-2”, *Journal of Aeronautics and Space Technologies Vol.9, No:1,2016*
- Temiz, H.** (1996). Tectonostratigraphy and thrust tectonics of the central and eastern parts of the Sivas Tertiary basin, Turkey. *International Geology Review*, 38, 957–971.
- Tüysüz, O., Barka, A. A., Yigitbas, E.,** (1998). Geology of the Saros Graben and its implications for the evolution of the North Anatolian Fault in the Ganos-Saros region, Northwestern Turkey, *Tectonophysics*, 293, 105–126
- Ustaömer, T. M., ve Robertson A. H.,** (2010), Late Palaeozoic-Early Cenozoic tectonic development of the Eastern Pontides 957 (Artvin area), Turkey: stages of closure of Tethys along the southern margin of Eurasia, *Geological Society, 958 London, Special Publications*, 340(1), 281-327.
- Van Hinsbergen, D. J. J., M. Maffione, A. Plunder, N. Kaymakçı, M. Ganerød, B. W. H. Hendriks, F. Corfu, D. Gürer, G. I. Gelder, and K. Peters** (2016), Tectonic

evolution and paleogeography of the Kırşehir Block and the Central Anatolian Ophiolites, Turkey, *Tectonics*, 35(4), 983-1014.

Yalınız, M. K., Göncüoğlu M. C., Ozkan S. (2000), Formation and emplacement ages of the SSZ-type Neotethyan 987 ophiolites in Central Anatolia, Turkey: palaeotectonic implications, *Geological Journal*, 35(2), 53-68.

Yılmaz, A., Uysal, Ş., Göç, D., Aydın, N. (1989-1997). 1:100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları F-23 ve F-24 Paftaları. Ankara: *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü*.

Yılmaz, P.O. ve Sungurlu, O., (1991). Turkish Sedimentary Basins: Tectonic Framework and Hydrocarbon Potential, Ozan Sungurlu *Symposium Proceedings Book*, p. 2946.

Url-1 < https://www.nasa.gov/mission_pages/terra/spacecraft/index.html >, alındığı tarih: 02.04.2019

Url-2 < <https://search.earthdata.nasa.gov> >, alındığı tarih: 05.02.2019



ÖZGEÇMİŞ



Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Salim Burak ÇİÇEKLYURT
Doğum Yeri ve Tarihi	Sivas, 19.07.1986
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Mehmet Akif Ersoy Mah. Sultan Şehir Bulvarı No:55 Demir Apt. D.3 Merkez/Sivas
E-posta Adresi	Salim.burak@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Sivas Lisesi, 2004
Lisans	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, 2014
Yüksek Lisans (Tezsiz)	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, 2016

İş Tecrübesi

Hip-ar Adi ortaklığı	İş Güvenliği Şefi, 2018
Ticari İşletmesi	

Kongreler ve Bildiriler

Uluslararası	Detection and discrimination of complex thrust and salt tectonics structures using field data and RASAT images around the Emirhan region (Sivas, Turkey) 24. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı
--------------	--