



**GNSS ÖLÇÜLERİYLE FAYLARIN İZLENMESİ: KARABURUN FAYI
ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Umre Selin KAVAK

Danışman

Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ocak 2020

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GNSS ÖLÇÜLERİYLE FAYLARIN İZLENMESİ: KARABURUN
FAYI ÖRNEĞİ

Umre Selin KAVAK

Danışman
Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ocak 2020

TEZ ONAY SAYFASI

Umre Selin KAVAK tarafından hazırlanan “GNSS ÖLÇÜLERİYLE FAYLARIN İZLENMESİ: KARABURUN FAYI ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 16/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

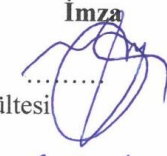
Danışman : Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Başkan : Doç. Dr. Tamer BAYBURA
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih TAKTAK
Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

İmza



Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki 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 eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

16/01/2020



İmza

Umre Selin KAVAK

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

GNSS ÖLÇÜLERİYLE FAYLARIN İZLENMESİ: KARABURUN FAYI ÖRNEĞİ

Umre Selin KAVAK
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Bu araştırmada, Karaburun fayı yakın çevresine daha önceki çalışılarda kullanılmak üzere tesis edilen 6 adet GNSS ölçü noktası kullanılmıştır. (2018-2019 yılları arasında) 3 kampanya GNSS ölçüleri yapılarak noktaların hızları tespit edilmiştir. elde edilen hızlar yardımıyla yamulma analizi yapılmıştır. Yamulma analizi sonucunda Karaburun yarımadası üzerinde KD-GB baskın açılma KB-GD sıkışma rejiminin hakim olduğu görülmektedir. Bölgede meydana gelen depremlerin çözümleri ile yamulma alanları karşılaştırıldığında, meydana gelen depremlerin genelde denizde ve karada Karaburun fayı üzerinde hiçbir deprem olmaması nedeniyle uyum olmadığı görülmüştür. Yapılan jeolojik çalışmalar sonucunda Karaburun fayını kuzey bölümünü KD-GB açılmaları olan normal fay, güney bölümünde ise KD-GB açılma, KB-GD sıkışmaları olan sol yanal atımlı kinematik çözümler elde edilmiştir. Bu kinematik analizler yamulma sonuçları ile uyum içindedir. Sonuçların Jeolojik çalışmalar uyum içinde olması yamulma analizinin doğruluğunu göstermektedir. Bu uyum göze alınırsa yamulma analizleri, Karaburun yarım adası üzerinde meydana gelecek depremlerin sol yanal atım bileşenine sahip olabileceğini göstermektedir.

2020, ix + 45 sayfa

Anahtar Kelimeler: Karaburun fayın, GNSS, Yamulma Analizi

ABSTRACT
M.Sc. Thesis

**MONITORING of FAULTS with GNSS MEASUREMENTS: KARABURUN FAULT
CASE**

Umre Selin KAVAK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. İbrahim TİRYAKİOĞLU

In this research, 6 GNSS measurement sites, which had been established in previous geodetic studies, were used to determine the tectonic movements of Karaburun fault. The velocities of the GNSS sites were determined based on 3-campaign of GNSS measurements and the strain analysis was performed using the obtained GNSS velocities. As a result of the strain analysis, it is seen that the NE-SW trending dominant extensional and NW-SE trending compressional regimes dominate the Karaburun peninsula. When the solutions of the earthquakes occurred in the region and the strain fields were compared, it was observed that the earthquakes occurred were not compatible due to the fact that there were no earthquakes on the Karaburun fault, both at sea and on land. As a result of the geological studies, the kinematic solutions have been obtained showing that the northern part of the Karaburun fault is the normal fault with NE-SW trending extension and the southern part is a left lateral strike fault as a result of NE-SW trending extension and NW-SE trending compression. The results of this kinematic solution are in agreement with the strain results; therefore the compatibility of these results with the geological studies validates the accuracy of strain analysis. Based on the compatibility in the results, the strain analysis shows that earthquakes that will occur on the Karaburun peninsula may have a left lateral strike component.

2020, ix + 45 pages

Keywords: Karaburun Fault, GNSS, Strain analysis

TEŞEKKÜR

Mühendis olma bilincini kazandıran, mesleğini aşkla yapan, her daim bilgisiyle yoluma ışık tutan, takılıp düşeceğiniz anda sizi daha düşmeden ayağa kaldıran, vizyonu, özverisi, azmi, çalışma disiplini, teorik ve pratik bilgisi ile bana rehber olan sayın danışmanım Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU'na, tez çalışmamın her aşamasında değerli katkılarını sunan, rehberliğiyle yol gösteren, yazım süresince yardımlarını esirgemeyen ve büyük bir sabırla beni her zaman dinleyen sayın hocam Doç. Dr. Tamer BAYBURA'ya, tez çalışmamın ölçü kampanyalarında varlığını eksik etmeyen bilgi ve tecrübesini paylaşan sayın hocam Öğr. Grv. Halil İbrahim SOLAK'a, lisans ve yüksek lisans eğitimlerim boyunca destek ve yardımlarını esirgemeyen üzerimde emeği olan değerli hocalarıma saygı ve teşekkürü bir borç bilirim.

Bana inanan, beni koşulsuz destekleyen ilgilerini ve sevgilerini eksik etmeyen her türlü fedakârlığı yapan, hayatım boyunca varlıklarına şükredeceğim babam Şinasi KAVAK'a ve annem Nilgün KAVAK'a sonsuz sevgimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Afyon'da evimin sıcaklığını aratmayan her zaman yanımda olan desteklerini esirgemeyen Mehmet KESKİN, Elif ONUK KESKİN ve iki oğullarına sevgimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu tez çalışmasında en az benim kadar emeği ve özverisi olan meslektaşlarıma teşekkür ederim.

Umre Selin KAVAK
AFYONKARAHİSAR, 2020

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
RESİMLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. TÜRKİYE’NİN TEKTONİK YAPISI VE FAY HATLARI.....	6
2.1 Fay Hatları	7
2.1.1 Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ).....	7
2.1.2 Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)	8
2.1.3 Batı Anadolu Fay Zonu (BAFZ).....	9
3. FAYLANMA ÇEŞİTLERİ	12
3.1 Eğim (Düşey) Atımlı Faylar	13
3.2 Doğrultu (Yanal) Atımlı Faylar	14
3.3 Yanal (Eğik-Oblik) Atımlı Faylar.....	15
3.4 Depremlerin Odak Mekanizması Çözümleri	16
4. İZMİR YAKIN ÇEVRESİNDEKİ FAY HATLARI ve DEPREMSELLİĞİ.....	12
4.1 İzmir Çevresi Fayları	19
4.1.1 Güzelhisar Fayı.....	19
4.1.2 Menemen Fay Zonu.....	19
4.1.3 Yenifoça Fayı	19
4.1.4 İzmir Fayı	20
4.1.5 Bornova Fayı	20
4.1.6 Tuzla Fayı.....	20
4.1.7 Seferihisar Fayı.....	21
4.1.8 Gümüldür Fayı.....	21
4.1.9 Gülbahçe Fayı.....	21
4.1.10 Karaburun Fay Zonu	22
4.2.Bölgenin Depremselliği	23

5. ÇALIŞMA ALANI VE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	26
5.1 Çalışma Alanı Tanıtımı.....	26
5.2 GNSS Ağı Tasarımı ve Ölçüleri	26
5.3 GNSS Verilerinin GAMIT/GLOBK Yazılımı ile Değerlendirilmesi ve Nokta Hızlarının Hesaplanması.....	30
5.4 GNSS Hızları ile Yamulma Analizi.....	34
6. SONUÇLAR	39
7. KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ.....	45



KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
GAMIT	GPS Analysis MIT
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
DAFZ	Doğu Anadolu Fay Zonu
BAFZ	Batı Anadolu Fay Zonu
GLOBK	Global Kalman Filter
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning Systems
MIT	Massachusetts Institute of Technology

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Türkiye’deki levha hareketleri (Okay vd. 2004).....	7
Şekil 2.2 Aletsel dönem Türkiye ve yakın çevresindeki depremler.....	11
Şekil 3.1 Fay çeşitleri	12
Şekil 3.2 Fay çeşitleri görseli	13
Şekil 3.3 Eğim (Düşey) atımlı faylar (Demirtaş ve Erkmen 2000).....	14
Şekil 3.4 Doğrultu (Yanal) atımlı faylar (Demirtaş ve Erkmen 2000).....	15
Şekil 3.5 Yanal (Eğik-Oblik) atımlı faylar (Demirtaş ve Erkmen 2000)	15
Şekil 3.6 Normal fay(a), Ters fay(b), Sol yönlü fay(c), Sağ yönlü fay(d).	15
Şekil 3.7 İşlem adımı sonrası elde edilen fay çözümleri	17
Şekil 4.1 İzmir ve yakın çevresi diri fay haritası.....	18
Şekil 4.2 Karaburun fayı	22
Şekil 4.3 İzmir ve çevresinde 1900 yılından günümüze kadar büyüklüğü 4.0 ve üzerindeki depremler.....	24
Şekil 4.4 Karaburun çevresi deprem aktiviteleri (Tan 2013).....	25
Şekil 5.1 Karaburun fayı google earth görünümü	26
Şekil 5.2 Kurulan GNSS ağı	28
Şekil 5.3 KBR1 nolu nokta (a), KBR5 nolu nokta (b), KBR4 nolu nokta (c), KBR3 nolu nokta (d)	29
Şekil 5.4 GAMIT klasör yapısı	31
Şekil 5.5 KABU (Günlük) ve KBR5 (Yıllık) noktası nın zaman serileri	33
Şekil 5.6 Avrasya sabit hızları.....	34
Şekil 5.7 Yamulma alanları.....	35
Şekil 5.8 Yamulma Alanları ve deprem odak mekanizma çözümleri.....	36
Şekil 5.9 Diğer çalışmalarda hesaplanan yamulma alanları (A: Aktuğ vd. 2006, B: Aktuğ vd. 2009, Malaliçi 2019)	37
Şekil 5.10 Jeolojik çalışmalarda elde edilen kinematik analiz çalışmaları (Oskay 2019)	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1 Karaburun ve çevresinde meydana gelen depremler	25
Çizelge 5.1 Kampanya tarihi çizelgesi	28
Çizelge 5.2 GNSS ağı ölçü noktaları	29
Çizelge 5.3 GNSS ölçü zaman çizelgesi	30
Çizelge 5.4 IGS istasyon çizelgesi	31



RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 7.1 KBR5 noktası.....	27
------------------------------------	----



1. GİRİŞ

Sabah uyanıp günlük hayatın koşturmasına başladığında, yüründüğünde, konuşulduğunda, güldüğünde, ağlandığında, nefes alındığında, uyunduğunda ve bunlar gibi tüm hayatsal fonksiyonlar gerçekleştiğinde yeryüzünün milyonlarca yerinde sarsıntılar meydana gelmektedir.

Günümüzde devam etmekte olan doğal afetler insanoğlunun en çok merak ettiği konuların başında gelmektedir. İnsanlardan bağımsız gerçekleşen bu doğal afetler karşısında insanoğlu hala tam olarak ne yapması gerektiğini bilmemektedir. Bu doğal afetlerden biri olan deprem insanlığın merak ettiği konuların başında gelmektedir. Depremi saniyeler öncesinden tahmin edebilmenin bile birçok felaketi önleyebileceği ve can kaybını azaltacağı bilinmektedir peki neden hala gereken önem ve özen gösterilmemektedir?

Tüm bu soruların cevaplarını gelişen bilimin ve teknolojinin yardımıyla bulmaya çalışılmaktadır. Yeni yöntemler yardımıyla depremin olabileceği tahmini zaman aralıklarını öngörüp oluşacak büyük felaketlerin sonuçlarını elimine ederek ortaya çıkacak can ve mal kaybını azaltmanın yollarını aramaya devam edilmektedir. Buna rağmen hala bilimin açıklayamadığı bazı durumlar olduğu için deprem gizemliliğini korumaktadır. Bu durum da ilgililerini deprem bilimine daha çok yakınlaştırıyor ve yeni araştırmalara yönlendiriyor.

Depremin tanımını, yerkabuğundaki kırılımların meydana gelmesi sonucunda aniden ortaya çıkan büyük enerjinin geçtiği ortamları ve yer yüzeyini sarsması olayı olarak açıklanabilir.

Deprem oluşumunun tarihçesini incelediğinde ilk olarak Alman Bilim adamı Alfred Lothar Wegener çıkacaktır. Bilim adamı 1912 yılında yayınladığı “Kıtalar ve Okyanuslar Kökeni” adlı eserinde ilk defa Levha tektoniği kuramından bahsetmiştir. Bu kurama göre kıtalar milyonlarca yıl önce tek parça halinde dev bir kıta olarak öngörülmüş, daha sonra bu dev kıtanın küçük kıtalara ayrıldığı ve zamanla

birbirlerinden koptuğunu söylemiştir. Bu kuramın ardından 1965 J. T. Wilson Transform fayları, Sykes, Oliver ve Isacks dalma-batma kuşaklarındaki ters faylanma mekanizmalarını, 1967-1968 McKenzie, Parker ve Morgan levha tektoniği modelini ortaya koymuşlardır.

Günümüzde de levha tektoniği kuramı ve bilimsel verilerin yardımıyla depremin oluşumuyla ilgili gerekli çıkarımlar yapılmaya devam ediyor. Levha tektoniğinin belirlenmesinde GNSS yöntemleri kullanılmaktadır. GNSS yöntemlerinin tercih edilmesinde maliyetin düşük olması, hızlı sonuçlar alınabilmesi ve her türlü hava koşulunda kullanılabilmesi gibi birçok etken söz konusudur. Bu yöntemler ile tektonik yapının kinematiği, hızı ve tektonik mekanizması belirlenebilmektedir.

Türkiye Afrika, Asya ve Avrasya levhalarının etkisi altındadır. Bu sebeple çok çeşitli yıkıcı depremler yaşamış ve yaşaması muhtemel birçok depreme de gebe konumundadır, bu açıdan birçok bilim insanının deprem araştırması yapmayı istediği ülkelerin başında gelmektedir. Önemli fay hatlarından biri olan Batı Anadolu fay hattı karışık bir fay yapısına sahiptir. Bu nedenden bölgede birçok jeodezik ve jeolojik çalışma yapılmıştır.

Mordoğan Fayı literatürde farklı isimlerle tanımlanmıştır. Sırasıyla Kaya (1979) tarafından Karaburun Yükseltisi, Ocakoğlu vd. (2004, 2005) tarafından Karaburun Fayı, Uzel vd. (2013) tarafından Karaburun Fay zone olarak adlandırılmıştır. MTA tarafından resmi olarak haritalanmış Mordoğan Fayı ilk olarak Emre vd. (2011) tarafından bu adla değerlendirilmiştir. Bu çalışmada Karaburun fayı tanımlaması kullanılacaktır.

Zanchi ve Angelier (1993) yaptığı çalışmada bölgedeki normal fay hareketinin hakim olduğu genişlemeli stres rejiminin kuzey yönüne doğru doğrultu atımlı bir fay mekanizmasına dönüştüğünü belirtmişlerdir. Bu durumun ise Batı Anadolu kabuğunda oluşan stres alanında dönme momentinin varlığına işaret edebileceğini söylemişlerdir.

Ocakoğlu vd. (2005) yaptıkları çalışmada Gülbahçe fayının büyük bir kısmının deniz altında olduğunu bu nedenden dolayı fayı ayrıntılı olarak tanımlayamadıklarını

söylemişlerdir. Denizaltı verileri analizi ile fayın kuzey kesimi boyunca ters fay segmentinin var olduğu aynı zamanda batıdan bloktan doğu bloğa doğru itildiğini belirtmişlerdir. Bazı kara çalışmalarında ise Karaburun bloğu yüzeyinin batıya doğru eğik olduğu yorumu yapılmıştır. Yapılan bu yorum Ocakoğlu vd. (2005) çalışmalarındaki ters fay segmentinin varlığı ile uyumlu olduğu çıkarımı yapılmıştır.

Uzel vd. (2013), Mordoğan'dan başlayıp Sarpıncık köyünün kuzeyinde Ege denizinin altında kalan yarımada'nın kuzey kısmında yaptıkları çalışmada fay yüzeylerinde yapmış oldukları kinematik analizlerin sonucunda fayın sol yanal doğrultu atımlı karakterine sahip olduğu verileri sunmuş Karaburun Fay zonunun eski hareketini (Sol yanal doğrultu atımlı) gözlemlemiş daha sonra ise fayın eğim atımı normal fay olarak tekrar aktifleştğini öne sürmüşlerdir.

Tan (2013) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise bölgenin yüksek mikro deprem aktivitesinin olduğunu söylemiştir. İzmir'in batısında yer alan bölgeyi Karaburun Sismik zonu olarak adlandırmıştır. Bölgenin fay tektoniğini analiz etmek için double-fark algoritma yöntemiyle 5000'den fazla depremi tekrar yerleştirmiş fay düzlemlerini ve fay çözümlerini elde etmiştir. Bu zonun 40 km uzunluğunda olduğunu KB-GD uzanımlı sol yanal doğrultu atımlı bir bileşene sahip olduğunu söylemiştir.

Altan ve Ocakoğlu (2019) yapılan çalışma kapsamında İzmir körfezi ve Foça açıklarında çok kanallı bir sismik yansıma profilinden söz etmişlerdir. Deniz tabanında yapılan bu çalışma ile en altta yer alan akustik temel batıdan doğuya 800 metre derinleşirken doğuda 440 metrelere kadar sığlaşarak bir sırt yapısı oluşturduğunu gözlemlemişlerdir. Bu durumun havza geometrisi ile uyumlu olduğunu batıdan doğuya doğru derinleşip kalınlaştığı söylemişlerdir. Sonuç kısmında ise İzmir Körfezi içerisinde kalan Foça-Karaburun arasında GB-KD uzanımlı batıya doğru derinleşen bir havza geometrisi olduğu çıkarımını yapmışlardır.

Malaliçi (2019) yaptığı çalışmada İzmir iç ve dış körfezi boyunca K-G açılmanın Urla havzası ve Gülbahçe Fay zonunun bulunduğu alanda ise sıkışmanın etkin olduğunu söylemiştir. Hacimsel deformasyon analizi sonucunda İzmir iç körfezinde hacim artışı

olurken Güzelbahçe Fay zonunun bulunduğu yerde ise hacim azalışının olduğunu söylemiştir. Bu durum çalışma alanının kuzey ve güney bölümünün farklı tektonik yapıların etkisinde olduğunu göstermiştir. Bu hesaplamalar Mordoğan havzasının yüksek tektonik aktivite sınıfında, Gülbahçe havzasının ise çok yüksek tektonik aktivite yaşları ile uyumlu olduğu yorumunda bulunmuştur. Çalışma sonucunda bölgede değerlendirilen fayların 6 ile 6,7 büyüklüğüne varan depremleri üretebileceğini belirtmiştir.

Ulutaş (2019) bölgede yapılan en kapsamlı çalışmayı yapmıştır. Karaburun Yarımadası'nın jeolojik yapısı ile aktif fayları ilişkilendirmiş ve bu veriler ile ilgili indisleri hesaplamıştır.

Özellikle GNSS teknolojisinin gelişmesiyle bu çalışmalar hız kazanmıştır. İlk GNSS çalışmaları McClusky vd. (2000) yapılmıştır. Türkiye'nin bir çok ana fay kuşağını kapsayan bu çalışmada GNSS ölçüleri yardımıyla fayların hareketleri belirlenmiştir. Yine Reilinger vd. (2006) yaptıkları çalışmada Anadolu plakası üzerinde blok tanımlamaları yapılmış ve McClusky (2000) de hesaplanan fay kayma parametreleri güncellenmiştir. Aktuğ vd. (2009) ise batı Anadolu üzerinde bulunan TUTGA noktaları ve Reilinger vd. (2006) da kullanılan noktalar birleştirilerek güncel blok hareketleri ve batı Anadolu yamulma alanlarını hesaplamıştır. Tiryakioğlu vd. (2012) ise Güney batı Anadolu'da bulunan faylara göre blok tanımlamaları yapıp bu blokların birbirlerine göre hareketleri belirlenmiştir. İzmir ve çevresinde yapılan jeodezik çalışmalar incelenecek olursak 3 temel çalışma göze çarpmaktadır (Pamukçu vd. 2012, Özener vd. 2012, Aktuğ vd. 2009, Aktuğ ve Kılıçoğlu 2006). Bu çalışmalardan iki tanesi TÜBİTAK tarafından desteklenen projelerdir (Pamukçu vd. 2012, Özener vd. 2012). Aktuğ vd. (2009) İzmir civarında yapmış oldukları çalışmada 36 noktada GNSS gözlemleri yapmış ve elde ettikleri hızları yayınlamıştır. İzmir ve çevresinde yoğunlaşan noktalar ile bölgenin hız alanını ortaya çıkarmışlardır. Bu çalışmadan çıkan sonuçlar incelendiğinde bölgede aktif bir tektoniğin olduğu, Karaburun yarımadasının saat yönünde döndüğü, İzmir Körfezinin genişleme rejimi etkisi ile açıldığı ancak bu çıkarımların fayın niteliğini tanımlamakta yeterli olamadığı yorumu yapılmıştır.

Pamukçu vd. (2012) yapmış oldukları 108Y285 numaralı Tübitak projesi ile yine bölgenin güney tarafında 21 adet GNSS noktası ile bölgenin kinematığı hakkında genel sonuçlar elde etmişlerdir (Şekil 5, turuncu yer işaretleri). Çalışmada bu 21 noktadan elde edilen hızlar kullanılarak İzmir bölgesinde çeşitli analizler yapılmıştır. Özener vd. (2012) yapmış oldukları 108Y295 Tübitak projesinde İzmir bölgesinde tuzla fayı civarında 12 noktalı bir GNSS ağı tesis etmiş ve Tuzla fayının kinematığına ilişkin bilgileri ortaya koymuşlardır.

Birçok bölge gibi İzmir ve çevresindeki fay hatlarından ve ayrıntılı olarak Karaburun fay zonundan bahsedilecektir. Karaburun fay zonu 24 yıldır sessizliğini koruyan bir faydır. Bu durum ise bizi bu fay zonunun yakın zamanda sessizliğini bozabileceğinin habercisi niteliğindedir. Bulunduğu konum itibarıyla yaşanacak büyük bir depremde can ve mal kaybının yaşanma olasılığının çok yüksek olması bu bölgenin ne kadar önemli olduğunun göstergesidir.

Çalışmada Karaburun fay zonu ve yakın çevresine ölçü noktaları tesis edilmiştir. GNSS ölçümlerinden faydalanarak noktaların hızları tespit edilmiş ve bölgenin fay kinematığı belirlenmiştir. Bu bölgede meydana gelebilecek depremler ve büyüklükleri hakkında çıkarımlar yapılmıştır.

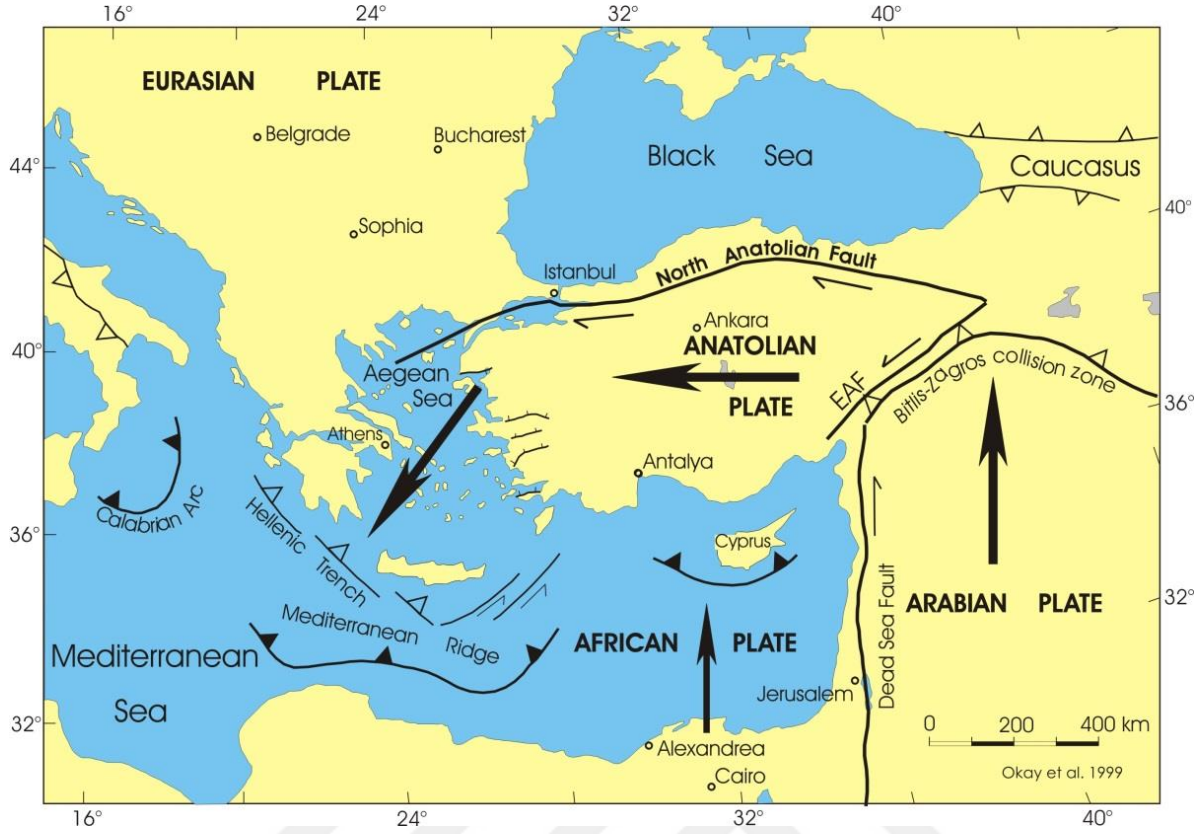
2. TÜRKİYE’NİN TEKTONİK YAPISI VE FAY HATLARI

Dünyadaki aktif deprem kuşağının üzerinde bulunan Türkiye birçok fay hattına sahip bir ülke konumundadır. Bu sebeple fay hatları deprem üretmeye müsait bir durumda oldukları için aktif olarak depremler meydana gelmektedir. Bu depremler büyük yıkımlara can ve mal kayıplarına neden oldukları için önem verilen konuların başında gelmektedir.

Türkiye Akdeniz-Himalaya deprem kuşağında bulunmakta olup Avrasya, Afrika ve Asya levhalarının etkisi altındadır. Anadolu plakası üzerinde bulunan Türkiye; Avrasya plakasının sabit olduğu kabul edilip Afrika plakasının yılda 5 milimetrelik bir hızla, Arap plakasının ise yılda 15 milimetrelik bir hızla hareketini kuzeye doğru yaptıkları ve bu hareketin sonucunda Avrasya plakasının Anadolu plakasını sıkıştırdığı gözlenmektedir. Anadolu plakası bu sıkıştırmanın sonucunda yılda 23 milimetrelik hızla hareketini batıya doğru gerçekleştirmektedir. Bu hareket ile Ege Bloğu olarak adlandırılan Rodos – Girit Adaları ile Mora Yarımadasının güneyini izleyen Ege Yayı boyunca Afrika Plakasının üstüne yılda 35 milimetrelik bir hızla binmekte olduğunu göstermektedir (Şahin 2009).

Arabistan ve Afrika levhalarının birbirine hareketleri sonucunda Doğu Anadolu kabuğun K-G yönünde kısılmasına ve aynı zamanda da kalınlaşmasına neden olmuştur. Bir zaman sonra bu kalınlaşmayı karşılayamamıştır. Bunun sonucunda Anadolu levhası Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu fayları boyunca batıya doğru ilerlemeye başlamıştır.

Batıda ise; Anadolu levhasının altına kuzey yönü boyunca dalan Afrika levhasıyla karşılaşır. Afrika levhasının bu dalma-batma hareketi Batı Anadolu kabuğunun genişlemesine ve volkanizmaya neden olmaktadır(Şengör 1979). Böylece batıdaki dalma-batmadan kaynaklı ”çekme” hareketi ile doğudaki bindirmeden kaynaklı ”itme” hareketi etkisi altında kalan Anadolu-Ege bloğu saatin tersi yönünde rotasyonel bir hareket yapmaya başlamıştır (Taymaz vd. 2007).



Şekil 2.1 Türkiye’deki levha hareketleri (Okay vd. 2004).

2.1 Fay Hatları

Depremseel faaliyetlerin aktif olduğu Türkiye Kuzey Anadolu fay zonu, Doğu Anadolu fay zonu ve Batı Anadolu fay zonu olmak üzere 3 ana fay hattına sahiptir. Bu fay hatlarından her birinin karakteristik özellikleri farklı olduğu için birden fazla deprem kinematiği ile karşılaşmamız mümkündür.

2.1.1 Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)

Kuzey Anadolu fay zonu batıda Biga yarımadası ve Saros Körfeziyle başlayıp doğuda Karlıova’ya kadar devam eder ve yaklaşık 1200 km boyunca uzanır. İlk olarak 1928 yılında kırık bir hattın varlığı bilinmiş ancak bu oluşumun daha öncelerde meydana gelen dağ oluşumunun devamı olduğu sanılmıştır. Daha sonra 1948 yılında İhsan Ketin bu kırığın dağ oluşumunun devamından bağımsız bir hat olduğunu ve fay hareketinin

sağ yanal atımlı olarak meydana geldiğini göstermiştir. Bu olay dünyada tüm güzergahı boyunca yanal atımlı olan ilk fay hattının keşfi olmuştur. Bu yıllardan sonra da Kuzey Anadolu fay fayının yanal atımlı olduğu anlaşılmamıştır fakat Nazario Pavoni, Clarence T. Allen ve İhsan Ketin'in yaptıkları yayınlar ile Kuzey Anadolu fayının yanal atımlı karakteri gün geçtikçe yaygınlaşmıştır. Bu fay hattının yanal atımlı karakterde olması Anadolu plakasının Batı'ya kaçmasına neden olduğu söylenmektedir.

Bu fay zonu doğudan batıya doğru genişleyen bir bölgeye yerleşmiştir. Tek bir fay çizgisi halinde olmayıp doğudan batıya doğru giderek dallanıp budaklanan bir fay ailesine sahiptir. Kuzey Anadolu fay zonu doğudan gelip Marmara denizinde iki ayrı kola ayrılırlar (Altın 2006).

Kuzey Anadolu fay zonunda büyüklüğü 7.0 ve daha büyük depremler meydana gelmiştir. Aletsel dönem verilerine göre ilk deprem 1912 Şarköy-Müreftede depremdir. 1999 Düzce ve İzmit depremleri ise 20. Yüzyıl içerisinde Kuzey Anadolu fay zonunda meydana gelen son depremlerdir.

2.1.2 Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)

Doğu Anadolu fay zonu İskenderun Körfezinden başlayıp, Kahraman Maraş, Malatya ve Elazığ ovalarından geçerek Karlıova'ya kadar devam eder ve yaklaşık 550 km boyunca uzanır. Bu fay hattının sol yanal bir doğrultu atımlı fay olduğu söylenmektedir (Kartal ve Kadirioğlu 2013).

İlk kez 1969 yılında Allen Doğu Anadolu fay zonuna dikkat çekmiş daha sonra 1972 yılında Arpat ve Şaroğlu (1972,1975) “Doğu Anadolu Fay Kuşağı” adını kullanmışlar ve diğer yerbilimciler tarafından benimsenmiştir. Doğu Anadolu fay hattının Maraştan sonraki kısmı tartışmalı bir konudur. Arpat ve Şaroğlu (1972, 1975) bu fayın Hatay grabeninin oluşmasına neden olan faylarla devam ettiğini, ve Ölüdeniz fayıyla birleştiğini belirtmiştir. Bunun dışında birtakım araştırmacılar (McKenzie 1975,

Alptekin 1978, Şengör 1980) Hatay grabeni ile Ölüdeniz fayını birleştirip Doğu Anadolu fay zonundan ayrı tutmuşlardır.

Önceki yıllarda KAF üzerinde 20 yıkıcı deprem meydana gelirken DAF üzerinde ise 7 yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Doğu Anadolu fay hattı ve Kuzey Anadolu fay hattı birleşik (conjugate) faylar olduğu söylenmektedir. Bu gibi fayların en belirgin özelliği; biri aktif konumdayken diğerrinin kilitlenmesidir. Geçmiş yıllardaki aletsel dönem depremlerinde Kuzey Anadolu fay hattı aktifken Doğu Anadolu fay hattının kilitlenmiş olduğu kayıtlardan anlaşılmıştır (Kartal ve Kadirioğlu 2013).

Doğu Anadolu fay hattında $M_s=6.7$ ve daha büyük depremler meydana gelmiştir. Bölgede birçok yıkıcı deprem olmuştur bunlar; 1952 Karlıova, 1966 Bingöl, 1998 Adana- Ceyhan, ve 2003 Bingöl depremleridir. Bu verilerin sonucunda bulunduğumuz yüzyıl içerisinde DAF'ın aktif hale geçeceği tezini güçlendirir nitelikte olduğu söylenmiştir (Kartal ve Kadirioğlu 2013).

2.1.3 Batı Anadolu Fay Zonu (BAFZ)

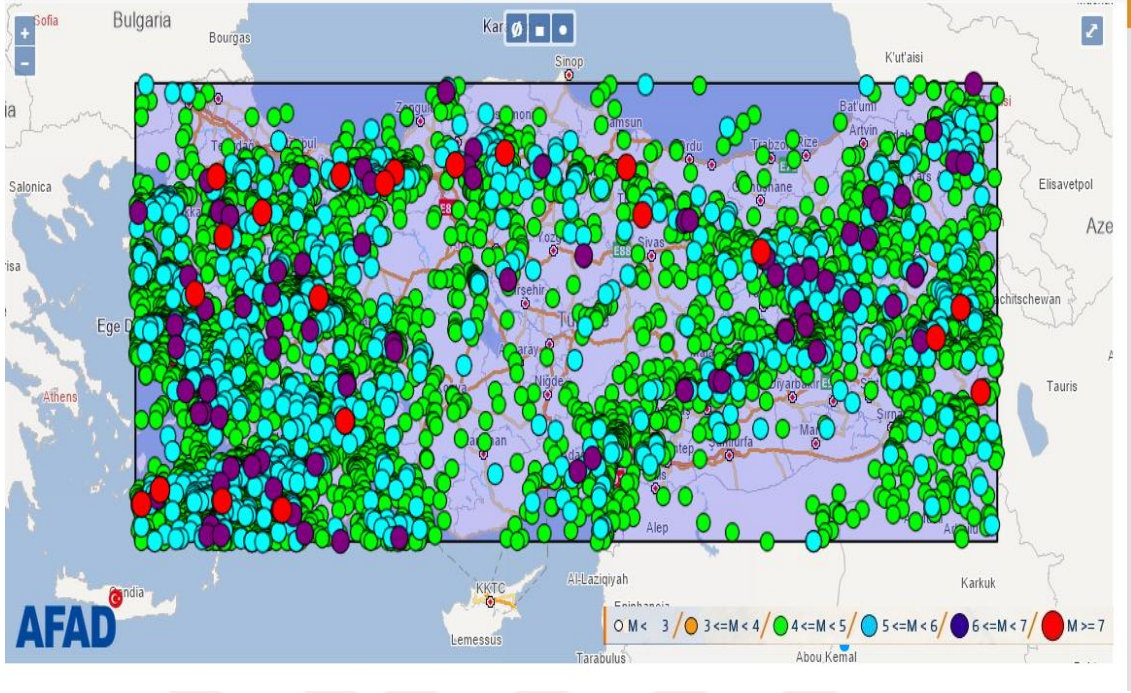
Batı Anadolu birçok tektonik oluşumu bulunduran karmaşık bir yapıdır. Normal ve eğim atımlı faylara sahip olan Batı Anadolu'da farklı şekil ve büyüklükte grabenler oluşmuştur. Bölgedeki horst ve grabenler D-B genel uzanımlıdır.

KAFZ ile Gediz grabeninin yer aldığı Marmara denizi arasındaki Kuzey Batı Anadolu'da birçok diri fay bulunur. Genellikle sağ yönlü doğrultu atımlı olup güneye bakan geniş büklüm sistemlerini oluştururlar. Bu büklümlerin bazı kısımlarında sağ yönlü doğrultu atımlı faylar büyük ölçüde ters fay ya da bindirme bileşenine sahiptir. Bu yapılar Gediz grabeni ile KAFZ arasında kalan kısımda blok rotasyonlarının egemen olduğu karmaşık bir yapının varlığını göstermektedir. Bu karmaşık alanın KAF ile Ege graben sistemi arasında bir geçiş zone niteliğinde olduğu söylenmektedir (Arpat ve Bingöl 1969; Koçyigit1984, Hancock ve Barka 1987, Emre 1996, Seyitoglu ve Scott 1991, 1996, Patton 1992).

Kıta içi genişleme rejimine sahip bir bölge konumunda olup kuzey kısmında Kuzey Anadolu fay zone, Güney kısmında ise Helen-Batı Kıbrıs fay yayı boyunca oluşan bir sıkışma tektoniğinin etkisi altında olduğu söylenmektedir. Genişleme rejimi normal faylar ile özümleir. Genişleme rejimi normal faylanma sonucu meydana gelen yerkabuğunun düşey yönde inceliş yatay yönde genişlediğı bir hareket olarak tanımlanmıştır. Bu hareket ile yerkabuğunun incelidiğı, magmanın yeryüzüne yaklaştığı ve ısı akışının arttığı belirtilmektedir (Aktuğ, Baysal ve Koçyiğit 2013).

Genişleme rejiminin egemen olduğu Ege bölgesi, birçok fay ve fay setine sahip önemli bir bölgedir. Bu faylar; Fethiye-Burdur fay zone, Dinar-Çivril fay zone, Gökova Grabeni, Knidos fayı, Büyük Menderes Grabeni, Yavansu fayı, Küçük Menderes fayı, Gediz Grabeni, Simav Grabeni, Foça-Bergama fay zone, Tuzla fay zone, Urla Fay zone, Karaburun fay zone ve Eskişehir fayıdır.

Tiryakioğlu, (2012) yaptığı çalışmada Güneybatı Anadolu'daki blok hareketlerini ve gerilim alanlarını incelemiştir. Bu çalışmanın bir bölümünde Çeşme noktasının tüm bağıl hız denemelerinde Salihli ve İzmir noktalarından farklı bir hareket yaptığını bu sebeple lokal bir deformasyon olabileceğı yorumunda bulunmuştur. Çeşme noktasının iki yıllık zaman serileri incelendiğinde ise herhangi bir lokal deformasyon etkisinin gözlemlenmediğini belirtmiştir. Bu nedenden dolayı Salihli ve İzmir noktalarına göre Çeşme noktasının yaptığı hareketin tektonik bir anlamı olduğu düşünülmektedir. Bu düşünce ile Çeşme noktasının farklı bir blokta olabileceğı çıkarımı yapılmış ancak literatürde daha önceden böyle bir blok tanımı yapılmadığı için bu çıkarımı desteklemekte yetersiz kalındığı söylenmektedir



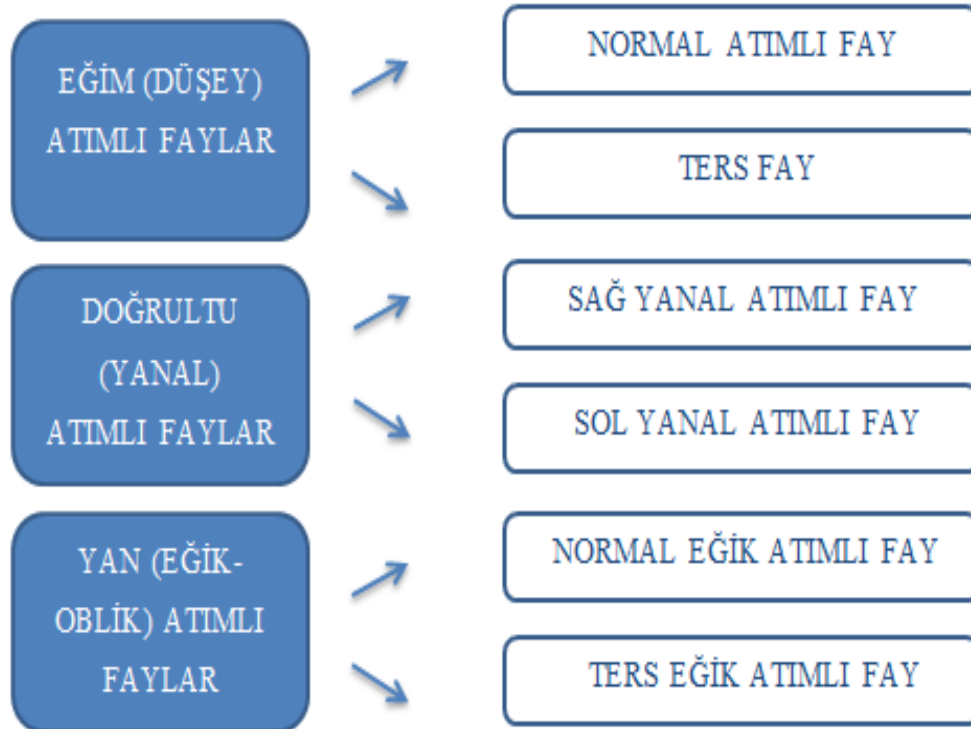
Şekil 2.2 Aletsel dönem Türkiye ve yakın çevresinde meydana gelen depremler (İnt. Kyn.1).

Türkiye ve yakın çevresindeki depremler incelendiğinde 1900-2019 yılları arasında meydana gelen büyüklüğü 4.0 ve daha büyük depremlere bakılarak Batıya doğru bir rotasyonun olduğu gözlemlenmektedir. Tektonik aktivitenin Batı Anadolu kısmına doğru daha yoğunlaştığı görülmektedir. Bu sebeple bölgede büyük bir depremin olma ihtimalinin yüksek olduğu düşünülmektedir. Yüksek deprem potansiyeline sahip bir bölge olmasına rağmen bu alanda yapılan çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Batı Anadolu geniş bir alanı kaplayıp aynı zamanda birden fazla fay çeşidinin görüldüğü bir bölge olduğu için yorumlanması karmaşık bir alandır. Çok geniş bir alana yayıldığından bölge bazlı fay hatlarının incelenmesi daha iyi olacağından tezde İzmir ve yakınındaki fay hatlarından, ayrıntılı olarak da Karaburun fay zonundan bahsedilecektir.

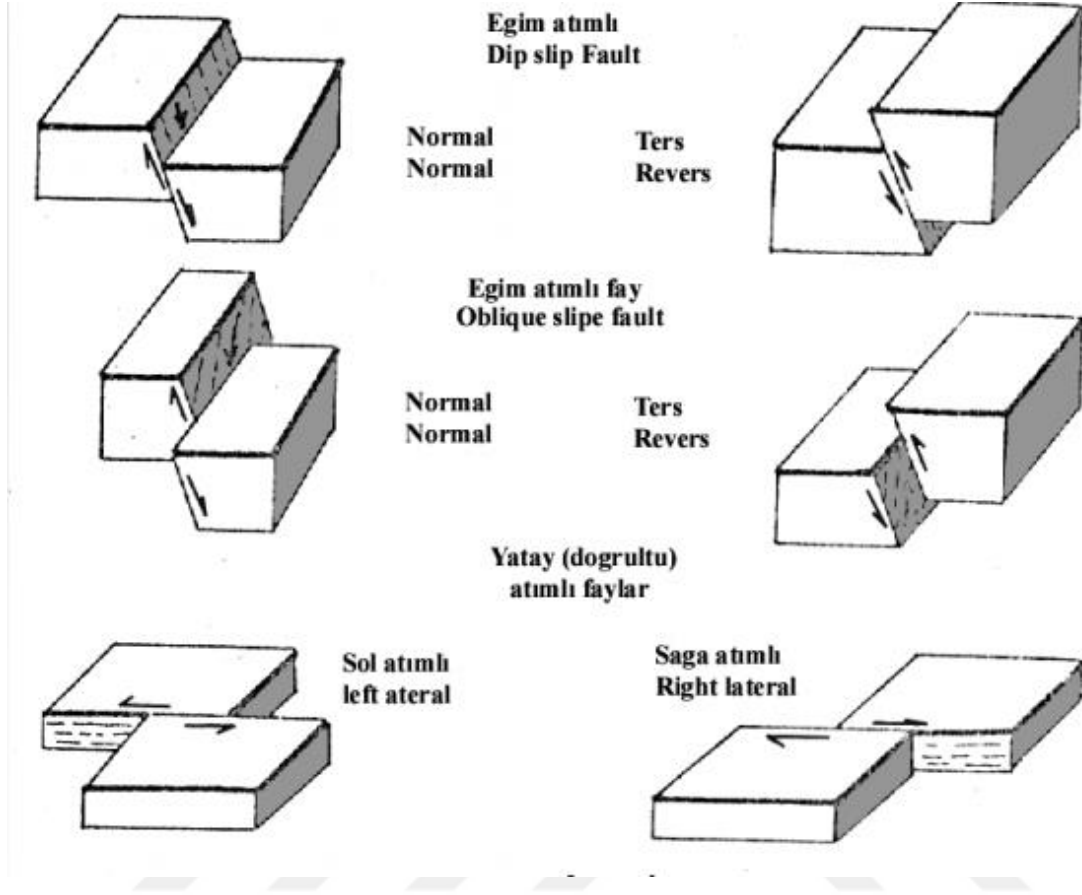
3. FAYLANMA ÇEŞİTLERİ

Levha hareketleri sonucunda levhalar birbirleri üzerine kuvvet uygularlar. Yerkabuğundaki kayaçlar bu kuvvete bir direnç gösterirler. Bu direnç belli bölgelerde enerji birikimine yol açar. Ortaya çıkan bu enerji belirli bir sınırı aştığında bir kırılma (faylanma) meydana gelir. Bu kırılmanın sonucunda oluşan şekle ise fay denir. Faylanma esnasında kaymanın olduğu yüzeye fay aynası (fay düzlemi) adı verilir. Bu düzlem deforme olmuş ve ezilerek parçalanmış malzemelerden oluşan bir zon olduğu için bu zona fay zonu adı da verilmiştir.

Bir fayda bulunan blokların yatay ve düşey hareket miktarları incelendiğinde farklı fay türlerinin olduğu ortaya çıkmaktadır. Fay sınıflandırılması yaparken atım yönleri kriteri olarak alınmaktadır. Atım ise; fay düzlemi boyunca fay bloklarının birbirine göre hareketlerinin doğrultusu ile belirlenmektedir (Şekil 3.1, Şekil 3.2).



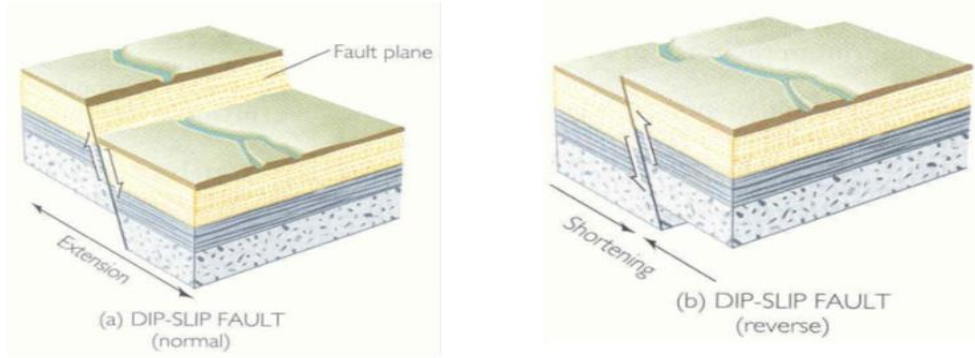
Şekil 3.1 Fay çeşitleri.



Şekil 3.2 Fay çeşitleri görseli.

3.1 Eğim (Düşey) Atımlı Faylar

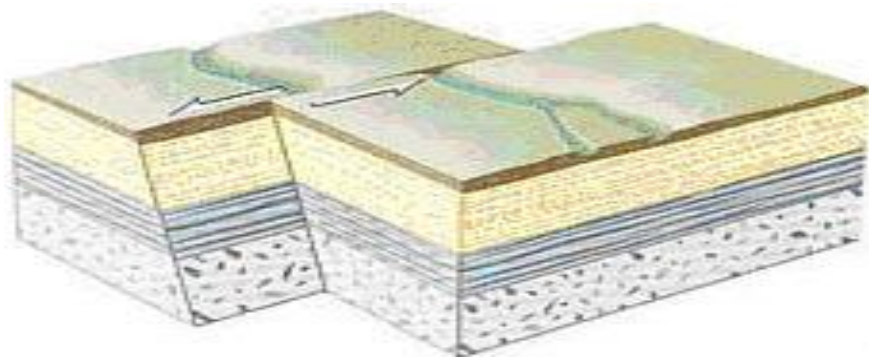
Bu faylar fay düzlemi boyunca aşağı ve yukarı doğru hareket ederler. Eğim atımlı faylarda bloklar fay düzlemi eğimi yönünde veya tersi yönünde hareket ederler. Fay düzlemi boyunca tavan bloku aşağı yönde hareket ediyorsa veya taban bloku yukarı yönde hareket ederek birbirinden uzaklaşıyorsa bu tür faylar eğim atımlı normal faylar adını alırlar (Tiryakioğlu 2012). Bu fayların sonucunda Horst ve Graben yapıları oluşmuştur. Ülkemizdeki Ege Graben Sistemleri bu yapıların önemli bir parçasıdır. Fay düzlemi boyunca tavan bloku yukarıya doğru hareket ediyorsa veya taban bloku aşağıya doğru hareket ederek birbirine yaklaşıyorsa bu tür faylar eğim atımlı ters faylar adını alırlar. Bu fayların sonucunda Bindirme ve Şaryaj yapıları oluşmuştur (Kibici 2005), (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Eğim (Düşey) atımlı faylar (Demirtaş ve Erkmen 2000).

3.2 Doğrultu (Yanal) Atımlı Faylar

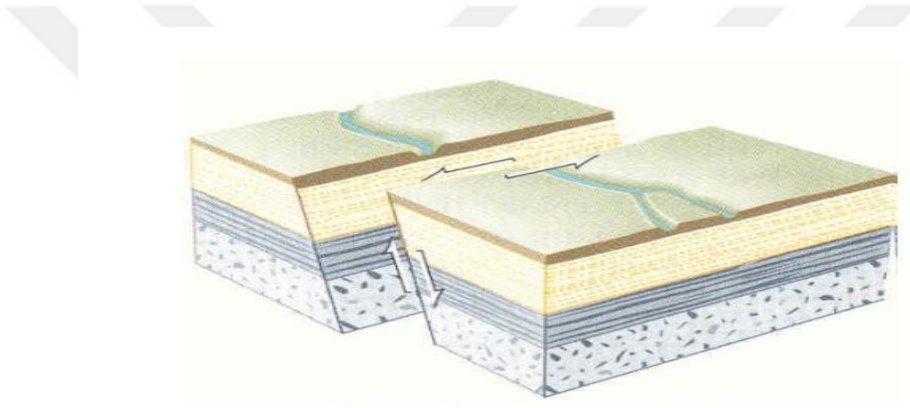
Her iki taraftaki bloklar birbirlerine göre fay düzlemi boyunca yanal yöndeki hareketleri sonucunda oluşan faylara doğrultu atımlı faylar denir. Bu faylarda bloklar birbirinden yatay yönde uzaklaşmaktadır. Fayın hareket yönü önceden ötelenmiş doğrusal bir hattın faylanma sonrasında göreceli olarak hangi tarafa doğru ötelendiğinin belirlenmesiyle bulunur. Fay bloklarının birinde durulup karşı bloğa bakarak kayma yönünü tayin edebiliriz. Kayma sağ yönlü ise sağ yönlü doğrultu atımlı fay, kayma sol yönlü ise sol yönlü doğrultu atımlı fay olarak adlandırılır (Tiryakioğlu 2012). Dünyadaki en önemli fay zonlarından ikisini; ülkemizdeki Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Amerika'daki San Andreas fayı oluşturur (Karaman 2006), (Şekil 3.4).



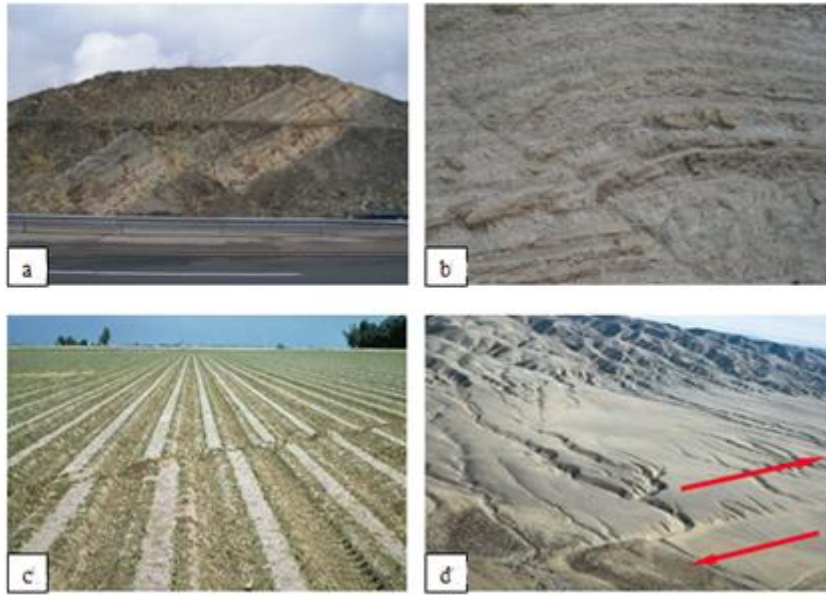
Şekil 3.4 Doğrultu (Yanal) atımlı faylar (Demirtaş ve Erkmen 2000).

3.3 Yanal (Eğik-Oblik) Atımlı Faylar

Fay düzlemi boyunca hem yatay hem düşey yönde hareket eden faylara yanal atımlı fay denir. Aynı zamanda bu faylar verev ve oblik atımlı fay olarak da adlandırılırlar. Yanal atımlı faylar doğrultu atımlı ve eğim atımlı fayların bileşkesidir (Tiryakioğlu 2012), (Şekil 3.5). Taban ve tavan bloklarının birbirlerine göre hareketinden fayın normal fay mı yoksa ters fay mı oldukları hakkında çıkarım yapılır. Fay boyunca bir uzaklaşma hareketi varsa normal fay, sıkışma hareketi var ise ters fay olarak adlandırılır (Karaman 2006), (Şekil 3.6).



Şekil 3.5 Yanal (Eğik-Oblik) atımlı faylar (Demirtaş ve Erkmen 2000).



Şekil 3.6 Normal fay(a), Ters fay(b), Sol yönlü fay(c), Sağ yönlü fay(d).

3.4 Depremlerin Odak Mekanizması Çözümleri

Eyidoğan'ın sismoloji ders notlarına göre depremi S/N oranı iyi olan istasyondaki Düşey (Z) bileşen sismogramında P dalgasının ilk hareket yönünün okunması gerekir. İstasyonun Episantır uzaklığı (Δ)'nı ve Azimut (ϕ)'unu derece ($^{\circ}$) cinsinden hesaplanmalıdır. Deprem odağından çıkan ışının “Odağı terk ediş açısı (ih)” aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\sin i_h = \frac{r}{r-h} V_h \frac{dt}{d\Delta} \quad (3.1)$$

r = yerküre yarıçapı (km)

h = odak derinliği (km)

V_h = h km derindeki hız

$dt/d\Delta$ = Δ uzaklığı için düz faktörü

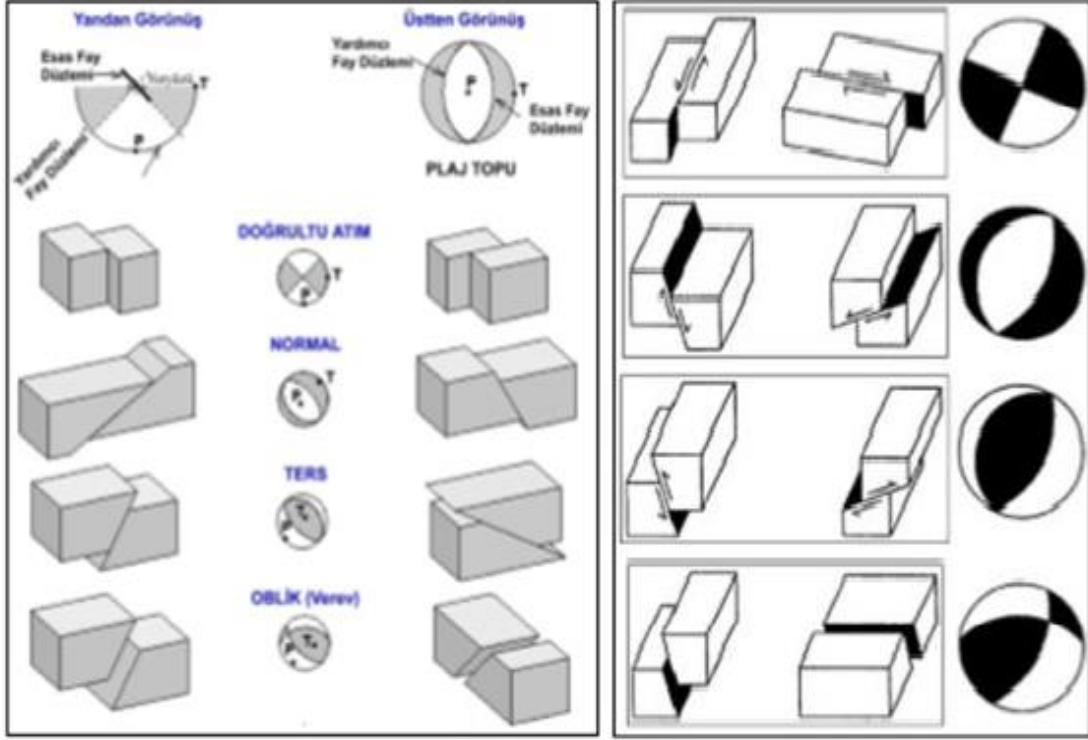
tablosundan bulunur

Fay düzlemlerinin belirlenmesinde bilinmesi gereken bazı parametreler vardır. Bunlar; oluşan sistem diyagramının nasıl tür bir faylanmayı gösterdiği, düzlemlerin doğrultu (azimut, Φ), dalım açısı (δ), eğim yönü (σ), P-Sıkışma, T-Çekme, I-Düğüm noktasının doğrultu (azimut, Φ) ve dalım açısı (δ) ve düzlemlerden hangisinin Esas Fay Düzlemi olduğunu ve buna bağlı oluşan jeolojik modelin belirlenmesidir.

Fay düzlemi belirlemesi yapılırken çözüm diyagramındaki Düğüm noktası (I), merkezden dışarı doğru yaklaştıkça faylanma türü doğrultu atımlı faylanmadan eğim atımlı (normal veya ters) faylanmaya yaklaşmış olur. Düğüm düzlemi çember çizgisi üzerinde ve dairenin ortasında; Dilatasyon ($\circ$) noktaları toplanmışsa normal fay, Kompresyon ($\bullet$) noktaları toplanmış ise ters fayın olduğu çıkarımı yapılır. Düğüm noktasının (I) çemberin tam ortasında olmadığı durumda dominant karakterin eğim atımlı faylanma olduğu ancak doğrultu atım bileşenine sahip bir oblik fayın söz konusu

olduğu söylenebilir. Esas ve yardımcı fay düzlemlerinden birinin seçilmesi ile doğrultu atım bileşenin sağ veya sol olduğu yorumunda bulunulabilir.

Bu durumun belirlenebilmesi için başka bir çalışmaya ihtiyaç vardır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 İşlem adımları sonrası elde edilen fay çözümleri (Eyidoğan, 1989).

verme kabiliyeti olan ancak Kuvaterner aktivitesi hakkındaki verileri toplanamayan ve depremselliği bilinmeyen neotektonik dönem fayı veya morfolojik çizgisellik.

4.1 İzmir Çevresi Fayları

4.1.1 Güzelhisar Fayı

İzmir'in kuzey kısmında Manisa'nın Osmanlı beldesi ile Aliğa ilçesi arasında uzanan faydır. Bu fayın topografik yapısı Doğrultu atımlı faylara has bir yapı sunar. Güzelhisar fayı bölgesel olarak incelendiğinde fayın eğim atımlı sağ yönlü doğrultu atımlı olduğu yorumlanmıştır (Şaroğlu vd 1992). Bu fay olası dişi fay olarak literatüre geçmiştir.

4.1.2 Menemen Fay Zonu

Bölgenin kuzeyinde Gediz Nehri taşkın ovası ile Dumadağ volkan kompleksi arasında yer alan, KB-GD doğrultusunda uzanan faylardır. Menemen fay zonunun Güzelhisar fayı ile aynı doğrultuda olmaları sebebiyle bu fay hattının da sağ yönlü olduğu yorumu yapılmıştır. Bu fay zonu olası dişi fay olarak literatüre geçmiştir.

4.1.3 Yenifoça Fayı

Bölgenin doğu kısmında bulunan Nemsru limanı ile Gerenköy arasında uzanan Yenifoça fayı K-G uzanımlıdır. Sol yönlü doğrultu atımlı fay olduğu söylenmiştir (Altunkaynak ve Yılmaz 2000). Kara verilerine göre çizgisellik olarak haritalanmış ancak aynı zamanda olası dişi fay olarak kabul edileceği söylenmiştir.

4.1.4 İzmir Fayı

İzmir körfezini güney yönde sınırlandıran ve körfezin doğusunda kalan İzmir fayı D-B doğrultusundadır. (Emre ve Barka 2000). Bu fay Pınarbaşı ile Gülbahçe arasında eğim atımlı normal bir faydır. Fayın batı kısmı güney ve kuzey olarak ayrılır. Güney kol

Seferihisar fayının doğrultusunda sonlanır bu kısmın sağı yönlü doğrultu atımlı olduğu, kuzey kol ise Çiçekadaları ile Uzunada doğrultusundaki fay zoneyla bağlantılıdır. Fay karakteri çok karışık olduğundan sınıflandırılmamıştır.

4.1.5 Bornova Fayı

Bornova fayı İzmir'in kuzeydoğusunda Ulucak ile Karşıyaka arasında birbirine paralel uzanan KB-GD doğrultulu fayların oluşturduğu çizgiseliktir. Bu iki faydan kuzeyde kalanı çizgisellik, güneyde kalanı ise literatüre sağı yönlü doğrultu atımlı olası diri fay olarak geçmiştir.

4.1.6 Tuzla Fayı

Tuzla fayı İzmir'in güneybatısında Doğanbey ile Gaziemir arasında KD-GB doğrultulu uzanan bir fay hattıdır. Türkiye Diri Fay Haritası'nda bu fay Cumaovası çizgiselliğı (Şaroğlu vd. 1987, 1992), Eşder (1988)'de bu fay Cumalı ters fayı, Genç vd. (2001) ise Orhanlı fayı olarak adlanmıştır. Bu fayın Gaziemir ile Doğanbey arasındaki kara uzunluğu 42 km'dir. MTA'nın Sismik-1 araştırma gemisiyle yaptığı çalışmada Tuzla fayının Ege Denizi tabanında da devam ettiğini göstermiştir (Ocakoglu vd. 2004, 2005). Fay hattının denizaltında devamı değerlendirildiğinde fayın uzunluğunun 50 km'yi aştığı söylenmiştir. Tuzla fayını üç bölüme ayırırken belirgin sıçramaları, bükümlere ayrılan ve değişik doğrululara uzanan kısımlar dikkate alınmıştır. Kuzeyden güneye doğru Çatalca, Orhanlı ve Cumalı olarak tanımlanabilir. Yapılan araştırmalar ve bölgede meydana gelen depremler sonucunda Bu fayın sol yönlü doğrultu atımlı olduğu çıkarımı yapılmıştır. Tuzla fayı bölgedeki güncel kinematik içinde, Gediz graben sisteminin batı ucunda bulunan ve sağı yönlü doğrultu atımlı transfer fay olarak çalışmaktadır. Bazı araştırmalardaki GNSS verilerinin sonucunda da doğrultu atımlı transfer fayların varlığından bahsedilmiştir (Barka vd. 2000, McClusky vd. 2000).

4.1.7 Seferihisar Fayı

Seferihisar fayı İzmir'in güneybatı kısmında Sığacık körfezi ile Güzelbahçe arasında

uzanan bir fay hattıdır. Seferihisar fayının karadaki uzunluğu 23 km'dir. Yapılan sualtı verileri fayın güneye doğru Ege denizi altında da devam ettiğini göstermiştir (Ocakoglu vd. 2004, 2005). Bu bilgiler sonucunda sualtında devam eden kısımla birlikte fayın uzunluğu 30 km'ye ulaşmaktadır. Yapılan araştırmalarda yüksek açılı fay düzlemleri boyunca doğrultu atımlı faylara has makaslama yapılarının geliştiği görülmüştür. Fay düzlemlerinde fayın sağ yönlü doğrultu atımlı olduğunu belirten gözlemler yapılmıştır (İnci vd. 2003). Seferihisar fayının jeomorfolojik verileri bu fayın Holosen'de aktif bir fay olduğunu yorumlamıştır. Sözbilir vd. (2003) bölgesel kinematik içindeki Seferihisar fayı D-B doğrultulu İzmir fayıyla ilişkili bir yapının olduğunu göstermektedir. Bu fay Tuzla fayının olduğu gibi Gediz grabeninin batısındaki transfer yay demeti içinde yer alır.

4.1.8 Gümüldür Fayı

İzmir'in güneybatısında Özdere ile Gümüldür arasında uzanır. Haritalanabilen uzunluğu 15 km'dir. Kara ve deniz verileri sonucunda Gümüldür fayında içinde olduğu bir normal fay sisteminin varlığını göstermektedir (Ocakoglu vd. 2004). Bu fay hattı olası diri fay olarak değerlendirilmiştir.

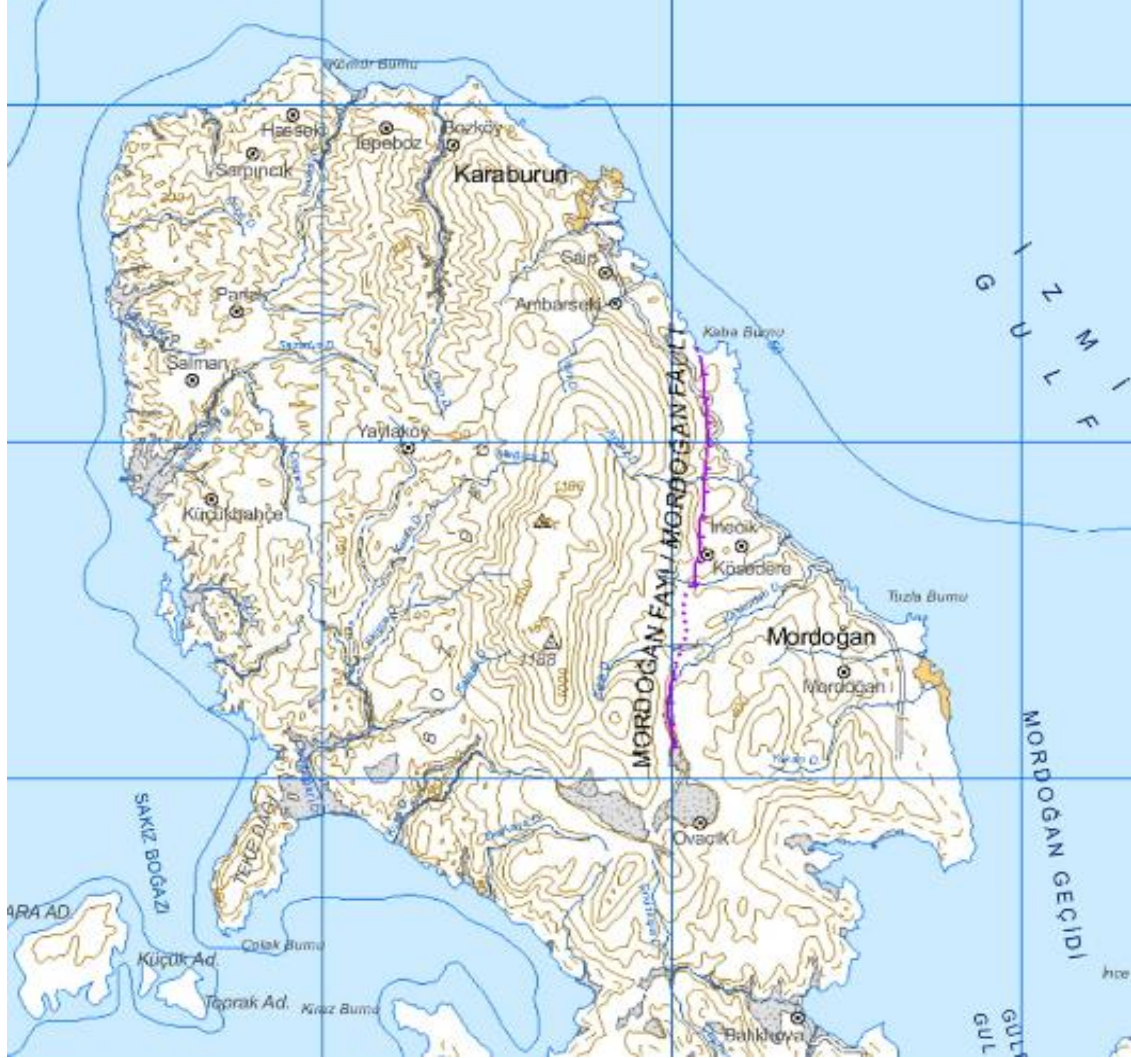
4.1.9 Gülbahçe Fayı

Gülbahçe fayı Karaburun yarımadasını ve İzmir körfezini birbirinden ayıran önemli bir fay hattıdır. Gülbahçe fayının karadaki uzunluğu 15 km'dir. Fayı kuzey ve güney segment olarak ikiye ayırabiliriz (Ocakoglu vd. 2004, 2005). Kuzey segmentin sağ yönlü doğrultu atımlı olabileceği düşünülmektedir. Güney segment için yeterli veri bulunmamaktadır.

4.1.10 Karaburun Fay Zonu

Daha öncelerde Gülbahçe fayı ve Karaburun fay zonu aynı fay olarak ele alınıp incelenmiştir. Eski dönemde yapılan araştırmalarda Gülbahçe fayı Karaburun fayı olarak adlandırılmıştır. Ancak yakın dönemde yapılan araştırmada Karaburun

bölgesinde bu faya paralel çok sayıda sualtı fayının varlığından bahsedildiği için adlama karışıklığı olmaması adına Gülbahçe fayı olarak yeniden adlandırılmıştır (Şekil 4.2).



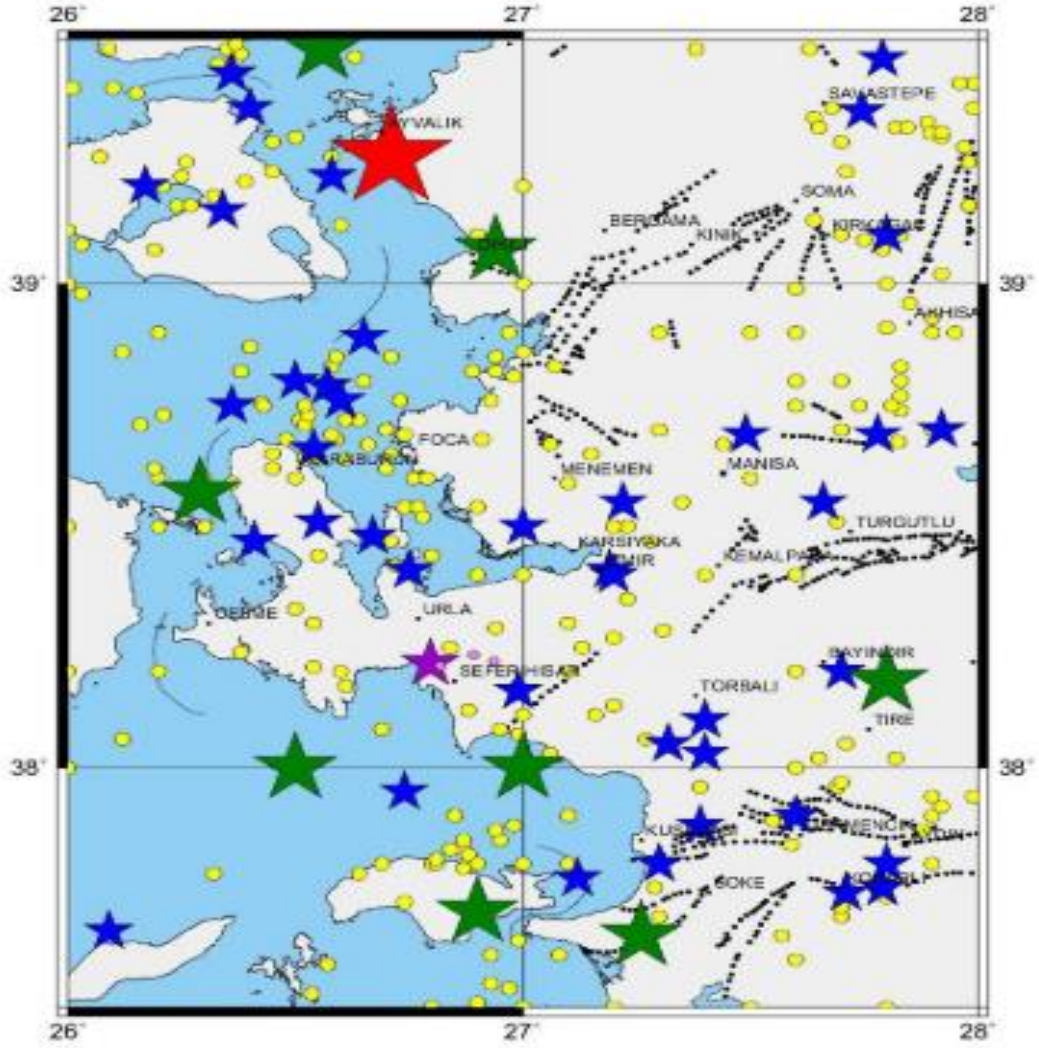
Şekil 4.2 Karaburun fayı (Emre vd. 2011).

Gülbahçe fayının güney ucunda fayın kıyı boyunca bir çizgisellik oluşturduğu ve Sığacık Körfezinin deniz tabanı uzanımında genç tortuları kesen bazı fayların olduğu görülmüştür. Körfez açıklarının doğusunda Seferihisar ve Tuzla fay zonlarının birbirine yaklaştığı ve bundan kaynaklı doğrultu atımlı fayların yoğunlukta olduğu bir yerdir. Körfez tabanında Gülbahçe fayının devam edip etmediği ve diğer faylarla geometrik ilişkisinin olup olmadığı hakkında net yorumlar yapılamamaktadır. Bundan dolayı Teke burnu Gülbahçe fayının güney ucu olarak kabul edilmiştir. Kuzey kısım ise başka bir araştırmada Karaburun fayı olarak tanımlanmıştır. Bu faya paralel birden fazla fayın

olduğu söylenmektedir. Bu faylar doğrultu atımlı bir fay zonu oluştururlar. Karaburun fay zonu ve Gülbahçe fayı ile ilgili yeterli veri olmadığı için bu fay hatları hakkında kesin yorumlar yapılamamaktadır. Fay hattı sualtında da devam ettiği için fayın geometrisiyle ilgili bilgilere ulaşamadığı için deprem analizleri yapılamamaktadır. Bulgular bu fayda doğrultu atımın baskın olduğu çıkarımını yapmaktadır. Fakat Holesendeki atım yönüyle ilgili bir yorum yapılamadığı için kesin bir çıkarım yapılamamaktadır. Ocakoğlu vd. yaptığı çalışmada sualtı verileri incelendiğinde kuzey segment doğrultusunda fayın bileşenlerinden birinin ters olduğunu ve batıya doğru bir rotasyon yaptığı söylenmektedir. Bu segment doğrultusunda fay incelendiğinde sıkışmalı bir bileşenin olması fayın sağ yönlü doğrultu atımlı olabileceğini düşündürmektedir. Tüm bu araştırmalar ne yazık ki Karaburun fay zonu hakkında bize yeterli bilgiler sunmuyor. Fay hattının sualtında devam ediyor olabileceği, fay geometrisinin tam olarak bilinmemesi ve yeterli çalışmanın bulunmamasından dolayı tez çalışmamda bu bölgeyi ele aldım. Bölgede aktif bir tektonik yapının bulunması ve yakın çevresinde büyük şehirlerin olmasından kaynaklı bölgeye gereken önemin verilip gerekli çalışmaların yapılması ve fay hattının kinematiği hakkındaki çıkarımlara ulaşılmalıdır.

4.2.Bölgenin Depremselliği

Batı Anadolu'da tarihsel ve aletsel dönemde birçok yıkıcı deprem kaydedilmiştir (Şekil 4.3). Bu depremlerin en önemlileri 1899 Menderes, 1 Ekim 1995 Dinar (Mw:6.2), 19 Mayıs 2011 Simav (Mw:5.9) depremidir (Koral 2000, Altunel 1999, Arpat ve Bingöl 1969, Temiz vd. 1998). İzmir ili ve çevresinde ise can ve mal kaybına neden olmuş birçok deprem kaydedilmiştir. Bu depremlerden tarihsel dönemde İzmir körfezi ve çevresinde milattan önce 496 ile milattan sonra 1949 arasında orta büyüklükte 20 adet yıkıcı deprem meydana gelmiştir (Altınok vd. 2005). 10 Temmuz 1688 depreminde İzmir ilinin yaklaşık 2/3'ü hasar görmüştür (Poirier ve Taher, 1980, Sözbilir vd. 2009). Bununla birlikte 1739 Foça ve 1788 İzmir depremlerinde bölgede birçok hasara neden olmuştur. Son yüzyılda aletsel dönemde bölgede 5 önemli deprem meydana gelmiştir. Bu depremler sırasıyla 1992 Doğanbey (Mw:6.0), 2003-Urla (Mw:5.7) ve 2005-Sığacık Körfezi (Mw:5.7, Mw:5.8, Mw:5.9) depremleridir.

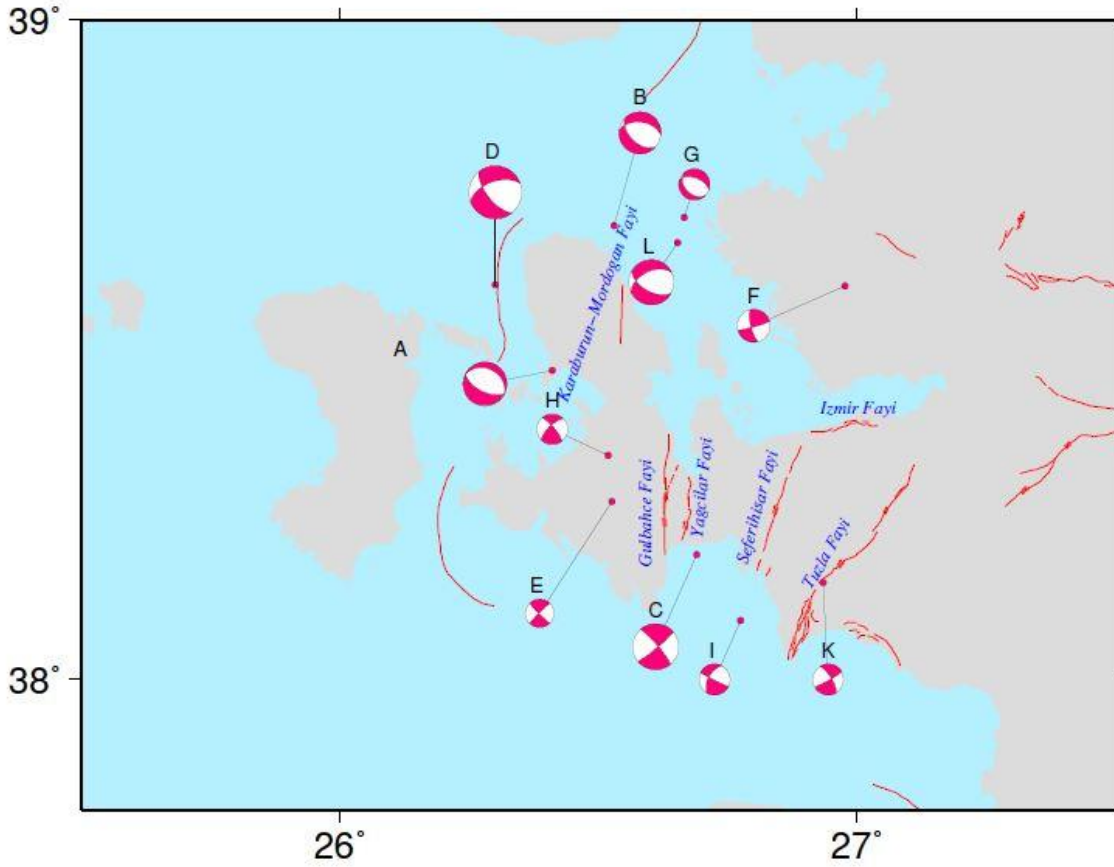


Şekil 4.3 İzmir ve çevresinde 1900 yılından günümüze kadar büyüklüğü 4.0 ve üzerindeki depremler (Emre vd. 2005).

Karaburun ve çevresinde Aletsel dönem kayıtlarına bakıldığı zaman 4.0 ile 6.6 büyüklükleri arasında birden fazla deprem meydana gelmiştir. Karaburun ve çevresinde meydana gelen depremler Şekil 4.4 ve Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Karaburun ve çevresinde meydana gelen depremler.

Deprem No	Enlem	Boylam	Tarih	Büyükölük	Derinlik	Strike	Dip	Rake
A	38.47	26.41	6.4.1969	5.6	16	116	60	-90
B	38.69	26.53	24.5.1994	5.4	13	277	47	-117
C	38.19	26.69	20.10.2005	5.9	10	50	84	-172
D	38.6	26.3	23.7.1949	6.8	8	250	56	-149
E	38.271	26.526	8.11.2007	3.6	10	225	86	-175
F	38.598	26.976	5.1.2008	4.2	8	75	85	165
G	38.702	26.665	20.7.2008	4	5	290	55	-105
H	38.341	26.518	23.12.2010	3.9	14	320	78	20
I	38.09	26.774	23.4.2011	4	10	117	86	-33
K	38.148	26.934	4.2.2012	4	10	60	85	-163
L	38.664	26.652	1.5.2012	5.8	6	119	56	-52



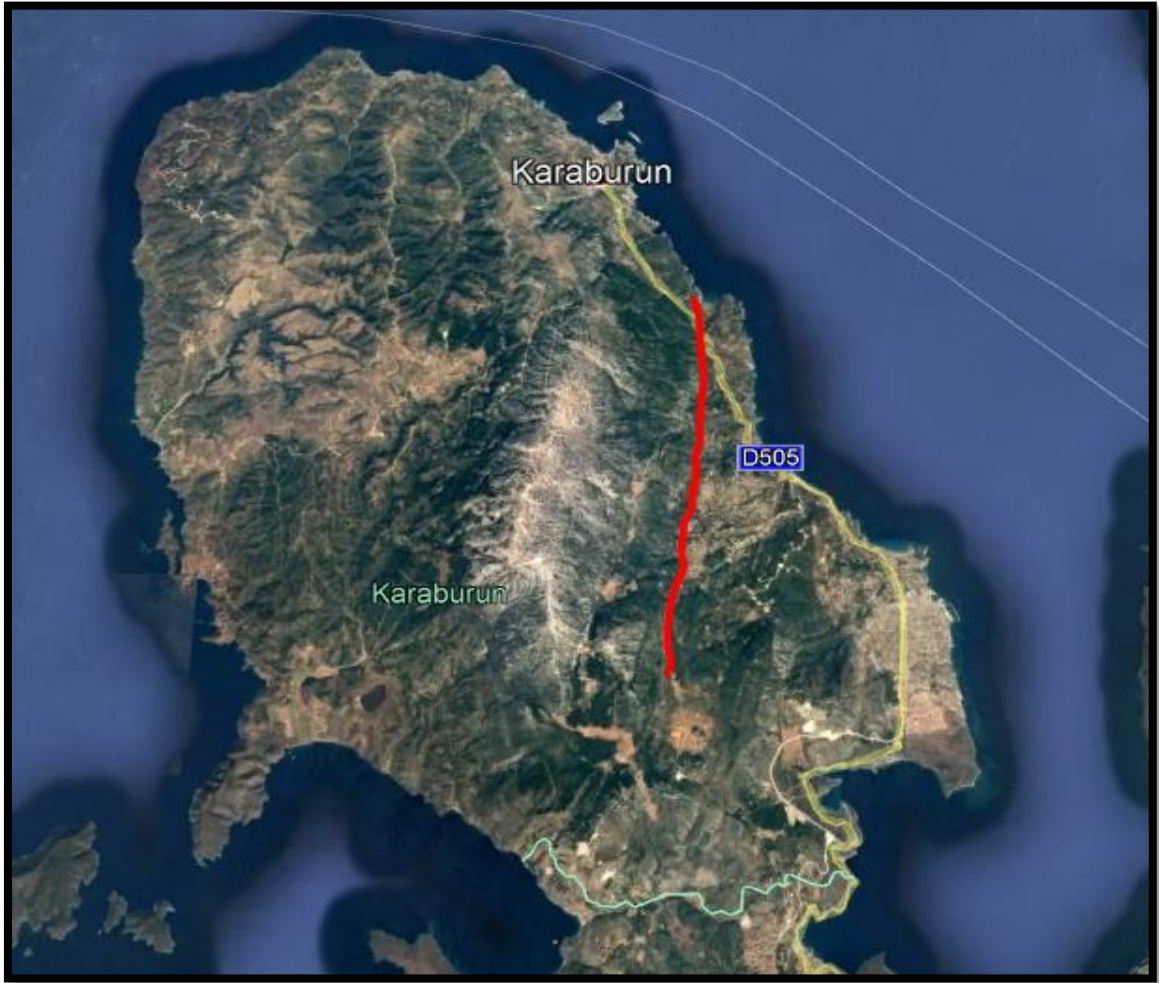
Şekil 4.4 Karaburun çevresi deprem aktiviteleri (Tan, 2013).

Şekil 4.4 ve çizelge 4.1 incelendiğinde de bölgenin aktif tektonik bir yapıya sahip olduğu ve bu nedenle depremlerin meydana gelme olasılığı yüksek olduğu anlaşılmıştır.

5. ÇALIŞMA ALANI VE YAPILAN ÇALIŞMALAR

5.1 Çalışma Alanı Tanıtımı

Çalışma alanı Batı Anadolu fay kuşağında yer almaktadır. İncelenen Karaburun fay zonu İzmir ili Çeşme ilçesinin Ovacık köyünün kuzeyinden başlayarak, KD yönünde Karaburun’undaki Kaba burnuna kadar uzanmaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Karaburun fayı Google Earth genel görünümü.

5.2 GNSS Ağı Tasarımı ve Ölçüleri

Bölgenin istikşafı Maden Teknik Arama Kurumu’nun yenilenmiş diri fay haritası örnek alınarak yapılmıştır. Fay hattını Doğu – Batı doğrultusuna paralel ve Kuzey – Güney

doğrultusunu dik olarak takip edebilen 6 noktalı bir GNSS ağı tasarlanmıştır. Nokta tesis maliyetini azaltmak için ağ tasarımı yapılırken ilk olarak bölgede daha önceden haritacılık faaliyetleri için pilye olarak tesis edilmiş mevcut olan noktalar araştırılmıştır. Daha sonra bulunan pilyelere istikşaf yapılmıştır. Tahrip edilmemiş olan pilyeler seçilip noktalara ait tesis ölçüsü olup olmadığı araştırılmıştır. Noktaların çoğunlukla pilye tesisi seçilme sebebi merkezleştirme hatasını en aza indirmektir. Bu noktalarda geçmişte en az 2 gün 8 saat ölçüsü yapılan noktaların geçmiş ölçüleri bölgede bulunan harita büroları ve kurumlardan temin edilmiştir. Ayrıca nokta seçimi yapılırken bölgenin jeolojik ve topolojik yapısı dikkate alınarak ölçülebilir, kolay ulaşılabilir ve sağlam zeminde bulunuyor olmalarına özen gösterilmiştir (Şekil 5.1), (Şekil 5.3).



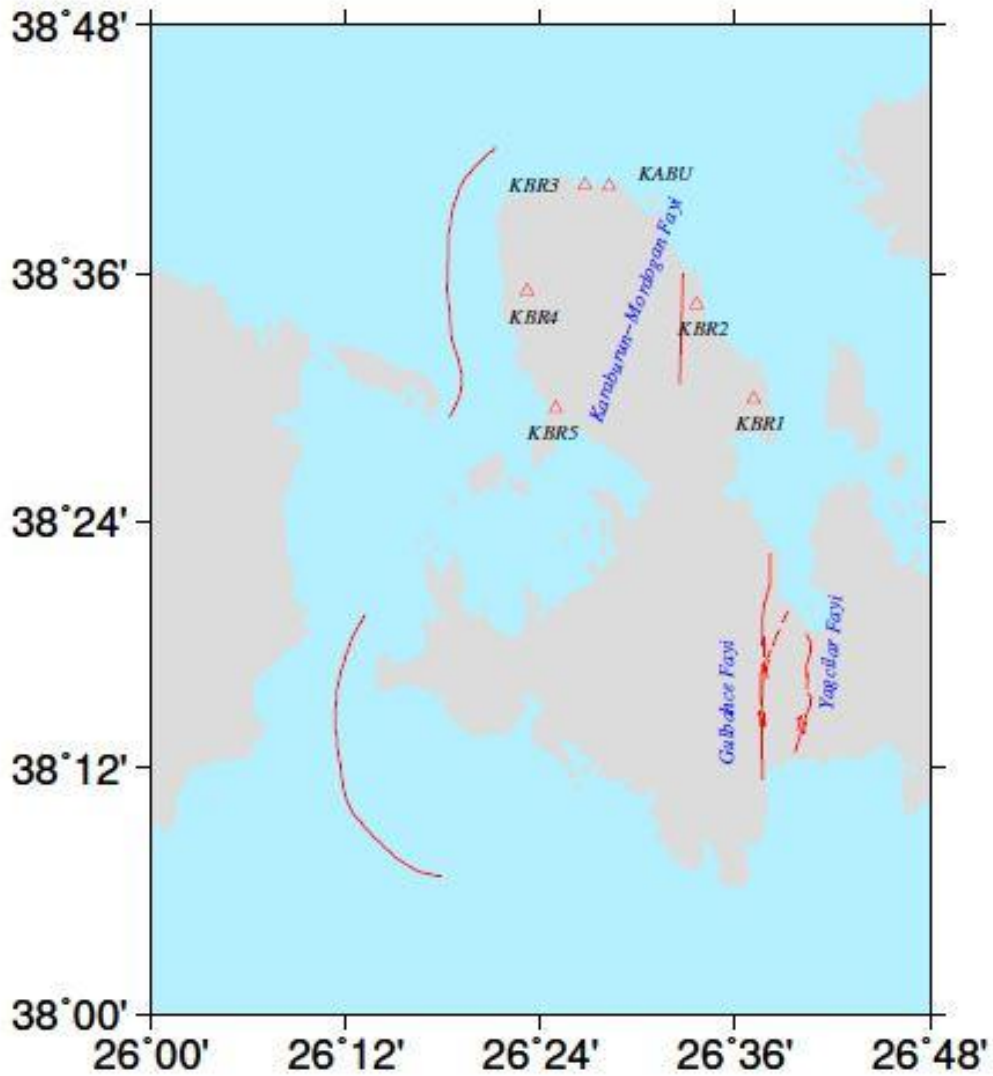
Resim 5.1 KBR5 noktasından bir görüntü.

GNSS ağı 2018 yılında başlayarak 2 ölçü kampanyası ile 1 periyot ölçü alınarak 2019 yılına kadar ölçülmüştür. Yukarıda da belirtildiği gibi eski tarihli ölçüler ile her noktada en az 3 kampanya ölçü olması sağlanmıştır. 2018 ve 2019 GNSS ölçüleri en az 8 saat,

eş zamanlı ve 2 şer gün olarak yapılmıştır. Yapılan kampanya tarihleri çizelge 5.1' de ve GNSS ağı Şekil 5.2 de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Kampanya tarihi çizelgesi.

Kampanya No	Tarih	Ölçü süresi
1. Kampanya	2006, 2007, 2008	2 gün 8 saat
2. Kampanya	17-18 Kasım 2018	2 gün 12 saat
3. Kampanya	19-20 Ekim 2019	2 gün 12 saat



Şekil 5.2 Kurulan GNSS ağı.



Şekil 5.3 KBR1 nolu nokta (a), KBR5 nolu nokta (b), KBR4 nolu nokta (c), KBR3 nolu nokta (d).

Kurulan GNSS ağına ait ölçü noktaları Çizelge 5.2 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 GNSS ağı ölçü noktaları.

SIRA NO	GPS NOKTA ADI	ALICI TİPİ	İL	İLÇE	Enlem	Boylam	Tesis Türü
1	KBR1	Thales Z Max	İzmir	Karaburun	26.618	38.479	Pilye
2	KBR2	Thales Z Max	İzmir	Karaburun	26.560	38.555	Pilye
3	KBR3	Thales Z Max	İzmir	Karaburun	26.385	38.672	Pilye
4	KBR4	Thales Z Max	İzmir	Karaburun	26.386	38.560	Pilye
5	KBR5	Ashtech Z X	İzmir	Karaburun	26.405	38.471	Pilye
6	KABU	Thales Z Max	İzmir	Karaburun	26.520	38.681	Zemin

Kurulan ağ ölçülürken GNSS alıcıları 15 sn'lik epoklarla veri kayıtları yapılmıştır. Anten yükseklik açısı 10° olarak ayarlanmıştır. Zemin de tesis edilen noktalarının ölçümünde ise alet sehpa kullanılmıştır. Yapılan kampanyalara ait GNSS ölçü zaman çizelgesi çizelge 5.3 de verilmiştir.

Çizelge 5.3 GNSS ölçü zaman çizelgesi.

SIRA NO	NOKTA ADI	İLÇE	Eski	2018	2019
1	KBR1	Karaburun	X	X	X
2	KBR2	Karaburun	X	X	X
3	KBR3	Karaburun	X	X	X
4	KBR4	Karaburun	X	X	X
5	KBR5	Karaburun	X	X	X
6	KABU	Karaburun	X	X	

5.3 GNSS Verilerinin GAMIT/GLOBK Yazılımı ile Değerlendirilmesi ve Nokta Hızlarının Hesaplanması

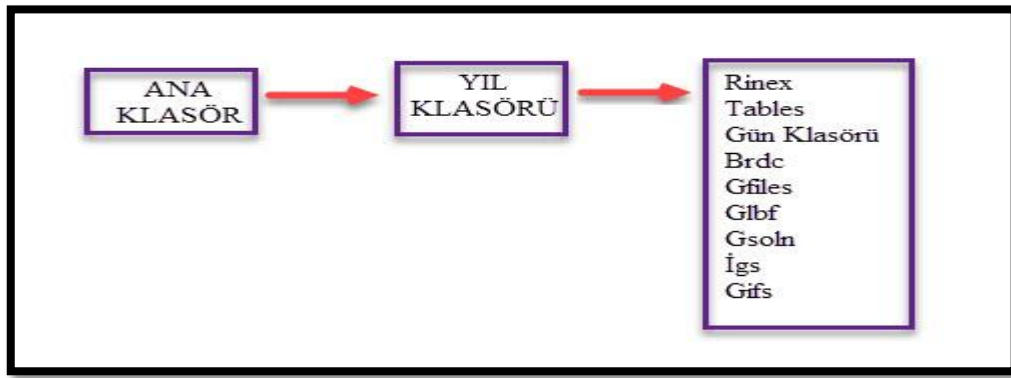
Temel olarak kabuksal deformasyonu incelemek ve GNSS ölçümlerini analiz etmek için akademik çalışmalarda sıklıkla yararlanılan GAMIT/GLOBK programları kullanılmıştır. Bu yazılım Ulusal Bilim Vakfının desteği ile MIT, Scripps Oşinografi Enstitüsü ve Harvard Üniversitesi tarafından geliştirilmiştir. GAMIT uydu yörüngelerinin üç boyutlu göreceli konumları, yer istasyonları, atmosferik zenit gecikmeleri ve dünya yönelim parametrelerini tahmin etmek için faz verilerini işlemek için programların toplanmasıdır. GLOBK temel amacı GPS, VLBI ve SLR gibi çeşitli jeodezik çözümleri birleştirmek olan bir Kalman filtresidir (İnt. Kyn. 2). GNSS verilerinin değerlendirilmesi aşamasında GAMIT/GLOBK programları kullanılmıştır. GNSS ham verilerinin işlenmesi için Uluslararası Rinex (Receiver Independent Exchange Format) formatına çevirmek için TEQC programı kullanılmıştır. Rinex formatındaki verilerin GAMIT programında değerlendirilmesi işlemleri 3 temel aşamadan oluşmaktadır. Hazırlık Aşamasında istasyon bilgilerinin bulunduğu “station.info” dosyasının düzenlenmesi gerekmektedir. Bu dosya arazide toplanan verilere ilişkin alıcı-anten modelleri, ölçü süreleri bilgilerini içermektedir. Düzenlenmesi gereken diğer dosya “sites.Defaults” dur. Bu dosyada değerlendirmede

kullanılacak IGS noktalarını isimleri yazılmaktadır. Bu dosyalar GAMIT programının kullanıldığı tablolar la birlikte “tables” klasörü içinde bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan IGS istasyonları çizelge 5.4 de verilmiştir.

Çizelge 5.4 IGS istasyonları çizelgesi.

Nokta Adı	Ülke	Şehir	Nokta Adı	Ülke	Şehir
ADIS	Ethiopia	Adis Ababa	MATE	İtalya	Basılıcata
ANKR	Türkiye	Ankara	NICO	Kıbrıs	Lefkoşe
BOR1	Polonya	Wielkopolska	NOT1	İtalya	Sicilya
BUCU	Romanya	Bükreş	ONSA	İsveç	Onsala
CRAO	Ukrayna	Simeiz	POLV	Ukrayna	Poltava
DRAG	İsrail	Metzoki	POTS	Almanaya	Brandenburg
GLSV	Ukrayna	Kiev	RAMO	İsrail	Ramon
GRAS	Fransa	Maritimes	SOFI	Bulgaristan	Sofya
GRAZ	Avusturya	Graz	TELA	İsrail	Telaviv
ISTA	Türkiye	İstanbul	VILL	İspanya	Madrid
KOSG	Hollanda	Kootwijk	ZECK	Rusya	Zelenchukskaya

Değerlendirme Aşamasında ise bütün hazırlık işlemleri tamamlandıktan sonra GAMIT programın “Sh_gamit” komutu çalıştırılır. “Sh_gamit” komutu çalıştırıldıktan sonra ana klasörün içindeki yıl klasörlerinin her birinin içinde ölçü yılına ait gün klasörleri, Brdc klasörü, Gfiles klasörü, Gsoln klasörü, gifs klasörü, glb klasörü ve igs klasörü oluşur



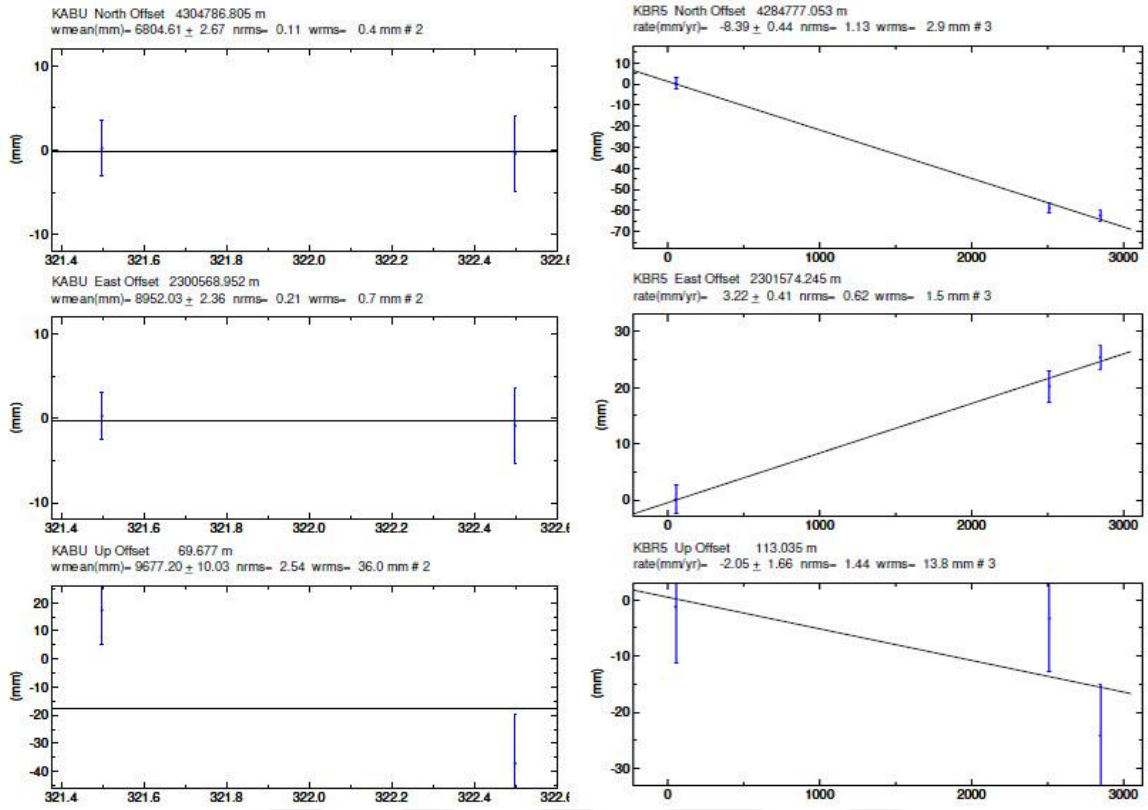
Şekil 5.4 GAMIT klasör yapısı.

GAMIT’te gün çözümleri yapıldıktan sonra Kontrol ve Sonuç Aşamasına geçilir (Şekil 5.4). Bu aşamada her yıl klasörünün içerisinde bulunan gün klasörlerinin içinde oluşan

sonuç dosyaları kontrol edilir. Kontrol edilmesi gereken dosyalardan birisi “qxxxxa.ddd” dosyasıdır. Bu dosyanın adlandırılmasında GAMIT yazılımının genel isim oluşturma formasyonu kullanılmaktadır. Bu dosya içerisinde ölçümü yapılan noktaların analize girip girmediği kontrol edilir. Eğer tüm noktalar analize girmiş ise normlandırılmış karesel ortalama hata (nrms – Normalized Root Mean Square) değeri kontrol edilir bu değerin 0.15 den büyük 0.25 den küçük olması gerekmektedir. Eğer nrms değeri belirtilen değerler arasındaysa kurulan model doğru ve ölçülerin gürültü seviyeleri kabul edilir. Ayrıca analiz sonucu oluşan bu q dosyasının içerisinde istasyonlara ait koordinat bilgileri, yer dönüşüm parametreleri ve uydu bilgileri sınırlamaları bulunur (Herring et al. 2009, Poyraz 2009, Tiryakioğlu 2012).

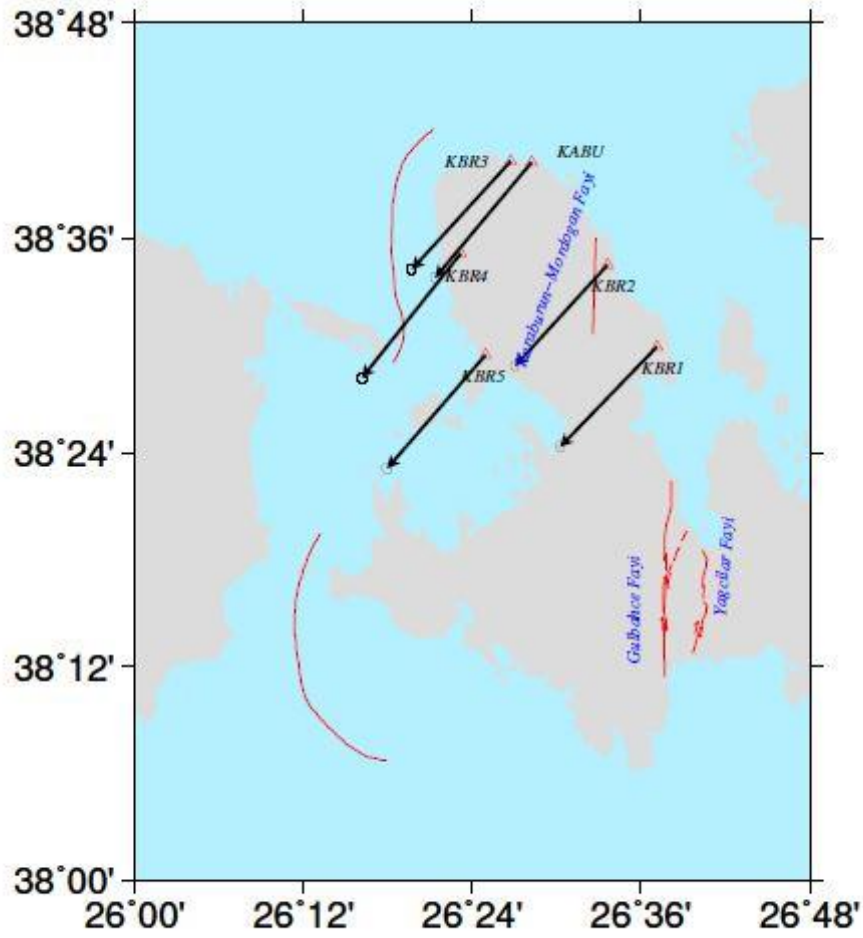
Gün dosyalarının kontrol işleminden sonra hız üretme aşamasına geçilmiştir. Bu noktada GLOBK kullanılmıştır. Bu yazılımda hızların üretilmesi, plaka hareketlerinin modellenmesi ve çalışmada kullanılan noktaların konum değişikliklerine bağlı olarak zaman serilerinin üretilmesinde Kalman Filtreleme kullanılmaktadır. Kalman Filtresi özetle mevcut verileri değerlendirip bir model kurar. Daha sonra kurduğu bu modeli kullanarak gelecekteki verileri tahmin etmeye çalışır. Eldeki veri miktarı ne kadar artarsa tahmindeki kesinlikte o oranda artar (Dong et al. 1998).

GLOBK yazılımında tektonik hareketleri gözlemleyebilmek için uzun dönem zaman serileri oluşturulur. Bu zaman serileri incelenerek ölçüm yapılan noktalar tektonik açıdan değerlendirilir. Tez çalışmasında kullanılan KABU ve KBR5 noktasına ait günlük ve yıllık zaman serileri Şekil 5.5 verilmiştir.



Şekil 5.5 KABU (Günlük) ve KBR5 (Yıllık) noktası nın zaman serileri.

GLOBK yazılımının en önemli kısmı stabilizasyondur. Global stabilizasyon işleminin GAMIT bölümünde analize katılan IGS istasyonlarından uygun olarak seçilenler bu stabilizasyon işlemi için kullanılmaktadır. Bu sebeple GAMIT bölümünde kullanılan ve çizelge 5.4 de verilmiş olan IGS istasyonlarından 22 tanesi kullanılmıştır. GLOBK stabilizasyon işleminden sonra hesaplanmış olan hız değerlerinin post RMS değerleri 1 mm. altında, Avrasya plakası için 0.53 mm/yıl olarak elde edilmiştir. Elde edilen hızlar Şekil 5.6 de verilmiştir.



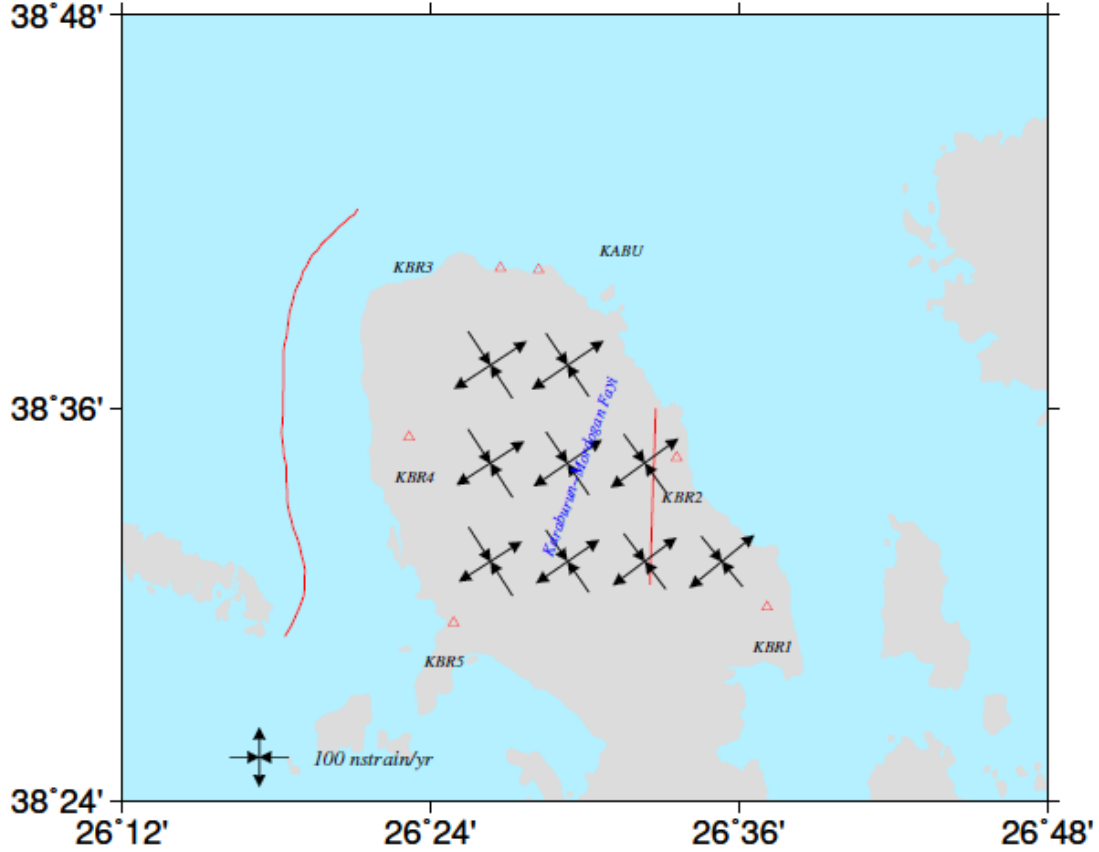
Şekil 5.6 Avrasya sabit hız alanı.

5.4 GNSS Hızları ile Yamulma Analizi

Bölgenin yamulma alanlarını hesaplamak için yamulma analizi yapılmıştır. Geodsuit yazılımı ile yamulma analizi yapılmıştır ((İnt. Kyn. 3). Programdaki esas girdileri elde edilen hızlar ve hızlara ait karesel ortalama hatalardır. Geodsuit yazılımı matematiksel algoritması Shen vd. 1996 ve Aktuğ vd. 2009 da açıklanmıştır. Bu yazılımın en büyük avantajı GNSS hızlarının belirsizliği ile kestirim yapacağı yamulma alanları arasındaki dengeyi sağlamak üzere daha da ağırlıklandırılmıştır.

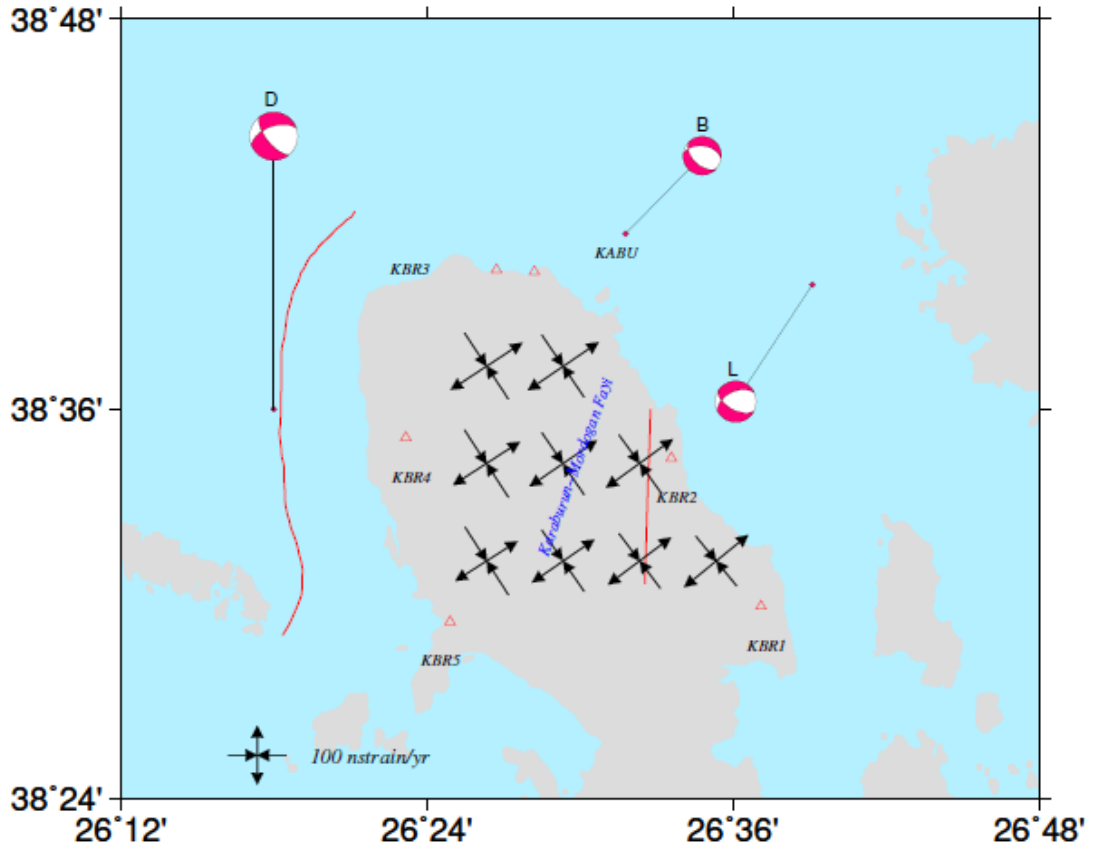
Tez çalışmasında 2 boyutlu yamulma analizi yapılmıştır. 2 boyutlu olmasının temel sebebi GNSS teknolojinin 3 boyutta istenilen doğruluğu vermemesinden dolayıdır.

Çalışma bölgesi 0.05 x 0.05 derecelik gridlere ayrılıp her grid köşesine ilişkin yamulma alanları hesaplanmıştır. Elde edilen yamulma alanları Şekil 5.7’de gösterilmektedir.



Şekil 5.7 Yamulma alanları.

Yamulma alanı incelendiğinde genel anlamda bölgede KD-GB baskın açılma KB-GD sıkışma rejiminin hakim olduğu görülmektedir. Elde edilen yamulma alanları bölgede meydana gelen depremlerin odak mekanizma çözümleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5.8). Bölgedeki deprem çözümleri Mordoğan Karaburun fay zonu üzerinden daha çok denizde meydana gelmiştir. Bölgenin kuzeyinde denizde meydana gelen depremler bölgede KD-GB açılma göstermektedir (B). Bölgenin doğusunda bulunan İzmir körfezinde meydana gelen deprem çözümleri incelendiğinde (L) KG açılma DB sıkışma görülmektedir (Şekil 5.8). Genel olarak yamulma alanlarının bölgeye yakın meydana gelen deprem çözümleri ile genel anlamda uyumlu olduğu görülmüştür. Gözlenen bazı farklılıkların nedeninin depremlerin Karaburun fayı üzerinde olmayışdır.

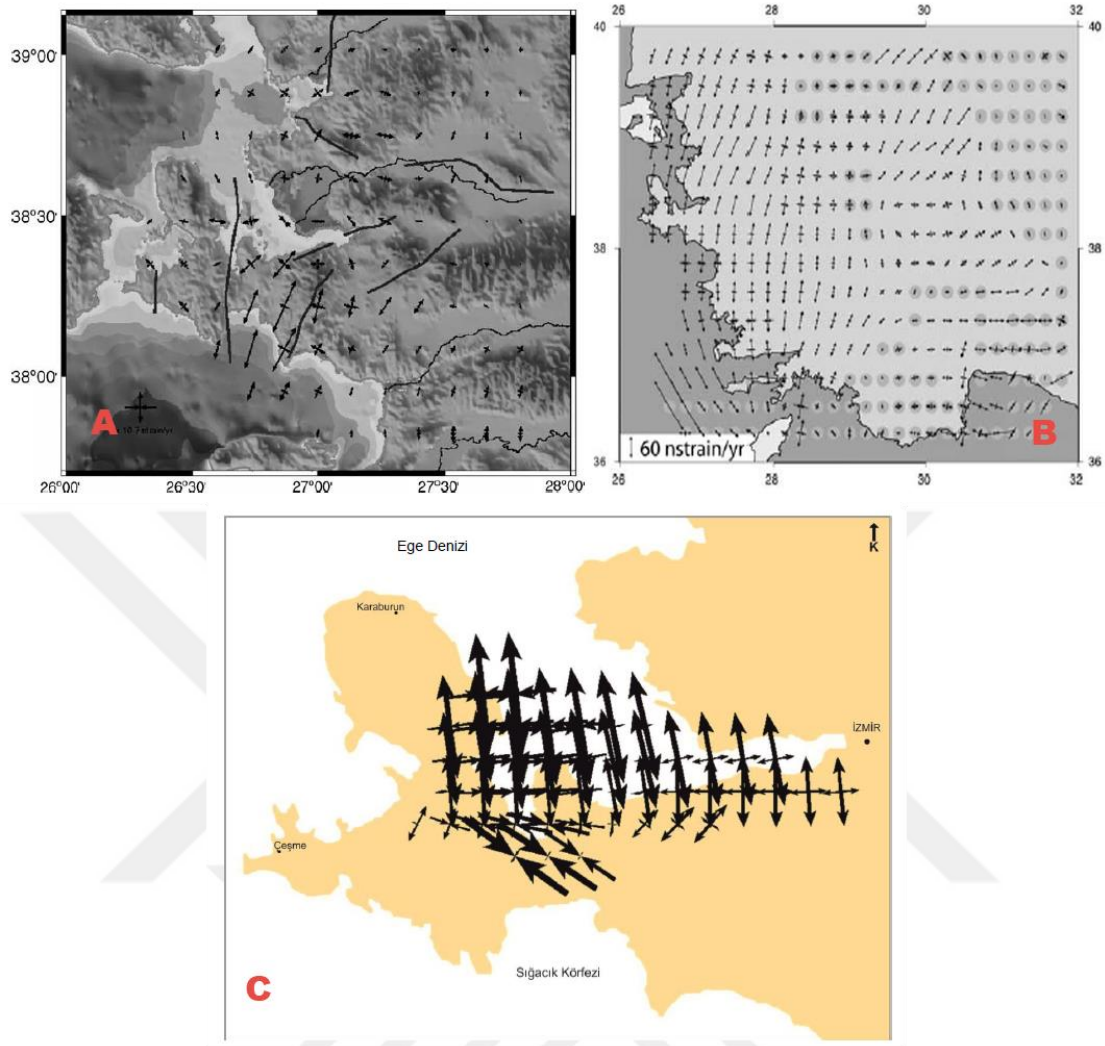


Şekil 5.8 Yamulma alanları ve deprem odak mekanizma çözümleri.

Bölgede yapılan diğer jeodezik çalışmalarda elde edilen yamulma alanları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5.9).

Aktuğ vd. (2006) yaptıkları yamulma analizinde Karaburun yarımadasının ortasında D-B açılma kuzey ucunda da KB-GD baskın açılmalar bulmuşlardır (Şekil 5.9 A). Bu çalışmada yarımada üzerinde sadece tek GNSS noktası (KABU) bulunmaktadır. Yarımada üzerindeki yamulmalar Çeşme ve İzmir civarında bulunan noktalar ile iteratif olarak hesaplanmıştır.

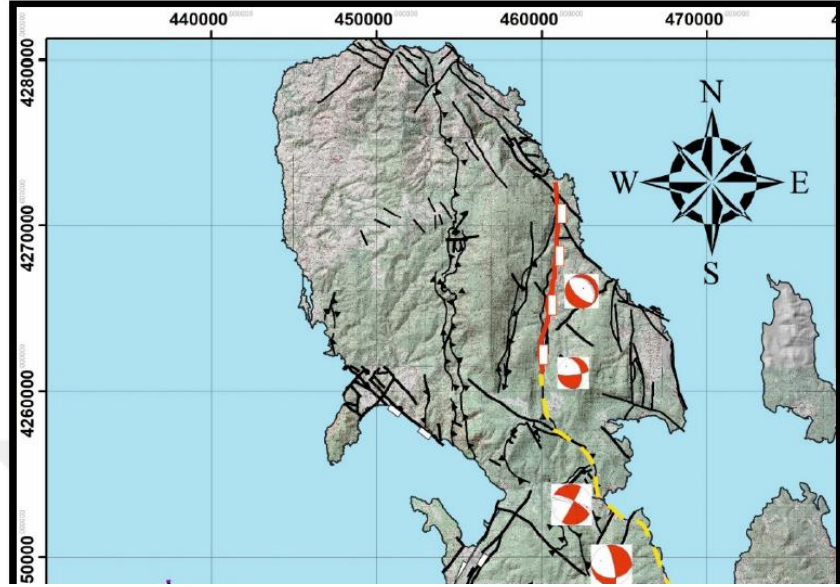
Yine Aktuğ vd. (2009) Batı Anadolu ölçeğinde yaptıkları yamulma analizde Yarımadanın KD-GB baskın açılmalar hesaplamışlardır. Malaliçi, (2019) yaptığı yüksek lisans tezinde yarımadanın güneyinde daha çok gülbahçe fayı üzerinde KKB-GGD açılmalar, BGB-DKD sıkışmalar hesaplamışlardır. Bu çalışmada da yine Karaburun fayı civarında tek nokta bulunmaktadır.



Şekil 5.9 Diğer çalışmalarda hesaplanan yamulma alanları (A: Aktuğ vd 2006, B: Aktuğ vd. 2009, Malaliçi, 2019).

Her 3 jeodezik çalışmada da bulunan yamulma alanları bu çalışmada bulunan yamulma alanlarından farklıdır. Bu nedenle bölgenin fay kinematiklerini incelemek için yapılan jeolojik çalışmalar incelenmiştir. Bölgedeki en kapsamlı ve en güncel çalışma Ulutaş (2019) dur. Bu çalışmada Karaburun Yarımadası'nı kapsayan çalışmaların sonucunda elde edilen kinematik veriler değerlendirilmiştir. Tüm Karaburun Yarımadası'nda yapılan/yapılmış olan jeolojik haritalama çalışmaları, bölgedeki yapısal ilişkilerin ayrıntılı olarak incelenmesine olanak sağlamıştır. Yarımadası'nın gelişiminde rol oynayan tektonik kuvvetlerin gerilim yönlerini hesaplamak amacıyla bölgede

haritalanan ve tanımlanan faylar üzerinde ölçülen kinematik göstergelere göre kinematik analiz çalışmaları yapılmıştır (Şekil 5.10). Ulutaş (2019) Karaburun fayını kuzey bölümünü KD-GB açılmaları olan normal fay olarak tanımlamıştır. Diğer yandan yine bu çalışmada fayın güney bölümünde ise KD-GB açılma, KB-GD sıkışmaları olan sol yanal atımlı kinematik çözümler elde edilmiştir. Bu kinematik analizler bu çalışmada bulunan sonuçlarla uyum içindedir.



Şekil 5.10 Jeolojik çalışmalarda elde edilen kinematik analiz çalışmaları (Ulutaş 2019).

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada Karaburun fayını kapsayacak şekilde Karaburun yarım adasında 6 noktalı bir GNSS ağı kurulmuştur. Kurulan ağın noktaları olarak bölgede yapılan haritacılık faaliyetleri için tesis edilen zorunlu merkezleştirmeye imkan sağlayan pilye noktaları seçilmiştir. Bu noktalarda geçmişte en az 2 gün 8 saat ölçüsü yapılan noktaların geçmiş ölçüleri bölgede bulunan harita büroları ve kurumlardan temin edilmiştir. Kurulan GNSS ağıda hız ve yamulma alanını belirlemek için geçmiş yıllarda yapılan çalışmaların noktalarını da kapsayan 2017 -2018 yıllarında GNSS ölçüleri yapılmıştır.

Elde edilen hız alanı (Şekil 5.6) incelendiğinde çalışma bölgesinin Avrasya referans sistemine göre yıllık 20–25 mm’lik hızla batı-güneybatı yönlerine doğru hareket etmiştir. Bu sonuçlar bölgede yapılan diğer çalışmalarla uyum içinde olduğunu göstermektedir.

Şekil 5.8 deki yamulma alanı incelendiğinde Karaburun yarımadası üzerinde KD-GB baskın açılma KB-GD sıkışma rejiminin hakim olduğu görülmektedir. Bölgede meydana gelen depremlerin çözümleri ile yamulma alanları karşılaştırıldığında Karaburun fayı üzerinden genel olarak yamulma alanlarının bölgeye yakın meydana gelen deprem çözümleri ile uyumlu olmadığı görülmüştür. Bunun genel nedeninin bölgede çözümleri olan depremlerin genelde denizde ve karada Karaburun fayı üzerinde hiçbir deprem olmaması olarak düşünülmektedir.

Bölgede yapılan diğer jeodezik çalışmalarda elde edilen yamulma alanları ile karşılaştırılmıştır. Diğer çalışmalardaki yamulma alanlarını bu çalışmada bulunan yamulma alanlarından farklı olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin diğer çalışmalarda kurulan GNSS ağının Karaburun fayını kapsayacak şekilde yoğun noktaların içermemesi olduğu düşünülmektedir.

Bölgedeki jeolojik çalışmalar (Ulutaş 2019) sonucunda Karaburun fayını kuzey bölümünü KD-GB açılmaları olan normal fay, güney bölümünde ise KD-GB açılma, KB-GD sıkışmaları olan sol yanal atımlı kinematik çözümler elde edilmiştir. Bu

kinematik analizler bu çalışmada bulunan sonuçlarla uyum içindedir.

Sonuçların Jeolojik çalışmalar uyum içinde olması yamulma analizinin doğruluğunu göstermektedir. Bunula birlikte yamulma analizlerinde karada meydana gelecek depremlerin transtansiyonel özellikte olabileceğini, yanal bileşenin sol yöne sahip olabileceğini göstermektedir.

Tez çalışması sonucunda elde edilen bilgiler ışığında tektonik amaçlı yapılacak GNSS ölçmelerinde dikkat edilmesi gereken hususlar ve bölgenin tektoniği ile ilgili öneriler aşağıda sıralanmıştır.

- Yapılacak GNSS ölçülerinde mutlaka geçmişte ölçülere sahip noktaların kullanılması zaman para ve ölçü doğruluğu optimizasyonu açısından önemlidir.
- Bölgeye sabit GNSS istasyonunun kurulması önerilmektedir.
- Bununla birlikte uzun zamandır Karaburun fayında deprem olmaması, bölgenin güneyinde 2005 Sığacık depremleri kuzeyinde 2017 Çanakkale Ayvacık depremleri bölgede bir enerji birikimi meydana getirmiştir. Bu nedenle deprem potansiyeli olan Karaburun fayının GNSS ölçüleri ile takibine devam edilmesi önerilmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Aktuğ B, Kılıçoğlu A, 2006, Recent Crustal Deformation of İzmir Western Anatolia And Surrounding Regions as Deduced from Repeated GPS Measurements and Strain Field, *Journal of Geodynamics*, 41,471-484.
- Aktuğ B, Nocquet J M, Cingöz A, Parsons B, Erkan Y, England P C, Lenk O, Gürdal M A, Kılıçoğlu A, Akdeniz H, Tekgül A, 2009, Deformation of western Turkey from a combination of permanent and campaign GPS data: limits to block-like behavior, *Journal of Geophysical Research*, 114, 1978–2012.
- Altan Z, Ocakoğlu N, Böhm G, 2019, Yansıma Seyahat Zamanı Tomografisi: İzmir Körfezi için Örnek Bir 2B Çalışma, *Yerbilimleri*, 40, 168-189.
- Altınok Y, Alpar B, Gazioğlu C, 2005, 1881 and 1949 Earthquakes at the Chios-Cesme Strait (Aegean Sea) and their Relation to Tsunamis, *Natural Hazards and Earthquakes System Sciences*, 5, 717-725.
- Baysal D, Aktuğ B, Koçyiğit A, 2010, GPS nokta koordinatlarındaki zamana bağlı değişimlerin analizi ve yorumu: İzmir bölgesinde uygulama, *Harita Dergisi*, 144, 29-39.
- Dong D, Herring T A, King R W, 1998, Estimating Regional Deformation From a Combination of Space and Terrestrial Geodetic Data, *Journal of Geodesy*, 72, 200 -214.
- Demirtaş R, Erkmen C, 2000, Deprem ve Jeoloji, Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.
- Emre Ö, Özalp S, Duman T Y, 2011, 1: 250,000 scale active fault map series of Turkey. İzmir (NJ 35-7) Quadrangle, Serial Number (6), General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara-Turkey.
- Emre Ö, Barka A, 2000, Gediz grabeni –Ege denizi arasının (İzmir yöresi) aktif fayları. Batı Anadolu’nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000), Bildiriler Kitabı, İzmir, 131–132.
- Eyidoğan H, 1989, Sismoloji Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 80s, 1989

- İnci U, Sözbilir H, Erkül F, Sümer Ö, 2003, The cause of the earthquakes between the Urla and Balıkesir is a fossil fault, Cumhuriyet Newspaper Science Technic Journal, 848, 6-7 (in Turkish).
- Karaman E, 2006, Yapısal Jeoloji ve Uygulamaları, Gelişim Yayınevi, 286, Ankara.
- Kartal R F, Kadirioğlu F T, Zünbül S, 2015, Kuzey anadolu fay zonunun kinematiği, 19. Aktif Tektonik Araştırma Grubu Çalıştayı, 7-9 Ekim, Ankara
- Kibici, Y, 2005, Deprem, A.K.Ü. Yayınları No:59, 133, Afyonkarahisar.
- Koçyiğit A, 1984, Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişimi, TJK Bülteni, Ankara,1-16,
- Malaliçi B C, Pamukçu O, Çırmık A, Dindar H, 2019, Deformation analysis of East Mediterranean with using SSPX software, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 21, 235-246.
- Malaliçi B C, 2019, Gülbahçe fayı ve çevresinin jeodinamik yapısının irdelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, 68, İzmir.
- McClusky S, Balassanian S, Barka A, Demir C, Ergintav S, Georgiev I, Gurkan O, Mahmoud S, Mishin A, Nadriya M, Ouzounis A, Paradissis D, Peter Y, Prilepin M, Reilinger R, Sanli I, Seeger H, Tealeb A, Toksoz M N, Veis G, 2000, Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics and Dynamics in The Eastern Mediterranean and Caucasus, Journal of Geophysical Research, 105, 5695-5719.
- Ocakoğlu N, Demirağ E, Kuşçu I, 2004, Neotectonic structures in the area offshore of Alaçatı, Doğanbey and Kuşadası, Western Turkey: Evidence of strikeslip faulting in the Aegean extensional province, Tectonophysics, 391, 67–83.
- Ocakoğlu N, Demirağ E, Kuşçu I, 2005, Neotectonic structures in Izmir Gulf and surrounding regions (Western Turkey): evidences of strike-slip faulting with compression in the Aegean extensional regime, Marine Geology, 219, 155–171.
- Özkaymak Ç, 2012, Manisa Havzası'nın Aktif Tektoniği Ve Depremselliği Batı Anadolu, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 205, İzmir

- Pamukçu O, Gönenç T, Çırmık A, Kahveci M, 2013, Sismik riski yüksek olan İzmir-Karaburun'un güneyinde yapılmış mikrogravite ve gps çalışmaları, TMMOB Jeofizik Dergisi, 18, 59–66.
- Reilinger R, McClusky S, Vernant P, Lawrence S, Ergintav S, Cakmak, R, Ozener H, Kadirov F, Guliev I, Stepanyan R, Nadariya M, Hahubia G, Mahmoud S, Sakr K, ArRajehi A, Paradissis D, Al-Aydrus A, Prilepin M, Guseva T, Evren E, Dmitrova A, Filikov S V, Gomez F, Al-Ghazzi R., Karam G, 2006, GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia- Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, *Tectonics*, 111, 1-26.
- Sözbilir H, Sümer Ö, Uzel B, Ersoy Y, Erkül F, İnci U, Helvacı C, Özkaymak Ç, 2009, 17-20 Ekim 2005 Sığacık Körfezi (İzmir) depremlerinin sismik jeomorfolojisi ve bölgedeki gerilme alanları ile ilişkisi, *Batı Anadolu, Türkiye Jeoloji Bülteni*, 52, 217-238.
- Şaroğlu F, Emre Ö, Kuşçu İ, 1992, Türkiye diri fay haritası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Şengör A M C, 1979, The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance, *Journal of the Geological Society of London*, 136, 269–282.
- Tan O, 2013, The dense micro-earthquake activity at the boundary between the Anatolian and South Aegean microplates, *Journal of Geodynamics*, 65, 199– 217
- Tiryakioğlu İ, 2012, GNSS Ölçüleriyle Güneybatı Anadolu'daki Blok Hareketleri Ve Gerilim Alanlarının Belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 155, İstanbul.
- Uzel B, Sözbilir H, Özkaymak Ç, Kaymakçı N, Langereis C G, 2013, Structural evidence for strike-slip deformation in the İzmir-Balikesir transfer zone and consequences for late Cenozoic evolution of western Anatolia (Turkey), *Journal of Geodynamics*, 65, 94-116.

Ulutaş M, 2019, Karaburun yarımadası'nın kuvaterner – holosen faylarının deprem üretme potansiyelinin jeolojik jeomorfolojik ve uzaktan algılama yöntemleriyle incelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, 281, İzmir.

Yin Z M, Ranalli G, 1993, Determination of tectonic stress field from fault slip data, toward a probabilistic model, Journal of Geophysical Research, 98, 12165–12176.

İnternet Kaynakları

- 1) <https://depem.afad.gov.tr/>,09.09.2019
- 2) <http://geoweb.mit.edu/gg>, 18.10.2019
- 3) http://www.mdsoft.com.tr/Pages/Product_Geodsuit 18.10.2019

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Umre Selin KAVAK
Doğum Yeri ve Tarihi : Elazığ – 10.07.1994
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) :0531 506 49 94

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Elazığ Kaya Karakaya Anadolu Lisesi, (2008 – 2012)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, (2012-2016)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, (2017-2020)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :İzmir Rksoft Bilişim Teknolojileri (2017-2018)
:Malatya Başaran İleri Teknoloji (2018)
:Elazığ Aksa Doğalgaz (2018-Devam ediyor.)