

**21.07.2017 BODRUM-KOS DEPREMİ SONRASI
BÖLGEDEKİ GNSS NOKTA KOORDİNATLARININ GÜNCELLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fuat ÇINAR

Danışman

Doç. Dr. İbrahim Tiryakioğlu

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak 2021

Bu tez çalışması 17.FEN.BIL.35 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

21.07.2017 BODRUM-KOS DEPREMİ SONRASI BÖLGEDEKİ
GNSS NOKTA KOORDİNATLARININ GÜNCELLENMESİ

Fuat ÇINAR

Danışman

Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak 2021

TEZ ONAY SAYFASI

Fuat ÇINAR tarafından hazırlanan “21.07.2017 Bodrum-Kos Depremi Sonrası Bölgedeki GNSS Nokta Koordinatlarının Güncellenmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 07/01/2021 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. Hasan Hakan YAVAŞOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi.....

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

Üye : Prof. Dr. Tamer BAYBURA
Afyon Kocatepe 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.

07/01/2021



Fuat ÇINAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

21.07.2017 BODRUM-KOS DEPREMİ SONRASI BÖLGEDEKİ GNSS NOKTA KOORDİNATLARININ GÜNCELLENMESİ

Fuat ÇINAR

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Bu araştırmada, 21.07.2017 Bodrum-Kos depremi öncesi bölgede tesis edilen ve takipleri periyodik olarak yapılan 8 adet sabit, 5 adet sürekli gözlem yapan GNSS noktası kullanılmıştır. Yapılan çalışmada 21.07.2017 tarihli deprem sonrası noktaların hızları tespit edilerek ITRF-96 datumuna dönüşümü yapılmış ve deprem öncesi ve deprem sonrası koordinatların karşılaştırması yapılmış ve jeodezik altyapıda meydana gelen deformasyon tespitine dönük çalışma yapılmıştır. Sonuç olarak depremin jeodezik altyapıda deformasyona neden olduğu ancak; bu deformasyonun homojen olmadığı görülmüştür. Bodrum yarımadasının batı bölümünde jeodezik altyapıda meydana gelen deformasyonun bu çalışmada üretilen modelle uyum içinde olduğu görülmüştür. Yarımadaanın doğusunda meydana gelen deformasyonun üretilen modelle BÖHHBÜY'e göre tecviz dışında olduğu görülmüştür. Bu bölgelerde jeodezik altyapı yenileme çalışmalarının yapılabileceği değerlendirilmiştir.

2021, viii + 51 sayfa

Anahtar Kelimeler: Gökova Fay Zonu, GNSS, C1-C2, Deformasyon

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

UPDATING OF GNSS SITE COORDINATES IN THE REGION AFTER 21.07.2017 THE BODRUM-KOS EARTHQUAKE

Fuat ÇINAR

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. İbrahim TİRYAKİOĞLU

In this research, 8 periodically monitored benchmarks and 5 continuously operating GNSS stations, which were established in the region before the 21.07.2017 Bodrum-Kos earthquake, were used. In the study, the velocities of the points after the 21.07.2017 earthquake were determined and converted to ITRF-96 datum. The comparison of the coordinates before and after the earthquake was performed to determine the deformation occurred in the geodetic infrastructure. As a result, the earthquake caused deformation in the geodetic infrastructure, however; it has been observed that this deformation is not homogeneous. The deformation occurring in the geodetic infrastructure in the western part of the Bodrum peninsula is in harmony with the model produced in this study. Based on the study results, it has been observed that the deformation occurring in the east of the peninsula is out of the margin of error provided by the BÖHNBÜY. It has been evaluated that geodetic infrastructure renovation works can be carried out in these regions.

2021, viii + 51 pages

Keywords: Gökova Fault Zone, GNSS, C1-C2, Deformation.

TEŞEKKÜR

Afyon Kocatepe Üniversitesinin 2. mezunlarından biri olarak lisans dönemimde de Hocamız olan ve bu süreçte ebediyete intikal eden Prof. Dr. Bayram TURGUT öğretmenimizi rahmetle anıyorum.

Enerjisi, azmi, pozitif bakış açısı ve mütevazı kişiliğiyle süreçte her daim yol gösterici olan danışmanım Doç. Dr. İbrahim TIRYAKIOĞLU'na ve yüksek lisans eğitimime katkı sunan değerli hocalarıma çok teşekkür ediyorum. Bu tez çalışmasına 17.FEN.BIL.35 numaralı proje ile destek veren Afyon Kocatepe Üniversitesi BAPK teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışmasına teknik destek sağlayan değerli meslektaşlarım Sadık Şenol KARAKAYA ve Mehmet URAZ'a, tez çalışmam süresinde işyerimde destek veren Milas Kadastro Birimindeki kıymetli mesai arkadaşlarıma, dualarını her daim yanımda hissettiğim sevgili annem ve babama ve hayatımdaki en doğru tercih olan kıymetli eşim Halime ÇINAR'a ve çocuklarıma sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Fuat ÇINAR
Afyonkarahisar 2021

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1.GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	2
3. BODRUM YARIMADASI TEKTONİĞİ VE DEPREMSELLİĞİ	7
3.1 Anadolu Plakası	7
3.2 Gökova Fay Zonu ve Civarının Depremselliği.....	11
4. GNSS İLE KOORDİNAT-HIZ HESAPLANMASI VE TÜRKİYEDE KADASTRAL MEVZUAT GELİŞİMİ	16
4.1 GPS	16
4.2 GLONASS	17
4.3 GALILEO Sistemi	18
4.4 Diğer GNSS Sistemleri	18
4.5 Türkiye Koordinat Sistemi.....	19
4.6 Türkiye’de Kadastral Çalışmalar ve Mevzuat	20
4.6.1 C1 Dereceli Ağ ve Noktalar	23
4.6.2 C2 Dereceli Ağ ve Noktalar	23
4.6.3 C3 Dereceli Ağ ve Noktalar	24
4.6.4 GNSS Cihazlarıyla Poligon Ölçmeleri.....	24
4.6.5 TUSAGA-Aktif İstasyonları İle Yer Kontrol Noktaları Üretimi.....	25
4.6.6 C1 ve C2 Noktalarının Datum Dönüşümü ve Hız Alanlarının Üretilmesi ..	26
5. UYGULAMA.....	28
5.1 Çalışma Bölgesi ve Oluşturulan GNSS Ağı	28
5.2 GNSS Ölçüleri ve Değerlendirilmesi	30
5.3 Datum, Koordinat Dönüşümleri ve Epok Taşıma	33
6.TARTIŞMA ve SONUÇ	44
7. KAYNAKLAR.....	47

ÖZGEÇMİŞ.....	51
---------------	----

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

GFZ	Gökova Fay Zonu
BÖHNBÜY	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
CORS	Continuously Operating Reference Stations
ESA	European Space Agency
GAMIT	GPS Analysis at MIT
GLOBK	Global Kalman Filter
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning Systems
GST	Galileo System Time
GTRF	Galileo Terrestrial Reference Frame
IGS	International GNSS Service
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
KOERI	Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute
KRDAE	Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NAVSAT	Navy Navigation Satellite System
NRMS	Normalized Root mean Square
NSF	National Science Foundation
PRN	Pseudo Random Numbers
RINEX	Receiver Independent Exchange
SLR	Satellite Long Range
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
VLBI	Very Long Base Interferometry
WGS	World Geodetic System
WRMS	Weighted Root Mean Square

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Yeryüzü Levhaları (İnt. Kyn. 3).....	7
Şekil 3.2 Anadolu Levhası (İnt. Kyn. 5).	8
Şekil 3.3 Türkiye Güncel Fay Haritası (İnt. Kyn. 6).....	9
Şekil 3.4 Milas Fayı ve Civarı (Emre vd.2011).	10
Şekil 3.5 Knidos Fayı ve Civarı (Emre vd.2011)	11
Şekil 3.6 21 Temmuz 2017 Mw:6,6Bodrum Depremi (Tiryakioğlu vd.2018).	15
Şekil 4.1 Türkiye Temel Nirengi Ağı (İnt.Kyn.11).....	19
Şekil 4.2 TUTGA Noktaları (İnt.Kyn.12).	20
Şekil 4.3 TUSAGA-Aktif İstasyonları (İnt.Kyn.16).....	25
Şekil 5.1 Oluşturulan Statik Ölçü Yapılan GNSS Ağı.....	29
Şekil 5.2 Datum dönüşüm işleminin gerçekleştirildiği internet sitesine ait ekran görüntüsü.....	33
Şekil 5.3 Koordinat dönüşümü için kullanılan J-trans programına ait ekran görüntüsü.35	35
Şekil 5.4 GNSS ağında yer alan BHVL noktasının kullanılan J-trans programında dönüşüm öncesi Kartezyen koordinatları.....	36
Şekil 5.5 GNSS ağında yer alan BHVL noktasının kullanılan J-trans programında dönüşüm sonrası UTM koordinatları.	37
Şekil 5.6 Deformasyon haritası.	38
Şekil 5.7 Ölçü Yapılan Noktalar ve Statik Ölçü Yapılan GNSS Ağı.....	39
Şekil 5.8 Ölçü Yapılan Noktalar ve Statik Ölçü Yapılan GNSS Ağı.....	39
Şekil 5.9 Deformasyon yüzey haritası.....	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Tarihsel Dönemde Bodrum Yarımadası civarında gerçekleşen depremler (Int.Kyn.8)	12
Çizelge 3.2 Aletsel Dönemde Bodrum Yarımadası civarında gerçekleşen depremler (Int.Kyn.9)	13
Çizelge 5.1 Değerlendirme için kullanılan IGS istasyonları	31
Çizelge 5.2 Değerlendirme stratejisi ve parametreleri	32
Çizelge 5.3 Ölçü epogundaki Kartezyen Koordinatlar	32
Çizelge 5.4 TUTGA ve TUSAGA istasyon hızları	34
Çizelge 5.5 Epok taşıma ile elde edilen Kartezyen koordinatlar	35
Çizelge 5.6 Deprem öncesi ve sonrasına ait koordinat farkları	40
Çizelge 5.7 Gerçek Deformasyon ile Model Arasındaki Farklar	43

1.GİRİŞ

Tarih boyunca birçok medeniyete ev sahipliği yapmış olan Ülkemizin üzerinde bulunduğu Anadolu coğrafyası tarihsel ve aletsel dönemde büyük depremlere ve doğal afetlere maruz kalmıştır. 17 Ağustos 1999 tarihinde $M_w=7,2$ büyüklüğünde meydana gelen Gölcük depreminin sonucunda büyük can ve mal kayıpları oluşmuştur. Diğer taraftan yaşanan can ve mal kayıplarının yanında depremler sonrasında mülkiyet ve alt yapıda oluşan deformasyonun tespiti de önem arz etmektedir.

Doğal afetlerin en yıkıcı ve bilinmezi olan depremin önceden tahmini can ve mal kayıplarının, deprem sonrasında da mülkiyet ve altyapıda oluşan deformasyonun tespiti deprem sonrasında oluşabilecek mülkiyet sorunlarını ve depremden hasar gören alt yapı ve üst yapıdan kaynaklanacak olan can ve mal kaybının önlenmesinde büyük önem arz etmektedir. Bu bakımdan öncelikle genelde yerkürenin ve özelde de Anadolu coğrafyasının plaka yapısının iyi irdelenmesi ve plakanın hareketlerinin takibi gerekmektedir.

Plaka hareketlerinin takibi için Jeodezik yöntemler haricinde çeşitli yöntemler mevcut olmakla birlikte; bu yöntemler zaman, ekonomi ve doğruluk anlamında Jeodezik yöntemlerden geride kalmaktadır. GNSS, VLBI, InSAR/PSInSAR ve SLR gibi uydulardan faydalanan Jeodezik yöntemlerle plaka hareketlerinin takibi ve depremlerin tekrarlama periyotlarının tespiti zaman, ekonomi ve konumsal doğruluk anlamında öne çıkan takip yöntemlerindedir. Özellikle GNSS yöntemi TUSAGA-Aktif sistemi ile sürekli veri üreten istasyonları ile büyük avantaj sağlamaktadır.

Bu çalışmada Ülkemizin önemli Turizm merkezlerinden, nüfus yoğunluğu her geçen gün artan, dışarıdan göç alma potansiyeli had safhada olan ve bu yapısıyla kıymetli arazilerin bulunduğu Bodrum yarımadasını etkileyen 21 Temmuz 2017 Bodrum - Kos Depremi ($M_w=6,6$) sonrası bölgede bulunan 5 adet sürekli gözlem yapan GNSS noktası ve 8 adet C1 ve C2 noktasının koordinatları yeniden hesaplanmış ve koordinat değişimi irdelenmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Göçebe toplum kültüründe ve özellikle insanoğlunun yerleşik hayata geçmesiyle birlikte kişilerin ve toplumların birlikte yaşama kültürünü temsil eden devletler arasında mülkiyet kavramı bir çok sorunun temelini oluşturmuş ve bu sorunun çözümü için son tahlilde kadastro kavramı ortaya çıkmıştır. Fransızca kökenli sözcük olan kadastronun sözlükteki karşılığı ise gayrimenkul ölçüm çizelgesi olarak geçmektedir. 3402 Sayılı Kadastro Kanununun 1. Maddesinde “Bu Kanunun amacı, ülke koordinat sistemine göre memleketin kadastral veya topoğrafik kadastral haritasına dayalı olarak taşınmaz malların sınırlarını arazi ve harita üzerinde belirterek hukukî durumlarını tespit etmek suretiyle 4721 sayılı Türk Medeni Kanununun öngördüğü tapu sicilini kurmak, mekânsal bilgi sisteminin alt yapısını oluşturmaktır.” denilmektedir (3402 Sy. Kadastro Kanunu, 1987, Madde 1).

Ülkemizde ilk kadastral çalışmalar uluslararası veya ulusal bir koordinat sistemine bağlı olmaksızın mevzi (lokal) olarak oluşturulan koordinat sistemine bağlı olarak yapılmıştır. Yine Cumhuriyetin ilk dönemlerinde grafik olarak hiçbir koordinat sistemine bağlı olmaksızın yapılan kadastro çalışmaları 1950’li yılların sonlarına kadar devam etmiş, 1960 yılından itibaren ise ED50 datumunda veya lokal koordinat sisteminde kadastral haritalar üretilmeye devam edilmiştir. Lokal koordinat sisteminde ve ED50 datumunda üretilen haritalarda şehir merkezlerinde ve meskun alanlarda prizmatik ölçü yöntemi kullanılmış, gayri meskun sahada ise takeometrik ölçü yöntemi veya fotogrametrik olarak üretilen haritalardan faydalanılmıştır. 3402 Sayılı yasanın yürürlüğe girdiği 1987 yılı sonrası ise gelişen teknolojiye paralel olarak sayısal olarak harita üretimine geçilmiştir. Gelişen uydu teknolojisi ile birlikte 2004 yılından günümüze ITRF-96 datumunda kadastral haritalar üretimine devam edilmektedir (Gazel 2005).

Kadastral çalışmalarda son yıllarda poligon ve nirengi noktalarından bağımsız olarak uydu tabanlı ölçüler yapılırsa da; karayolu çalışmaları, halihazır haritalama çalışmalarında, baraj inşaatlarında önceki çalışmalarda üretilen nirengi ve poligonlar kullanılmaktadır. Bu nedenle özellikle büyük depremlerden sonra nirengi noktalarının

koordinatlarının güncellenmesi gerekmektedir. Bu konuyla ilgili ülkemizde bir çok çalışma yapılmıştır.

Türkiye Ulusal Yatay Kontrol Ağı'nın tektonik hareketlerin tespitinde yetersiz kalması sebebiyle ve GNSS teknolojisindeki gelişmelerin tektonik hareketlerin takibini üç boyutlu olarak sağlayabilmesi neticesinde ITRF-96 datumunda üretilen koordinat sisteminin de temelini oluşturan Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA-99) 1997 ve 1999 yılları arasında yapılan gözlemler sonucu oluşturulmuştur. 17 Ağustos 1999 depremi sonrası, deprem bölgesindeki TUTGA noktalarındaki yer değiştirmeden dolayı 1999 ve 2001 yılları arası yapılan gözlemlerle hem deprem etkileri belirlenmiş hem de TUTGA-99 güncellenerek TUTGA-99A oluşturulmuştur (İnt. Kyn.1).

Ülkemizde GNSS ile tektonik hareketlerin izlenmesi çalışmaları 1983 yılına dayanmaktadır. İlk olarak 1983 ve 1994 yılları arasında 19 noktadan oluşan 4 adet ağı gözlemleri SLR ve GNSS yöntemi ile yapılarak noktaların hızları belirlenmiştir. Daha sonra 1990 yılında başlanan ve ülkemizden İTÜ ve HGK gibi kurumların desteklediği 52 adet istasyondan oluşan The MARMARA Poly-Project çalışması kapsamında 17 GNSS noktası ölçümleri ile tektonik hareketlerin takibi yapılmaya başlanmıştır. Bu ağın ilk değerlendirmeleri 1994 ve 1996 yıllarında yayımlanmıştır (Starub ve Kahle 1994, 1996) Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Jeodezi Ana Bilim Dalı tarafından 1990 ve 1991 yılları arasında 27 noktadan oluşan 3 adet ağda yapılan gözlemlerdir. Bu çalışmada ağa dahil noktalar yılda bir olmak üzere ölçülmekte ve elde edilen veriler de GAMIT/GLOBK programında değerlendirilmiştir (Özener vd. 2005).

1999 yılı ağustos ayında meydana gelen büyük depremle birlikte tektonik amaçlı çalışmalar Marmara bölgesinde yoğunlaşmıştır. İlk büyük GPS çalışması Anadolu plakasının da hızının verildiği McClusky vd. 2000'dir. Bu çalışmadan sonra Türkiye'de bulunan kurumlar GPS ve tektonik ilişkisini açıklamaya çalışan jeodezik ağlar kurmuşlardır. Harita Genel Müdürlüğü tarafında ülkemizdeki jeodezik faaliyetlerin yürütülmesi amacıyla Türkiye Ulusal Temel Gps Ağı (TUTGA) ve bu noktalar günümüze kadar ölçülmüştür. Bu ağ 2005 yılında değişen BÖHBÜY ile bir çok

çalışmaya altlık oluşturmuştur. Ülkemiz kurulan ilk tektonik amaçlı sabit GNSS istasyonu çalışması TÜBİTAK tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada 22 sürekli GNSS istasyonu MAGNET Ağı olarak isimlendirilmiş ve çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır (Özkan vd. 2010).

Ekim 2008 ulusal ölçekte kurulan Sabit GNSS istasyonları (TUSAGA-Aktif) veri toplamaya başlamıştır. Bu istasyonların her ne kadar temel amacı tektonik hareketlerin izlenmesi olmasa da bir çok çalışmaya altlık olmuştur. İlk olarak bu istasyon verilerinden ulusal ölçekte hız alanı üretilmiştir (Uzel vd. 2013).

Yine CORS TR verileri ile depremlerin büyüklükleri ve yarattıkları hareket miktarlarını (Atımları) belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Ülkemizin Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan Van İlinde 23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen depremdeki deprem anındaki yatay deformasyonlar tespit edilmiştir. Bu çalışmada bölgedeki 12 adet TUSAGA-Aktif istasyonundan elde edilen veriler GAMIT/GLOBK yazılımı ile incelenmiştir. Çalışma ile web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servisleri tarafından elde edilen koordinat çözümlerinin tektonik uygulamalarda kullanılabilirlik yeterli doğruluğa sahip olduğu gösterilmiştir (Doğan vd. 2019).

Van Depremi ile yapılan çalışmada ise TUSAGA Aktif istasyonlarındaki deprem sonrası deformasyonun Avrasya Plakasına göre tespiti için 2012 ve 2015 yılları arasındaki 1100 günlük dönemdeki veriler GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilmiş ve bölgede deprem merkezine yakın istasyonlarda deformasyonun devam ettiği tespit edilmiştir. yapılan çalışmada bölgede bulunan 21 adet CORS-TR istasyonundan elde edilen veriler kullanılmıştır (Tiryakioğlu vd. 2017).

24 Mayıs 2014 tarihinde Çanakkale İli Gökçeada açıklarında meydana gelen 6.5 büyüklüğündeki depremin deprem anındaki ve deprem sonrasında oluşan deformasyonun takibi için bölgedeki 14 adet TUSAGA-Aktif GNSS istasyonlarının deprem anı dahil deprem sonrasına ait 13 günlük verisi GAMIT/GLOBK yazılımları ile değerlendirilmiştir. Çalışmada birbirine yakın istasyonlardaki deformasyonun benzer özellikte olduğu tespit edilmiştir (Çırmık 2018). Diğer bir çalışmada ise bu depremdeki

deprem dalgalarının yayılma hızı bölgedeki CORS TR istasyonlarının 1 Hz verileri değerlendirilerek hesaplanmıştır (Tiryakioğlu vd. 2018).

Yukarıdaki çalışmalarda belirtildiği gibi tektonik hareketlerinin takibinde sürekli veri toplayan GNSS istasyonları büyük önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda takibi yapılacak tektonik hareketin bulunduğu bölgelerde tesis edilen ağlarda belli dönemlerde yapılan ölçülerle ağa dahil edilen noktaların hızları hesap edilmekte ve tektonik hareketlilik izlenmekte veya tektonik hareket sonucu oluşan deformasyon tespit edilebilmektedir. Yapılan analizlerin ve çalışmaların daha doğru sonuç vermesi için kurulan ağlardaki nokta sayısının yoğunluğu ve sürekli veri üreten TUSAGA-Aktif istasyonlarının sıklasştırılması da önem arz eden husustur. Ancak sürekli istasyon kurmak ve işletmek oldukça maliyetli bir iştir. Bu nedenle Sürekli istasyon yerine tesis edilen noktalarda periyodik olarak ölçü yapılarak da tektonik hareketleri inceleyen bir çok çalışma vardır.

Kuzey Anadolu fayı üzerinde 2000-2009 yılları arasında yapılan çalışmalarda KAF'ın yıllık hız hesaplanmıştır (Yavaşoğlu 2009). Yine KAF doğu tarafında benzer bir çalışmada fay hareketleri kampanya tipi ölçü noktaları belirlenmiştir (Poyraz 2009).

Batı Anadolu bulunan tektonik yapılarda ise benzer çalışmalar yapılmıştır. Burdur Fethiye fay zonu üzerinde 16 GNSS noktasında 2002-2005 yıllarında kampanya ölçüleri yapılmış bölgenin kinematiği hakkında bilgi vermiştir (Erdoğan vd. 2006). Bu kurulan ağ daha sonra genişletilerek ölçülmeye devam edilmiş ve batı Anadolu tektoniği için önemli bilgiler elde edilmiştir (Tiryakioğlu vd. 2013).

GNSS ile tektonik harekete takibinin yapıldığı diğer bir fay hattı da Afyon-Konya İlleri sınırında bulunan Sultandağı Fay Zonudur. bölgede 3 şubat 2002 tarihinde Afyonkarahisar İline bağlı çay ilçesinde 6.5 büyüklüğünde deprem meydana gelmiştir. Depremden sonra jeodezik alt yapıdaki deformasyonu gidermek için deprem öncesi ve deprem sonrası yapılan GNSS gözlemleri ile Ankara'daki IGS noktasına bağlı olarak nokta hızları belirlenmiş ve 28 adet noktada hız dzletmesi yapılmıştır (Aktuğ 2006).

2012-2013 yıllarında Tiryakioğlu vd. tarafından bölgedeki tektonik hareketi takip etmek amacıyla Sultandağı Fayının batısına 18 adet GNSS noktası tesis edilmiş, 2012 ve 2013 yıllarında 2 kampanya GNSS ölçüsü yapılarak tesisi dilen noktaların hızlarının takibine başlanmıştır. 2012-2018 yılları arasında bölgede daha önce tesis edilen GNSS istasyonları yardımı ile kurulan 27 noktalı GNSS ağında yapılan 5 kampanya ölçülerin GAMIT/GLOBK yazılımında değerlendirilmesi sonucu bölgenin hız alanı elde edilmiş ve çalışma bölgesinin Avrasya Plakasına göre 20-25 mm/y hızla batı ve güneybatı yönünde hareket ettiği gözlemlenmiştir (Toydemir 2019).

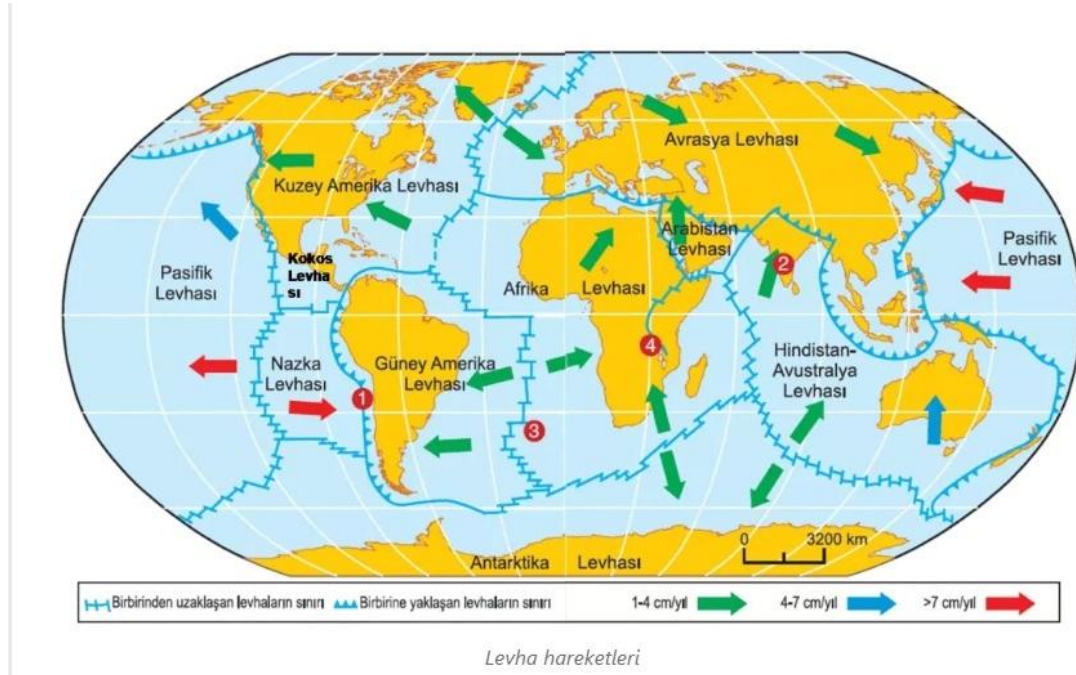
Görüldüğü üzere tektonik hareketlerin takibinde jeodezik yöntemlerle takibine dönük çalışmalar literatürde oldukça geniş bir yer kapsamaktadır. Bu çalışmalar tesis edilen ağda kampanya tipi ölçülerin GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilerek nokta hızları ve gerinimlerinin hesaplanması şeklinde yapılmıştır. Diğer taraftan sürekli gözlem yapan TUSAGA-Aktif istasyonları yardımı ile kosismik tektonik hareketlerin tespiti yapılabilmektedir.

3. BODRUM YARIMADASI TEKTONİĞİ VE DEPREMSELLİĞİ

3.1 Anadolu Plakası

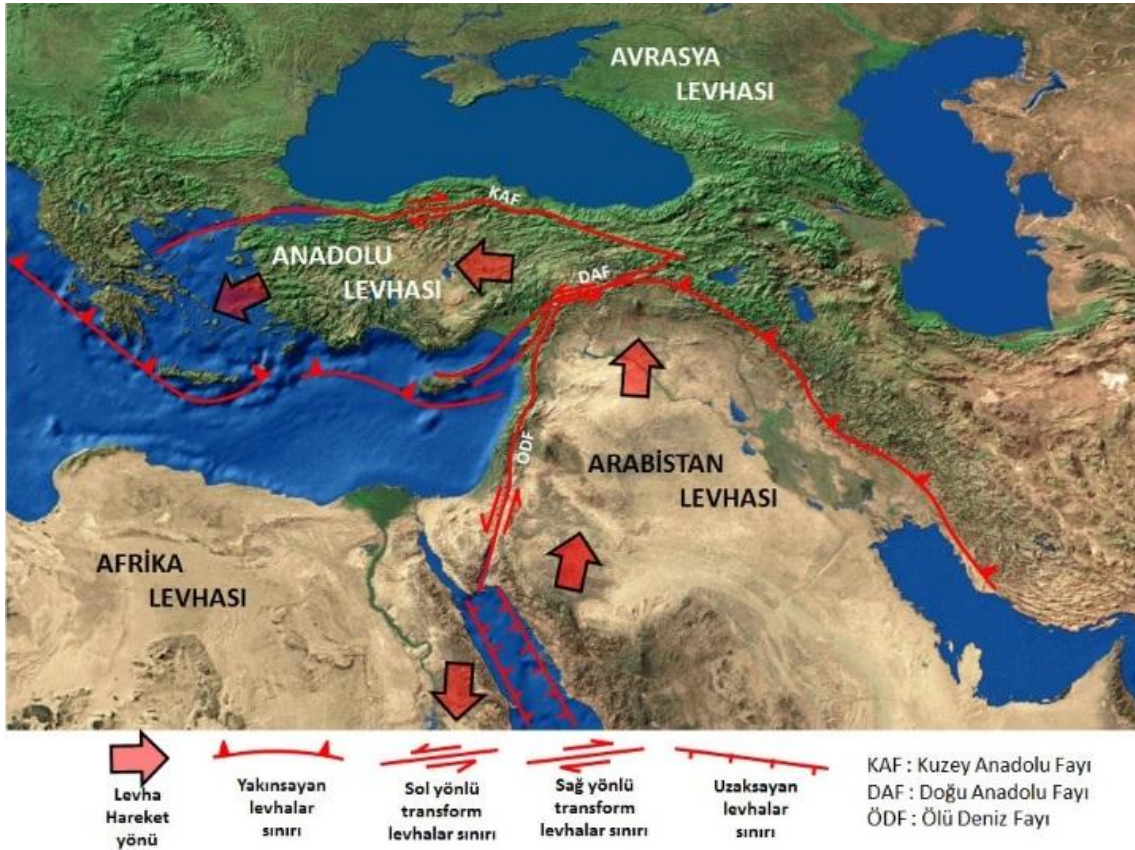
Anadolu Plaka yapısını irdelemeden önce Yeryüzü Plaka yapısından ve Levha Tektoniği kısaca bahsetmek gerekmektedir.

Bilindiği üzere dünyamızın üzerinde yaşadığımız ve görünen kısmı olan taşküre; sıvı halde bulunan üst mantonun, yerkabuğunun en dış kısmında birbirine sınır halde bulunan ve hareketleri birbirini etkileyen plakalardan oluşmaktadır. Manto üzerinde bulunan plakaların yer değiştirmesi ve hareketleri sonucu yeryüzü şekilleri bu günkü halini almıştır. Milyonlarca yıldan bu yana devam eden bu süreç günümüzde ve daha sonrada devam edecektir. Mm veya cm hassasiyetinde devam eden bu hareketler sonucu yerkabuğunda oluşan enerji genellikle plaka sınırlarına yakın yerlerde bulunan faylarda depremler şeklinde açığa çıkmaktadır. Tarihsel ve aletsel dönemdeki depremler incelendiğinde deprem yoğunluğunun bu plakaların sınırlarında olduğu gözlemlenmektedir (İnt. Kyn.2). Şekil 3.1’de yeryüzünü oluşturan plakalar ve plaka sınırları görülmektedir (İnt. Kyn.3).



Şekil 3.1 Yeryüzü Levhaları (İnt. Kyn. 3).

Dünyada Avrasya, Antartika, Afrika, Kuzey ve Güney Amerika ile Büyük Okyanus Plakası başta olmak üzere 6 ana plaka bulunmaktadır. Bunların yanında Nazka Plakası, Hint Plakası, Arap Levhası ve ülkemizin üzerinde bulunduğu Anadolu Plakası gibi küçük fakat önemli depremler üretebilme potansiyeline sahip levhalarda mevcuttur (İnt. Kyn. 4). Şekil 3.2’de Anadolu plakasının komşu plakalara göre durumu görülmektedir (İnt. Kyn. 5).



Şekil 3.2 Anadolu Levhası (İnt. Kyn. 5).

Anadolu Plakası stabil halde olduğu bilinen Avrasya Plakası ile Arap Plakası arasında kalmaktadır. Arap Plakasının kuzeye doğru hareketi neticesinde Anadolu Plakasında da doğudan batıya doğru hareketi geçmişten günümüze devam etmektedir. Bu hareket Anadolu Plakası üzerinde bulunan irili ufaklı bir çok fayın deprem üretmesine neden olmaktadır.

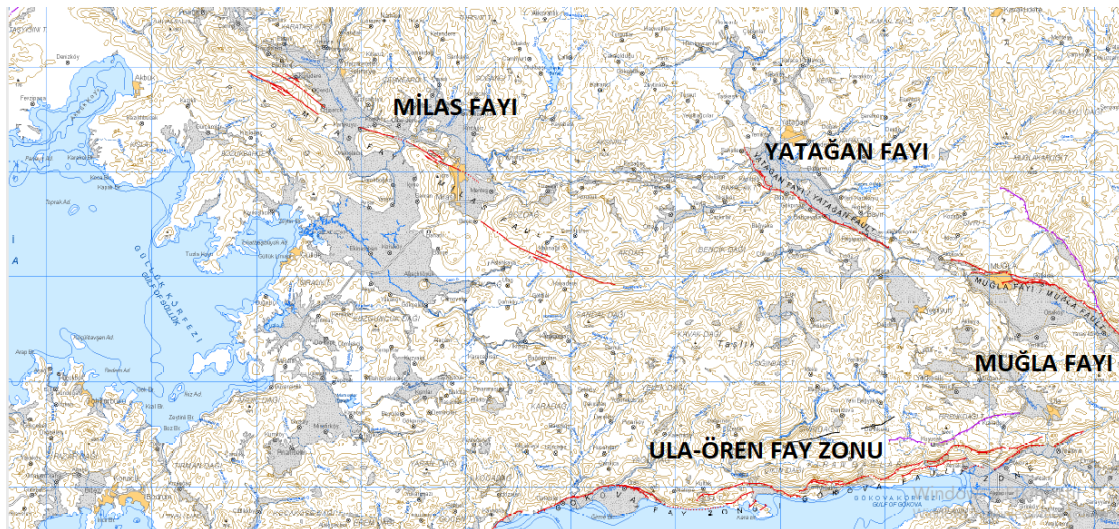
Anadolu Plakası üzerinde bulunan Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı bir tek

Fayı, Yavansu Fayı, Foça-Bergama Fay Zonu, Knidos fayı ve bu çalışmaya konu Gökova Fay Zonudur. Bodrum yarımadasında Gökova Fay Zonu haricinde de bölgede 5 ve üzeri büyüklükte deprem üretme özelliğinde olan faylar bulunmaktadır.

21.07.2017 Bodrum-Kos depremini üreten Gökova Fay zonunun bir kolu olan Ula-Ören Fayı Zonu, Ula ilçesinden başlayıp Milas İlçe sınırları içerisinde devam eden 60 km uzunluğundadır.

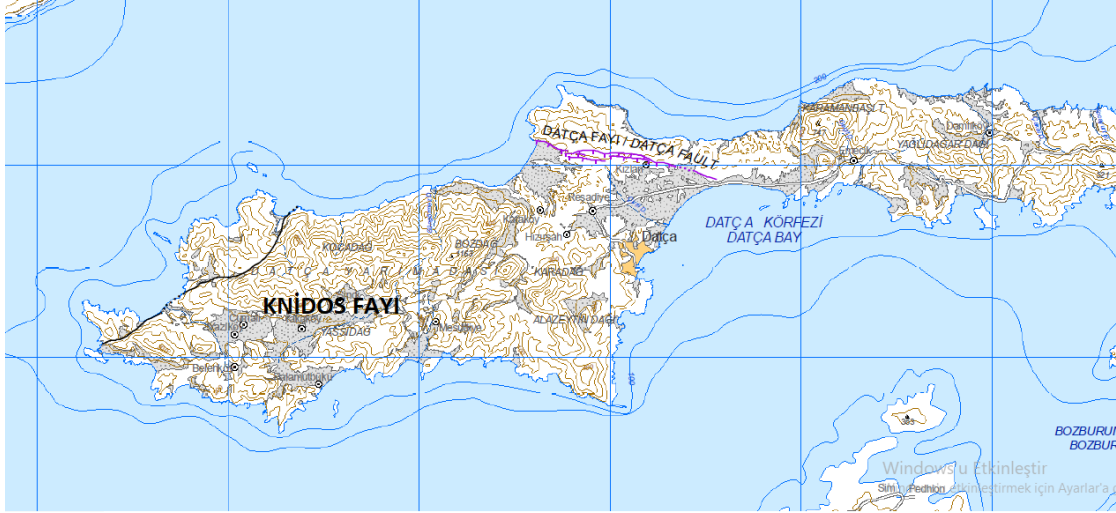
Yine bölgeye en yakın olan fay hatlarından bir diğeri de Karaova-Milas Fay zonudur. Diri fay olarak bilinen fay bodrumun kuzeydoğusunda yer alan Karaova bölgesinden Milas ilçesine uzanan birbirine paralel fay kümelerinden oluşmaktadır (Şaroğlu vd.1987).

Bölgeye yakın fay zonlarından bir diğeri de komşu ilçe olan ve Bodrum İlçesinin 50 km kuzeyinde yer alan Milas İlçe merkezinden de geçen Milas Fayıdır. Yaklaşık 50 km uzunluğunda olan fay hattı MTA Diri Fay Hattı Haritasından da görüldüğü üzere şehrin kuzeybatısında bulunan Eğridere Mahallesinden başlamakta, Hisarcık Mahallesinde Selimiye ovasında sönümlendikten sonra tekrar Köşk mahallesinden Milas ilçe merkezine kadar devam etmektedir (Şekil 3.4). Fay hattı ilçe merkezinden sonra yaklaşık 3 km kadar güneyde Beçin mahallesinde tekrar gözlemlenmekte ve kümeler halinde açık kömür işletmelerinin bulunduğu bölgenin sonunda Çamlıca Mahallesi yakınlarında sonlanmaktadır (İnt.Kyn.7).



Şekil 3.4 Milas Fayı ve Civarı (Emre vd.2011).

Bodrum yarımadasının 50 km ve Gökova grabeninin güneyinde bulunan Datça Yarım Adasındaki faylanmalarda bölgedeki diğer bir fay sistemini oluşturmaktadır. Yarımadanın batı ucunda bulunan antik kent Knidos ve Knidosun yaklaşık 4 km güney batısında kalan Kocaburun Tepeyi birleştiren hat ile bu hattın kuzeyinde kalan Bozdağ, Dikensiz Tepe ve Kocagedik tepe hattı arasında kalan bölgedeki Knidos Fay Zonunda basamaklı bir yapı ile gözlemlenmektedir (Şekil 3.5, Dirk vd.2003).



Şekil 3.5 Knidos Fayı ve Civarı (Emre vd.2011).

Bölgede bulunan bu faylar geçmişten günümüze bir çok yıkıcı deprem üretmiştir. Bu depremler bölgede bulunan özellikle antik dönemlerde kurulan kentleri tamamen yıkılmasına neden olmuştur. Özellikle Knidos Antik Kenti tarihte birçok yıkıcı depremle adından söz ettirmiştir (Ersoy vd. 2000).

3.2 Gökova Fay Zonu ve Civarının Depremselliği

Dünyanın varoluşundan bu yana sismik yönden hareketli olan bölgelerde doğal afetlerin neredeyse an yıkıcı olanı olan depremler çok sayıda mal ve can kaybına sebep olmuştur. Depremler tarihsel ve aletsel olmak üzere iki dönemde incelenebilir. Şöyle ki; 19. Yüzyıla sonrasında kurulan gözlemevi ve rasathaneler ile depremlerin takibi ve şiddetine dönük çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bundan önceki dönemde ilk deprem kayıtlarının M.Ö 1800'lü yıllarda Aristo tarafından yapılarak deprem sınıflandırmasının yapıldığı bilinmektedir. 1. derece deprem kuşağında olan ülkemizde tarihsel ve aletsel dönemde çok sayıda yıkıcı depremlere maruz kalmıştır (İnt. Kyn. 8).

Tarihsel ve aletsel süreç gözlemlendiğinde; Gökova fay zonunun sismik yönden aktif çok sayıda fay hattından oluştuğunun ve Mw=7 büyüklüğünde depremler üretebilme potansiyelinin var olduğu bilgisine ulaşılmaktadır. Fay zonundaki son 100 yıl içerisinde Mw=5 ve üzeri depremler incelendiğinde doğudan batıya doğru kayan bir deprem silsilesinin olduğu görülmüştür (İnt.Kyn.9). Çizelge 3.1 ve 3.2’de Gökova Fay Zonu ve civarındaki fay haritası ile tarihsel ve aletsel dönemde gerçekleşen depremler sunulmuştur.

Çizelge 3.1 Tarihsel Dönemde Bodrum Yarımadası civarında gerçekleşen depremler (İnt.Kyn.9).

SIRA	OLUŞ TARİHİ	OLUŞ ZAMANI	ENLEM	BOYLAM	ŞİDDET	YER
1	BC 222		36.5	28	X	Rhodos,Cyprus-(Tsunami)
2	BC 185		36	28	IX	Rhodos,Cyprus
3	BC 26		37.85	27.85	IX	Aydın
4	110		37	26	IX	Izmir,Ephesus
5	155		36.3	28	X	Rodos,Mugla,Fethiye
6	08.08.1304		36.5	27.5	X	Rodos,Girit,Cyprus
7	20.03.1389		38.4	26.3	IX	Izmir ve Khios Island-Tsunami)
8	18.08.1493		36.75	27	IX	Istankoy Island
9	23.02.1653		37.9	28.3	IX	Aydın
10	07.06.1751		37.75	27	X	Sisam Island,Aegean Sea
11	18.10.1843		36.25	27.5	IX	Rodos,Ege Denizi-(6 000 deaths)
12	21.06.1846		37.75	27	IX	Sisam Island,Soke
13	28.02.1851		36.5	29.1	IX	Fethiye,Mugla,Rhodos-Tsunami)
14	12.10.1856		36.25	28	X	Rhodos,Karpatos,Girit-Tsunami)
15	13.11.1856		38.25	26.25	IX	Rhodos, Aegean Sea
16	22.04.1863		36.5	28	IX	Rodos
17	01.02.1873	01:00	37.75	27	IX	Sisam Island, Izmir,Aydın
18	19.02.1885	18:30	37.2	27.2	IX	Aegean Sea

Çizelge 3.2 Aletsel Dönemde Bodrum Yarımadası civarında gerçekleşen depremler (İnt.Kyn.10).

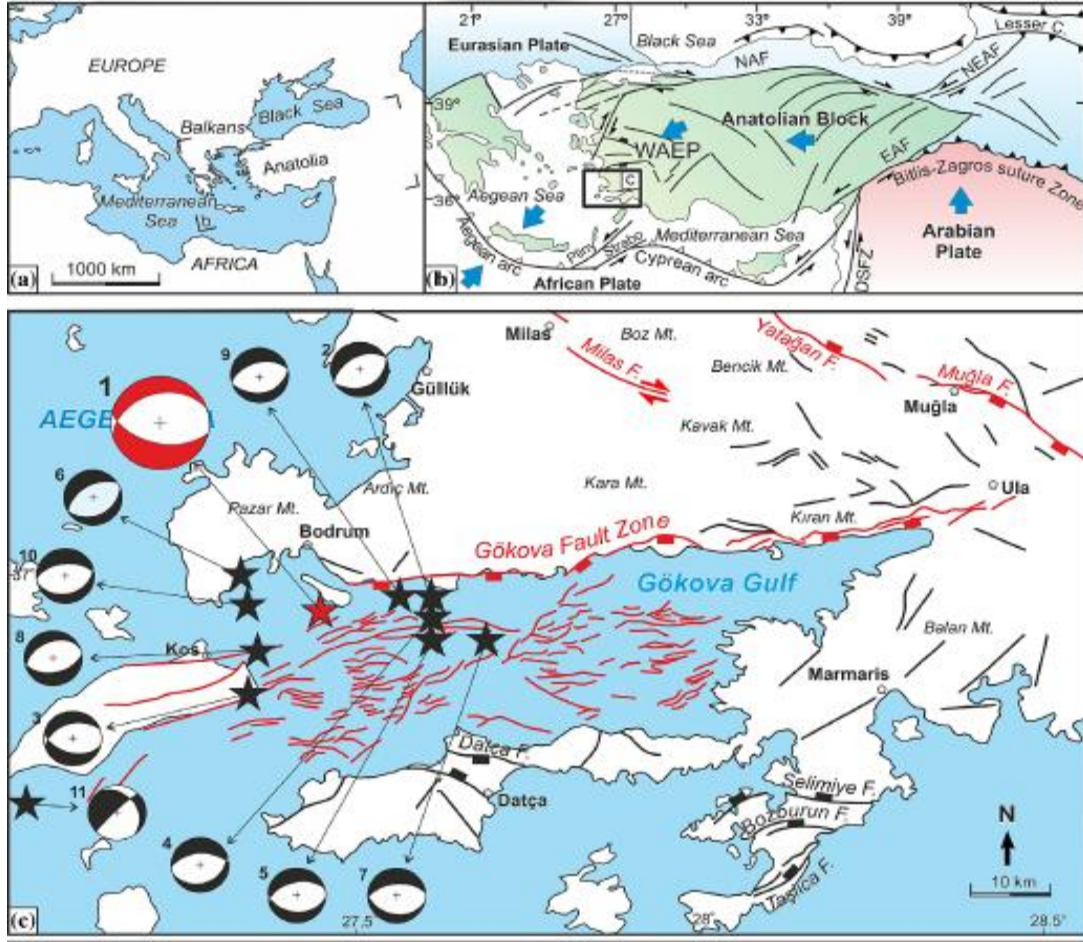
SIRA	OLUŞ TARİHİ	OLUŞ ZAMANI	ENLEM	BOYLAM	DERİNLİK	MD	YER
1	20.07.2017	22:31:09.66	36.9693	27.4057	7.1	6.6	GOKOVA KORFEZİ (AKDENİZ)
2	07.10.2004	01:05:14.00	36.51	26.85	107	5.7	AKDENİZ
3	04.08.2004	03:01:08.90	37.09	27.65	18	5.5	MUMCULAR- BODRUM (MUGLA)
4	05.12.1968	07:52:11.10	36.6	26.92	31	6.1	ONIKI ADALAR (AKDENİZ)
5	31.10.1968	03:22:14.00	36.62	27.01	2	5.6	ONIKI ADALAR (AKDENİZ)
6	23.05.1961	02:45:22.30	36.7	28.49	70	6.3	DALYAN AÇIKLARI- MUGLA (AKDENİZ)
7	28.08.1955	13:39:24.00	37.4	27.16	20	5.5	YENİHISAR AÇIKLARI-AYDIN (EGE DENİZİ)
8	02.01.1954	01:13:41.20	36.98	27.12	140	5.5	ONIKI ADALAR (AKDENİZ)
9	05.01.1944	07:44:12.10	36.42	27.67	70	5.7	ONIKI ADALAR (AKDENİZ)
10	20.11.1943	10:01:59.40	36.55	28.36	35	5.6	AKDENİZ
11	16.10.1943	13:08:59.50	36.45	27.94	120	5.8	AKDENİZ
12	11.01.1943	11:56:20.40	36.55	27.26	26	5.5	ONIKI ADALAR (AKDENİZ)
13	13.12.1941	06:16:05.30	37.13	28.06	30	6.5	DAGPINAR- (MUGLA) [North 4.1 km]
14	23.05.1941	22:34:15.20	37.13	28.38	40	5.5	GULAGZI- (MUGLA) [South East 3.1 km]
15	23.05.1941	19:51:58.50	37.07	28.21	40	6	KIRAN- (MUGLA) [North East 1.1 km]
16	23.04.1933	05:57:37.20	36.77	27.29	30	6.4	ONIKI ADALAR (AKDENİZ)
17	26.06.1926	21:19:24.00	36.5	27.5	15	5.5	AKDENİZ
18	26.06.1926	19:46:38.80	36.54	27.33	100	7.7	ONIKI ADALAR (AKDENİZ)
19	08.02.1926	19:48:32.00	36.8	27.1	30	5.5	KOS ADASI (AKDENİZ)
20	02.04.1920	15:34:25.80	36.75	26.64	10	5.6	AKDENİZ

36,30-37,50 Enlemi ile 26,50-28,50 boylamları arasında 5,5 büyüklüğünde tarihsel ve aletsel dönemde meydana gelen depremlerin sunulduğu çizelge 3.1 ve 3.2'de görüldüğü gibi Bodrum Yarımadası ve civarının neredeyse tamamında büyük can ve mal kaybına neden olan tektonik hareketler meydana gelmiştir. M.Ö. 2100 ve M.S. 1900 yıllarını kapsayan tarihsel dönemde bölgede yıkıcı depremler gerçekleşmiştir. M.Ö.222, M.Ö 185, M.Ö.26, 110, 1493, 1851, 1863 tarihlerinde yıkıcı depremler meydana gelmiştir. 1493 yılındaki deprem Bodrumun tamamen yıkımına sebep olmuştur (McKenzie 1972).

Aletsel dönemde ise 23 Nisan 1933'te gerçekleşen deprem güneyde Datça ve köyleri ile kuzeyde Kos ve Bodrum yarımadası ve çevresinde hasara neden olmuştur. 26 Haziran 1926 tarihinde yine onikiadalar civarında gerçekleşen 7,7 büyüklüğündeki depremde Rodos ve Meis adalarında hasar meydana gelmiş ve depremin merkezinin Fethiye ve Rodos adası arasında kalan denizaltı çukuru olabileceği değerlendirilmiştir. Muğla il merkezi ile Marmaris, Milas ve Yatağan ilçelerinde de hasara yol açan 13 Aralık 1941 Muğla depreminde en çok hasar gören yer Yatağan ilçesi ve civarı olmuştur. Denizli ilinde de hissedilen 23 Mayıs 1941 Muğla depremlerinde İl merkezinde hasarlar oluşmuş ve depremden sonra meydana gelen artçılarda hasar miktarı artmıştır (Eyidoğan vd. 1991).

24 Nisan 1957 tarihinde meydana gelen Fethiye-Rodos depremleri birbiri ardına 7 saat arayla meydana oluşmuştur. Deprem Çanakkale ile Adana arasındaki sahil illeri ile Isparta, Burdur gibi illerde de hissedilmiştir. Fethiye başta olmak üzere Marmaris, Köyceğiz, Milas ve Yatağanda hasara sebebiyet vermiş ve kayıtlara göre 67 kişi hayatını kaybetmiş 3200 civarında yapıda da hasar oluşmuştur (Ersoy vd. 2000). 23 Mayıs 1961 tarihli 6,3 büyüklüğündeki Rodos-Marmaris depreminde de Marmaris ve civarında büyük hasar oluşmuştur. Bölgede meydana gelen ve aynı zamanda bu çalışmaya konu olan 21.07.2017 tarihinde gerçekleşen Bodrum-Kos depremi de şiddetli bir deprem olmasına rağmen küçük miktarda hasarın olduğu fakat can kaybı yaşanmayan bir deprem olarak Ülkemizdeki Tektonik Hareketler tarihindeki yerini almıştır. Depremin oluştuğu Gökova Fay Zonu, Gökova körfezinin kuzey kısmında körfez ile karanın birleştiği bölgededir. Deniz altındaki uzantılarıyla birlikte 120 km uzunluğu sahip olup; 60 km kadarı karada bulunmaktadır. Doğudan itibaren Ula İlçe sınırları içerisinde kalan Yeşilova, Gökova ve Akyaka'dan batıya doğru karadan gözlenme imkanı olan fay, Milas İlçesine bağlı Ören Mahallesinden geçtikten sonra yine bu mahallenin mücavirinde bulunan Türkevleri Mahallesinden sonra denize doğru güneybatı yönünde açılarak körfez içerisinde 4 kola ayrılır. Bu kollardan 2 tanesi Kos adası ile Bodrum yarımadası arasından, 1 tanesi Kos adasının güneyinden sahil boyunca devam eder. Adanın güneyinden devam eden diğer kol ise Datça yarımadasının batı ucuna kadar devam eder. Bu kollar arasında hem denizde hem de karada çok sayıda fay bulunmaktadır. Bu özellikleriyle Gökova havzası kuzey kenarı diri fay ile sınırlı yarım

graben niteliğindedir. Güneybatı Anadolu, K-G yönlü gerilme rejiminin etkisi altında gelişen Gökova, B. Menderes ve Gediz Grabenleri gibi D-B uzanımlı grabenleri ile tipik bir bölgedir. Bölgenin yüksek sismisitesi en son, 21 Temmuz 2017'de Kos Adası ve Bodrum yakınlarında, Mw6.6 büyüklüğünde sığ odaklı bir deprem ile devam etmiştir (Şekil 3.6, Tiryakioğlu vd.2018).



Şekil 3.6 21 Temmuz 2017 Mw:6,6Bodrum Depremi (Tiryakioğlu vd.2018).

Bu veriler bize Ülkemizde tektonik hareketlerin sürekliliği ve yıkıcılığı hakkında bilgiler sunmaktadır. Bu veriler ışında sadece can ve mal kaybına değil aynı zamanda altyapıya da zarar veren tektonik hareketlerin izlenmesi, gerek önceden tahmin gerekse de altyapıya verdiği zararların tespiti için büyük önem arz etmektedir. Ayrıca çalışmaya konu GFZ'nin, yeryüzünden tespiti mümkün olmayan 60 km'lik kısmının meydana getireceği tektonik hareketin tespitinde GNSS yöntemleri önem arz etmektedir.

4. GNSS İLE KOORDİNAT-HIZ HESAPLANMASI VE TÜRKİYEDE KADASTRAL MEVZUAT GELİŞİMİ

Tektonik hareketlerin Jeodezik yöntemlerle izlenmesi yersel jeodezi ve uzay jeodezisi ile yapılabilmektedir. GNSS ile plaka hareketlerin takibi sürekli olarak veri üreten istasyonlar aracılığı ile yapılabildiği gibi, fay hatlarına göre kurulan ağların belli periyotlarda izlenmesi ile de yapılmaktadır. Gözlem yapılan noktaların uzun süre boyunca takibi önem arz etmektedir. Bu yöntemin en büyük avantajı kısa sürede yüksek hassasiyette veri elde edilebilmesidir. Koordinatları bilinen ve uzun süre belli periyotlarda yapılan gözlemler sonucunda noktaların hız vektörleri ile bölgedeki gerinim tespit edilebilmekte, böylelikle oluşması muhtemel tektonik hareket hakkında yorum yapılmaktadır. Diğer taraftan bu yöntemle tektonik hareket sonrası, hareketin olduğu bölgenin özellikle jeodezik altyapısı olmak üzere uğramış olduğu deformasyon tespit edilebilmektedir. Yaygın olarak kullanılan GNSS sistemleri aşağıda açıklanmıştır.

4.1 GPS

İlk etapta ABD tarafından askeri amaçlar için geliştirilen uydu tabanlı sistem olan Transit uydu sisteminin 1961'de yörüngeye yerleştirilmesi ile başlayan sistem GPS sisteminin temelini oluşturmaktadır. Transit uydu sisteminde 6 adet uydu yeryüzünden yaklaşık 1100 km uzaktaki uzaklıkta bulunmaktadır. 1967 senesinde Transit sivil kullanıma açılmıştır. 1980 sonrası dönemde ortaya çıkan saha hızlı, daha doğru ve daha ekonomik konum belirleme sistemine ihtiyaçtan dolayı GPS sistemi geliştirilmiştir. GPS sistemi Uzay Bölümü, Kontrol Bölümü ve Kullanıcı Bölümü olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Tüm sistemlerde olduğu üzere GPS sistemi de kendini günden güne yenilemekte ve gelişimine devam etmektedir. Süreç içerisinde ekonomik ömrünü tamamlayan uydular devre dışı kalmakta yerine yeni uydular devreye alınmaktadır. Sistemin Uzay Bölümünde Ekvator ile 55 derece eğim yapan, 6 adet yörünge düzlemine oturtulmuş ve 11 saat 58 dakikada bir tam devrini tamamlayan 31 adet uydudan oluşmaktadır. Uydular yeryüzünden yaklaşık 20200 km uzaklıktadır. Aynı şekilde sistemin Kontrol Bölümünde de yenilenme süreci devam etmektedir (Şafak 2019).

4.2 GLONASS

İki kutuplu dünya düzeninde döneminde Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin her alanda olduğu üzere GNSS alanında da ABD tarafından geliştirilen GPS sistemine karşı kendi sistemini geliştirmemesi olağana aykırı bir durumdur. GLONASS sistemi de 1976 yılından itibaren SSCB tarafından geliştirilmeye başlanmış, 12 Ekim 1982'de sistemin ilk uydusu uzaya gönderilmiştir. Ancak; SSCB'nin dağılmasıyla sistemin çalışması 1995 yılını bulmuştur. 2001 yılına kadar sadece 7 uydudan oluşan sistem üçü yedek olmak üzere, 3 yörüngede toplan 24 uydudan hizmet vermektedir. Yeryüzünden yaklaşık 19140 km uzaklıkta 3 ayrı yörüngede 8'er adet uydudan oluşan sistemdeki uydular 11 saat 155 dakikada tam devrini tamamlamaktadır. Sistem, 21 uydudan en az 4 uydudan dünyanın %97'lik bölümüne, 24 uydudan en az 5 uydudan dünyanın %99'lük bölümüne hizmet vermektedir. Bunun yanında 8'i komşu ülkelerde, 3'ü Antartika'da, 1'i Brezilyada ve 46 tanesi de Rus topraklarında hizmet veren toplam 58 yer istasyonu bulunmaktadır. Glonass GNSS sisteminin yeteneklerini artırması planlanan son seri GLONASS-KM uydularının 2020'li yıllardan önce sisteme dahil olmayacağı belirtilmektedir (Koca 2019).

GLONASS, koordinat sistemi olarak, yer parametre sistemi 1990'ı (PZ- 90/Earth Parameter System 1990,) kullanmaktadır. PZ- 90, WGS84 koordinat sisteminin kullanıldığı yer modeline benzer parametreler içermektedir. WGS84 ile PZ- 90 arasında dönüşüm matrisi ile sistemler birbirine kolay çevrilebilmektedir. (Tiryakioğlu 2012).

GLONASS ve GPS farklı zaman sistemleri kullanmaktadır. GLONASS zaman sistemi UTC (SU/Soviet Union) iken GPS zaman sistemi UTC (USNO/United State Naval Observatory)dur. UTC (SU), NETS (National Etalon Time Scale) kurumu tarafında belirlenirken UTC (USNO), U.S. Naval Observatory tarafından belirlenmektedir. İki zaman sistemi arasında birkaç yüz nanosaniye farklılık göstermektedir (Tiryakioğlu 2012).

4.3 GALILEO Sistemi

Avrupa Birliği tarafından ABD merkezli GPS ve Rus merkezli GLONASS sistemine alternatif olarak 2005 yılında ilk uydusu yörüngeye oturtulan GNSS sistemidir. Sistem tamamlandığında üçü yedek olmak üzere toplam 30 uydudan hizmet vermesi planlanmaktadır. Yörüngeler ekvator ile 56 derecelik bir açı yapmakta ve uyduların yerden yüksekliği 23616 km'dir. Galileo'da GPS referans koordinat sistemi olan WGS84'ten farklı olarak GTRF (Galileo Terrestrial Reference Frame)n kullanılmakta olup; her iki sistem arasında birkaç cm'lik fark olacağı düşünölmektedir (Tiryakioğlu 2012).

4.4 Diğer GNSS Sistemleri

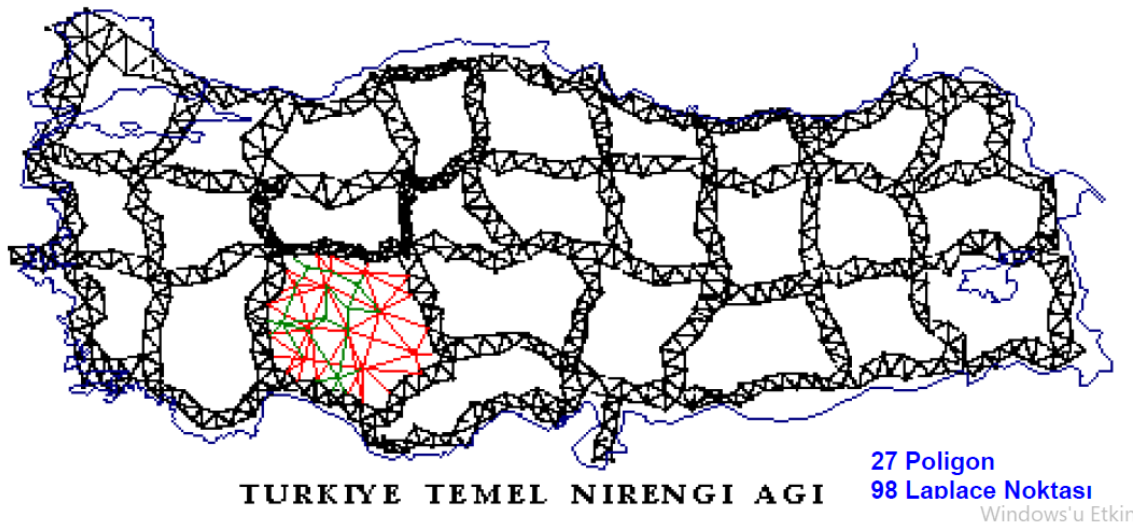
Çin, bağımsız uydu sistemini, 1983 yılında Çin'deki deniz araçlarının navigasyonu nu sağlamak için başlatmıştır. BeiDou konumlama sisteminin temelleri 1994 yılında atılmaya başlanmış ve sistemin ilk uydusu 2000 yılının Ekim ayında fırlatılmıştır. BeiDou'nun küresel konumlama sistemlerine entegre olması için 2007 yılında meydana gelen planlama değişikliği ile COMPASS adını almıştır. 2020 yılına kadar 35 uyduya sahip olması planlanmaktadır. Bu uyduların kaç farklı yörüngede olacağı henüz planlanmamıştır. Uyduların yörünge yüksekliği yaklaşık olarak 21500 km olacaktır. Bir uydunun dolanım süresi 12 saat 35 dakikadır. Yörüngeler Ekvatorla 55 derece açı yapmaktadır.

Diğer taraftan yukarıda bahsedilen üç adet GNSS sisteminden başka Çin tarafından temelleri 1983 senesine dayanan ve 1994 senesinde geliştirilmeye başlanan temelleri BeiDou sisteminin gelişmiş hali olan COMPASS sistemi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. COMPASS sisteminde 35 adet uydu olması planlanmakta olup; uyduların ekvator ile açısı 55 derece ve yörünge yüksekliği 21500 km'dir. Uydunun yörüngedeki bir tam devrini 12 saat 35 dakikada tamamlamaktadır. Japonya tarafından Japonya tarafından geliştirilen QZSS sistemi GPS sistemine entegre bir sitem olup; temel amacı ölkedeki GPS verilerinin hassasiyetini ve verimini arttırmaktır. Ayrıca Hindistan da IRNSS adı verilen kendi sistemini kurmak için yedi uydudan oluşan sistemin ilk

uydusunu 2013 yılında fırlatmıştır (Aladoğan 2017).

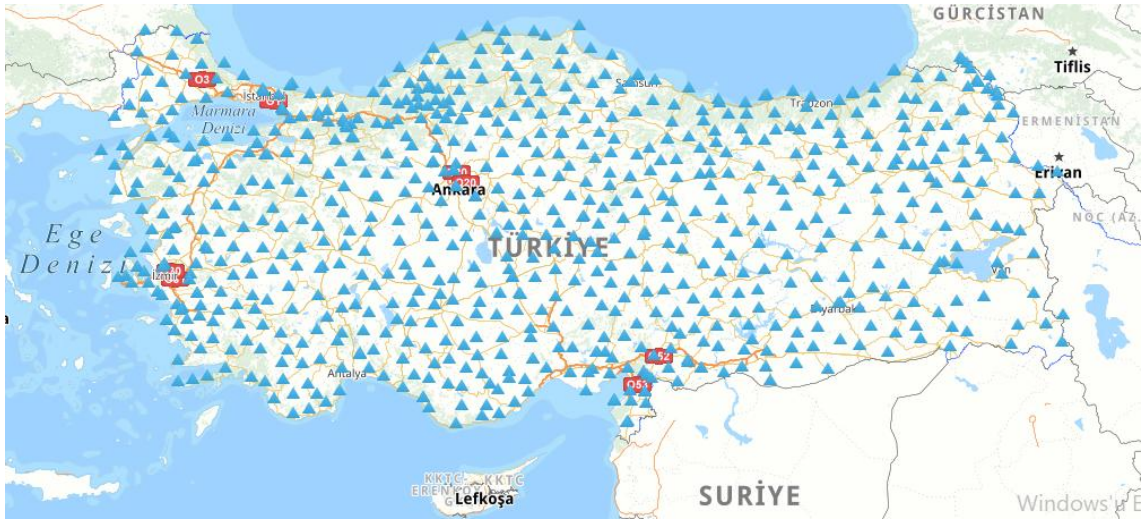
4.5 Türkiye Koordinat Sistemi

Türkiye’de ilk koordinat sistemi çalışmaları Ankara Yakınlarında bulunan Meşe Dağı Nirengi noktasının başlangıç noktası alındığı 1942 yılında başlamıştır. Söz konusu çalışmada 786 adet nokta bulunmaktadır.1953 senesine kadar süren bu çalışma ile lokal bazlı da olsa Ülkemizin ilk 1. Derece Nirengi ağı tesis edilmiştir. Ağın dengeleme çalışmaları 1954 senesinde ABD’de yapılmıştır. Meşe Dağı Datumunda dengelemesi yapılan çalışmanın ED-1950 (Avrupa Datumu 1950) datumuna dönüşümü için Sakız Adasında iki noktaya ve Güneydoğu Avrupa Ağının Bulgaristan ve Yunanistan’da bulunan altı adet noktasına gözlemler yapılmış ve Meşe Dağı datumundan ED-50 datumuna dönüşüm yapılmıştır. İlk olarak yapılan bu çalışmadan sonra alt dereceli noktaların sıklaştırma çalışmaları devam etmiştir. 904 adet Birinci Derece Nirengi, 3311 adet İkinci Derece Nirengi, 95000 adet Üçüncü Derece Nirengi ve 350000 adet Dördüncü Derece Nirengi noktasından oluşan bu ağ ile Ülkemiz 27 adet birbirine bağlı poligon geçkisi ile Türkiye Ulusal Yatay Kontrol Ağı oluşturulmuştur (Şekil 4.1, Aktuğ vd. 2012).



Şekil 4.1 Türkiye Temel Nirengi Ağı (İnt.Kyn.11).

1990 yıllarda gelişmeye başlayan GNSS sistemleri ile paralel olarak 1997 yılında çalışmalarına başlanılan Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı ile de güncel koordinat sistemi çalışmaları 1999 yılında tamamlanmıştır. Bu çalışmada ilk etapta 594 adet TUTGA noktası tesis edilmiş olup; bu sayı 700'e ulaşmış durumdadır. Diğer taraftan Harita Genel Müdürlüğü ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün ortak çalışması sonucu oluşturulan TUSAGA-Aktif sistemi ile de 158 adet yayın yapan GNSS istasyonları ile de bazdan bağımsız olarak ITRF datumunda veri üretilmektedir. TUTGA çalışmalarında ITRF-96 datumu kullanılmıştır (Şekil 4.2). ITRF-96 datumu ile ED-50 datumu arasında dönüşüm parametreleri içinde çalışmalar yapılmış ve dönüşüm parametreleri oluşmuştur. Fakat yeterli hassasiyetin sağlanamadığı dönüşüm parametrelerinden kaynaklı hataların ortadan kaldırmak için özellikle kadastral haritaların güncellenme çalışmalarına 2005 yılından sonra hız verilmiştir (Aktuğ vd. 2012).



Şekil 4.2 TUTGA Noktaları (İnt.Kyn.12).

4.6 Türkiye’de Kadastral Çalışmalar ve Mevzuat

Ülkemizde nirengi ve baz çalışmalarının yapılması amacıyla Türk ve Fransız subaylarının bulunduğu aynı zamanda günümüzdeki Harita Genel Müdürlüğü'nün de temellerini oluşturan teşkilatın kurulması ile modern anlamda ilk haritacılık faaliyetlerinin başlaması ise 1895 yılına isabet etmektedir. Cumhuriyet sonrası dönemde ise 02.05.1925 tarih ve 657 sayılı kanunla Harita Genel Müdürlüğü Milli Savunma

Bakanlığına bağlanarak teşkilat yapısı oluşturulmuştur (İnt. Kyn. 13).

Haritacılık anlamında Ülkemizin lokomotif kuruluşlarından bir diğeri olan Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünün kuruluşu ise 21 Mayıs 1847 tarihinde kurulan Defterhane-i Amire Kalemî adlı kuruma dayanmaktadır. Kuruluşun ilk yıllarında haritacılık faaliyetleri icra edilmemiş tamamen tapu kayıtlarının tasnif ve kaydına ilişkin bilgiler tutulmuştur. 1925 yılında Cumhuriyetin ilanından sonra 658 sayılı kanunla teşkilata kadastro görevinin eklenmesiyle kurum haritacılık faaliyetlerine başlamıştır (İnt. Kyn. 14-15).

Osmanlı döneminde arazilerin neredeyse tamamı devlete aitti. Özel mülkiyet olarak tanımlanabilecek araziler ise toprak yönetiminde çok az bir orana sahipti. Dolayısıyla özel mülkiyet kavramı gelişmediğinden modern anlamda bir kadastro çalışması da bulunmamaktaydı. Arazilerin kaydı tahrir adı verilen yazımlarla yapılmaktaydı. Son dönemde özel mülkiyet kavramının gelişmesiyle ilk olarak 1912 yılında “Emvali Gayrimenkullerin Tahdit ve Tahriri Hakkında Kanun-u Muvakkat” adlı kanunla Konya ilinde kadastro planları yapılmıştır. Cumhuriyet döneminde 21 Mayıs 1847 tarihinde Defterhane-i Amire Kalemî adıyla kurulmuş olan Tapu Mumum Müdürlüğüne 1925 yılındaki 658 sayılı kanunla Kadastro Birimi ilave edilmiş ve böylelikle ilk kadastro kanunu yürürlüğe girmiştir. Söz konusu yasada arazinin 3 sınıfa ayrılarak kadastro çalışmalarının 30 yılda bitirilmesi öngörülmektedir. Yasaya göre 1. Sınıf arazilerde 1/500 ile 1/2000, 2. Sınıf arazilerde 1/2000 ile 1/5000 3. Sınıf arazilerde de 1/5000 ile 1/10000 ölçekli kadastral haritalar yapılması ve orman alanları içinde 100.000 km²'lik alanın kadastrounun yapılması öngörülmüştür. Bu kapsamda 1925 ve 1936 yılları arasında Harita Genel Müdürlüğüne İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Konya ve Malatya'da kadastral planlar yapılmıştır. 1926 tarihli Türk Medeni Kanununun 645. Maddesinde “Taşınmaz malın sınırı, plan ve arz üzerinde konulan işaretler ile tayin olunur. Plandaki sınır ile arz üzerindeki sınır birbirini tutmazsa, asıl olan plandaki sınırdır.” Denilerek kadastrounun hukuki niteliği Medeni Kanuna girmiştir (Toker 2015).

Süreç içerisinde 02.06.1929 tarih ve 1515 sayılı Tapu Kayıtlarından Hukuki Kıymetlerini Kaybetmiş Olanların Tasfiyesine Dair Kanun, 25.06.1932 tarih ve 2015

sayılı Tapu Sicil Müdürlüğü ve Tapu Sicil Muhafızlığı Teşkilatına Dair Kanun, 15.12.1934 tarih ve 2613 sayılı Kadastro ve Tapu Tahriri Kanunu, 22.12.1934 tarih ve 2644 sayılı Tapu Kanunu, 29.05.1936 tarih ve 2997 sayılı Tapu ve Kadastro Umum Müdürlüğü Teşkilatı ve Vazifeleri Hakkında Kanunlarla kadastro ve tapulama çalışmalarına yön verilmiştir. Bunun yanında 08.02.1937 tarih ve 3116 sayılı Orman Kanunu gibi yasalarla da Orman Kadastrosuna yön verilmiştir.

15.03.1950 tarih ve 5602 sayılı Tapulama Kanunu yayınlanana kadar 2613 sayılı yasa ve aynı dönemde çıkan 2644 sayılı Tapu Kanunu ile sadece şehir merkezlerinde kadastro çalışması yapılmış kırsal alanda herhangi bir kadastro çalışması yapılmamıştır. 5602 sayılı yasa ile kırsal alanda da kadastro çalışmalarına başlanmıştır. 17.07.1964 sayılı tapulama kanununun 2 yıl süre ile Anayasa Mahkemesinin iptaline kadar yürürlükte kalmıştır. 509 sayılı yasanın iptali ile 28.06.1966 tarih ve 766 sayılı Tapulamam Kanunu yayımlanmış ve bu yasa da 21.06.1987 tarihinde yayınlanan ve halen yürürlükte olan 3402 sayılı Kadastro Kanunu ile son şeklini almıştır. 3402 sayılı Kadastro Kanunu ile 2613 sayılı Kadastro ve Tapu Tahriri Kanunu ile 766 sayılı Tapulama Kanunu yürürlükten kaldırılmıştır. Ülkemizde üretilen kadastral planların 2005 senesine kadar yapılan çalışmalarda ED-50 datumunda veya lokal koordinat sistemlerinde üretilmiştir. Yukarıda da bahsedildiği üzere gelişen uydu teknolojisi ile birlikte 1999 yılından itibaren ITRF-96 datumunda koordinat üretilmeye başlanmış ve bunun neticesinde de kadastro harita ve planlarının yenilenmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda 2005 yılında 3402 sayılı Kadastro Kanununda yapılan değişiklikle ITRF-96 datumunda kadastro planlarının yenilenmesi için çalışmalara başlanmıştır (Toker 2015).

Haritacılık faaliyetleri kapsamında 12.7.1971 tarihli Harita ve Planlara ait İşaretlerin Korunması Hakkındaki Kanun, 31.08.1994 tarihli Harita ve Harita Bilgilerinin Temin ve Kullanma Yönetmeliği gibi Harita ve Harita Bilgilerinin kullanımını düzenleyen yönetmelikler yayınlansa da ilk olarak teknik anlamda düzenleme 1988 tarihli Büyük Ölçekli Harita Yapım Yönetmeliğidir. Daha sonra 23.06.2005 tarihli Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği yayımlanmış bu yönetmelikte de 26.06.2018 tarihinde güncellenerek yürürlüğe konulmuştur. Söz konusu yönetmelikle

haritacılık faaliyetleri kapsamında oluşturulacak yer kontrol noktaları ile gerek yersel gerekse de uydusal jeodezik çalışmalara standart getirilmiştir. Yönetmeliğin 8. Maddesi ile uzay ve uydu teknikleri ile oluşturulan noktalar A, B ve C dereceli noktalar olarak üç grupta sınıflandırılmıştır. BÖHHBÜY'e göre A dereceli noktalar küresel veya bölgesel bazda üretilen noktalardır. B dereceli noktalar A dereceli ağ ve noktalara dayalı olarak üretilen Ülke bazlı TUTGA (Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı) ve TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı) noktalarıdır. C dereceli noktalar B derece noktaların sıklaştırması sonucu elde edilen noktalardır. C1, C2, C3 ve C4 olmak üzere 4 gruba ayrılırlar.

4.6.1 C1 Dereceli Ağ ve Noktalar

Baz uzunlukları en fazla 30 km olan ve daha üst dereceli ağın sıklaştırması sonucu oluşan GNSS noktalarıdır. Bulunduğu 1/1000000 Ölçekli paftanın numarasını takiben dördüncü rakamı 1 olmak üzere 0001'den başlayarak nokta numarası alırlar. Tesis edildikleri noktada GNSS sinyallerini etkileyecek yüksek gerilim hattı, GSM istasyonu, radar istasyonu ve radyo-televizyon vericisi bulunmamalı, araçla ulaşımı kolay olmalıdır. Ufku en az 15 derecelik bir açı ile görmelidir. En az iki frekanslı aynı anda altı uydudan kayıt yapabilen GNSS alıcısı ile en az 120 dakika ölçü yapılmalı ve kayıt aralığı 15 saniye ve daha az olmalıdır. Ölçü esnasında en az 5 adet uydu olmalı ve uydu yüksekliği 10 derece olmalıdır. Anten yüksekliği ölçme öncesi ve sonrası üç farklı noktadan mm hassasiyetinde en az iki defa ölçülmelidir. Komşu istasyonlar arasında planlanan oturumlarda en az bir baz veya iki komşu nokta ortak alınır. TUREF koordinatları bilinmeyen ve pilye tesisi olmayan noktalarda her oturumda anten yüksekliği en az 10 cm farklı olacak şekilde iki oturumlu ölçü yapılmalıdır (Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY), 2018).

4.6.2 C2 Dereceli Ağ ve Noktalar

Baz uzunlukları en fazla 15 km olan ve daha üst dereceli ağın sıklaştırması sonucu oluşan GNSS noktalarıdır. Bulunduğu 1/1000000 Ölçekli paftanın numarasını takiben dördüncü rakamı 2 olmak üzere 0001'den başlayarak nokta numarası alırlar. Tesis edildikleri noktada GNSS sinyallerini etkileyecek yüksek gerilim hattı, GSM istasyonu,

radar istasyonu ve radyo-televizyon vericisi bulunmamalı, araçla ulaşımı kolay olmalıdır. Ufku en az 15 derecelik bir açı ile görmelidir. Aynı anda altı uydudan kayıt yapabilen GNSS alıcısı ile en az 60 dakika ölçü yapılmalı ve kayıt aralığı 15 saniye ve daha az olmalıdır. GNSS cihazı tek frekanslı ise ölçü süresi 90 dakika olmalıdır. Ölçü esnasında en az 5 adet uydu olmalı ve uydu yüksekliği 10 derece olmalıdır. Anten yüksekliği ölçme öncesi mm hassasiyetinde en az iki defa ölçülmelidir. Komşu istasyonlar arasında planlanan oturumlarda en az bir baz veya iki komşu nokta ortak alınır. TUREF koordinatları bilinmeyen ve pilye tesisi olmayan noktalarda tek frekanslı cihazla 45 dakika, çift frekanslı cihazla 30 dakikalık çift oturumlu ölçü yapılmalıdır. Her iki ölçüde anten yüksekliği arasında en az 10 cm fark olmalıdır (BÖHHBÜY 2018).

4.6.3 C3 Dereceli Ağ ve Noktalar

Baz uzunlukları en fazla 10 km olan ve daha üst dereceli ağın sıklaştırması sonucu oluşan, en az bir adet C1, C2 ve C3 noktasına görebilen ve poligon dizilerine çıkış verebilecek nitelikte olan GNSS noktalarıdır. Bulunduğu 1/1000000 Ölçekli paftanın numarasını takiben dördüncü rakamı 3 olmak üzere 0001'den başlayarak nokta numarası alırlar. Tesis edildikleri noktada GNSS sinyallerini etkileyecek yüksek gerilim hattı, GSM istasyonu, radar istasyonu ve radyo-televizyon vericisi bulunmamalı, araçla ulaşımı kolay olmalıdır. Ufku en az 15 derecelik bir açı ile görmelidir. Baz uzunluğunun 5 kilometreye kadar olduğu durumlarda çift frekanslı alıcılarla 20 dakika, çift frekanslı alıcılarla 30 dakika kayıt yapılmalıdır. Bazın 5 kilometreden büyük olduğu durumda her kilometre için çift frekanslı alıcılar için 3 dakika, tek frekanslı alıcılar için 5 dakika ilave kayıt yapılmalıdır. Anten yüksekliği ölçü öncesi ve sonrasında mm bazında hassasiyetle iki defa ölçülmelidir. Kullanılacak cihaz en az altı uydudan eş zamanlı kayıt yapabilen jeodezik amaçlı GNSS olmalıdır (BÖHHBÜY 2018).

4.6.4 GNSS Cihazlarıyla Poligon Ölçmeleri

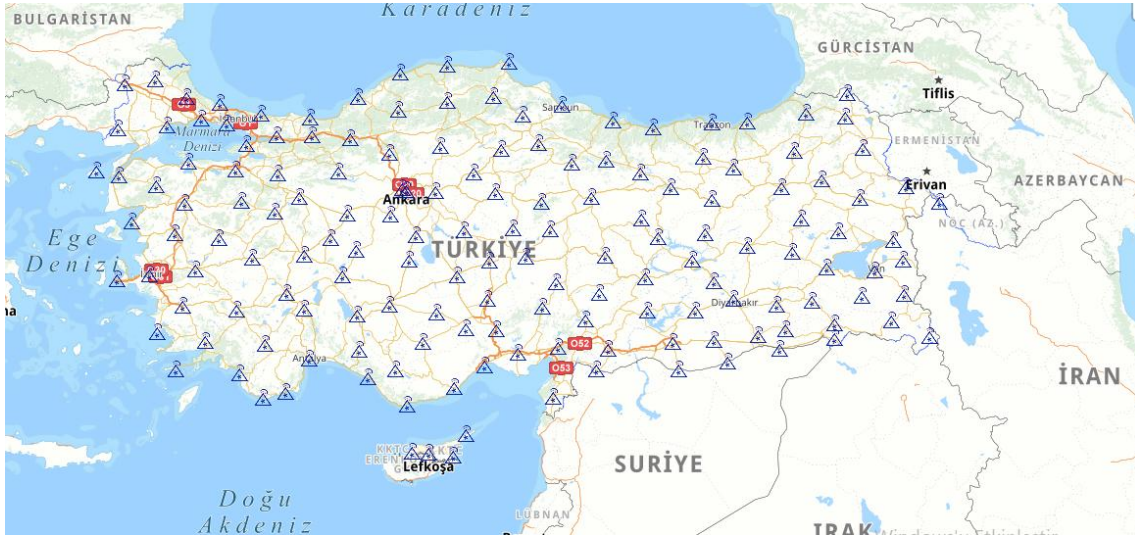
Baz uzunlukları en fazla 5 km olan ve daha üst dereceli ağın sıklaştırması sonucu oluşan, C1, C2 ve C3 noktalarına dayalı, en az 10 dakika kayıt yaparak oluşan noktalardır. Veri toplama aralığı 10 saniye ve daha az olmalı, en az 5 adet uydudan veri

toplanmalıdır. Uydu yüksekliği 10 derece olmalıdır (BÖHHBÜY 2018).

4.6.5 TUSAGA-Aktif İstasyonları İle Yer Kontrol Noktaları Üretimi

1992 senesinden bu yana devam eden çalışmalar neticesinde TUSAGA-Aktif istasyonları devreye girmiş ve hizmete alınmıştır. Söz konusu istasyonlar yardımı ile baz uzunluklarından bağımsız olarak C1, C2, C3 ve C4 dereceli nokta üretme imkanı doğmuştur. C1, C2 ve C3 noktalarını 4.6.1, 4.6.2 ve 4.6.3 maddelerinde bahsedilen ölçü süreleri dahilinde kayıt yaparak oluşturmak mümkün hale gelmiştir. TUSAGA–Aktif istasyonlarının güncel koordinat değerlerine göre oluşturulan nokta koordinatları, TUSAGA-Aktif istasyonundaki güncel nokta hızlarının referans epoğuna kaydırılmasıyla oluşur (Şekil 4.3).

Poligonlar ise TUSAGA-Aktif istasyonlarına bağlı olarak ölçü aralığı en az 1 saat olan iki farklı ölçü ile tesis edilir. Yapılan ölçülerde en az 5 uydudan kayıt yapılmalı ve uydu yükseklik açısı 10 derece, veri toplama aralığı 1 saniye ve noktada en az 10 epok ölçü yapılmalıdır. Her iki oturum sonucunda elde edilen koordinatlar ve elipsoid yüksekliği farkı 7 cm'den fazla olmamalıdır (BÖHHBÜY 2018).



Şekil 4.3 TUSAGA-Aktif İstasyonları (İnt.Kyn.16).

GNSS ile oluşturulan poligonların idare tarafından kontrolü ise BÖHHBÜY'nin 85. Maddesi kapsamında yapılmaktadır. Kontrolde zeminde oluşturulan ve koordinatlandırılan poligon noktasının tekrar ölçülmekte, ölçü sonucu dy ve dx

koordinat değerlerinin 10 cm'yi geçmemesine ve farkın karelerinin toplamının karekökünün de 7 cm'yi geçmemesine dikkat edilmektedir.

4.6.6 C1 ve C2 Noktalarının Datum Dönüşümü ve Hız Alanlarının Üretilmesi

Aktuğ B. Tarafından ilk defa 2005 yılında Ülkemizin ulusal datumu olarak kullanılacak, aynı zamanda uluslararası referans sistemleri ile de uyumlu, dört boyutlu Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi (TUREF) tanımlanmıştır. TUREF, 2005.0 epoğunda ve ITRF-96 datumu, dolayısıyla TUTGA-99A ile uyumlu bir referans çerçevesidir. ITRF-96 datumu en son 1996 yılında güncellenmiş Uluslararası Yersel Referans Çerçevesini ifade etmekte olup; son güncelleme 2014'te yapılmış ve ITRF-14 datumu elde edilmiştir. ITRF-14 datumunda üretilen verilerin tek bir datum ve epokta arşivlenebilmesi için ITRF-96 datumuna ve 2005.0 epoğuna taşınması gerekmektedir (Aktuğu vd.2012).

C1 ve TUTGA noktalarının T_0 (TUREF referans epoğu = 2005.0) epoğundaki koordinatları T ölçme epoğuna kaydırılarak değerlendirilmede kullanılır. C1 noktasının hızı TUSAGA-Aktif hızlarından yeniden hesaplanır. Epok kaydırma işlemi için BÖHHBÜYY'ne göre aşağıdaki eşitlik kullanılır. Burada T ölçü epoğudur. V_x , V_y ve V_z ise noktanın TUSAGA-Aktif istasyonundan hesaplanan son hızıdır.

$$\begin{bmatrix} X(T) \\ Y(T) \\ Z(T) \end{bmatrix}_{TUTGA} = \begin{bmatrix} X(T_0) \\ Y(T_0) \\ Z(T_0) \end{bmatrix}_{TUTGA} + (T - T_0) \cdot \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix}_{TUTGA} \quad (4.1)$$

C1 ve C2 derece noktaların referans epoğundaki koordinatlarının elde edilmesi için ise C1 ve C2 derece noktaların hızları TUTGA ve TUSAGA-Aktif nokta hızlarının enterpolasyonu ile hesaplanır ve referans epoğundaki ($T_0 = 2005.0$) koordinatlar elde edilir. Bunun için BÖHHBÜYY göre aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$\begin{bmatrix} X(T_0) \\ Y(T_0) \\ Z(T_0) \end{bmatrix}_{TUREF} = \begin{bmatrix} X(T) \\ Y(T) \\ Z(T) \end{bmatrix}_{TUREF} + (T_0 - T) \cdot \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix}_{MODEL} \quad (4.2)$$

Diğer taraftan güncel TUTGA ve TUSAGA-Aktif nokta hızlarından yeni noktanın hızı en az üç noktadan enterpolasyon yöntemiyle hesaplanır. Nokta hızlarının hesabında genellikle mesafeyle ters orantılı enterpolasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde öncelikle üç boyutlu uzayda koordinat ve hızları bilinen noktaların P noktasına olan uzaklıkları bulunur. Bunun için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$S_1 = \sqrt{(X_1 - X_P)^2 + (Y_1 - Y_P)^2 + (Z_1 - Z_P)^2} \quad (4.3)$$

Her üç noktanın P noktasına olan uzaklıkları bulunduktan sonra aşağıdaki eşitlikler yardımıyla P noktasının hızı enterpolasyon yöntemiyle bulunur.

$$V_{Xp} = ((V_{X1}/S_1) + (V_{X2}/S_2) + (V_{X3}/S_3))/((1/S_1) + (1/S_2) + (1/S_3)) \quad (4.4)$$

$$V_{Yp} = ((V_{Y1}/S_1) + (V_{Y2}/S_2) + (V_{Y3}/S_3))/((1/S_1) + (1/S_2) + (1/S_3)) \quad (4.5)$$

$$V_{Zp} = ((V_{Z1}/S_1) + (V_{Z2}/S_2) + (V_{Z3}/S_3))/((1/S_1) + (1/S_2) + (1/S_3)) \quad (4.6)$$

Burada hesaplanan V_x , V_y ve V_z P noktasının enterpolasyon yöntemiyle hesaplanan hızlarıdır.

5. UYGULAMA

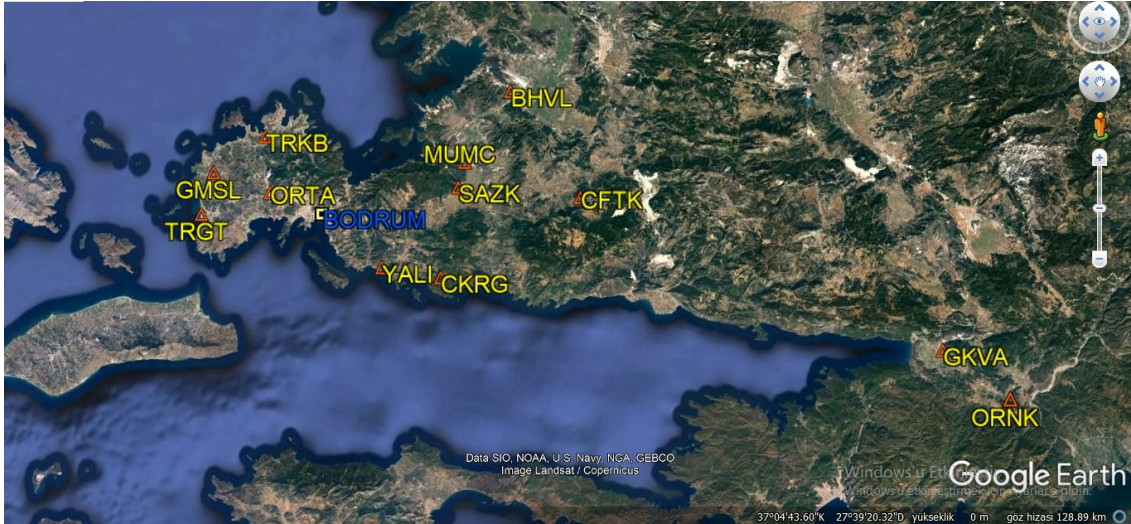
5.1 Çalışma Bölgesi ve Oluşturulan GNSS Ağı

Tarihçi Herodotun memleketi, Halikarnas Balıkçısının sürgün yeri ve günümüzün gözde turizm merkezi Bodrum'da M.Ö. 2000'li yıllarda Lelegler tarafından ilk yerleşimin başlamış, M.Ö. 1200'den sonra Dorlar ve Persler hakimiyetinde kalmıştır. Persler ise bölgeyi Milas ve Bodrum Yarımadasını da içine alan Satraplıklar aracılığıyla yönetmişlerdir. Büyük İskenderin M.Ö 334 yılındaki istilasında kadar bölge Karya Satraplığının yönetiminde kalmıştır. Bölgenin Türk hakimiyetine geçmesi 11. y.y sonlarındadır. Türk hakimiyetinde bölge Mentеше Beyliğine bağlı olarak yönetilmiş, Osmanlı döneminde 1415'te Rodos Şövalyelerinin yerleşmesine izin verilmesinden, 1522'de Kanuni Sultan Süleymanın fethine kadar Rodos Şövalyelerinin hakimiyetinde kalmıştır. Bodrum Kalesi de bu dönemde inşa edilmiştir. 1824 Yunan İsyanı sırasında Osmanlı üssü olarak ta kullanılan yarımada Kurtuluş Savaşı esnasında bir süre İtalyan işgali altında kalmış ve Cumhuriyet dönemi ile de bugünkü statüsünü kazanmıştır. Bölgede 1970'li yıllara kadar süngercilik, balıkçılık ve narenciye tarımı üzerine kurulu ekonomik işleyiş varken, 1970'li yıllardan, özellikle de 1985 senesinden sonra Turizm bölge ekonomisinin lokomotifi haline gelmiştir.

Ülkemizin en önemli turizm merkezlerinden birisi olan Bodrum Ege Bölgesinin güneybatısında kalmaktadır. Bodrum 1999 yerel seçimlerinden önce Bodrum Merkez İlçe Belediyesi ile Turgutreis, Mumcular, Yalıkavak ve Gündoğan Beldeleri olarak 5 ayrı idari bölümde yönetilmekte iken, 1999 yerel seçileri sonrası 10 belde belediyesi ve 1 adet merkez ilçe belediyesi olmak üzere 11 ayrı idari bölüm ile yönetilmiştir. Son olarak bu parçalı yapı 06.12.2012 tarihinde yayımlanarak yürürlüğe giren 6360 sayılı yasa ile sonlandırılmış ve 2014 yerel seçimlerinden sonra yarımada tek bir idari yönetim altında yönetilmeye başlamıştır. Yarımadanın nüfusu yaz aylarıyla birlikte turizm sezonunun başlamasıyla bir milyonu aşmaktadır. Elbette ki yöreye olan bu talep karşısında ülkenin en önemli firmaları turizme yönelik yatırımlarını Bodrum yarımadasına yapmaktadır. Öyle ki; bu talep karşısında son olarak 16 milyon Euro gibi rakamlara ve daha üstünde villa ve rezidans satışları yapılmaktadır. Mülkün bu kadar

değerli olduğu bölgede taşınmazın temelini oluşturan kadastral altyapının da çok güvenilir ve sağlam zemine oturtulması gerekmektedir. Bu bakımdan bu çalışmaya konu Bodrum yarımadasında kadastral altyapı sürekli güncellenmektedir. 2009 yılında TKGM tarafından başlanan ve iki grup halinde yapılan proje ile 2016 yılında tamamlanan 60.706 parselin, 20.966 adet poligonun tesis edilerek, ITRF-96 koordinat sistemine güncellenmesi tamamlanmıştır.. Ancak 21 Temmuz 2017 de Bodrum açıklarında Mw:6.6 büyüklüğünde meydana gelen deprem nedeniyle bu kadastral altyapıda deformasyonlar meydana gelmiştir. Bu çalışma ile kadastral alt yapıda oluşan deformasyonun GNSS yöntemiyle tespitine dönük çalışma yapılmıştır.

Çalışma kapsamında bölgede 2012 yılından bu yana Tiryakioğlu vd. 2018’de belirtilen 13 adet GNSS noktasından bir GNSS ağı oluşturulmuş ve deprem sonrası GNSS ölçüleri yapılmıştır. Ağdaki noktalardan 5 tanesi, bölgede faaliyet gösteren harita mühendisleri tarafından kurulan sürekli gözlem yapan GNSS istasyonu olup; 8 tanesi de geçmiş yıllara ait ölçüleri var olan pilye tipi C2 ve C3 dereceli noktalardır. Sürekli gözlem yapan YALI, ORTA, TRGT, TRBK ve MUMC istasyonları Bodrum yarımadasına kurulu istasyonlardır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Oluşturulan Statik Ölçü Yapılan GNSS Ağı

5.2 GNSS Ölçüleri ve Değerlendirilmesi

GNSS ağı bölgenin deprem öncesi dönemi incelenmek üzere bodrum yarım adasını kapsayacak şekilde oluşturulmuştur. Ancak 21 Temmuz 2017 tarihinde, yerel saat ile 01:31'de Kos Adası-Gökova körfezi sınır bölgesinde, büyüklüğü Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) tarafından $ML=6.2$ ($M_w=6.6$), derinliği 5 km olarak belirlenen şiddetli bir deprem meydana gelmiştir (İnt. Kyn. 17). Deprem sonrası 22 Temmuz günü bölgeye hareket edilerek bölge 8 noktada GNSS ölçüleri yapılmıştır. Ölçüler 23-24-25-26 Temmuz 2017 tarihinde en az 8 saat 2 gün tekrarlı ölçüler olacak şekilde, Ashtech ve Thales GNSS alıcıları ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bölgede bulunan 5 adet sürekli gözlem yapan sabit GNSS noktaları ölçüleri alınmıştır. Bu istasyonlar (YALI, ORTA, TGRT, TRKB ve MUMC) depremin merkez üssüne sırasıyla ~ 13.5, 15.5, 17, 23 ve 30 km mesafededir (Tiryakioğlu vd. 2018).

GAMIT/GLOBK yazılımında yapılan işlemler aşağıda sırasıyla anlatılmıştır. İlk önce girdi olarak farklı alıcılardan elde edilen ham verilerin, alıcıdan bağımsız olması için RINEX formatına dönüştürülmesi işlemi yapılmıştır. Verilerin RINEX formatına dönüştürülmesi için geliştirilmiş birçok program vardır. Çalışmada verilerin formatını değiştirmek için TEQC programı kullanılmıştır. GAMIT yazılımının çalışması için gerekli olan klasör yapısı oluşturulmuştur. GAMIT yazılımında üç girdi dosyası hazırlanır, bunlar tables klasörü içinde bulunan station.info, process.defaults, site.defaults” dosyalarıdır. “station.info” dosyası IGS istasyonları ve ölçü yapılan noktalara ait bilgileri içeren dosyadır. Bu dosya sırası ile nokta adı (4 karakter), nokta tanımı, GPS oturumu başlangıç ve bitiş saati, anten yüksekliği, anten yüksekliği ölçüm noktası, alıcı modeli, anten modeli gibi önemli bilgileri içerir. “sites.defaults” dosyası içinde ise, tekrarlılık analizi ve stabilizasyon için kullanılacak noktaların isimleri bulunmaktadır. GAMIT modülü ile değerlendirme yapılırken; günlük nokta koordinatları, her bir nokta için atmosferik gecikmeler ve yörünge bilgileri, değerlendirme aşamasında kullanılan parametrelerin hiçbirinde kısıtlama yapılmadan elde edilmektedir (Herring vd. 2015). Bu aşamada, hem lokal ağı global bir ağı ile ilişkilendirmek, hem de milimetre duyarlılığındaki koordinatlardan yararlanarak, yörünge ve Dünya dönme parametrelerinin daha hassas hesaplanmasını sağlamak

amacıyla IGS global ağına bağlı noktalardan faydalanılması gerekmektedir. Kullanılacak IGS istasyonlarının seçimi GNSS hızlarının hesaplanması konusunda detaylı olarak anlatılacaktır. Değerlendirmelerde kullanılan IGS istasyonlarının isimleri Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Değerlendirme için kullanılan IGS istasyonları.

Nokta Adı	Şehir/Ülke	Nokta Adı	Şehir/Ülke
MATE	Matera, İtalya	SOFI	Sofya Bulgaristan
NICO	Nicosia, Güney Kıbrıs	GLSV	Kiev Ukrayna
ZECK	Zelenchukskaya Rusya	RAMO	Mitzpe Ramon İsrail
LAUG	Lübnan	BUCU	Bükreş Romanya
CRAO	Simeiz Ukrayna	TELA	Telaviv İsrail
ANKR	Ankara Türkiye		

Bu girdilerin hazırlanmasıyla GAMIT programının tüm kontrol aşamasını içeren komutların bulunduğu sestbl. dosyası hazırlanmış olur. Bu dosya ile verilerin değerlendirilmesini sağlayacak olan stratejiler hazırlanmaktadır. Bu stratejiler, ölçülerin ağırlıklandırılması, tamsayı belirsizliği çözümü, atmosferik parametrelerin ve yörünge parametrelerinin belirlenmesi ve model parametreleri (yer dönüş, yeryuvarı gel-git ve anten faz merkezi parametreleri) için yapılan kestirimlerden oluşmaktadır (Herring vd. 2015).

sestbl. dosyası içinde radyasyon modeli için BERN1, BERN2, SPHRC gibi farklı modeller, çözümü yapılacak ölçme türü içinde L1_ONLY, L2_ONLY, LC_ONLY, L1,L2_INDEPEND ve LC_HELP gibi farklı değerlendirme stratejileri çalışma seçenekleri bulunmaktadır. Ayrıca sestbl. dosyasının zenit gecikmesi kestirimi büyük ölçekli ağlarda atmosfer parametrelerin özellikle zenit gecikme parametrelerinin kestirimi için gereklidir. Atmosferik gecikmeler, faz merkezi değişimleri ve istasyon nokta yükseklikleri, uydudan alıcıya gelen sinyalin yükseklik açısına bağlı olarak değişirler. GAMIT kontrol dosyası olan oturum tablosunda bu kontrol satırlarının yanı sıra yer dönme parametreleri, uydu yörünge parametreleri ve ölçüleri ağırlıklandırma ile ilgili kontrol satırları bulunmaktadır (Herring vd. 2015). Çalışma için seçilen ve sestbl. dosyasına girilen çözüm stratejileri Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Değerlendirme stratejisi ve parametreleri.

Veri Toplama Aralığı	15 saniye
Uydu Yükseklik Açısı	10 °
Yörünge Bilgisi	IGS-F
Anten Faz Merkezi Bilgisi	Yüksekliğe Bağlı Model (IGS14_2022_plus.atx)
Yer Dönme Parametre Bilgisi	USNO_bull_b
Çözüm İçin İterasyon Sayısı	4
Kullanılan Troposfer Model	Sastamoinen öncül standart modele dayalı olarak 2 saat
Taşıyıcı Dalga Faz Belirsizliği Çözümü	İyonosferden Bağımsız (Ionosphere-free)

Bu işlem gerçekleştirildikten sonra Sh_Gamit otomatik proses komutu ile çalıştırılmıştır. Çözümler tamamlandıktan sonra sh_glred komutu ile noktaların ölçü epoğundaki kartezyen koordinatları hesaplanmıştır. Elde edilen koordinatlar Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3 Ölçü epoğundaki Kartezyen Koordinatlar.

ITRF14 2017.55 koordinatlar						
	X (m)	Y (m)	Z(m)	Xs (m)	Ys (m)	Zs (m)
SAZK	4512521.161	2360924.525	3827029.555	0.0081	0.0053	0.0069
GMSL	4530239.594	2334251.844	3822682.372	0.0087	0.0051	0.0071
GLTB	4520880.539	2343053.410	3828065.921	0.0088	0.0049	0.007
BHVL	4503344.948	2360434.222	3838017.716	0.0093	0.0056	0.008
CFTK	4504059.976	2374537.331	3829118.936	0.0111	0.0065	0.0084
ORNK	4481985.936	2432171.592	3818406.492	0.0081	0.0048	0.0064
GKVA	4484511.343	2422001.088	3821824.352	0.0167	0.0108	0.0131
CKRG	4518888.050	2364779.030	3817537.610	0.0081	0.0053	0.0069
MUMC	4510681.696	2360032.248	3829707.307	0.0056	0.0035	0.0046
ORTA	4526987.734	2341430.014	3821936.015	0.0047	0.0029	0.0039
TRKB	4524304.007	2337427.349	3827531.452	0.0047	0.0029	0.0039
TRGT	4533318.171	2335490.594	3818046.194	0.0056	0.0034	0.0048
YALI	4522623.356	2357868.626	3816979.276	0.0056	0.0036	0.0045

5.3 Datum, Koordinat Dönüşümleri ve Epok Taşıma

Ülkemizde kadastral koordinat sistemi olarak ITRF-96 datumunda 2005.0 epogundaki koordinatlar kullanılmaktadır. Bu çalışma en güncel ITRF sürümü olan ITRF-2014'e dayalı olarak gerçekleştirilmiş, daha sonra TUREF'e dönüştürülmüştür. TUREF'e dönüştürmek amacıyla ITRF-2014 ile ITRF-96 arasındaki 14 dönüşüm parametresine ihtiyaç vardır. Bu nedenle elde edilen koordinatlar arasında datum dönüşümü yapılmıştır.

Dönüşüm işlemi için Avrupa Referans Çatısı Sabit GNSS istasyonları Ağı (European Reference Frame Permanent GNSS Network) internet sitesinde bulunan datum dönüşüm programı kullanılmıştır. (İnt.Kyn.18). Bu program datum dönüşümü ile birlikte epok dönüşümü de yapmaktadır. İlk olarak ITRF 14 sisteminde bölgedeki noktaların hızları elde edilemediği için epok taşıma işlemi yapılmadan datum dönüşüm işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.2'de ekran görüntüsü sunulmuştur.

The screenshot shows a web application interface for datum transformation. It is divided into three main sections: Input, Output, and Options. In the Input section, the 'Frame' is set to 'ITRF21' and the 'Epoch' is set to '201' and '55'. A text area contains instructions and two example input lines. The Output section shows the 'Frame' set to 'ITRF91' and the 'Epoch' set to '201' and '55'. The Options section includes a checkbox for 'show intermediate steps' and a dropdown for 'Change epoch format' set to 'Decimal Year: YYYY.DDD'. A blue 'Transform' button is located at the bottom left.

```
# Lines starting by # are treated as comments
# Fields (in decimal format) should be separated by at least one space
#
# --> Example without velocity - StationName(no space character) X[m] Y[m] Z[m] :
StationName 4027894.006 307045.600 4919474.910
#
# --> Example with velocity - StationName(no space character) X[m] Y[m] Z[m] VX[m/yr] VY[m/yr] VZ[m/yr] :
StationName 4027894.006 307045.600 4919474.910 0.01 0.2 0.03
```

Şekil 5.2 Datum dönüşüm işleminin gerçekleştirildiği internet sitesine ait ekran görüntüsü.

Epok dönüşümü için koordinatları hesaplanan her bir noktanın kartezyen hızları gerekmektedir. Bu hızlar kadastral çalışmalarda kullanılan ve bölgede bulunan TUTGA ve TUSAGA istasyonlarının kartezyen hızları kullanılarak enterpolasyon yapılarak hesaplanır. Yaygın olarak mesafelerle ters orantılı enterpolasyon yapılarak

hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalar için bölgede bulunan Bdrm (N18-G002), Çamk, Milas Selimiye, TUTGA noktaları ile Didim, Datça ve Muğla TUSAGA-Aktif noktalarının ITRF96 sistemindeki deprem etkileri giderilmiş koordinatlardan elde edilen kartezyen hızları HGM'den temin edilmiştir. Bu noktalar kullanılarak çalışma bölgesinde ölçü yapılan noktaların hızları enterpolasyon yöntemiyle hesaplanmıştır. Elde edilen noktalar ve kartezyen hızları Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4 TUTGA ve TUSAGA istasyon hızları.

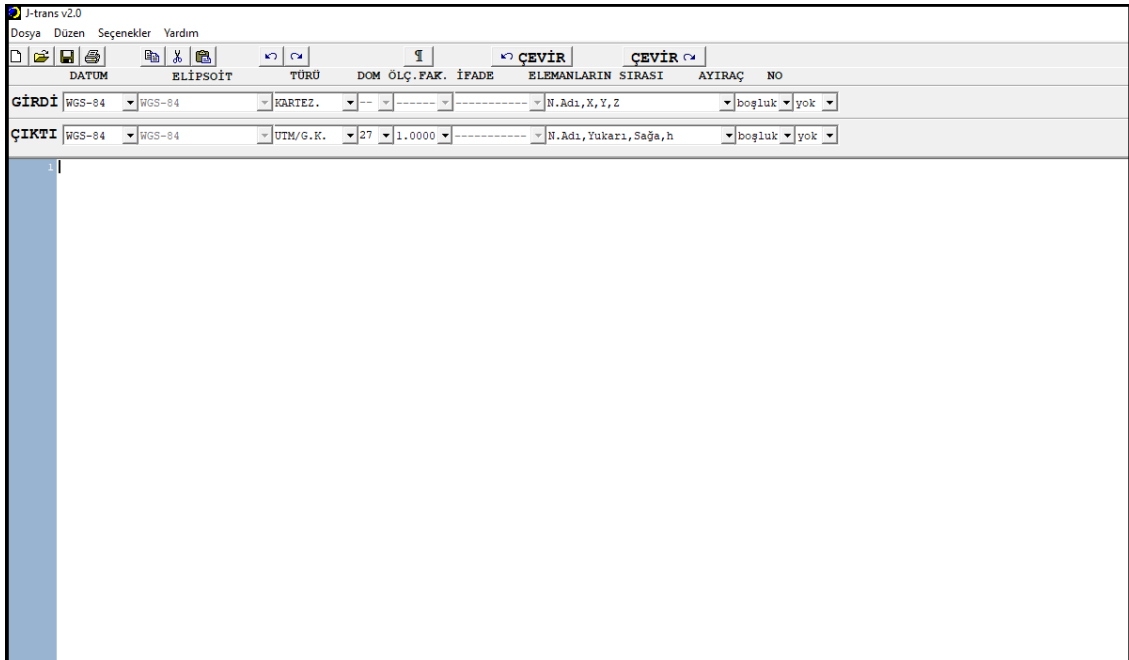
NOKTA	S1	S2	S3	V _x	V _y	V _z	ENT. İSTASYONLARI
SAZK	21772.03018	21625.32896	32081.81168	0.00415	0.00895	-0.01064	BDRM, CAMK, SLMY
GMSL	13243.98534	53373.45024	51575.06876	0.00454	0.00961	-0.00001	BDRM, CAMK, SLMY
GLTB	11292.51304	39912.45153	38470.98923	0.00451	0.00954	-0.01106	BDRM, CAMK, SLMY
BHVL	33187.64814	16023.82390	18059.40643	0.00400	0.00856	-0.01033	BDRM, CAMK, SLMY
CFTK	37443.62529	8066.24507	31931.30446	0.00371	0.00843	-0.01037	BDRM, CAMK, SLMY
ORNK	18924.77547			0.00285	0.01095	-0.01146	BLDG
GKVA	17422.26855			0.00285	0.01095	-0.01146	BLDG
CKRG	19953.29701	28802.94416	40828.80869	0.00408	0.01034	-0.01254	BDRM, CAMK, KNID
MUMC	23551.70923	20275.28869	28730.87394	0.00411	0.00886	-0.01058	BDRM, CAMK, SLMY
ORTA	5837.79876	46180.36523	47195.73758	0.00469	0.00992	-0.00102	BDRM, CAMK, SLMY
TRKB	12655.86796	46486.86868	43282.55837	0.00092	0.00955	-0.01107	BDRM, CAMK, SLMY
TRGT	12861.86602	55569.68912	56043.32272	0.00456	0.00965	-0.01115	BDRM, CAMK, SLMY
YALI	12269.00292	34783.57809	45795.25855	0.00382	0.00950	-0.01105	BDRM, CAMK, SLMY

Yine Avrupa Referans Çatısı Sabit GNSS istasyonları Ağı (European Reference Frame Permanent GNSS Network) internet sitesinde yer alan dönüşüm programı aracılığıyla elde edilen hızlar girdi verisi olarak kullanılarak, ITRF96 sisteminde farklı epoklardaki Kartezyen koordinatlar ITRF96 2005.00 epoğuna taşınmıştır. Epok taşıma ile elde edilen koordinatlar ve epok bilgileri Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5 Epok taşıma ile elde edilen Kartezyen koordinatlar.

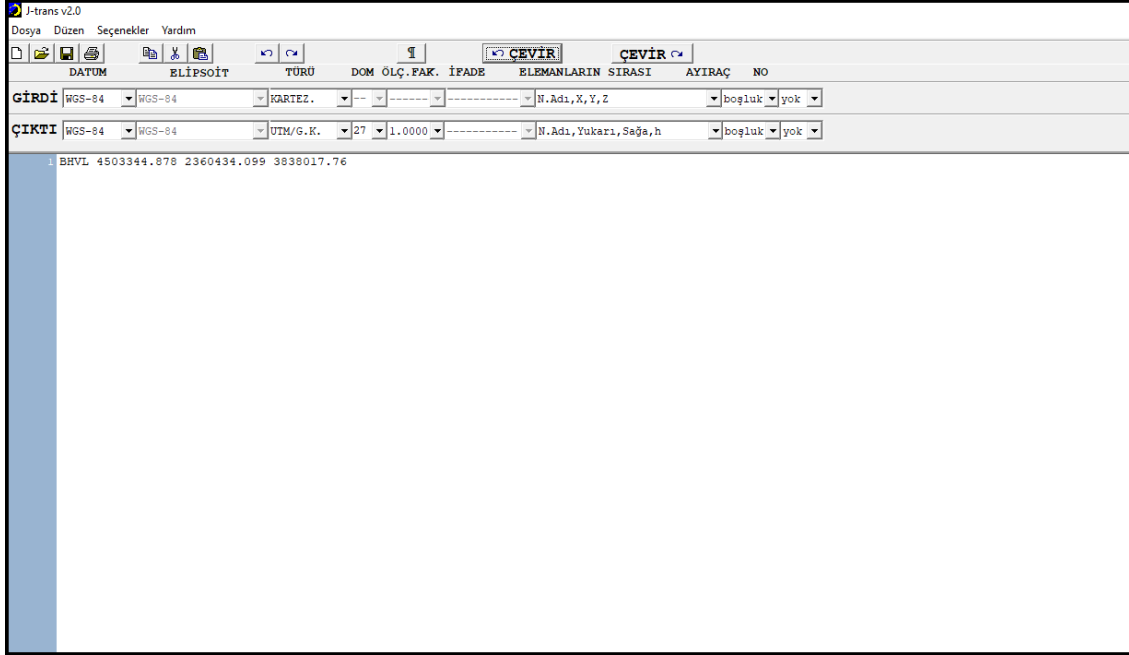
Nokta	X	Y	Z	V _x	V _y	V _z	Ölçü Epoğu	Dönüşüm Yapılan Epok
SAZK	4512521.128	2360924.426	3827029.655	0.00456	0.00917	-0.01348	2017.55	2005.00
GMSL	4530239.557	2334251.736	3822682.338	0.00496	0.00983	-0.00285	2017.55	2005.00
GLTB	4520880.502	2343053.303	3828066.026	0.00492	0.00976	-0.01390	2017.55	2005.00
BHVL	4503344.917	2360434.128	3838017.812	0.00441	0.00878	-0.01317	2017.55	2005.00
CFTK	4504059.949	2374537.238	3829119.032	0.00412	0.00865	-0.01321	2017.55	2005.00
ORNK	4481985.920	2432171.468	3818406.602	0.00325	0.01118	-0.01430	2017.55	2005.00
GKVA	4484511.327	2422000.964	3821824.462	0.00325	0.01117	-0.01430	2017.55	2005.00
CKRG	4518888.018	2364778.913	3817537.733	0.00449	0.01056	-0.01538	2017.55	2005.00
MUMC	4510681.664	2360032.150	3829707.406	0.00452	0.00908	-0.01342	2017.55	2005.00
ORTA	4526987.695	2341429.903	3821935.994	0.00511	0.01014	-0.00386	2017.55	2005.00
TRKB	4524304.015	2337427.242	3827531.557	0.00134	0.00977	-0.01391	2017.55	2005.00
TRGT	4533318.133	2335490.486	3818046.300	0.00498	0.00987	-0.01399	2017.55	2005.00
YALI	4522623.328	2357868.520	3816979.381	0.00423	0.00972	-0.01389	2017.55	2005.00

Daha sonra ITRF96 2005.00 epoğunda elde edilen tüm kartezyen koordinatlar, UTM/Gauss Kruger koordinatlarına dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Koordinatların dönüşüm işlemi için ise J-trans programı kullanılmıştır. Program ara yüzüne ait ekran görüntüsü şekil 5.3'te görülmektedir.



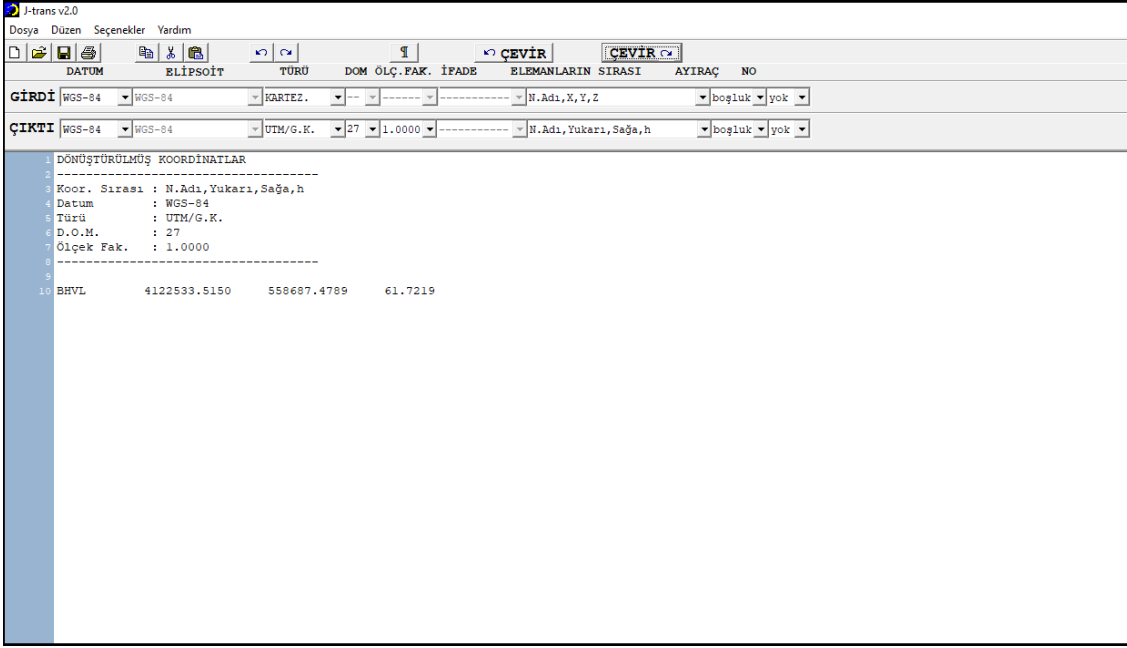
Şekil 5.3 Koordinat dönüşümü için kullanılan J-trans programına ait ekran görüntüsü.

J-trans programında şekil 5.3'te de görüldüğü gibi girdi verisi olarak datum, koordinat sistemi ve dönüşüm yapılacak noktanın elemanlarına ilişkin özellikler kullanılmaktadır. GNSS ağına ait BHVL noktasının koordinat dönüşümünden önceki Kartezyen koordinatları şekil 5.4'te görülmektedir.



Şekil 5.4 GNSS ağında yer alan BHVL noktasının kullanılan J-trans programında dönüşüm öncesi Kartezyen koordinatları.

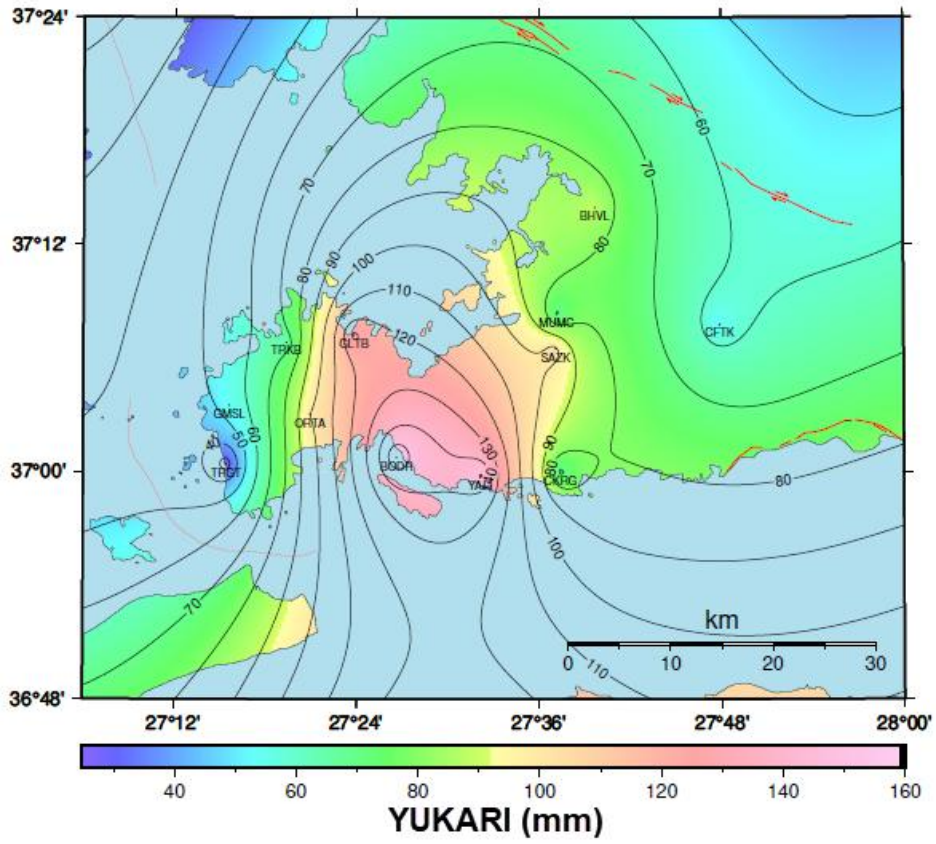
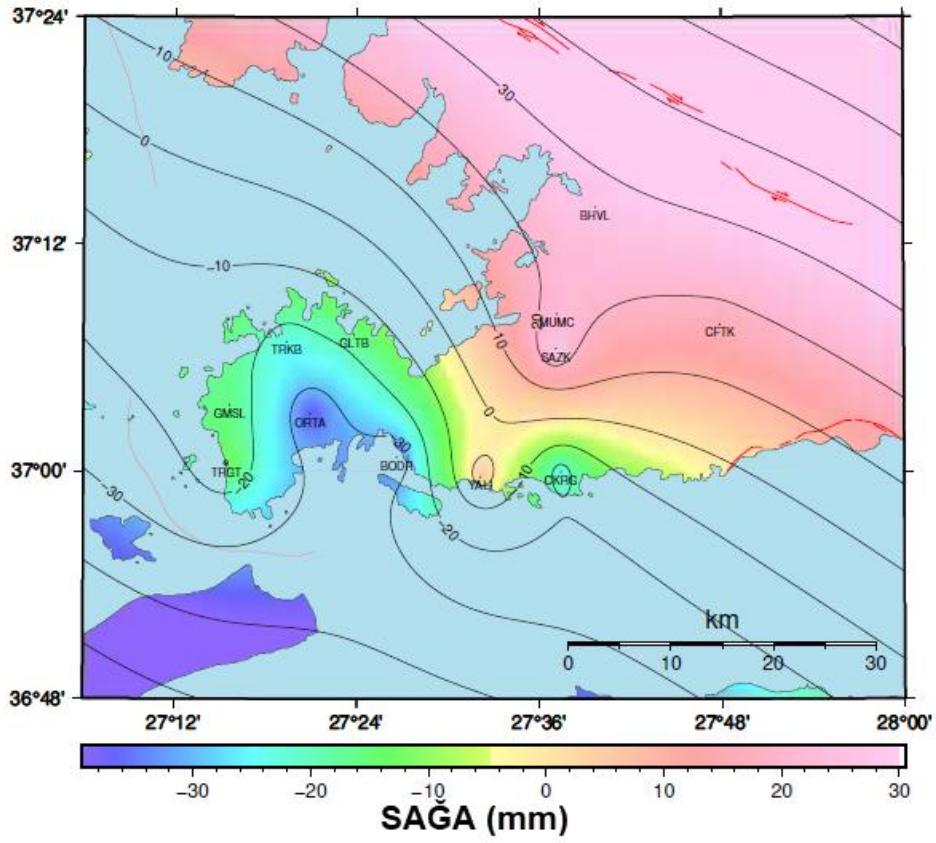
BHVL noktasının J-trans programı ile dönüşüm işlemi sonucu oluşan UTM/Gauss Kruger projeksiyon koordinatları ise Şekil 5.5'te görülmektedir.



Şekil 5.5 GNSS ağında yer alan BHVL noktasının kullanılan J-trans programında dönüşüm sonrası UTM koordinatları.

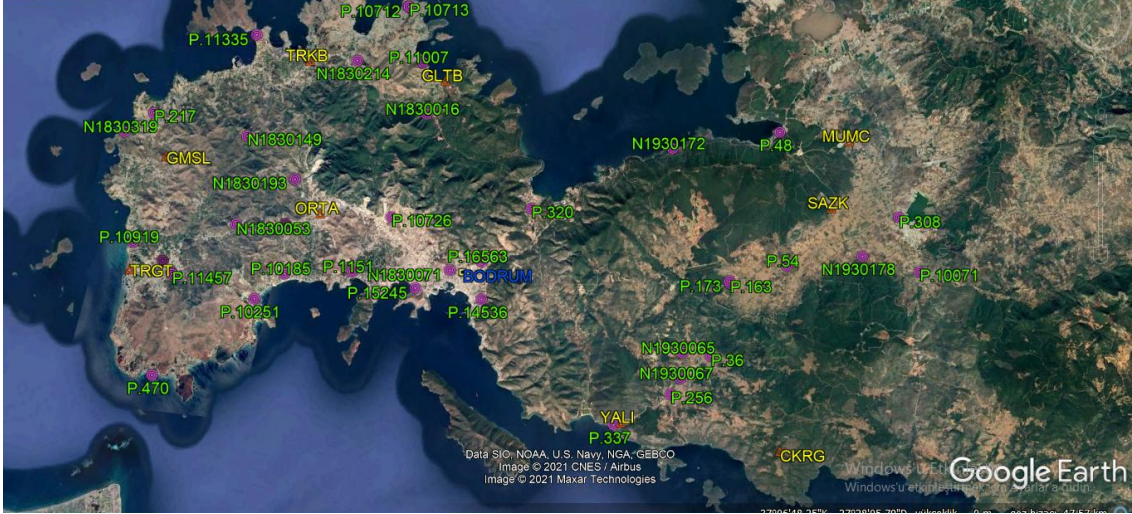
Koordinatların dönüşüm işlemi gerçekleştirildikten sonra ağıdaki tüm noktaların UTM koordinatları hesaplanmıştır.

Dönüşüm sonrası elde edilen koordinatlar ile aynı noktalara ait kadastroda tescil edilen ITRF96 2005.00 epoğuna ait UTM koordinatların farkları alınmıştır. Elde edilen farklardan SURFER yazılımı ile yüzeyler geçirilmiştir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Deformasyon haritası.

Elde edilen yüzeylerin doğruluğunu araştırmak için bölgede bulunan 15 adet C1-C2 noktalarında 600 epok, 29 tane poligon noktalarında da 300 epok CORS-TR ağına bağlı olarak ölçü toplanmıştır (şekil 5.7). Bu noktaların hepsi daha önce kadastro tarafından koordinatları tescillenmiş noktalardır (şekil 5.8). Yapılan tüm ölçülerin her nokta için ortalaması alınıp, tescil olan deprem öncesi koordinatlardan farkları alınmıştır. Alınan farklar Çizelge 5.6'da verilmiştir.



şekil 5.7 Ölçü Yapılan Noktalar ve Statik Ölçü Yapılan GNSS Ağı

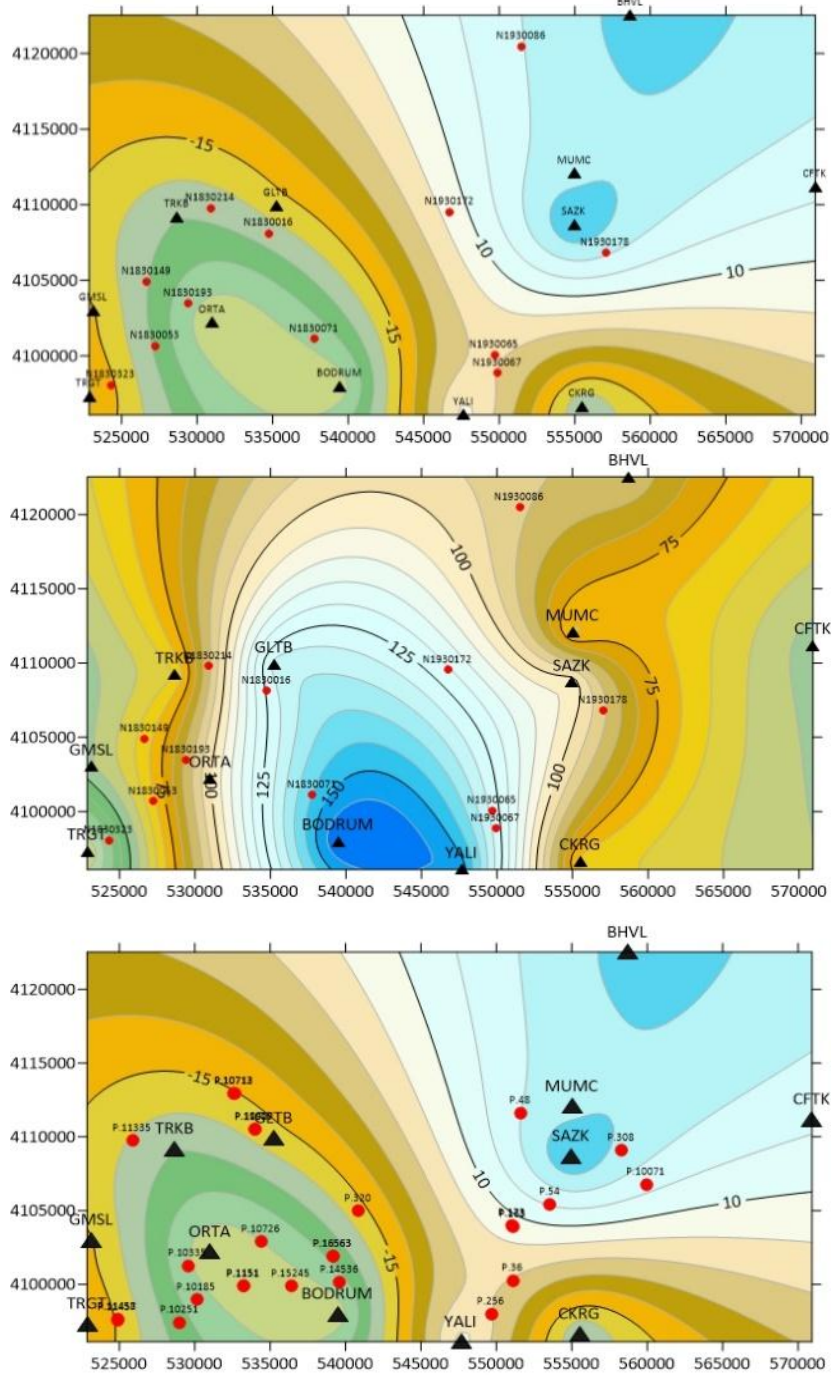


şekil 5.8 Ölçü Yapılan Noktalar ve Statik Ölçü Yapılan GNSS Ağı

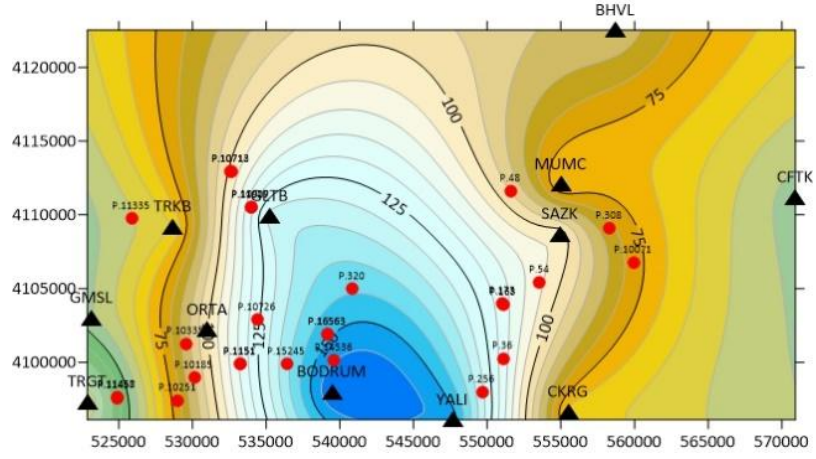
Çizelge 5.6 Deprem öncesi ve sonrasına ait koordinat farkları.

Nokta No	Nokta Adı	Doğu Fark(mm)	Kuzey Fark(mm)	BÖLGE
1	N1930086	27	64	GÜLLÜK
2	N1930178	-69	147	ÇAMARASI
3	N1930065	-68	243	ÇİFTLİK
4	N1930067	-82	219	ÇİFTLİK
5	N1830071	-30	193	BODRUM
6	N1830193	-15	76	YAKAKÖY
7	N1830053	34	-1	DEREKÖY
8	N1830323	9	16	TURGUTREİS
9	N1930094	28	-1	MİLAS
10	N1930152	5	-39	ÇAMKÖY
11	N1830016	-21	103	TÜRKBÜKÜ
12	N1830149	-7	65	YALIKAVAK
13	N1830319	30	-26	GÜMÜŞLÜK
14	N1930172	17	143	GÜVERCİNLİK
15	N1830214	-6	63	GÜNDOĞAN
1	P.54	-10	216	PINARLIBELEN
2	P.163	-16	257	PINARLIBELEN
3	P.173	-39	232	PINARLIBELEN
4	P.36	-133	234	ÇİFTLİK
5	P.256	-68	198	ÇİFTLİK
6	P.337	-125	242	ÇİFTLİK
7	P.332	-46	221	ÇİFTLİK
8	P.16563	18	131	YOKUŞBAŞI
9	P.14536	-22	143	KUMBAHÇE
10	P.15245	-51	218	GÜMBET
11	P.1151	-14	140	BİTEZ
12	P.10726	3	124	KONACIK
13	P.10335	-25	34	ORTAKENT GRC
14	P.10185	24	59	ORTAKENT YHŞ
15	P.10251	44	37	ORTAKENT BĞL
16	P.11458	28	5	TURGUTREİS
17	P.11457	0	10	TURGUTREİS
18	P.10919	5	-8	TURGUTREİS
19	P.217	-2	-8	TURGUTREİS
20	P.11335	-27	46	YALIKAVAK
21	P.10712	-45	90	TÜRKBÜKÜ
22	P.10713	68	55	TÜRKBÜKÜ
23	P.10919	32	29	TÜRKBÜKÜ
24	P.11007	-13	125	TÜRKBÜKÜ
25	P.320	22	166	TORBA
26	P.308	-61	161	MUMCULAR
27	P.10071	-23	139	MUMCULAR YNKY
28	P.470	55	-26	AKYARLAR
29	P.48	81	0	GÜVERCİNLİK

Bu koordinat farklarını Şekil 5.6’da görülen yüzey deformasyon miktarları ile karşılaştırılmak üzere SURFER yazılımında oluşturulan deformasyon yüzey haritalarına işlenmiştir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 Deformasyon yüzey haritası.



Şekil 5.9 (Devam) Deformasyon yüzey haritası.

İşlenen nirengi poligon noktalarının deformasyon miktarları yüzey modellerinde enterpolasyonlarla hesaplanmış ve gerçek deformasyon değerleriyle kıyaslanmıştır (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7 Gerçek deformasyon ile model arasındaki farklar

NN	DOĞU FARK (mm)	KUZEY FARK (mm)	BÖLGE
N1930086	-7	27	GÜLLÜK
N1930178	89	-56	ÇAMARASI
N1930065	69	-114	ÇİFTLİK
N1930067	82	-91	ÇİFTLİK
N1830071	-3	-47	BODRUM
N1830193	-18	10	YAKAKÖY
N1830053	-60	70	DEREKÖY
N1830323	-23	23	TURGUTREİS
N1830016	-2	23	TÜRKBÜKÜ
N1830149	-18	3	YALIKAVAK
N1830319	-45	-30	GÜMÜŞLÜK
N1930172	-23	147	GÜVERCİNLİK
N1830214	-17	25	GÜNDOĞAN
P.36	116	-132	ÇİFTLİK
P.48	-94	60	GÜVERCİNLİK
P.54	110	-25	PINARLIBELEN
P.163	139	-24	PINARLIBELEN
P.173	114	-46	PINARLIBELEN
P.256	67	-68	ÇİFTLİK
P.308	80	-84	MUMCULAR
P.320	21	39	TORBA
P.1151	22	28	BİTEZ
P.10071	61	-39	MUMCULAR YNKY
P.10185	-30	56	ORTAKENT YHŞ
P.10251	-42	72	ORTAKENT BĞL
P.10335	-53	8	ORTAKENT GRC
P.10712	-11	-29	TÜRKBÜKÜ
P.10713	-46	82	TÜRKBÜKÜ
P.10726	0	38	KONACIK
P.10919	-89	50	TÜRKBÜKÜ
P.11007	6	4	TÜRKBÜKÜ
P.11457	-32	15	TURGUTREİS
P.11458	-37	43	TURGUTREİS
P.14536	-11	9	KUMBAHÇE
P.15245	79	-14	GÜMBET
P.16563	-17	46	YOKUŞBAŞI

6.TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada 21.07.2017 Mw6,6 büyüklüğündeki deprem sonrası bölgedeki kadastral noktalardaki deformasyonlar belirlenmiştir. Bu amaçla bölgede kadastro tarafından tesis edilmiş olan 8 adet C1, C2 ve C3 noktalarında deprem sonrası ölçüler yapılmıştır. Bölgede Bodrum Harita Mühendisleri tarafından kurulan 5 adet sabit GNSS istasyonları kullanılmıştır. Gerekli dönüşüm ve epok kaydırma işlemleri için 6 adet TUTGA noktasının ITRF-96 – 2005.0 epogundaki koordinat ve hızları HGM'den temin edilmiştir.

Deprem sonrası GNSS ölçüsü yapılan noktaların koordinatları gerekli dönüşüm ve taşımalar yapıldıktan sonra kadastro tarafından tesis edilen nokta koordinatları arasındaki farklar bulunmuştur. Bu farklar kullanılarak kadastro noktalarındaki deformasyonlar hesaplanmıştır.

Yapılan incelemeler sonucunda; depremin merkez üssüne yakın bölge olan Bodrum Yarımadasının doğu tarafında, Gökova Fay Zonunun Kos Adasının güney yönüne doğru açılımının başladığı Yalıçiftlik Mahallesi; kuzey yönlü 12-13 cm atımların olduğu, doğu veya batı yönlü atımların bulunmadığı görülmektedir.

Yarımadanın kuzey tarafı olan Torba, Göl ve Türkbükü yerleşim birimlerinde kuzey yönlü atımların 10-11 cm civarlarına düştüğü, Torba yönünden batıya Göl-Türkbükü tarafına doğru 2-3 cm civarında batı yönlü atımların olduğu görülmektedir.

Yine yarımadanın kuzeydoğu yönünde kalan Mumcular Mahallesi ve civarında kuzey yönlü atımların 7-8 cm'lere kadar düştüğü ve doğu yönlü 1-2 cm civarında atımlar olduğu gözlemlenmektedir.

Diğer taraftan yarımadanın batı yönünde kalan Turgutreis ve Gümüşlük Mahallerinde ise kuzey yönlü atımların 5-6 cm'lere kadar düştüğü ve bu bölgelerde 2-3 cm civarlarında batı yönlü atımlar olduğu görülmektedir.

Elde edilen atımları temsil eden x ve y yönlerindeki yüzey modelleri oluşturulmuştur. Yüzey modellerinin kontrol edilmesi için Bodrum yarımadasında 15 adet nirengi ve 29 adet poligon noktasında CORS-TR ağına bağlı ölçümler yapılmıştır. Elde edilen nokta koordinatları ile deprem öncesi tescilli koordinatların farkları alınmıştır. Elde edilen bu farklar ile modelden elde edilen farklar kıyaslanmıştır. Bu farklardan BÖHHBÜY 85.Maddesi GNSS tekniğiyle poligon kontrolü; “GNSS tekniğiyle ölçülen poligon noktalarından proje alanına uygun dağılmış en az %5’inin GNSS tekniğiyle izdüşüm koordinatları ve elipsoit yükseklikleri bulunur. Koordinat ve yükseklik farkları ± 10 cm (dahil)’den küçük olmalıdır. Ayrıca tüm noktalar için $ds = \sqrt{dy^2 + dx^2}$ bağıntısı ile bulunan ds ’lerin ortalaması ± 7 cm (dahil)’den küçük olmalıdır. Burada dx ve dy izdüşüm koordinat farklarını göstermektedir.” kriteri dikkate alınarak yorumlamalar yapılmıştır. Depremin merkez üssüne yaklaşık 65 km uzaklıkta bulunan Milas civarındaki N1930094 ve N1930152 noktalarında deformasyonun çok küçük olduğu tespit edildiğinden yüzey modelde kullanılmamıştır. Yine yarımadanın batı yönünde, Turgutreis doğru giderken Dereköy kavşağındaki N1830053 noktasındaki deformasyonun bahsi geçen kritere yakın olduğu görünse de; noktayı etrafında hafriyat çalışması yapılması sebebiyle deformasyona açık olmasından dolayı üst sınıra yakın olan bozulmanın depremden kaynaklı olmadığı değerlendirilmektedir. Dereköy civarındaki poligonlarda yapılan gözlemler de büyük farklar tespit edilmemesi yukarıdaki çalışmayı destekler niteliktedir. Diğer taraftan özellikle Çiftlikköy, Mumcular, Pınarlıbelen ve Güvercinlik civarında dikkate alınan bu kriterden büyük farkların olduğu görülmüştür. Bu farkların sebebinin depremden ziyade 2012 yılında yapılan kadastro güncelleme çalışmasında poligon noktalarının koordinatlarının üretilmesi esnasında daha önceki yıllarda tesis edilen C2 ve C3 dereceli noktaların baz olarak alınması ve bu noktalara bağlı olarak koordinat üretilmesi olduğu değerlendirilmektedir. Poligonlarda bulunan koordinat farklarının benzerlerinin nirengi noktalarında da olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum C1, C2 ve C3 dereceli nirengi noktalarının dengelenmesinde ve koordinat hesaplamalarında hata yapılmış olabileceğini düşündürmektedir. Diğer taraftan yer kontrol noktalarını tesislerinden kaynaklanan deformasyonlarda göz ardı edilmemelidir.

Bunun dışında poligon noktalarında homojen olmayan deformasyonların olduğu

görülmektedir. Bunun nedeninin poligon noktalarının koordinatlandırılması işleminde yapılan ölçü hataları, ölçü yönteminin duyarlılığı, lokal deformasyonlar ve poligon tesislerinin zeminlerindeki farklılıklar olduğu düşünülmektedir. Bu tez sonucunda elde edilen deformasyon yüzey modelinin Bodrum yarımadasının batı kısmında ölçü düzeltme modeli olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

7. KAYNAKLAR

- Aktuğ B, Seymen S, Kurt M, Parmaksız E, Lenk O, Sezer S, Özdemir S, 2011, Harita Genel Komutanlığı, Harita Dergisi, Ankara.
- Aktuğ B, 2006, Jeodezik Ölçüler İle Deprem Kaynak Parametrelerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 93s, İstanbul
- Aladoğan K, 2017, Kuzey Anadolu Fayı Bolu-Çorum Segmenti Boyunca Yer Kabuğu Hareketlerinin GNSS Yöntemiyle İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., 96s, Afyonkarahisar.
- Başar K, 2019, GNSS Sistemlerindeki Güncel Durum ve Son Gelişmelerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., 118s, Konya.
- Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY), 2018, Resmi Gazete, 26 Haziran 2018, 30460.
- Çırmık A, 2018, 24 Mayıs 2014 Gökçeada Açıkları – Ege Denizi Depreminin ($M_1=6,5$) Deprem Anı ve Sonrası Meydana Getirdiği Yer Değiştirmeler ve Deformasyonların İrdelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 20, 230-244.
- Dirk K, Türkmenoğlu A, Tuna N. ve Dirican M, (2003). Datça Yarımadası'nın Neotektoniği, Jeomorfolojisi ve Bunların Eski Medeniyetlerin Yerleşimi ve Gelişimi Üzerindeki Etkisi”, O.D.T.Ü. AFP-00-07-03-13 Kod Nolu Proje, Ankara.
- Doğan U, Şimşek M, Özarpacı S, 2019, Yer Kabuğu Hareketlerinin Belirlenmesinde Web Tabanlı Çevrimiçi GNSS Servislerinin Performans Analizi, Geomatik Dergisi, 4, 147-159.
- Emre Ö, Duman T Y, Özalp S, Olgun Ş, Elmacı H, 2011, 1:250.000 scale active fault map series of Turkey, Afyon (NJ 36-5) Quadrangle, Serial number: 16, General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara.
- Ersoy Ş., Altınok, Y., & Yalçın, A. C. , 2000. Güneybatı Anadolu'nun Neotektonik Yapılarına Genel bir bakış ve bölgenin deprem etkinliği. III. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu 115-128, Çanakkale, Turkey

- Erdoğan S, Şahin M, 2006, Burdur Fethiye Fay Zonu Tektonik Hareketlerin GPS İle Belirlenmesi, İTÜ Dergisi, 5, 135-141.
- Eyidoğan H, Utku Z. ve Güçlü U, 1991, Türkiye Büyük Depremleri Makrosismik Rehberi 1900-1988, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Bölümü, İstanbul.
- Gazel F, 2015, Kadastro Pafta ve Verilerinin Elektronik Ortama Aktarılması, Kadastro Verilerinin Takbis'e Entegrasyonu: Mevcut Durum ve Öneriler, Tapu Ve Kadastro Genel Müdürlüğü Teftiş Kurulu Başkanlığı Raporu, 113s, Ankara.
- Herring T A, Floyd M A, King R W, McClusky S C, 2015, Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program 10.6. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology.
- Kadastro Kanunu 1987, Resmi Gazete, 9 Temmuz 1987, 19512.
- Karabulut F, 2017, Yer Kabuğu Deformasyonlarının GNSS Ölçüleri İle Kestirimi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Ens. 84s, İstanbul.
- McClusky S, Balassanian S, Barka A, Demir C, Ergintav S, Georgiev I, vd., 2000, Global Positioning System Constraints on Plate Kinematics And Dynamics In the Eastern Mediterranean and Caucasus, Journal of Geophysical Research, 105, 5695-5719.
- McKenzie D, 1972, Active Tectonics in the Mediterranean Region. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 30, 109-185.
- Özener H, Gürkan O, Garagon Doğru A, Yılmaz O, Turgut B, 2005, Tektonik Deformasyonların Jeodezik Ölçme Teknikleri İle İzlenmesi (Kafz Batı Kesimi Çalışmaları), TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart-1 Nisan 2005, Ankara.
- Özkan A, Tarı E, Çakmak R, Ergintav S, 2010, MAGNET (Marmara Sürekli GPS Ağı) İstasyonlarının Dönemsel Etkiler Açısından Kampanya GPS Ölçmelerine Katkıları, Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, 10, 101.
- Poyraz F, 2009, Kuzey Anadolu Fay Zonu Doğu Kesiminde Yatay Yerkabuğu Hareketleri ve Gerilme Birikiminin Araştırılması, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 140s, İstanbul.

- Şafak Ş, 2019, GNSS Hız Doğruluklarına Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., 99s, Afyonkarahisar.
- Şaroğlu F, Emre Ö. ve Boray A, (1987), Türkiye'nin diri fayları ve depremselliği. MTA, Rapor No: 8174.
- Tiryakioğlu İ, 2012, GNSS Ölçüleri İle Güneybatı Anadolu'daki Blok Hareketleri ve Gerilim Alanlarının Belirlenmesi, Doktora tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Ens. 173s, İstanbul.
- Tiryakioğlu İ, Uğur M A, Yılmaz M, Özkaymak Ç, Yavaşoğlu H, 2017, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-23 Ekim 2017, Eskişehir.
- Tiryakioğlu İ, Yiğit, C.O., Yavaşoğlu, H., Saka, M.H., Alkan, R.M., The Determination Of İnterseismic, Coseismic And Postseismic Deformations Caused By The Gökçeada-Samothraki Earthquake (2014, Mw: 6.9) Based On GNSS Data, Journal of African Earth Sciences 133, 86-94.
- Tiryakioğlu İ, Aktuğ B, Yiğit C. Ö, Yavaşoğlu H, Sözbilir H, Özkaymak Ç, Poyraz F, Taneli E, Bulut F, Doğru A & Özener H, 2018, Slip distribution and source parameters of the 20 July 2017 Bodrum-Kos earthquake (Mw6.6) from GPS observations, Geodinamica Acta, 30, 1-14.
- Tiryakioğlu I, Floyd, M., Erdoğan, S., Gülal, E., Ergintav, S., McClusky, S., Reilinger, R., 2013, GPS Constraints on Active Deformation in the Isparta Angle Region of SW Turkey. Geophysical Journal International, 195, 1455–1463.
- Toker K, Türkiye'de Çeşitlerine Göre Kadastro Süreçlerinin Analizi, Prooceding of the World Cadastre Summit 2015, İstanbul.
- Toydemir T, 2019, Sultandağı fayında Jeodezik Gerinim (Strain) ile İstatistiksel Depremsellik Verilerinin İlişkilendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, 73s, Afyonkarahisar.
- Uzel T, Eren K, Gülal E, Tiryakioğlu İ, Dindar A A, Yılmaz H, 2013, Monitoring The Tectonic Plate Movements in Turkey Based on The National Continuous GNSS Network, Arabian Journal of Geoscience, 6: 6573-3580.
- Yavaşoğlu H, 2009, Kuzey Anadolu Fayının Orta Anadolu Bölümündeki Güncel

Tektonik Aktivitenin Jeodezik Yöntemler ve Elastik Yarı Uzay Modelleme İle Belirlenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 205s, İstanbul.

İnternet Kaynakları

- 1-<https://www.harita.gov.tr/images/jeodezifaaliyetler/78631a4bb5303be.pdf>,
24.04.2020
- 2-<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/bilgi/depremnedir/index.htm#KONU7>
26.12.2020
- 3-<https://www.derscografya.com/levha-hareketleri-ve-etkileri/>, 08.05.2020
- 4-http://www.yerdurumu.org/makaleler/documents/deprem_ve_plaka_tektonigi.asp,
08.05.2020
- 5-<https://depremgunlugu.com/turkiyede-depremler.html> 27.12.2020
- 6-<http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>, 08.05.2020
- 7-https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/yenilenmis_diri_fay_haritalari/aydin.pdf,
08.05.2020
- 8-<http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/11187.pdf>, 31.03.2020
- 9-<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/tarihsel-depremler/>, 07.04.2020
- 10-<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>, 07.04.2020
- 11-<https://www.harita.gov.tr/Daireler/jeodezi/nirengi.pdf>, 07.04.2020
- 12-<https://www.harita.gov.tr/sunum/#>, 27.12.2020
- 13-<https://tkgm.gov.tr/tr/sayfa/tarihce>, 24.04.2020
- 14-https://www.hkmo.org.tr/hakkimizda/meslegimiz/turk_haritacilik_tarihi.php, 24.04.2020
- 15- <https://www.harita.gov.tr/images/kurumsal/38121624f38e11f.pdf>, 25.04.2020
- 16-<https://www.tusaga-aktif.gov.tr/Sayfalar/IstasyonHaritasi.aspx>, 10.04.2020
- 17-<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/wp-content/uploads/2017/07/Gokova.Korfezi.v4>,
30.07.2020
- 18- <https://www.epncb.oma.be/>, 17.08.2020

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fuat ÇINAR
Doğum Yeri ve Tarihi : Milas 14.10.979
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon / e-posta) : 05465479548 fuatcinar48@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Milas Lisesi (1993 – 1996)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği Böl.,
(1996 – 2000)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, H
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, (2018-2021)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

: Yüksel İnşaat A.Ş (2001 – 2001)
: Bodrum Harita Mühendislik Bürosu (2003 – 2005)
:TKİ Yeniköy Linyit İşletmeleri Müdürlüğü (2005 – 2014)
: TKGM Muğla Kadastro Müdürlüğü (2014 – Devam
Ediyor)