

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YEREL, ULUSAL VE ULUSLARARASI SABİT REFERANS İSTASYONLARININ KABUK
VE YAPISAL DEFORMASYON BELİRLEME AMAÇLI TASARLANAN JEODEZİK
AĞLARA ENTEGRASYONU, ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME STRATEJİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pınar DEMİRCİ

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK

TEMMUZ 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YEREL, ULUSAL VE ULUSLARARASI SABİT REFERANS İSTASYONLARININ KABUK
VE YAPISAL DEFORMASYON BELİRLEME AMAÇLI TASARLANAN JEODEZİK
AĞLARA ENTEGRASYONU, ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME STRATEJİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Pınar DEMİRCİ
(501091626)**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK

TEMMUZ 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091626 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Pınar DEMİRCİ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**YEREL, ULUSAL VE ULUSLARARASI SABİT REFERANS İSTASYONLARININ KABUK VE YAPISAL DEFORMASYON BELİRLEME AMAÇLI TASARLANAN JEODEZİK AĞLARA ENTEGRASYONU, ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME STRATEJİLERİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Adı SOYADI**

Prof. Dr. Adı SOYADI

Prof. Dr. Adı SOYADI

Prof. Dr. Adı SOYADI

Prof. Dr. Adı SOYADI

Teslim Tarihi : **9 Temmuz 2012**
Savunma Tarihi : **25 Temmuz 2012**

Çok Değerli Hocam, Prof. Dr. Rahmi Nurhan Çelik’e...

ÖNSÖZ

Sürekli Gözlem Yapan Sabit Referans İstasyonlarının, deformasyon ölçmeleri gibi önemli çalışmalarda kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. GPS ölçmeleri sonucu elde edilen koordinat bilgisinin mevcut ağlarla entegre şekilde değerlendirilmesi ise preziyonlu analizler yapmak adına en doğru stratejilerden biridir. Bu çalışmada da, bu kapsamda Sürekli Gözlem Yapan Sabit Referans İstasyonlarından elde edilen verilerin temel alındığı bir strateji izlenmiş, ağların güncel durumu incelendiği gibi, inşasına başlanan yeni İstanbul-İzmir Otoyol güzergahının da deformasyonu gözlemlenmeye başlanmıştır.

Çalışma boyunca birikim ve desteklerini esirgmeden, motivasyonumu her zaman yüksekte tutan ve her aşamada bilgilerini ve vaktini paylaşmaktan çekinmeyen, beni ben yapan pek çok değeri sayesinde kazandığım, çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Rahmi Nurhan Çelik'e;

Desteğini hep hissettiğim, hep çok şey öğrendiğim, çok sevgili hocam; Prof. Dr. Necla Uluğtekin'e;

Çalışmanın her aşamasında sorduğum her soruyu çekinmeden cevaplayan, bilgi birikimlerini her an paylaşan ve çalışmanın verimli bir çalışma ortamında oluşmasına destek veren değerli hocalarım Araş. Gör. Hüseyin Mercan' a ve Yrd. Doç. Dr. Tevfik Özlüdemir'e;

Önemli öneri ve katkılarıyla çalışmanın ilerlemesine yardımcı olan hocalarım; Araş. Gör. Caner GÜNEY'e, Araş. Gör. Serdar EROL'a ve Araş. Gör. Bihter EROL'a;

Bu çalışmanın ortaya çıkmasındaki emeklerini, katkılarını ve sabırlarını asla unutamayacağım Annem'e, Babam'a ve Kardeşim' e;

Sabırla ve sevgiyle çalışma süresince desteğini hep yanımda hissettiğim çok sevgili Salih SARIN'a;

Çalışma sırasında beni hep motive etmiş, desteklerini esirgememiş çok sevgili Yengem, Evrim Özden'e;

Her konuda yardımları, destekleri benim için çok anlamlı olan değerli arkadaşlarım; Araş. Gör. Berna Yalızay, Mehmet Bak ve Araş. Gör. Ezgi Candaş'a;

Saygı, Sevgi ve Teşekkürlerimle..

Temmuz 2012

Pınar DEMİRCİ
(Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. ULUSLARARASI, ULUSAL VE ÖZEL AMAÇLI GNSS AĞLARI	3
2.1 Uluslararası GNSS Ağları	3
2.1.1 IGS	3
2.1.2 EUREF	6
2.2 Ulusal GPS Ağları	8
2.2.1 TUTGA	8
2.2.2 TUSAGA	9
2.2.3 TUSAGA-Aktif (CORS-TR)	10
2.2.4 İSKİ-UKBS Ağı.....	14
2.3 Özel Amaçlı GNSS Ağları	15
3. KUZEY ANADOLU FAYI ve İZMİT BÖLGESİ.....	17
3.1 Bölgenin Tektonik Özellikleri.....	21
4. İSTANBUL-İZMİR OTOYOLU PROJESİ	23
5. İZMİT KÖRFEZ GEÇİŞİ DEFORMASYON AĞI TASARIMI, GNSS GÖZLEMLERİ ve DEĞERLENDİRMELERİ	27
5.1 Ağın Tasarım Stratejisi.....	28
5.2 Ağın Ölçme ve Değerlendirme Stratejisi	29
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ.....	47

KISALTMALAR

AC	: Analysis Center
ACC	: Analysis Center Coordinate
CB	: Center Bureau
CODE	: Center for Orbit Determination in Europe, İsviçre
CORS-TR	: Continuously Operating Reference System- Turkey (TUSAGA-Aktif)
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
DC	: Data Center
DGPS	: Differential GPS
ED-50	: European Datum
ESA	: European Space Operations Center, Almanya
EUREF	: European Reference Frame
ETRF	: European Terrestrial Reference Frame
FAGS	: Federation Of Astronomical and Geophysical Data System
GALILEO	: Avrupa Global Konum Belirleme Sistemi
GB	: Governance Board
GFZ	: Geo Forschungs Zentrum, Almanya
GLONASS	: Rus Global Konum Belirleme Sistemi
GNAAC	: Global Network Affiliation Analyze Center
GNSS	: Global Navigation Satellite System
GPS	: Global Positioning System
GRGS- CNES/CLS	: Groupe de Recherche en Géodésie Spatiale, Fransa
GRS – 80	: Geodetic Reference System
GOP – RIGTC	: Geodetic Observatory Pecny, Çek Cumhuriyeti
HGK	: Harita Genel Komutanlığı
IAG	: International Association of Geodesy
IERS	: International Earth Rotation Service
IGS	: International GNSS Service
ISKI – UKBS	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
IUGG	: International Union Of Geodesy and Geophysics
JPL	: Jet Propulsion Laboratory, ABD
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
KDV	: Katma Değer Vergisi
MIT	: Massachusetts Institute of Technology, ABD
MIT- GNAAC	: Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, ABD
NCC	: University Of Newcastle – Upon – Tyne, Birleşik Krallık
NRCan	: Natural Resources Canada, Kanada
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration, ABD
PP	: Pilot Project

SINEX	: Software Independent Exchange
SIO	: Scripps Institution Of Oceanography, ABD
TG	: Türkiye Geoidi
TUDKA	: Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı
TKGM	: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TUSAGA	: Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı
TUSAGA- Aktif	: Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı- Aktif (CORS-TR)
TUTGA	: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
USNO	: US Naval Observatory, ABD
WG	: Working Group
WGS – 84	: World Geodetic System-1984

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 5.1 : 1. Periyot TUSAGA-Aktif noktalarının değerleri.....	33
Çizelge 5.2 : 2. Periyot TUSAGA-Aktif noktalarının değerleri.....	34
Çizelge 5.3 : IGS, ISKI-UKBS ve deformasyon noktalarına ait 1. periyot değerleri	35
Çizelge 5.4 : IGS, ISKI-UKBS ve deformasyon noktalarına ait 2. periyot değerleri	36
Çizelge 5.5 : IGS, ISKI-UKBS, deformasyon noktaları 1. ve 2. periyot fark çizelgesi	37
Çizelge 5.6 : TUSAGA-Aktif noktalarının 1. ve 2. periyot fark çizelgesi	38
Çizelge 5.7 :ISKI- UKBS Ağı, Deformasyon Ağı hata elipsi parametreleri.....	40
Çizelge 5.8 :TUSAGA-Aktif Ağına ait hata elipsi parametreleri.....	40

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : IGS Noktaları	6
Şekil 2.2 : EUREF Noktaları	7
Şekil 2.3 : TUTGA Nokta Dağılımı	9
Şekil 2.4 : TUSAGA istasyonları	10
Şekil 2.5 : TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonları	13
Şekil 2.6 : İSKİ UKBS istasyonları	14
Şekil 3.1 : Kuzey Anadolu Fayı ve Türkiye	19
Şekil 4.1 : Yeni İstanbul-İzmir Otoyolu Güzergahı.....	23
Şekil 5.1 : Körfez bölgesi ve Kuzey Anadolu Fay Hattı	27
Şekil 5.2 : Deformasyon Noktası.....	28
Şekil 5.3 : Deformasyon ağı	29
Şekil 5.4 : IGS, TUSAGA-Aktif, İSKİ-UKBS ve Deformasyon Noktaları	30
Şekil 5.5 : Deformasyon Noktalarının Pilye Tesisi	30
Şekil 5.6 : Değerlendirme stratejisini gösteren akış diyagramı	31
Şekil 5.7 : Değerlendirme stratejisine ait parametre seçimi	32
Şekil 5.8 : TUSAGA-Aktif noktalarının 1. ve 2. periyot fark vektörleri ve hata elipsleri	38
Şekil 5.9 : İSKİ- UKBS ağı noktalarının 1. ve 2. periyot fark vektörleri ve hata elipsleri	39
Şekil 5.10 : K1, K2, K3, K3_1, K4, K5, K6_1, K7 noktalarının 1. ve 2. periyot fark vektörleri ve hata elipsleri	39

**YEREL, ULUSAL VE ULUSLARARASI SABİT REFERANS İSTASYONLARININ
KABUK VE YAPISAL DEFORMASYON BELİRLEME AMAÇLI TASARLANAN
JEODEZİK AĞLARA ENTEGRASYONU, ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME
STRATEJİLERİ**

ÖZET

%92 si deprem bölgesi olan ülkemizin deprem olmaksızın hareketinin kuzeybatıya doğru yıllık ortalama 2-3 cm/yıl olduğu gerçeği, hayatın ne denli tektonik bir ortamda sürdüğünün açık bir göstergesidir. Gerek mühendislik projeleri için gerekse hali hazırda var olan yaşamın güvenli bir şekilde idame ettirilebilmesi için yapılan kabuk ve yapısal deformasyonların belirlenmesi çalışmaları her geçen gün artmaktadır. Özellikle büyük mühendislik projelerinin hayata geçirilmesinden önce yapılacak çalışmalar son derece önem kazanmaktadır. Jeodezik yöntemler arasında son yıllarda daha çok yaygınlaşan GPS tekniğiyle konum belirlemenin de bu amaçla tasarlanan deformasyon ağlarında kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonlarından yüksek doğrulukla veri elde edilebilmesi imkânı da bu ağların kullanımını artırmaktadır.

Bu çalışmada, yapımına başlanmış İstanbul-İzmir Otoyolu Projesinin, otoyol kısmının önemli bir parçasının ve körfez geçişini sağlayacak köprünün güzergâhındakurulan deformasyon ağı incelenmiştir. Kuzey Anadolu Fay hattının aynı güzergâhtan geçmesi nedeniyle tasarlanmış bu ağın değerlendiriliş stratejisi belirlenmiştir. Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonlarının bölgedeki varlığı değerlendiriliş stratejisinin temel yaklaşımını oluşturmaktadır. Ağlara entegre şekilde değerlendirilen deformasyon ağına ait ön sonuçlara ulaşılması, sabit referans istasyonlarının ise güncel durumlarının gözlenmesi amaçlanmıştır.

Bu bağlamda, birinci bölümde, çalışma bölgesi ve çalışmanın amacı açıklanmış, çalışmanın ana stratejisi ortaya konulmuştur. İkinci bölümde, bölgede uluslararası, ulusal ve lokal anlamda faaliyet gösteren Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonlarının çalışma kapsamı, veteknik özellikleri incelenmiş, ağların bölgedeki etkinlikleri gözlemlenmiştir. Üçüncü bölümde, Türkiye'nin tektonik yapısı ve depremselliği üzerinden, çalışma bölgesi olan körfez bölgesinin tektonik yapısı ve sismik durumun, inşa edilecek köprü güzergahını ne denli etki altına alabileceği irdelenmiştir. Dördüncü bölümde, bölgede deformasyon çalışması gerektiren yeni İstanbul- İzmir Otoyolu'nun teknik ayrıntıları üzerinde durulmuştur. Beşinci bölümde ise, bölgede kurulan deformasyon ağının tasarımı ortaya konulmuş, ölçme ve değerlendirme stratejileri belirtilmiştir. Son olarak, yapılan ölçme ve değerlendirmelerin sonuçları, çalışmanın altıncı bölümünü oluşturan sonuçlar kısmında tartışılmıştır. Henüz ilk iki periyot ölçmesi tamamlanmış ağa ait 8 noktanın koordinat değerleri bilgisayar ortamında Leica GeoOffice programında değerlendirilmiş, yatay ve düşey konum doğrulukları, iki periyot arasında ortaya çıkan koordinat farkları ve noktalara ait fark vektörleri irdelenmiştir. Daha önce yapılmış benzer amaçlı çalışmalarla tutarlı olup olmadıkları kıyaslaması yapılmıştır. Aynı zamanda, çalışmanın bir başka amacını da, bölgede etkinliğini sürdüren Sürekli

Gözlem Yapan Referans İstasyonları'nın güncel durumlarının belirlenmesi oluşturduğu için, sabit noktaların hareketleri incelenmiş ve bölgede beklenen hareketle tutarlı olup olmadığı irdelenmiştir.

DESIGNED FOR CRUSTAL AND STRUCTURAL DEFORMATION FOR DETERMINING THE GEODETIC NETWORKS INTEGRATION LOCAL, NATIONAL AND INTERNATIONAL OF CONTINUOUSLY OPERATING REFERENCE STATIONS, MEASUREMENT AND PROCESSING STRATEGIES

SUMMARY

92% of the seismic zone without earthquakes in Turkey the northwestward movement of the annual average of 2-3 cm / year, the fact that life is a clear indication of how the continued tectonic environment. . This result demonstrates that all of the fixed objects which exist either naturally or artificially such as buildings, roads, bridges, trees, mountains, valleys etc. are exposed to continuous displacement. At the same time, unfortunately, tectonic history of Turkey has a lot of destructive earthquakes. Therefore, possible structural defects of constructions and crust & surface deformations of regions, where in significant constructions such as viaducts, bridges, dams are located, should be monitored in such a dynamic geological zone. To carry on engineering projects and sustain human life safely, determination of the crustal and structural deformations are increasing day by day. Especially, deformation analyze tha carry out before the implementation of major engineering projects, becomes extremely important. In recent years, more widespread of geodetic methods, GPS technique has been designed to determine the deformation of the network has been increasingly used for this purpose. Continuously Operating Reference Stations make increase use of these networks because of the producing high accuracy data. Use of networks formed by Continuously Operating Reference Stations (CORS), in a geodetic network design strategy aimed to monitor and find out the crustal deformation. These networks which are some international, national and local geodetic networks have been used for geodetic purpose and to process other micro-geodetic networks. IGS and EUREF which are the international networks, some of their existing stations in Turkey have been used to determine deformations and movements. In addition to international network, Turkey has national and local CORS's networks such as TUSAGA, TUSAGA-Active and ISKI-UKBS. ISKI-UKBS is run by local water and sewerage authority of İstanbul. It is such network that condenses the TUSAGA-Active network that is national active CORS network. Thanks to existence of such networks, micro-geodetic networks for several different purposes can easily be designed, observed, processed and analyzed then it was in the past.

In this study, a deformation network which has been located route of the new İstanbul- İzmir highway project has been observing. Scope of the project, a bridge will be constructed in İzmit Gulf region. Due to a part of the North Anatolian Fault Zone passes from the region , this micro-geodetic network has been designed in the same route of bridge and part of the highway. Because of presence of the Continuously Operating Reference Stations in this region have determined the

processing strategy of this network. Using of International Geodetic Networks that has continuously operating GPS/GNSS receivers on has been very common technic to define tectonic activities all over the world. By using these networks; more rapid, healthy and accurate 24-hour data can be obtained by scientific and engineering institutes. One of these kinds of networks is the IGS one that is an international network works whole over the world including Europe and it provides pool resources and permanent GNSS station data to generate precise GNSS products. There are 5 IGS stations in Turkey, two of them in the Marmara Region (near İzmit Gulf Region). ISTA and TUBI stations are located in for the Marmara Region. In addition to these international systems, there are some national and local systems such as TUSAGA (Turkish National Continuously Operating System's Network), TUSAGA-Active (Turkish National Continuously Operating System's Network- Active) and ISKI-UKBS (Istanbul Water and Sewerage Authority- Satellite Positioning Information System) which are active in Turkey can provide wide-ranged and more precise real-time positioning services. Turkish Real Time Kinematic (RTK) CORS-TR Network are called TUSAGA- Active established by Istanbul Kültür University in association with the General Directorate of Land Registry and Cadastre of Turkey and the General Command of Mapping of Turkey and sponsored by the Turkish Scientific and Technical Research Agency (TÜBİTAK). The network constitutes 147 Continuously Operating Reference Stations controlled by two control stations, the Master Control Station at the Department of Photogrammetry and Geodesy Administration of the General Directorate of Land Registry and Cadastre and the Auxiliary Control Station at the Headquarters of the General Command of Mapping of Turkey. Because of providing geometric strength, reference datum stability and of course redundancy to geodetic methods; TUSAGA-Active) is an important to national purpose. There are 6 stations in Marmara region to serve regional and local projects (the size of the rectangle is roughly 300 by 150 km). TUSAGA is another CORS network of the country and some of its stations are also member of IGS. This network has been established for same purposes by General Command of Mapping of Turkey. TUSAGA network has currently 26 stations actively. Six of these twenty six stations are dedicated as IGS stations. However, these stations have currently no real time facility to broadcast real time kinematic data. ISKI-UKBS (Istanbul Water and Sewerage Authority- Continuously Operating Reference Stations' Network) is a local network that works Istanbul and around, established by the Istanbul Water and Sewerage Authority- Satellite Positioning Information System. There are 8 stations. They continuously (24-hour 7 days a week) records and broadcast GNSS data and rages in between stations are well optimizes, 50 to 70 km. The deformation network which has been processed for the pre-results has integrated these stations. Except of the pre-result of this network, there is another purpose of this study. Another purpose of the study is to determine updating situations of reference stations.

In this context, the first chapter, the study area and the study have been described, the main strategy of the study have been presented. The second section; technical features and scope of international, national and local Continuously Operating Reference Stations of this area has been explained and described their efficiency in this region. The third section, the tectonic structure and the seismicity of the study area, the tectonic structure and seismic condition of the gulf and how to influence the route of the bridge and part of the highway will be constructed are discussed. In the fourth chapter; The new Istanbul-Izmir highway project which causes a deformation analyze working in this region, have been focused on technical details. In the fifth

chapter; Design of the network and its measurement and processing strategies have been explained. Finally, the observation and processing results of the study discussed in the sixth section forming part of the results. It has been just completed two periods GPS observations of the network's 8 points coordinates have been processed on Leica GeoOffice with the accuracy of horizontal and vertical positions, the results of coordinates' differences between the two periods, and differences vectors of these points have been discussed. And compared with earlier studies made for similar purposes. At the same time, because of the another purpose of strategy is that determining updating situations of reference stations, reference stations have been analyzing and comparing expected movement and direction of the movement.

1. GİRİŞ

Son yıllarda, yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi, kabuk ve yapısal deformasyonların izlenmesi çalışmaları giderek yaygınlaşmaktadır. Yeryüzündeki kabuk hareketlerinin, büyük mühendislik yapılarında çevrenin etkisiyle oluşabilecek şekil değişimlerinin veya bu yapıların çevrede oluşturacağı etkilerin büyüklüklerinin ve yönlerinin saptanması için jeodezik ölçmelerden faydalanılır. Bu ölçmelerin doğru şekilde uygulanabilmesi için, noktaları jeofiziksel ve jeodezik açıdan, çalışmanın amacına uygunluk gösteren, bölgede hareket beklenen veya beklenmeyen yerlerde seçilen karakteristik noktalardan oluşan bir jeodezik ağ oluşturulması gerekmektedir. Jeodezik açıdan deformasyon ağı olarak tanımlanabilecek bu ağlar, bölgede beklenen deformasyonun yoğunluğuna bağlı olarak değişik sıklıklarda ölçülmektedir. Bu bağlamda kabuk ve yapısal deformasyonların belirlenmesi ve değişimlerin izlenmesi gibi amaçlarla tasarlanan bu ağlara uygulanan yersel jeodezik tekniklere ek olarak, uzaysal teknikler de jeodezi bilimine hizmet eden başlıca yöntemlerdendir.

Bu çalışmada ise, inşasına başlanan İstanbul-İzmir Otoyolu Projesi kapsamında yapılacak otoyol ve köprü güzergahında kurulan mikro-jeodezik ağın GPS (Global Positioning System) tekniğiyle iki periyot GPS/GNSS gözlemleri incelenmiştir. Köprü'nün Dilovası - Hersek Deltası bölgesinde yapılmasıyla körfezden deniz geçişi gerçekleşmiş olacaktır. Aynı zamanda bu bölge otoyolun da önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bölgenin sismik aktivite yoğunluğu, deprem geçmişi ve tektonik altyapısı göz önünde bulundurulduğunda inşa edilecek yapılar için mevcut hareketlerin belirlenmesi hayati önem kazanmaktadır. Avrasya Plakası ve Anadolu Plakasının tam ortasında kalan bu bölge, bilim insanları tarafından Dünya'nın en karakteristik fay hatlarından biri olarak sayılan Kuzey Anadolu Fayının (KAF) da geçiş güzergahında yer almaktadır. Kuzey Anadolu Fayının bölgede neden olduğu depremler hatırlandığında bu gibi büyük bir mühendislik projesinin inşasından önceki sürecin iyi yönetilmesi gerektiği aşikârdır. Özellikle yüzyılın felaketi olarak bilinen 17 ağustos 1999 depreminin tektonik etkileri, Hersek bölgesinde ortaya çıkan üçüncü bir fay kırığı, bölgedeki yerleşime dair endişeleri artırmakta, alınan

önlemlerin daha hayati bir boyut kazanmasına neden olmaktadır. Bu anlamda köprünün geçiş güzegahında kurulan mikro jeodezik ağ 8 noktadan oluşmaktadır. Bu 8 nokta yaklaşık 15 ay aralıklarla birer kez ölçülmüştür. GPS gözlemleri sonucu 8 noktaya ait üç boyutlu X, Y, Z kartezyen koordinatları ve elipsoid yükseklik değerleri elde edilmiştir. Ağın tasarım stratejisi genel olarak, jeofizik ve jeodinamik etkenler göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Bölgede uluslararası, ulusal ve lokal bazda işlerliğini sürdüren Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonlarının bulunması ağın değerlendiriliş stratejisini etkilemiştir. Bölgede uluslararası faaliyet gösteren IGS (International GNSS Service) ağına ait ISTA ve TUBI olmak üzere iki adet istasyon bulunur. Oluşturulmuş deformasyon ağına ait 8 noktaya yakın olan ulusal ağlar ise TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı - CORS-TR) ağına ait bazı noktalar ve ISKI- UKBS (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi – Uydu Konum Belirleme Sistemi) ağının tamamıdır. Bölgede TUSAGA-Aktif ağına ait 6 nokta seçilmiştir. ISKI-UKBS ağı ise bölgesel bir ağ olup, işlerliği sadece Marmara Bölgesi'yle sınırlı bir ağıdır. Dolayısıyla bu ağa ait 8 noktanın tamamı değerlendirmelere dahil edilmiştir. Böylece, çalışmaya amaç teşkil eden deformasyon ağının hareketlerinin izlenmesinin yanında bölgede faaliyet gösteren Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonlarının da güncel durumları tespit edilmiştir. Çalışmada, Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonlarıyla entegrasyonu sağlanan mikro jeodezik deformasyon ağının değerlendiriliş stratejisinin ortaya konulmasının yanısıra bu istasyonlara ait veriler kendi aralarında değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

2. ULUSLARARASI, ULUSAL VE ÖZEL AMAÇLI GNSS AĞLARI

2.1 Uluslararası GNSS Ağları

2.1.1 IGS

FAGS (Federation of Astronomical and Geophysical Data Analysis Service)'in bir üyesi olan ve IERS (International Earth Rotation Service) ile çalışmalar yapan, IGS (International GNSS Service), IAG (International Association of Geodesy) tarafından 1993 yılında kurulmuştur. Kurulduğu günden bu yana, artan doğruluk ve zaman çözümleriyle, bilim kuruluşlarına, hassas GPS uydu verisi sağlar. 1 Ocak 1999' ta International Global Positioning System (GPS) Service olarak hizmet veren bu organizasyon, Rusya'nın geliştirdiği GLONASS ve Avrupa'nın geliştirdiği GALILEO sistemleriyle de entegre olması ile 14 Mart 2005 tarihinden itibaren, verilerin uluslararası standartta toplanması ve değerlendirilmesi için çalışmalar yapan, GPS verisini kullanarak jeodezik ve jeofiziksel araştırmaları destekleyen ve verilerle ilgili olarak standart belirleme çalışmaları yapan bir kurumdur. Çoğu ulusal jeodezi kuruluşu ve GPS kullanıcıları, doğrulukta santimetre seviyesinde hassasiyeti amaçlayan ve uzun dönemde referans çerçevesinin stabilizasyonunu sağlayan IGS in hassas uydularından yararlanmaktadır.

IGS bileşenleri;

- Ağlar ve izleme istasyonları
- Veri Merkezleri (DC)
- Analiz Merkezleri (AC)
- Analiz Merkezi Koordinatörü (ACC)
- Çalışma grupları (WG), pilot projeler (PP) ve komiteler
- Özel ürün ya da bileşenler (Referans ağı vb.) için koordinatörler
- Merkezi Büro (CB)
- Yönetim Kurulu (GB) ve İcra Kurulu

- Kurumsal Üyeler

şeklindedir.

Hali hazırda, 8'den fazla IGS Analiz Merkezi, IGS kombinasyonuna, ultra-hızlı, hızlı ve son GPS yörünge bilgisi ve zaman çözümleri olarak, günlük katkı sağlamaktadır. Her IGS analiz merkezi, bağımsız olarak ürettikleri ürün ve verileri diğer analiz merkezlerinin ürünleriyle kıyaslayarak, hassasiyet, doğruluk, stabilite, güvenilirlik ve dayanıklılık açısından en doğru sonuca ulaşmaktadır. IGS ürünleri, en az 7 farklı IGS Analiz Merkezinden elde edilen bağımsız kestirimlerin birleştirilmesiyle belirlenmektedir. Global Ağ Birleştirme Analiz Merkezi (GNAAC), AC'lerin haftalık çözümlerinden bağımsız kombinasyonlarını sağlar. Böylece elde edilen çözümün kalite kontrolü yapılmış olur.

Analiz merkezleri (AC):

- CODE: Avrupa yörünge belirleme merkezi (Center for Orbit Determination in Europe, AIUB, İsviçre)
- ESA: Avrupa Uzay Operasyonları Merkezi (European Space Operations Center, Almanya)
- GFZ: Yer araştırma merkezi (GeoForschungsZentrum, Almanya)
- GRGS-CNES/CLS: Uzay Jeodezi Araştırma Grubu (Groupe de Recherche en Géodésie Spatiale, Fransa)
- JPL: Jet Tahriki Laboratuvarı (Jet Propulsion Laboratory, ABD)
- NOAA: Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (National Oceanic and Atmospheric Administration/NGS, ABD)
- NRCan: Kanada Doğal Kaynaklar (Natural Resources Canada, Kanada)
- SIO: Scripps Oşinografi Kurumu (Scripps Institution of Oceanography, ABD)
- USNO: ABD Deniz Gözlemevi (US Naval Observatory, ABD)
- MIT: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (Massachusetts Institute of Technology, ABD)
- GOP-RIGTC: Pecny Jeodezik Gözlemevi (Geodetic Observatory Pecny, Çek Cumh.)

Global ağ birleştirme analiz merkezleri (GNAAC):

- NCL: Newcastle Üniversitesi (University of Newcastle-upon-Tyne, Birleşik Krallık)
- MIT: Yer, Atmosfer ve Gezegen Bilimleri, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, ABD) şeklindedir.

Çok önemli bir global ağ olan IGS'in topladığı ham verilere dayanarak elde ettiği bilgiler ve ürünler ise; ITRF sisteminde tüm IGS istasyonlarının koordinatları ve hızları, jeodezik uygulamalar ve bilimsel çalışmalar için yüksek doğruluklu hassas efemeris bilgisi, prezisyonlu GPS uydu yörünge bilgileri, IGS istasyonlarının iyonosfer ve troposfer tahminleri, iyonosferin izlenmesi için toplam elektron bileşeni hakkındaki bilgi, iklimsel araştırmalar ve sonrasında ki hava tahminleri için troposferdeki zenit yol gecikme tahminleri ve prezisyonlu zaman bilgisi gerektiren uygulamalar için GPS uydu ve izleme istasyonlarının saat bilgileri, yeryuvarı dönme parametrelerinin günlük değerleri olan x , y ve lod (gün uzunluğu) şeklinde sıralanabilir. IGS verileri bu verilerden sağlanan bilgilerle birlikte, yapısal deformasyonların predikasyonu, kabuk deformasyonlarının izlenmesi, yeryuvarı dönme hareketlerinin belirlenmesi, iklimsel araştırmalar gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır. 2000'li yıllardan bu yana meteorolojik hizmetlerde kullanımı giderek artan IGS konum bilgileriyle alçak dünya orbiti (Low Earth Orbiter- LEO) gecikmelerinin algılanması sağlanmıştır. Bu ve bunun gibi pek çok spesifik amaca hizmet eden IGS, yaygın bir konum belirleme sistemi olarak, global anlamda devam eden, hassas uydu konum bilgisine ulaşma yarışında önemli bir yere sahiptir.

Dünyanın herhangi bir bölgesindeki kullanıcıya internetten karşılıksız olarak sunulan ve tüm dünyaya yayılmış veri merkezleri tarafından toplanan, farklı iletişim yollarıyla bir araya getirilmiş IGS izleme istasyonlarına ait veri grupları, alıcı ham formatından farklı ve bütün yazılımlar tarafından okunabilen genel bir format olan RINEX (Receiver INdependent EXchange) formatına çevrilerek sıkıştırılmaktadır. Bu veriler, 24 saatlik günlük veriler olduğundan ve global olarak tüm dünya için değerlendirildiğinden, en doğru koordinat ve yörünge bilgilerini elde edip hiçbir ek hesap ve düzeltme getirmeden GPS ölçmelerinin değerlendirilmesinde kullanılabilir. Bunun haricinde, her Analiz Merkezi haftalık istasyon çözümlerini SINEX (Software

INdependent EXchange) formatında depolar. Böylece, IGS izleme istasyonlarının, jeosentrik koordinatları da görülebilmektedir. IGS verileri ve ürünleri bölgesel ve lokal ağlarda çalışma yürüten kullanıcılar tarafından, referans sistemlerinin santimetrenin altında bir doğrulukla ITRF yy ile ilişkisini sağlamak için kullanılmaktadır. IGS istasyonlarının üç boyutlu koordinatları ve zamana bağlı değişimleri belli olduğundan, sürekli izlenmeleri ve değişimlerinin saptanması ile deprem predikasyonu gibi çalışmalara altlık oluşturulabilmektedir. Ayrıca, deprem sonrasında da ulusal ağlardaki nokta konum değişimlerini ve dolayısıyla yer kabuğu hareketlerini saptamada da bu istasyonlar en doğru bilgileri vermektedir.

Şekil 2.1 : IGS noktaları.

2.1.2 EUREF

jeodinamik, haritacılık, navigasyon gibi uygulama alanlarında, yüksek doğruluklu veri elde etme olanağı sağlayan bir kontrol ağıdır. EUREF sistemi yerin merkezine göre tanımlanmış olup, GRS/80 (Geodetic Reference System - 1980) elipsoidinin tanım ve parametrelerini kullanmaktadır. Bu sistemi oluşturan, sistemde tanımlanmış noktalardan bazıları, global ağ olarak da bilinen ITRF (International Terrestrial Reference Frame) sisteminde de tanımlıdır. Ancak bölgedeki tektonik hareketlenmelerden dolayı istasyon koordinatları yılda yaklaşık 2 cm kadar değişmektedir. Bundan dolayı bir önceki Avrupa yersel referans sistemi olan ETRF ile ITRF arasındaki dönüşüm parametrelerinde değişim meydana gelmiştir. Şekil 2.2 de nokta dağılımı görülebilecek EUREF sisteminde noktalar arası mesafe 200-300 km olarak düşünülmüş, istasyonlar daha uzun süre çevresel koşullara direnç gösterebilecek yapıda inşa edilmiş ve alıcıların belli aralıklarla kalibrasyonunun yapılması sağlanmıştır. (URL:2)



Şekil 2.2 : EUREF noktaları.

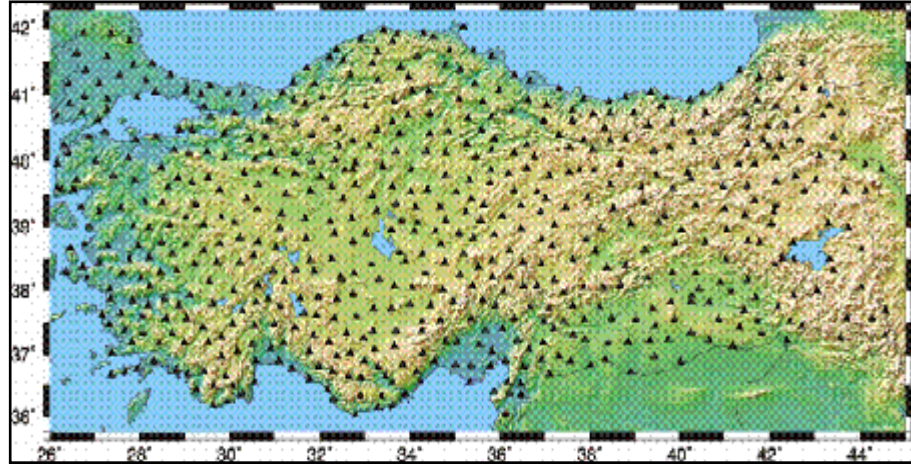
2.2 Ulusal GPS Ağları

2.2.1 TUTGA

TUTGA (Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı), kullanım kolaylığı ve yüksek doğrulukta veri elde etme olanağından dolayı, GPS'in jeodezik amaçlarla yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamasından itibaren, Ulusal Temel Yatay Kontrol Ağındaki bölgesel ve yerel değişikliklerin fark edilmesi ve buna bağlı olarak yeni bir jeodezik ağ oluşturma gereksinimiyle oluşturulmuş ulusal bir ağıdır. Başlangıçta, bu jeodezik temel ağı; GPS teknolojisine dayalı olarak, belli bir zaman aralığında, üç boyutlu jeosentrik koordinat sisteminde, her noktasında koordinat ((X,Y,Z) veya (enlem, boylam, elipsoidal yükseklik)), hız (V_X , V_Y , V_Z) veya (V_ϕ , V_λ , V_h)), ortometrik yükseklik (H) ve geoit yüksekliği (N) bilinen, ülke yüzeyine olabildiğince homojen dağılmış, ulaşımı kolay ve birbirini görme zorunluluğu olmayan noktalardan oluşan, jeodezik konum belirleme, navigasyon ve jeodinamik amaçlarla kullanıma uygun, ED-50 (European Datum) datumundaki Ulusal Temel Yatay Kontrol Ağı ile arasında dönüşümü sağlanan ağ olarak oluşturulması ön görülmüştür. Şekil 2.3 'de de nokta dağılımı da görülebilen TUTGA, ITRF koordinat sistemine dayalı, nokta konum duyarlılıkları 1-3 cm seviyesinde ve 594 noktadan oluşan jeodezik bir ağıdır ve beş ana elemandan oluşmaktadır.

1. (Daha sonra yapılan değerlendirmelerle ITRF 2000 de tanımlanan), ITRF-96 'da (Uluslararası Yersel Referans Sistemi), 1998.0 epoklu koordinatları bilinen GPS Ağı.
2. TUTGA-99 Hız Alanı.
3. TUTGA-99 ile ED-50 arasında koordinat dönüşümü.
4. Her noktasında Helmert Ortometrik Yüksekliği bilinen Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA).
5. Türkiye Geoidi-1999 (TG-1999).

1997 yılında ölçülen noktalarda 1999 yılında Marmara da olan depremler sebebiyle yatay ve düşey değişimler meydana gelmiştir. 2000 yılında ise, güncelliğini yitirdiği düşünülen TUTGA- 99 ağının yenilenmesi çalışmaları kapsamında depremin etkisini gösterdiği 159 noktada GPS ölçüsü, 1300 km nivelman yenileme ölçüsü ile bu noktalarda gravite ölçüleri yapılmıştır.



Şekil 2.3 : TUTGA nokta dağılımı.

TUTGA-99, 2000 ve 2001 yıllarında yapılan yeni ölçmelerle de güncellenmesiyle TUTGA-99A olarak adlandırılmıştır.(URL 3)

2.2.2 TUSAGA

Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı (TUSAGA) projesinin başlıca amacı; Türkiye’de yapılacak tüm GPS çalışmalarında referans koordinat sistemi belirsizliğini giderecek sabit nokta hizmeti vermek ve bununla birlikte, anlık veya yakın gerçek zamanlı DGPS düzeltme verileri üreterek askeri ve sivil kullanıcılar için duyarlı konum belirleme ve navigasyon imkânı ortaya koymaktır. Harita Genel Komutanlığının 1999 yılında başlatılan TUSAGA projesi kapsamında tüm Türkiye’ye dağılmış Sabit GPS istasyonlarının kurulmasına başlanmıştır. Kurulması planlanan istasyonlardan 13 adedi faal hale getirilmiştir.

TUSAGA, Türkiye genelinde dağılmış noktalarda 365 gün 24 saat kesintisiz olarak askeri ve sivil kullanıma yönelik jeodezik ve jeodinamik amaçlar doğrultusunda uydu bilgileri toplayan “sabit GPS istasyonlarından” oluşan bir ağıdır. Jeodezik çalışmalar için gereksim duyulan üst düzey referans ağı olarak hizmet verilecek, kinematik modelleme ile Türkiye ve çevresinde mevcut tektonik aktivitenin sürekli izlenmesinin sağlanması, normal kullanım şekliyle gözlem sonrasında gerçek zamanda (DGPS); yer bilimleri çalışmalarına, CBS, yerel kadastral uygulamalarına yönelik veri sunumu amaçlanmaktadır. Harita Genel Komutanlığının bu zamana kadar gerçekleştirdiği askeri ve sivil projelere yönelik GPS çalışmalarında uygulanan pasif (belirli süreçler dâhilinde) veri toplama şeklini aktif ve sürekli yapıya dönüştürerek, gerçek zamanda ve duyarlı 3 boyutlu konum, ham ve hesaplanmış veri

sağlamak ve Diferansiyel GPS (DGPS) hizmeti sunmak da hedefler arasında gösterilmektedir.

Şekil 2.4 de istasyonların dağılımı görülen TUSAGA ile genel amaç; Sabit GPS noktasında sürekli GPS verileri toplamak, jeodezik ve jeodinamik amaçlar doğrultusunda hesaplamalar yapmak, yer kabuğu hareketlerine yönelik kinematik modelleme çalışmalarını gerçekleştirebilmektir. (URL 4)



Şekil 2.4 : TUSAGA istasyonları.

2.2.3 TUSAGA-Aktif (CORS-TR)

İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde, Harita Genel Komutanlığı (HGK) ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)'nin müşterek müşteri olduğu, 08 Mayıs 2006 tarihinde başlamış olan, Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (TUSAGA-Aktif / CORS-TR), Mayıs 2009 itibarıyla tamamlanarak proje ile oluşturulacak sistem faaliyete geçirilmiştir. Projenin öncelikli hedefleri, tüm Türkiye'de 147 (KKTC'de 4 adet dahil) sabit GPS istasyonu kurularak “Gerçek Zamanlı Kinematik” düzeltme verileri üretmek, bu verilerle gerçek zamanlı ve santimetre mertebesinde hassas konumlama yapmaya olanak sağlamak ve farklı koordinat sistemleri arasındaki (ED50/WGS-84) dönüşüm parametrelerini hassas olarak belirleyerek kadastral, haritacılık ve jeodezik çalışmalar başta olmak üzere savunma ve kalkınma amaçlarına yönelik konum bilgisi

sağlamaktır. Projenin bütün Türkiye ve KKTC yi kapsaması, çalışmaların ulusal nitelikte olduğunu göstermektedir.

80-100 km mesafelerde tesis edilmiş istasyonların seçimi, ülke ve bölge koşulları gözetilerek gerçekleştirilmiştir. Bundan yola çıkarak iki tür zemin tesisi yapımına karar verilmiştir. Toprak zeminde beton yer pilyesi, çatı ve teraslarda ise büyük çaplı, galvaniz kaplı çelik pilyeler şeklinde uygulanmıştır. Zemin yapısı, elektrik, telefon, internet, güvenlik ve hassas hava tahmin çalışmaları dikkate alınarak tüm Türkiye’de gerçekleştirilen arazi keşifleriyle, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonları (74 adet), Üniversiteler (8 adet), diğer kamu kurum ve kuruluşlarına (65 adet) ait bina ve araziler TUSAGA-Aktif istasyonlarının kurulacağı noktalar olarak seçilmiştir.

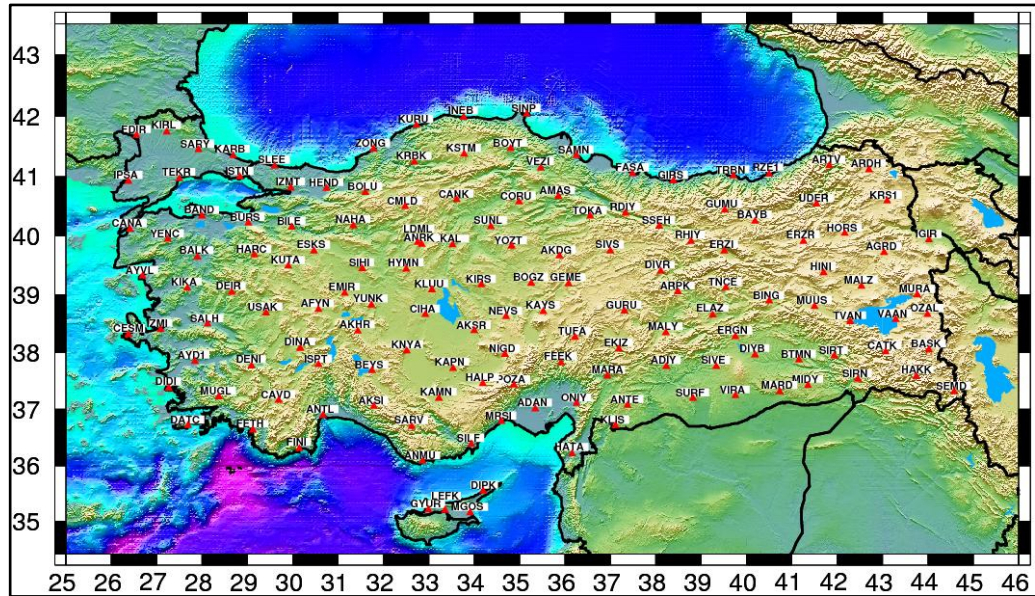
Şekil 2.5 de istasyon dağılımı görülen, TUSAGA-Aktif ağı, öngörüldüğü ve hedeflendiği şekilde sadece harita üretimi ve jeodezik gereksinimler için kullanılmakla kalmayıp, gerçek zamanlı toplanan GPS verisinin, ulaşımdan altyapı hizmetlerine, Coğrafi Bilgi Sistemlerinden savunma teknolojilerine, meteorolojik hava tahmini uygulamalarından iyonosfer tabakasının anlık modellenmesi ve harita üretimi çalışmalarına kadar birçok alanda yaygın olarak kullanılabilmesi amacı doğrultusunda kurulmuştur. Bu anlamda, Harita Genel Komutanlığı; koordinat sistemleri (ED-50/ITRF 96) arasındaki dönüşüm parametrelerinin belirlenmesinde, jeodezik uygulamaların (koordinat alımı, nokta hızlarının, aktif tektonik hareketlerin belirlenmesi vb.) gibi işlemlerde, GPS ile konum belirlemede referans koordinat sistemi belirsizliğini giderecek sabit nokta hizmeti olanaklarından yararlanmaktadır. Belediyeler, e-belediye, altyapı hizmetleri ve diğer coğrafi çalışmalarda, hali hazır harita üretiminde CORS verisini kullanabilmektedir. Bunun dışında, Milli Savunma Bakanlığı, Orman – Çevre Bakanlığı, İç işleri Bakanlığı gibi bakanlıklar, harita şirketleri ve büroları gibi özel kuruluşlar, kısaca, haritacılık, coğrafi bilgi ve altyapı ile uğraşan tüm diğer kurum ve kuruluşlar TUSAGA-Aktif projesinden yararlanmaktadır. Doğrudan coğrafi bilgi teknolojisi çalışanları ile dolaylı olarak da tüm vatandaşların faydalanmasını birincil hedef olarak ortaya koyan sistemin sağlayabileceği katkılara sivil kullanıcılar açısından bakıldığında kolaylıklar sağladığı görülmektedir. Çok önemli bir kullanıcı grubunu oluşturan bilimsel kullanıcılar açısından ise, yer bilimleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri araştırmaları, deprem mühendisliği uygulamaları, jeofizik sismoloji çalışmaları, deprem

prediksiyonu ve erken uyarı sistemine yönelik çalışmalar, meteorolojik uygulamalar, akıllı ulaşım çalışmaları, uzay ve yer bilimi çalışmaları sistemle birlikte elde edilen verilerin kullanıldığı çeşitli alanlar olarak sıralanabilir.

Teknik özellikler olarak TUSAGA-Aktif ağı incelendiğinde, her istasyonun kendine ait bir statik IP'si olduğu görülür. Tüm istasyonlar tünel VPN (iç IP) haberleşmesi yapmaktadırlar. Bu ise CISCO routerlar üzerinden sağlanmaktadır. Bu durumda statik IP sistemi sayesinde herhangi bir router problemi olması halinde standart basit bir router üzerinden sistem Statik IP'ler ile çalışabilecek şekilde planlanmıştır. İstasyonlarda birer adet GNSS (GPS+GLONASS ve GALILEO sistemine hazır) alıcısı, ADSL/GPRS bütünlük modem, akü, akü şarj aleti, yıldırım koruma adaptörü, telefon hat koruması, termostatlı 4 adet fan, sigorta ve standart donanım kabini ile dışarıda (çatı, teras, kule veya yerde) alıcıya bağlı bir jeodezik GNSS anteni bulunmaktadır. Sistemde, sabit GPS istasyonları ile kontrol merkezi arasındaki iletişim, ADSL/GPRS üzerinden sağlanmaktadır. Ayrıca, ADSL hattında meydana gelebilecek veri kesikliklerinde mevcut bir modem devreye girmekte ve veri iletimi, GPRS ile kesintiye uğramadan devam etmektedir.

TUSAGA-Aktif sisteminin işletilmesi ve düzeltme parametrelerinin hesaplanması TKGM ve HGK'da kurulan kontrol merkezlerinden yapılmaktadır. Proje kapsamında 2 adet kontrol merkezi kurulmuştur. Tüm TUSAGA-Aktif istasyon verileri, otomatik olarak bu merkeze iletilmekte ve burada yapılan referans ağı hesapları ve düzeltmeler kullanıcılara bu yolla ulaştırılmaktadır. Kontrol merkezlerinde sözü edilen sunucular dışında güçlü yazılım olanağı da mevcuttur. Bu yazılım olanağı sayesinde tüm ağı ait referans istasyonlarına bağlantı ve gözlemlerin transferi, referans istasyonlarının koordinatlarının hesaplanması, hataların modellenmesi, düzeltmelerin hesaplanması ve gezicilere yayınlanması, RTK hizmetleri, web hizmetleri, gezicilerin izlenmesi, verilerin depolanması gibi pek çok olanak sağlanmaktadır. 'Trimble VRS SW' tarafından sağlanan kontrol merkezi yazılımı, 250 referans istasyonu için tasarlanmış olup GPSNet, RTKNet, Webserver, Rover Integrity, Coordinate Monitor ve Data Storage modüllerinden oluşmaktadır. İyonosfer, troposfer, yansıma (multipath) ve yörünge düzeltmelerini de hesaplayabilen yazılım, RTK konum belirleme amaçlı olarak FKP, VRS, MAC teknikleriyle düzeltme ve/veya koordinatları yayınlamaktadır.

Tüm istasyonlardan toplanan verilerin iletişimde RTCM 3.0 ve daha sonraki protokoller kullanılarak; radyo, ADSL ve GPRS/EDGE yolu ile veri merkezine aktarılması sağlanmaktadır. Bu merkezlerde düzeltme parametreleri hesaplanarak arazideki kullanıcılara aktarılmaktadır. Gerçek Zamanlı Kinematik düzeltme verileri en güncel RTCM ve CMR iletişim formatlarında olup, GSM, GPRS ve NTRIP (Network Transport of RTCM through Internet Protocol) vasıtalarından biri veya birkaçı yardımıyla gezici alıcılara gönderilmektedir. 4+4 adet GPSnet sunucusu üzerinde, 4+4 bölgeye bölünmüş Türkiye'deki istasyonlar ana kontrol merkezinde çalışmaktadır. Her sunucuya ait bir yedek sunucu otomatik olarak devreye girecek şekildedir. Bu istasyonlardan 1 saniyelik saatlik ve 30 saniyelik 24 saatlik veri toplanmaktadır ve RINEX formatında saklanmaktadır. Ayrıca otomatik olarak precise efemeris verileri de sistem tarafından yüklenmektedir. Gerçek zamanlı kullanıcılar aynı anda izlenebilmekte olup ana ve yedek kontrol merkezinden; VRS CMR+, VRS RTCM3.1, SAPOS FKP 2.3, RTCM3Net, (MAC) ve DGPS düzeltme yayınları yapılmaktadır. Ayrıca, Proje kapsamında halen, ED-50 / ITRF-96 dönüşümünde kullanılacak dönüşüm parametreleri hesaplanmakta, bu amaçla Türkiye genelinde yaklaşık 6000 ED-50 noktasında GPS gözlemleri yapılmaktadır. Özetle, ağı ait referans istasyonlarıyla kontrol merkezlerinden oluşan TUSAGA-Aktifsayesinde ülkenin tamamında 24 saat RTK hizmetleri verilmektedir.



Şekil 2.5 : TUSAGA-Aktif istasyonları.

Aktif kayıt ile kullanılabilen TUSAGA-Aktif Sistemi tarafından yayınlanan düzeltme parametreleri alıcıdan bağımsızdır. CORS yayınlarına uygun olan her türlü alıcı sistemin yayınlarını alabilmektedir. Ayrıca gerçek zamanda konum bilgilerini elde edebilmektedir. Sistemden ve ürünlerinden faydalanmak isteyen alıcılar GSM modemi ile 212.156.70.42 numaralı IP'den düzeltme parametrelerini alabilmektedir. 2011 Haziran ayına kadar TKGM nin resmi internet sitesinden ücretsiz olarak elde edilebilen veriler, bu tarihten itibaren ücretlendirmeye tabi tutulmuştur. Ücretlendirme kullanıcı tipine göre kategorize edilmiştir ve değişiklik arz etmektedir (Yıldırım Ö., vd, 2007).

2.2.4 İSKİ-UKBS ağı

İSKİ UKBS (Uydulardan Konum Belirleme Sistemi), öncelikle İSKİ çalışmalarında GNSS teknolojilerini etkin kullanım sağlamak ve veriyi İstanbul sınırları içinde kullanabilecek tüm kişi, kurum ve kuruluşların hizmetine sunulabilecek bir sistem olarak, Kasım 2008 tarihinden itibaren kullanılmaya başlamıştır. İSKİ UKBS sabit istasyonları 8 sabit noktadan oluşmakta ve tüm İstanbul için kapsama alanı sağlamaktadır. Sistemin amacı, GPS ve GLONASS uydularını kullanarak maksimum verimliliği arazide ölçme çalışmalarını gerçekleştirecek GNSS alıcılarına sunmaktır. Bahsedilen 8 nokta ise, Şekil 2.6 da görüldüğü üzere; **KCEK** : Küçükçekmece Şube Müdürlüğü, **PALA** : Kağıthane Genel Müdürlük Binası **SILE** : Şile Şube Müdürlüğü **TERK** : Terkos Havza Koruma Şefliği, **YALI** : Istanca Düzdere Barajı (YALIKÖY), **SLVR** : Yeraltı Suları ve Göletler Gn. Müd., **BEYK** : Anadolu Kavağı Terfi Merkezi, **TUZZ** : Tuzla İleri Biyolojik Arıtma Tesisi olarak İstanbul geneline dağılmıştır.



Şekil 2.6 : İSKİ-UKBS istasyonları.

Kontrol merkezi, yazılım özellikleri ve yayınlanan düzeltmeler, İSKİ-UKBS sabit GNSS istasyonlarının kontrol merkezi yazılımı İSKİ Bilgi İşlem Daire Başkanlığı bünyesinde bulunan 2 adet Server (Sunucu)'ya kurulmuştur. GNSMART Pro yazılımı kurulan birinci sunucu Data İşleme Sunucusu ve GNWEB yazılımı kurulan ikinci Sunucu Web Sunucusu olarak tasarlanmış ve çalışır hale getirilmiştir. Kontrol merkezi yazılımından ağ düzeltmeleri NTRIP protokolü ile yayınlanmaktadır. UKBS ağından NTRIP Protokolü ile dünya standartlarında FKP, VRS ve MAC düzeltmeleri yayınlanmaktadır (URL 5).

2.3 Özel Amaçlı GNSS Ağları

Hassas konum bilgisinin daha hızlı, ekonomik ve prezilyonlu elde edilmesini sağlayan GNSS ağları, ülkelerin kamu kurum ve kuruluşlarını, üniversiteleri ve özel sektörü yakından ilgilendiren çok amaçlı ağlardır. Mühendislik veya bilimsel amaçlarla tasarlanan GNSS ağlarının kullanılmasıyla, GPS ölçmelerinde, sabit noktalarda alet ve personel bulundurulması zorunluluğunun ortadan kalkması, yapılan ölçmelerin ve bu şekilde elde edilen sonuçların hesap ve düzeltme gerektirmeden doğrudan ulusal referans sisteminde olması, ölçme planında araziye çıkılmadan önce, koordinatları bilinen nokta belirlenmesi işleminin ortadan kalkmasıyla personel ve para kaybının önlenmesi, gerçek zamanlı olarak üç boyutlu koordinatların istenilen datumda elde edilmesi, nokta koordinatlarının sürekli izlenebilmesi ve herhangi bir deformasyon durumunda güncellenebilmesi gibi kazanımlar elde edilmektedir. (KAHVECİ M., 2009)

Dünya'da da özel projelere yönelik ağların tasarımı ve kullanımı, ticari ve bilimsel amaçlar doğrultusunda giderek artmaktadır. Örneğin ABD'de de ki ağların yaklaşık %98'i özel amaçlı kurulmuş (NGS –National Geodetic Survey- dışındaki kurum ve kuruluşlar, eyalet yönetimleri, ticari işletmeler vb.) ağlardan oluşmaktadır. Bunların yalnızca %2'si NGS desteğiyle kurulmuştur. %98'lik bölüm yaklaşık 180 ağ operatörüne (işletim sorumlusu) karşılık gelmektedir. (SELLA vd. 2008, SNAY 2008)

Mühendislik projelerinde, gerçek zamanlı konum bilgisi üreten bu ağların kullanılmasıyla, yol projelerinde; köprü, viyadük, baraj gibi önemli yapılar daha ekonomik bir ölçme maliyetiyle inşa edilmektedir. Bilimsel çalışmalara altlık teşkil etmesi amacıyla tasarlanan ağlar da ise amaç, benzer şekilde, ekonomik, yüksek

doğruluklu, hassas veri ve ürüne ulaşmaktır. Özellikle yürütülen projeye yönelik olarak tasarlanan bu ağlar, seçilecek uygun yazılım ve donanım imkânlarıyla hukuksal ve bilimsel temellere uygun şekilde kullanılmakta ve yönetilmektedir. Jeodezik ve mikro jeodezik uygulamalarda kullanımı başta olmak üzere, ağlar özellikle, tektonik plaka yer değiştirmelerinin tespitinde, kıta hareketlerinin izlenmesinde, yerkabuğu deformasyonlarının belirlenmesinde, belli bir alan için deniz seviyesi, buz tabakası vb. gibi değişimlerin tespit edilmesinde kullanılmaktadır. İklim bilim araştırmaları, meteorolojik kestirim gibi pek çok interdisipliner çalışma da da kullanılan bu ağlar ülkemizde de giderek yaygınlaşmaktadır.

3. KUZEY ANADOLU FAYI VE İZMİT BÖLGESİ

Tektonik çalışmalar, dünya kabuğunun deformasyonu ile ilgili her türlü süreç, yapı ve yüzey şekilleri ile ilgilenmektedir. Daha kapsamlı olarak, bu çalışmaların konusu, yapıların ve yüzey şekillerinin zaman içindeki evrimi, global ölçekte kıtaların ve okyanus basenlerinin orijini, bölgesel ölçekte dağ zincirlerini oluşturan yapılarla, yerel ölçekte küçük kıvrımlar, fay diklikleri, fay yarıkları olarak ifade edilebilmektedir. Tektoniğin zaman ölçeği tamamen sürecin özelliğine bağlıdır. Kıtaların oluşması birkaç milyar yıl, geniş okyanus basenlerinin oluşumu bir kaç yüz milyon, dağların oluşması ise birkaç milyon yıl sürerken tepe oluşturan kıvrımlar birkaç yüz bin yılda, birkaç metre yükseklikteki fay diklikleri ise deprem sırasında oluşabilmektedir. Süreçlerin hızı ise yine değişkenlik arz etmektedir. Örneğin fay yarığının ilerlemesi saniyede birkaç kilometreye ulaşabilirken, kıtaların hareketi yılda birkaç on santimetre ile sınırlıdır. (Dirik K., 2010)

Aktif tektonik çalışmalar kapsamında, yeryüzünde etken olduğu deformasyonlar açısından, tektonik levhaların incelenmesi son derece önemlidir. Hareket eden levhaların birbirlerine göre olan davranışları (yaklaşma, uzaklaşma, yanyana kayma) sonucunda litosferde değişiklikler meydana gelmektedir. Birbirine yaklaşan levhaların çarpışması sonucu meydana gelen depremler, doğayı ve insanlığı en çok etkileyen doğal olaylardan biridir. Yüzyıllardır çok sayıda yıkıcı depreme neden olan levha hareketleri izlenmektedir. Fakat depremin önceden bilinmesi ve etkilerinin minimize edilmesi için etkin bir sistem henüz ortaya konulamamıştır. Bu anlamda, üzerinde uzun yıllardır çalışılan levhaların dünyadaki varlıkları kabaca; birincil, ikincil ve üçüncül olarak 3 ana grupta incelenmektedir.

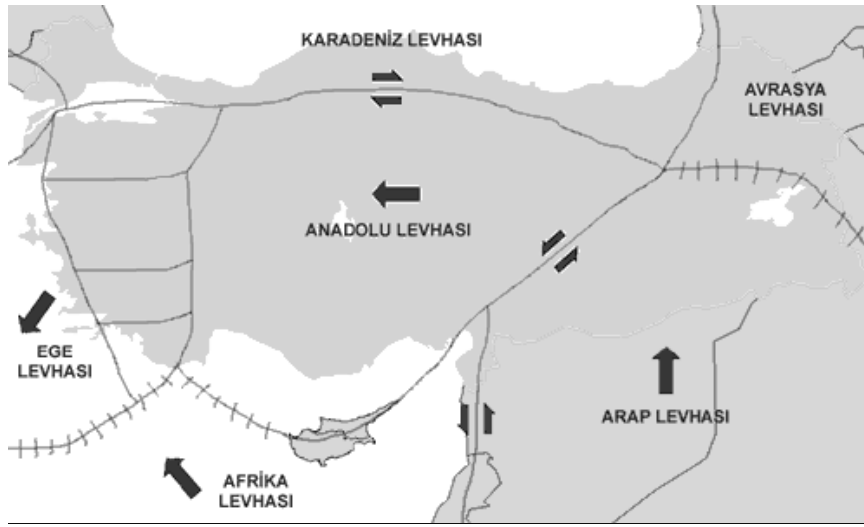
Birincil plakalar; Afrika plakası, Antartika plakası, Avrupa plakası, Hint-Avustralya plakası, Kuzey Amerika plakası, Pasifik plakası, Güney Amerika plakası, şeklinde sıralanırken, İkincil plakalar; Arap plakası, Karayip plakası, Cocos plakası, Juan de Fuca plakası, Nazka plakası, Filipin Denizi plakası, Scotia plakası şeklinde sıralanmaktadır. Üçüncül plakalar; birincil ve ikincil majör plakalarının alt gruplarında bulunan plakalardır. İçeriğinde, Nubian-Somali ve Avustralya-Capricorn

(oğlak)-Hint plakaları gibi önemli yarık çiftleri bulunsa da genel olarak birincil ve ikincil gruptakilere kıyasla daha mikro düzeyde, küçük plakalardır. Buna göre litosferdeki üçüncül plakalar;

- Afrika Plakası: Madagaskar Plakası, Nubian Plakası, Seyşeyler Plakası, Somali Plakası
- Antartika Plakası: Kerguelen mikrokıtası, Shetland Plakası, Güney Sandwich Plakası
- Karayip Plakası: Panama Plakası ,Gonâve Mikroplakası
- Cocos Plakası: Rivera Plakası
- Avrupa Plakası: Adriyatik ya da Apulian Plakası, Ege Denizi Plakası (ya da Hellenik Plaka), Amurian Plakası, Anadolu Plakası, Banda Plakası, Burma Plakası, İber plakası, İran Plakası, Mölük Deniz Plakası (Halmehera ve Sangihe Plakaları), Okinawa Plakası, Pelso Plakası, Sunda Plakası, Timor Plakası, Tisza Plakası, Yangtze Plakası
- Hint-Avustralya Plakası: Avustralya Plakası, Capricorn (Oğlak) Plakası, Futuna Plakas, Hint Plakası, Kermadec Plakası, Maoke Plakası, Niuafo'ou Plakası, Sri Lanka Plakası, Tonga Plakası, Woodlark Plakası,
- Juan de Fuca Plakası: Explorer (pencere) Plakası, Gorda Plakası
- Kuzey-American Plakası: Greenland Plakası, Okhotsk Plakası,
- Pasifik Plakası: Balmoral Reef Plakası, Bird's Head Plakası, Caroline Plakası, Conway Reef Plakası, Easter Plakası, Galapagos Plakası, Juan Fernandez Plakası, Kula Plakası, Manus Plakası, New Hebrides Plakası,Kuzey Bismarck Plakası, Kuzey Galapagos Mikroplakası, Solomon Deniz Plakası, Güney Bismarck Plakası,
- Filipin Deniz Plakası: Mariana Plakası, Filipin Mikroplakası
- Güney Amerika Plakası: Altiplano Plakası, Falklands Mikroplakası, Kuzey Andes Plakası, şeklinde sıralanabilir (URL 6).

Türkiye, yerkürede bulunan birincil, ikincil ve daha düşük etkinlikteki plakaların etki alanındadır. Afrika ve Arap plakalarının Avrasya plakası ile çarpışma bölgesinde yer alması, Türkiye'nin, tektonik yapısı nedeniyle %92'si deprem bölgesi olan bir ülke

olmasının nedenidir (Çelik R. N., vd., 2002; Ayan T., Deniz R., Çelik R.N.,vd., 2002).Afrika, Arap ve Avrasya Plakalarına ek olarak, en tipik aktif fay sistemi olarak sayılan Kuzey Anadolu Fay Zonu, Biga yarımadasında Yenice-Gönen'den başlayarak Abant-Bolu-Gerede-İlgaz- Tosya-Ladik-Erbaa-Kelkit vadisi-Erzincan ovası, Elmalı deresi-Üstükran-Varto'dan ve Van gölü kuzey kenarından geçerek İran sınırına kadar uzanmaktadır (Şekil 3.1). Tam olarak aktif olan bu fay sistemi, Avrupa Asya plakası ile Anadolu Yarımadası arasındaki hareketlerin büyük bir bölümünün birleştiği sağ yönlü bir fay zonu olup, zaman zaman şiddetli ve yıkıcı depremlere sebep olan yatay kayma hareketlerine neden olmaktadır.



Şekil 3.1 : Kuzey Anadolu Fayı ve Türkiye.

1100 km lik bir güzergâhta ilerleyen Kuzey Anadolu Fay Zonu, bölgesel yarık morfolojisinde, doğrultu atımlı bir yapıdadır. 1939 ile 1967 yılları arasında meydana gelmiş yatay kayma hareketlerinin miktarı toplam olarak 18 metreyi bulmuştur. 28 yılda 18 metrelik bir hareket, yerkabuğu için çok hızlı bir deformasyon sayılmaktadır ve bölgenin tektonik bakımdan aktivitesini veya canlılığını gözler önüne sermektedir. Genel olarak Kuzey Anadolu Zonu' nu takip eden dar ve uzun bir şerit (Kuzey Anadolu deprem kuşağı) ile Marmara içi ve çevresi, Ege kıyıları, Gediz ve Menderes vadileri ve Hatay-Maraş arası Türkiye'de yıkıcı sarsıntıların meydana geldiği birinci derecede deprem bölgeleridir. Canlı ve hassas sahalar, ayrıntılı olarak, batıdan doğuya doğru: Ergene havzasında Edirne çevresi, Gelibolu yarımadası- Marmara içi- İzmit körfezi; Erdek-Bandırma-Gemlik körfezleri ve İznik gölü çevresi, Yenice-Gönen-Manyas-Karacabey zonu; Bursa Yenişehir ovaları; Edremit körfezi, Dikili-Foça-Karaburun havalisi; Gediz-Küçük ve Büyük Menderes vadileri; Balıkesir-

Simav havzaları, Denizli-Acigöl havzası, Kerme körfezi-Marmaris, Köyceğiz ve Fethiye çevreleri; Adapazarı-Hendek-Düzce ovaları, Geyve-Mudurnu suyu vadisi- Abant gölü, Bolu-Gerede-Mengen-Eskipazar-Çerkeş zonu; Eskişehir-Porsuk çay vadisi; Akşehir-Beyşehir depresyonu; Antalya düzlüğü; Kurşunlu-Ilgaz-Tosya- Kargı zonu; Osmancık-Havza-Ladik-Taşova-Erbaa-Niksar zonu; Koçhisar-Aksaray hattı, Akpınar-Taşkovan (Kırşehir) çevresi; Yeşilhisar-Develi depresyonu; Ceyhan- Misis hattı (Seyhan depresyonu); Kelkit vadisi-Suşehri ve Erzincan ovaları; Antakya-Maraş zonu; (Amik ovası), Erzurum-Pasinler zonu; Elmalı deresi-Karlıova-Üstükran- Varto-Harmirpet gölü-Hınıs çevresi ve Muş ovası-Bulanık-Malazgirt ve Van havzaları şeklinde sıralanmaktadır (Ketin i., 1969).

Son yıllarda, Türkiye’de bulunan fay sistemlerini izlemeye yönelik kurulmuş jeodezik ağlarda jeodinamik amaçlı yürütülen GPS gözlemlerinden elde edilen sonuçlar, deprem öncesi tektonik plaka hareketleri nedeniyle jeodezik noktaların konumlarında özellikle yatay da 2-3 cm/yıl büyüklüğünde farklılıklar olduğunu göstermektedir. Bu hareketlerin yönü ve büyüklüğü tektonik yapının karakteristiğine bağlı olarak bölgeden bölgeye farklılık arz etmektedir (Relinger vd, 1997; McClusky vd., 2000; Ayhan vd. 2001, Anonim 2002). Ek olarak, bir iki yıllık sıklıklarda $M_w \geq 6$ büyüklüğünde oluşan depremler nedeniyle ani yer değiştirmeler de söz konusudur. Depremler nedeniyle oluşan, yüzey kırıklarına yakın yerlerde büyük oranlarda, uzaklaştıkça küçük oranlarda olan ve kırığın her iki tarafında farklı karakterler gösterebilen bu yer değiştirmeler, genellikle Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Ege Graben Sistemi ve çevresinde gerçekleşmektedir. Bununla beraber bu hareketlerin büyüklüğü zeminin jeolojik yapısıyla da doğrudan ilişkilidir. Deprem anında oluşan bu ani yer değiştirmelerin büyüklüğü de 2-3 metreler mertebesinde olmaktadır (Barka, 1996; Relinger vd. 2000; Ayan vd. 2001, Anonim 2002). Ayrıca ortalama üç ay süreyle devam eden süreçte, depremlerin sonrasında meydana gelen artçı depremler, bu ani yer değiştirmelerin deprem anındaki kadar büyük olmasa da $\pm 5-10$ cm mertebesine ulaşarak devam etmesine neden olmaktadır. (Relinger vd. 2000; Bürgmann vd. 2002, Anonim 2002).

3.1 Bölgenin Tektonik Özellikleri

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAF) Marmara Denizinin doğusunda üç kola ayrılmaktadır. Güney kol, Yenişehir ile Edremit arasındadır. Orta kol, Geyve'den Gemlik Körfezine oradan Bandırma'ya kadar Marmara kıyı çizgisini izler ve Edremit Körfezi'nden Ege Denizine girer. Kuzey kol ise İzmit Körfezi ile Marmara Denizi Çukurlarının güneyinden geçerek Saroz Körfezine doğru yönelir (Yaltırak vd, 2000; Alpar ve Yaltırak, 2000; Yaltırak, 2000).

İzmit Körfezi, Marmara Denizi'nin doğusunda doğu-batı yönlü uzanan denizel bir çukurluktur. Bölgeye tekabül eden kuzey kolu, bölgenin sismik aktivitesini artırmakta ve tektonik hareketlerin kaynağını oluşturmaktadır. Deprem mekanizmalarının, uzunluklarının, büyüklüklerinin tahmini oluş zamanları ve gerilim aktarımı gibi oluşum parametrelerinin saptanması konularında bölgenin konumu son derece önemlidir. (Akkargan,Ş.,Alpar B., 2000)

Bölgede gerçekleşen, yüzyılın en büyük ve etkili depremlerinden biri olan 17 Ağustos 1999 Marmara depremi, yüzeyde sağ-yanal atımlı bir depremdir. Deprem nedeniyle oluşan yüzey kırığının Hersek Burnu'nu geçerek batıya devam ettiği şeklinde sismik yorumlamalar yapılmaktadır. Aynı şekilde, GPS değerlendirmelerinde, yer değiştirmelerin Hersek Burnu'nu geçmekte olduğu ve bu bölgeden hemen sonra hızla azalmakta olduğu saptanmıştır (Kalafat 1999, Özel vd. 2000, Pınar vd. 2000, Kalafat 2000, Ergintav vd. 2000). Deprem sonrası yapılan jeofizik ve jeodinamik çalışmalara göre; deprem esnasında yenilen ana fay, İzmit Körfezi içindeki tek faydır. Fay, İzmit Körfezi'nin doğusunda Başiskele mevkiinde deniz tabanına girmekte olup, doğu Hersek çukurunu gevşeyen büklüm olarak açmaktadır (Alpar 1999, Alpar vd 1999). 17 Ağustos depremi sırasında faaliyet gösteren ana fay, Hersek Burnu'nun altından geçerek, üzerinde yüzey kırığı oluşturmadan Çınarcık çukuruna kadar ilerlemiştir. Bu bölgedeki aktivite, sismik çalışmalar sonucunda, Hersek Burnu'nun batı kısmında gözlenen gaz çıkışı ve deniz tabanındaki açılmalarla tespit edilmiştir. Kuzey Anadolu Fayının atımının, Hersek Burnu'ndan başlamak üzere Marmara'ya doğru giderek azalabileceği düşünülmektedir (Akkargan,Ş.,Alpar B.,2000).

4. İSTANBUL-İZMİR OTOYOLU PROJESİ

Toplam 6,5 milyar dolar ile Türkiye'nin en büyük yap-işlet-devret (YİD) projesi olarak proje sözleşmesi imzalanan İstanbul-İzmir otoyolu;Gebze-Orhangazi-İzmir, İzmit Körfez geçişi ve bağlantı yollarından oluşmaktadır. Ulaştırma Bakanı Binali Yıldırım, Karayolları Genel Müdürü Cahit Turhan ile Nurol, Özaltın, Makyol, Astaldi, Yüksel ve Göçay'dan oluşan Otoyol Yatırım ve İşletme AŞ temsilcileri tarafından imzalanan proje kamulaştırmalarla beraber 11 milyar lira büyüklüğündedir. Proje tamamlandığında, İzmir-İstanbul arası 3-3,5 saatte seyahat edilmesi ve projenin 10-11 yıl içinde kendi kendini amorti edebilmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 4.1 : Yeni İstanbul-İzmir otoyolu güzergâhı.

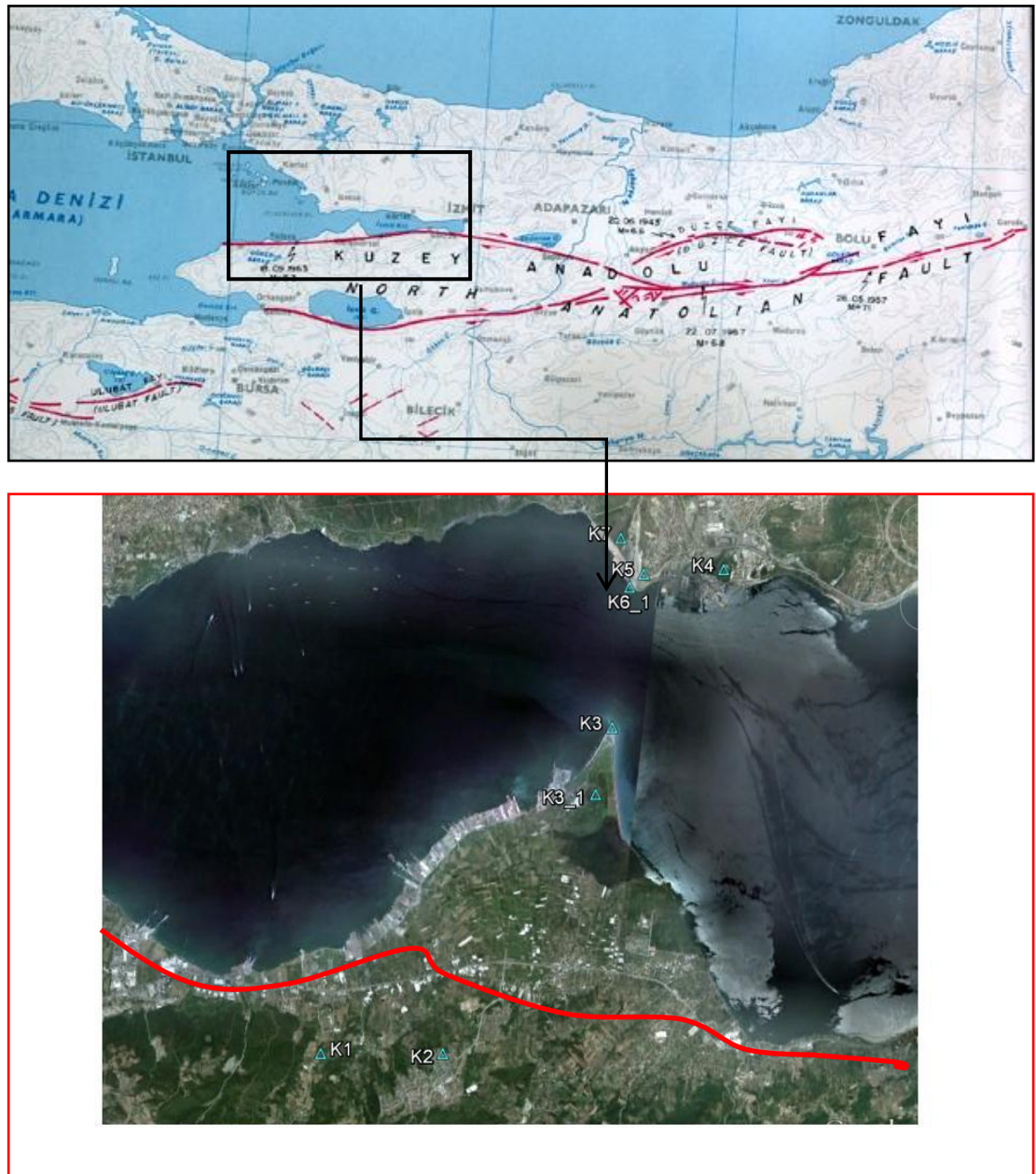
Azami 7 yıllık yapım süresi dâhil 22 yıl 4 aylık işletme süresi olan projenin temeli 2010 yılı Kasım ayı itibariyle atılmıştır. Proje kapsamında İzmit körfezinde yapılacak 3.000 metrelik geçiş köprüsü dünyada ikinci büyük asma köprü niteliğinde olmakla birlikte, şu anda yaklaşık bir saat süren Körfez geçişini 6 dakikaya indirmesi ön görülmektedir. Proje planlamasına göre köprü, körfezin en dar kısmını oluşturan İzmit'in Gebze ilçesine bağlı Dilovası Beldesi sınırları içindeki Dil İskeleyi ile Yalova'nın Altınova ilçesine bağlı Hersek Burnu arasında yer almaktadır. Bölgenin tektonik aktivite yoğunluğu göz önünde bulundurularak, bölgede faal olan Kuzey Anadolu Fay Hattının etkileri yapılan deformasyon ölçmeleriyle izlenmektedir. İstanbul Teknik Üniversitesi ve Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yapılan bir protokolle proje kapsamında başlayan ölçmelerin birinci ve ikinci periyot ölçmeleri sırasıyla; 17 Ağustos 2010 ve 2 Kasım 2011 tarihlerinde yapılmıştır. Ayrıca, Ulaştırma Bakanlığı tarafından yapılacak köprüden geçiş ücretinin ise KDV (Katma Değer Vergisi) hariç en fazla 35 dolar olacağını bildirilmiştir. Projenin sadece bir noktadan başlamayacağını, ilerleyen tarihlerde İzmir tarafından, hatta birkaç yerde birden başlayarak çalışmaların eşzamanlı olarak gerçekleştirileceği de yapılan açıklamalar arasındadır. Yeni projenin mevcut devlet yoluna göre 140 km civarında kısalması ile yılda 870 milyon TL'lik tasarruf sağlanacağı düşünülmektedir. 377 kilometresi otoyol ve 44 kilometresi bağlantı yolu olmak üzere toplam 421 kilometre uzunluğunda bir yol güzergahını kapsayan projede; yaklaşık 3 kilometre uzunluğunda bir asma köprü, 18.212 metre uzunluğunda 30 viyadük, 7.395 metre uzunluğunda 4 tünel, 209 köprü, 18 gişe alanı, 5 otoyol bakım işletme merkezi, 7 servis alanı ve 7 park alanı yer almaktadır. 20 ayda kurulan 7 adet şantiye ile 10 bin kişinin doğrudan istihdam edilmesi, dolaylı istihdam sayısının ise 50 bini bulması düşünülmektedir.

Otoyol projesinin hizmete açılmasıyla; geçtiği güzergâh üzerinde yer alan İstanbul, Yalova, Bursa, Balıkesir, Manisa illeri ile çevresindeki illerin ekonomisine büyük katkı sağlanacağı, böylece bölgede yeni yatırımların önünün açılacağı ve kapasitesinin üzerinde trafik yükü olan mevcut Gebze-İzmit Otoyolu ve yollardaki trafik yükünün yüzde 30'luk kısmının bu yola aktarılmasıyla trafik akışında sağlanacak rahatlık da projenin tamamlanmasıyla ulaşılmak istenen diğer hedeflerdir. Ayrıca, Edirne-İstanbul-Ankara Otoyolu, İzmir-Aydın Otoyolu bu proje ile birleşerek, Marmara ve Ege bölgeleri otoyol ağıyla bağlanması ile mevcut trafik

sıkışıklığının sebep olduğu emisyon artışları ve gürültü kirliliği gibi çevresel faktörlerin en aza inmesi ve mevcut yolun yetersizliğinden kaynaklanan trafik kaza sayısında azalma sağlanması da projenin hayata geçirilmesi ve tamamlanması konusundaki en büyük artılar arasında gösterilmektedir. (URL:7 - URL: 8)

5. İZMİT KÖRFEZ GEÇİŞİ DEFORMASYON AĞI TASARIMI, GNSS GÖZLEMLERİ VE DEĞERLENDİRMELERİ

İstanbul-İzmir Otoyolu projesinin önemli bir ayağını teşkil eden İzmit körfez bölgesi, aynı zamanda önemli bir fay hattı olan Kuzey Anadolu Fayının geçtiği bölgelerden biridir ve fay zonunun etki alanındadır (Şekil 5.1)



Şekil 5.1 : Körfez bölgesi ve Kuzey Anadolu fay hattı.

Bölgenin tektonik aktivite yoğunluğu ve 17 Ağustos depreminin etkileri göz önünde bulundurulduğunda, otoyolun ve körfez geçişini sağlayacak köprünün yapımına ilişkin detaylar önem kazanmaktadır. Özellikle, körfez geçişini sağlayacak köprünün güney ayağının konumlandırılacağı bölge olan Hersek deltası mevkiinde, 17 Ağustos depreminden sonra Kuzey Anadolu Fay Hattı'na ait yeni bir kırığın meydana geldiğine dair bulgular, bölge için endişeyi ve hassasiyeti artırmaktadır. Bu bağlamda, bölgedeki tektonik hareketlerin oluşturacağı deformasyonların öngörülmesi için yapılacak ölçme çalışmaları da hayatidir. Proje kapsamında, kabuk ve yapısal deformasyonların izlenmesi amacıyla bir deformasyon ağı kurulmuştur. Bu ağ bölgede işlerliğini sürdüren, Sürekli Gözlem Yapan Sabit Referans İstasyonlarına entegre şekilde değerlendirilmiştir. Böylelikle kabuk ve yapısal deformasyonlara ilişkin bilgi verecek bir değerlendirme stratejisi ortaya koymak, aynı zamanda bölgede var olan Sabit Referans İstasyonlarına ait güncel konum bilgisine ve farklarına ulaşmak amaçlanmıştır.

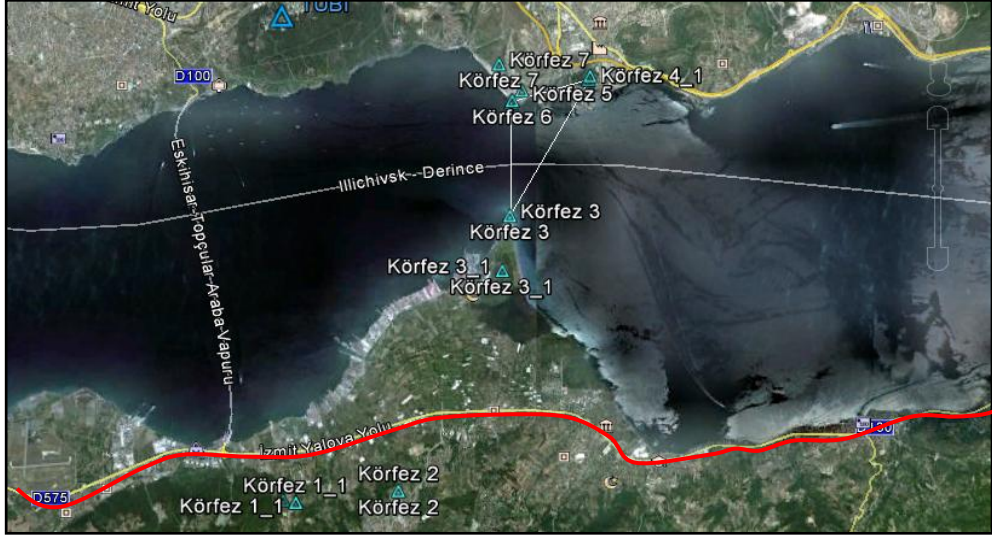
5.1 Ağın Tasarım Stratejisi

Deformasyon ağı, projenin ve aynı zamanda Kuzey Anadolu Fay Hattının geçtiği bölgeyi kapsayacak şekilde jeofiziksel ve jeodinamik çalışmalar ışığında kurulmuştur. Kabuk ve yapısal deformasyonların belirlenmesine yönelik tasarlanan ağda 8 adet nokta bulunmaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 : Deformasyon noktası.

Bu noktalar, Kuzey Anadolu Fay Hattının bölgedeki varlığına ilişkin bir düzenlemeyle, hattın kuzey ve güneyine konumlandırılmıştır. Kuzey Anadolu Fay hattının kuzeyinde kalan Avrasya Plakası bölgesinde 4 adet nokta; proje güzergahının doğusu ve batısında 2'ser adet olacak şekilde tesis edilmiştir. Benzer şekilde, diğer 4 nokta ise; fay hattının güneyinde kalan Anadolu Bloğu üzerinde, proje güzergahının doğu ve batısı olmak üzere, 2'ser nokta olarak tesis edilmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 : Deformasyon ağı.

5.2 Ağın Ölçme ve Değerlendirme Stratejisi

Körfez geçişini sağlayacak köprünün ve otoyolun önemli bir kısmının inşaatı için planlanan bölgede uluslararası, ulusal ve lokal anlamda faaliyet gösteren ve gerçek zamanlı veri üreten Sabit Referans İstasyonlarının olması, ağın değerlendiriliş stratejisi üzerinde belirleyici etken olmuştur. Sürekli gözlem yapan iki adet IGS istasyonu (ISTA (İstanbul Teknik Üniversitesi), TUBİ (Gebze)), ulusal bir ağ olan TUSAGA-Aktif® e ait 6 adet istasyon (IZMT (İzmit), BURS (Bursa), ISTN (İstanbul), SLEE (Şile), BAND (Bandırma), KABR (Karaburun)) ve lokal bazda veri sağlayan İSKİ- UKBS ye ait 8 noktanın tamamı (SİLE (Şile), TUZL (Tuzla), BEYK (Beykoz), PALA (Pala), SLVR (Silivri), TERK (Terkos), KCEK (Küçükçekmece)) kurulan deformasyon ağının noktalarını değerlendirecek sabit noktalar olarak belirlenmiştir (Şekil 5.4).



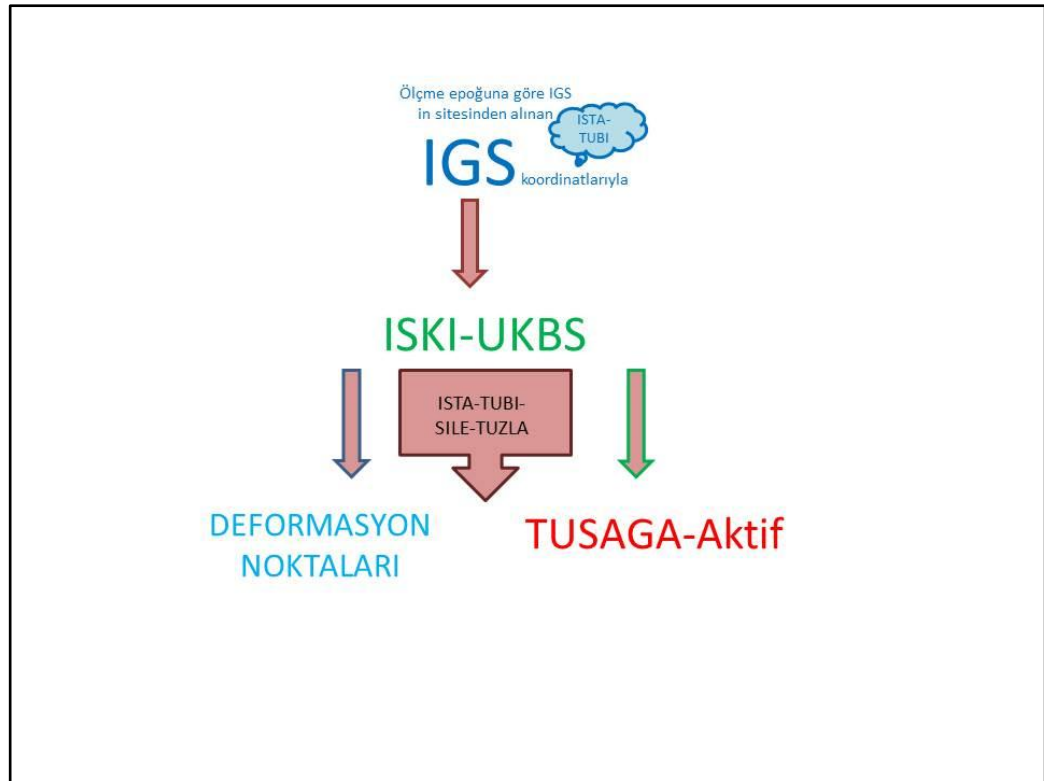
Şekil 5.4 : IGS, TUSAGA-Aktif, ISKI-UKBS ve deformasyon noktaları.

Ayrıca bu noktalara ait 10 veya 30 saniyelik GNSS verileri gün bazında, veri sağlayıcı kurumların web sunucuları ya da internet siteleri tarafından ücretli/ücretsiz yayınlandığından, ölçme epoğunda 24 saatlik veriler olarak elde edilebilmiştir. Deformasyon ağına ait 8 nokta ise, GPS tekniğiyle, 17 Ağustos 2010 ve 2 Kasım 2011 tarihlerinde, 15 ay arayla, 3-5 saatlik periyotlarla gözlenmiştir. Zemin tesisleri, beton yer pilyesi olarak yapılmış toprak zemin üzerine kurulan GPS lerle yapılan ölçmeler diğer yıllarda da periyodik olarak sürecektir (Şekil 5.5).



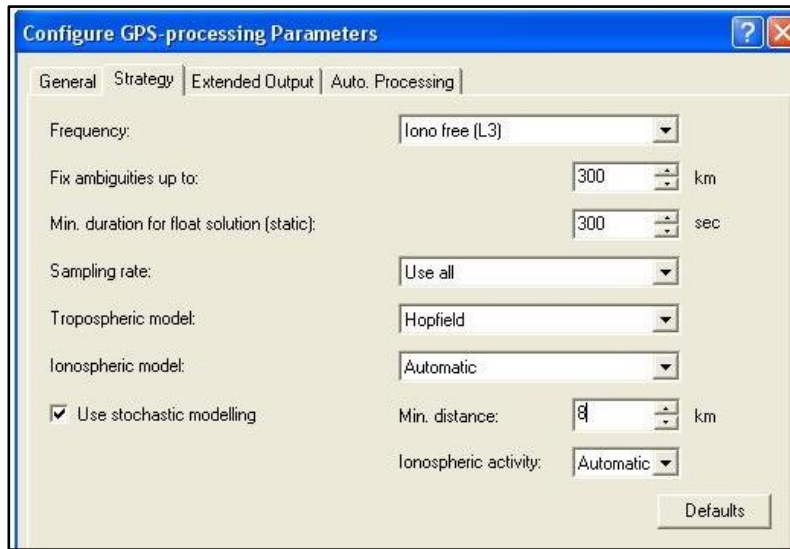
Şekil 5.5 : Deformasyon noktalarının pilye tesisi.

Farklı zamanlarda konumları belirlenen ağların datumları çeşitli nedenlerle farklı olabileceğinden, karşılaştırılacak parametrelerin aynı datumda belirlenmesi gerektiğinden ve sabit noktalara ait veriler arasında ortaya çıkabilecek bir datum uyumsuzluğu problemini ortadan kaldırmak için, tüm veriler ITRF 2005 datumunda alınmıştır. Noktaların mevcut stabilizasyonun ortaya çıkması için izlenen strateji ise; Sürekli Gözlem Yapan Sabit Referans İstasyonlarına ait 24 saatlik verilerin kendi içinde değerlendirilmesi ve bu değerlendirme sonucu stabil olduğu gözlemlenen noktalara dayalı olarak da deformasyon noktalarının değerlendirilmesidir. Bu yolla, deformasyon ağına ait noktaların hareketlerinin izlenmesi ek olarak da uluslararası ve ulusal kapsamdaki sabit referans istasyonlarının güncel durumlarının gözlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, öncelikle GPS gözlemlerinin yapıldığı günlere ait elde edilen 24 saatlik GNSS verileri bölgedeki 2 adet IGS noktasına dayalı olarak İSKİ- UKBS ağına ait 8 nokta ve TUSAGA-Aktifağına ait 6 nokta değerlendirilmiştir. Başka bir deyişle, 2010 ve 2011 yıllarının ölçü epoklarına göre IGS ağının veri sağlayıcı sitesinden indirilen İSTA ve TUBİ istasyonlarının hassas efemeris verileri kullanılarak, 24 saatlik RINEX verilerine dayalı şekilde bölgede bulunan diğer ulusal ve lokal ağların 24 saatlik RINEX verileri değerlendirilmiştir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 : Değerlendirme stratejisini gösteren akış diyagramı.

Aynı strateji izlenerek, iki kampanya gözlemlerinin yapıldığı günler için sağlanan İSKİ-UKBS ve TUSAGA-Aktifistasyonlarına ait veriler de, her iki periyot için ISTA ve TUBİ noktalarına dayalı olarak ITRF 2005 datumu ve ölçü epoğunda ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucu, ISTA ve TUBİ noktaları sabit alınarak baz çözümleri yapılan İSKİ-UKBS ağına ait SİLE (Şile) ve TUZL (Tuzla) noktalarının yatay ve düşey konum doğrulukları stabil bulunmuştur. Ayrıca bu iki noktanın, lokasyon olarak deformasyon ağına yakın olması ağın değerlendirilmesi için önemli bir avantajdır. Sonrasında SİLE, TUZL, ISTA ve TUBİ istasyonlarına ait GNSS ölçülerine dayalı olarak mikro jeodezik ağına ait 8 nokta değerlendirilmiştir. Başka bir deyişle, ağlar arasındaki geometriyi oluşturmak amacıyla IGS ve İSKİ-UKBS ağlarına ait 4 nokta referans noktalar olarak seçilmiş, baz çözümleri bu şekilde yapılmıştır. Dengeleme işlemi ise, bütün ağlara ait noktaların yalnızca, ISTA noktasına dayalı şekilde dengelenmesi stratejisine göre yapılmıştır. Her iki periyod içinde aynı işlem adımlarıyla gerçekleştirilen bu değerlendirmeler, İTÜ IGS-ISTA Ölçme ve Değerlendirme Laboratuvarı imkanlarından yararlanarak gerçekleşmiş ve değerlendirmeler bu çerçevede ticari bir yazılım olan Leica GeoOffice ortamında yapılmıştır. Projeksiyon sistemi olarak Transversal Merkator ve 3 derecelik, genişliği 30° dilim orta meridyeni kullanılmıştır. Belirlenen çözüm stratejisinde kullanılan iyonosferik model: Computed, Troposferik model ise; Hopfield'tir. Ayrıca ağı kapsayan bazların uzun bazlar olması nedeniyle L1, L2 frekanslarının kombinasyonu olan L3 seçilmiş, böylece iyonosfer etkisi elimine edilmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 : Değerlendirme stratejisine ait parametre seçimi.

Çalışma, aynı zamanda Sürekli Gözlem Yapan Sabit Referans İstasyonlarının güncel durumlarına ilişkin bilgi vermeyi de amaçladığından, ülkemizde kullanımı giderek yaygınlaşan TUSAGA-Aktif ağının çalışma bölgesindeki noktaları da incelenmiştir. Bu bağlamda, yapılan değerlendirmelerle stabil olduğu gözlenen 2 adet IGS ve 2 adet İSKİ-UKBS noktasına dayalı olarak çalışma bölgesine yakın olduğu için seçilen 6 adet TUSAGA-Aktif noktası değerlendirilmiştir. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun İzmit körfezi ile Marmara Denizi çukurlarının güneyinden geçerek, Saroz körfezine kadar ilerleyen kuzey kolunun, deformasyon ağının kuzeyinden geçmesi ve genel olarak bölgenin sismik aktivitesini artırması da, özellikle kuzeyde kalan TUSAGA-Aktif noktalarının (BURS (Bursa), BAND (Bandırma)) hareketlerini izlemeyi gerekli kılmaktadır. Deformasyon noktalarının 1. ve 2. kampanya ölçmelerinin yapıldığı günlere ait TUSAGA-Aktif verilerinin; ISTA, TUBI, SILE ve TUZLA noktalarına dayalı olarak baz çözümleri yapılmıştır. ISTA noktasına dayalı dengelemesi yapılan 6 adet TUSAGA-Aktif noktasının; konum, yükseklik ve konum ve yükseklik doğruluk değerlerine ulaşılmıştır. 17 Ağustos 2010 tarihli TUSAGA-Aktif noktalarına ait konum doğrulukları en düşük ± 1.7 mm en yüksek ± 2.7 mm arasında seyretmekte ve homojen gözükmemektedir. Noktaların yükseklikleri için doğruluk bilgisi ise en düşük ± 2.8 mm en yüksek ± 4.7 mm arasında seyretmektedir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 : 1. Periyot TUSAGA-Aktif noktalarının değerleri.

2010	Sağa [m]	Yukarı [m]	h [m]	m_y [m]	m_h [m]	m_p [m]
GÜNEY						
BURS	416169.3485	4453784.0444	183.4426	± 0.0027	± 0.0047	± 0.0054
BAND	329755.2023	4468234.2777	97.3093	± 0.0019	± 0.0033	± 0.0038
KUZİY						
IZMT	495859.5777	4518583.8353	326.1397	± 0.0020	± 0.0034	± 0.0040
SLEE	466489.2219	4559388.5687	127.8272	± 0.0017	± 0.0029	± 0.0034
KABR	389757.0373	4579960.6624	93.6420	± 0.0017	± 0.0028	± 0.0033
ISTN	401685.0591	4540227.2364	77.0864	± 0.0021	± 0.0035	± 0.0041

Bu sonuçlar ışığında; konum ve yükseklik doğruluk bilgileri birlikte değerlendirildiğinde; 6 adet TUSAGA-Aktif istasyonuna ait konum ve yükseklik doğruluk bilgilerinin; en düşük ± 1.9 mm ile en yüksek ± 8.0 mm arasında değişmekte olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, referans noktası olarak alınan SILE, TUZL, TUBI noktalarının doğrulukları, TUSAGA-Aktif noktalarının yatay ve düşey konum doğruluklarıyla uyumludur. 2 Kasım 2011 tarihli ikinci GPS kampanyasına ait ölçü

doğrulukları ise birinci GPS kampanyasıyla paralel değerlerde seyretmektedir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 : 2. Periyot TUSAGA-Aktif noktalarının değerleri.

2011	Sağa [m]	Yukarı [m]	h [m]	m_y [m]	m_h [m]	m_p [m]
GÜNEY						
BURS	416169.3556	4453784.0538	183.2728	± 0.0008	± 0.0014	± 0.0016
BAND	329755.2103	4468234.2853	97.2596	± 0.0007	± 0.0011	± 0.0013
KUZEY						
IZMT	495859.6006	4518583.8443	326.0927	± 0.0006	± 0.0010	± 0.0012
SLEE	466489.2538	4559388.5767	127.8039	± 0.0007	± 0.0011	± 0.0013
KABR	389757.0630	4579960.6752	93.5989	± 0.0008	± 0.0014	± 0.0016
ISTN	401685.0894	4540227.2552	77.0519	± 0.0006	± 0.0011	± 0.0013

Yine 6 adet TUSAGA-Aktif noktasının konum doğrulukları; en düşük ± 0.6 mm, en yüksek ± 0.8 mm arasında, düşey konum yani yükseklik doğrulukları ise; en düşük ± 1.0 mm, en yüksek ± 1.4 mm arasında değişmektedir. Konum ve yükseklik doğruluğunun ise; en düşük ± 1.2 mm en yüksek ± 1.6 mm arasında değiştiği ve 1. periyota ait yatay ve düşey konum doğruluğu aralığından daha kuvvetli olduğu görülmektedir. Genel olarak bölgedeki 6 adet TUSAGA-Aktif noktasının hepsinin 2010 ve 2011 yılında yapılan değerlendirmelerin farkları 2010-2011 şeklinde alınmıştır. Ayrıca, ISTA ve TUBI noktalarına dayalı olarak değerlendirilen İSKİ-UKBS ağına ait 8 nokta L3 kombinasyonuna göre aynı iyonosferik ve troposferik model kullanılarak değerlendirilmiştir. Dengelemesi yine Leica Geo Office programının dengeleme modülünde, ISTA noktasına dayalı şekilde yapılmıştır. Değerlendirme sonucunda 17 Ağustos 2010 günü değerleri için konum doğruluğunun; en düşük ± 1.6 mm, en yüksek ± 2.8 mm, yükseklik doğruluğunun en düşük ± 2.7 mm, en yüksek ± 4.6 mm ve konum ve yükseklik doğruluğunun ise en düşük ± 3.2 mm, en yüksek ± 5.4 mm olduğu gözlenmiştir (Çizelge 5.4). Deformasyon ağının 2. Periyot ölçmelerinin yapıldığı gün olan 2 Kasım 2011 günü konum doğruluğu; en düşük ± 0.6 mm, en yüksek ± 1.1 mm, yükseklik doğruluğu; en düşük ± 1.0 mm, en yüksek ± 2.1 mm, konum ve yükseklik doğruluğu en düşük ± 1.1 mm, en yüksek ± 2.1 mm'dir (Çizelge 5.5). İSKİ-UKBS ağını ISTA ve TUBI noktalarına dayalı şekilde değerlendirmekteki amaç, ağın deformasyon ağına konum olarak yakın olması nedeniyle ağdaki görece stabil noktaları bulmak ve bulunan değerler ışığında ISTA ve TUBI ye ek olarak referans olacak noktalar seçmektir. Aynı zamanda İSKİ-UKBS ağının güncel durumuyla ilgili bir sonuç elde etmek ise diğer

amaçtır. Bu doğrultuda, ISTA, TUBİ, SİLE ve TUZL noktalarına dayalı olarak, deformasyon ağına ait 8 noktanın baz çözümleri de değerlendirilmiştir. 2010 ve 2011 yıllarında gözlemleri tamamlanmış ağı her iki periyot gözlemleri içinde aynı işlem adımları ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

2010 yılına ait ölçmeler için; ISTA noktasına dayalı olarak dengelemesi yapılan ağı yatay konum doğruluğu 8 nokta için; en düşük ± 2.7 mm ve en yüksek ± 6.2 mm arasında, düşey konum doğruluğu ise görece daha zayıf olmakla birlikte en düşük ± 4.4 mm en yüksek ± 8.3 mm arasında görülmektedir. Bu verilere dayanarak, konum ve yükseklik doğruluğunun en düşük ± 5.2 mm en yüksek ± 10.4 mm olduğu bilgisine ulaşılmaktadır (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 : IGS, İSKİ-UKBS ve deformasyon noktalarına ait 1. periyot değerleri.

<i>2010</i>	<i>Sağa [m]</i>	<i>Yukarı [m]</i>	<i>h [m]</i>	<i>m_y[m]</i>	<i>m_h[m]</i>	<i>m_p[m]</i>
IGS						
ISTA	417621.9830	4552636.2636	147.2574	± 0.0065	± 0.0048	± 0.0080
TUBİ	453634.5063	4517033.9626	220.3901	± 0.0013	± 0.0021	± 0.0025
İSKİ-UKBS						
SİLE	467554.7412	4560524.0424	79.6436	± 0.0016	± 0.0027	± 0.0032
TUZL	440314.2069	4521546.3099	55.3238	± 0.0017	± 0.0028	± 0.0032
PALA	412882.1341	4550678.0629	170.5781	± 0.0016	± 0.0027	± 0.0032
KCEK	397337.4360	4541595.7331	122.9464	± 0.0028	± 0.0046	± 0.0054
SLVR	338938.2477	4551252.1922	138.2829	± 0.0023	± 0.0038	± 0.0044
YALI	357427.5414	4594549.2338	86.7956	± 0.0020	± 0.0033	± 0.0038
BEYK	423936.9935	4560595.3058	101.2945	± 0.0019	± 0.0032	± 0.0037
TERK	388912.7983	4575080.1567	48.0649	± 0.0019	± 0.0031	± 0.0037
DEF AĞI. GÜNEY						
K1	453815.0584	4504772.6136	192.1894	± 0.0033	± 0.0052	± 0.0062
K2	456290.9266	4505028.9246	239.9481	± 0.0031	± 0.0050	± 0.0059
K3_1	458853.2523	4510558.1953	44.2167	± 0.0062	± 0.0083	± 0.0104
K3	459039.0287	4511935.5303	38.6174	± 0.0027	± 0.0044	± 0.0052
DEF AĞI. KUZAY						
K4	460995.6590	4515376.9674	131.4231	± 0.0027	± 0.0044	± 0.0052
K5	459379.0424	4515123.8510	99.9497	± 0.0030	± 0.0049	± 0.0057
K6_1	459122.4616	4514829.1164	44.5852	± 0.0034	± 0.0053	± 0.0063
K7	458834.4447	4515786.6017	110.5934	± 0.0038	± 0.0064	± 0.0074

2011 yılına ait 2. periyot gözlemlerinde ise; yatay konum doğruluğu; en düşük ± 1.2 mm ile en yüksek ± 1.7 mm arasında değişmekte olup ilk periyot gözlemlerinin konum doğruluğu oranlarına görece daha iyidir. Yine, düşey konum doğruluğu bilgisi de 2010 yılına ait düşey konum doğruluğu bilgisine görece daha iyi olup; ± 1.9 mm

ile ± 3.1 mm arasında değişmektedir. 2011 yılına ait konum ve yükseklik doğruluğunun ise en düşük ± 2.3 mm ile en yüksek ± 3.1 mm arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4 : IGS, ISKI-UKBS ve deformasyon noktalarına ait 2. periyot değerleri.

<i>2011</i>	<i>Sağa [m]</i>	<i>Yukarı [m]</i>	<i>h [m]</i>	<i>m_y [m]</i>	<i>m_h [m]</i>	<i>m_p [m]</i>
IGS						
ISTA	417622.0134	4552636.2766	147.2454	± 0.0065	± 0.0048	± 0.0080
TUBI	453634.5276	4517033.9784	220.3334	± 0.0007	± 0.0012	± 0.0014
ISKI-UKBS						
SILE	467554.7686	4560524.0503	79.6168	± 0.0008	± 0.0014	± 0.0017
TUZL	440314.2350	4521546.3268	55.2570	± 0.0007	± 0.0013	± 0.0015
PALA	412882.1639	4550678.0744	170.5654	± 0.0009	± 0.0015	± 0.0017
KCEK	397337.4685	4541595.7476	122.9212	± 0.0010	± 0.0017	± 0.0019
SLVR	338938.2767	4551252.2048	138.2532	± 0.0011	± 0.0018	± 0.0021
YALI	357427.5585	4594549.2525	86.7697	± 0.0000	± 0.0021	± 0.0015
BEYK	423937.0215	4560595.3208	101.3038	± 0.0006	± 0.0010	± 0.0011
TERK	388912.8248	4575080.1719	48.0151	± 0.0011	± 0.0018	± 0.0021
DEF. AĞI GÜNEY						
K1	453815.0619	4504772.6186	192.1277	± 0.0013	± 0.0022	± 0.0025
K2	456290.9413	4505028.9432	239.8884	± 0.0013	± 0.0022	± 0.0026
K3_1	458853.2686	4510558.2172	44.1714	± 0.0014	± 0.0025	± 0.0029
K3	459039.0365	4511935.5468	38.5988	± 0.0017	± 0.0031	± 0.0036
DEF. AĞI KUZİY						
K4	460995.6896	4515376.9775	131.3996	± 0.0012	± 0.0019	± 0.0023
K5	459379.0725	4515123.8575	99.9267	± 0.0016	± 0.0029	± 0.0034
K6_1	459122.4791	4514829.1378	44.5316	± 0.0014	± 0.0024	± 0.0028
K7	458834.4641	4515786.6148	110.5520	± 0.0014	± 0.0023	± 0.0027

Bu bilgiler ışığında, yapılan değerlendirmeler sonucu doğruluk değerleri tartışılan noktaların 1. ve 2. Periyot konum ve yükseklik değerleri arasındaki yatay ve düşey konum değerleri arasındaki farklar hesaplanmıştır. Körfezin güney bölgesine tesis edilmiş noktalar olan; K1, K2, K3 ve K3-1 noktalarının 1. ve 2. Periyot Sağa ve Yukarı değerleri arasındaki farkların; en düşük -0.35 cm ile en yüksek -2.19 cm arasında değişmekte olduğu görülmektedir (Çizelge 5.5). Kuzey bölgesine tesis edilmiş K4, K5, K6-1, K7 noktalarının 1. ve 2. Periyot Sağa ve Yukarı değerleri arasındaki farklar ise; en düşük -0.65 cm ve en yüksek -3.06 cm arasında değişmektedir. Noktalarının tamamı körfez bölgesinin kuzeyinde kalan ISKI-UKBS ağına ait farklar ise; en düşük -0.79cm ile en yüksek -3.25cm arasında değişirken,

ISTA ve TUBI noktalarına ait farklar en düşük -1.30 cm ile en yüksek -3.04 cm arasındadır (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5 : IGS, ISKI-UKBS, deformasyon noktaları 1. ve 2. periyot fark çizelgesi.

<i>FARK</i>	<i>Sağa[mm]</i>	<i>Yukarı[mm]</i>
IGS		
ISTA	-30.4	-13.0
TUBI	-21.3	-15.8
ISKI-UKBS		
SILE	-27.4	-7.9
TUZL	-28.1	-16.9
PALA	-29.8	-11.5
KCEK	-32.5	-14.5
SLVR	-29.0	-12.6
YALI	-17.1	-18.7
BEYK	-28.0	-15.0
TERK	-26.5	-15.2
DEF. AĞI. GÜNEY		
K1	-3.5	-5.0
K2	-14.7	-18.6
K3_1	-16.3	-21.9
K3	-7.8	-16.5
DEF. AĞI. KUZEY		
K4	-30.6	-10.1
K5	-30.1	-6.5
K6_1	-17.5	-21.4
K7	-19.4	-13.1

ISTA, TUBI, SILE, TUZL noktalarına dayalı şekilde ağ geometrisi oluşturulmuş diğer bir ağ olan TUSAGA- Aktif ağına ait 6 nokta için ise farklar, güneyde kalan BAND ve BURS noktaları için 1 cm' nin altında iken, kuzeyde kalan diğer 4 nokta için, en düşük -0.80 cm ile en yüksek -3.19 cm arasında seyretmektedir (Çizelge 5.6). Hareketlerin yönünün daha iyi anlaşılabilmesi için ise, iki periyot yatay konum değerleri arasındaki farklara dayanarak, noktaların fark vektörleri ve hata elipsi parametrelerine göre hata elipsleri çizilmiştir (Şekil 5.8), (Şekil 5.9), (Şekil 5.10). ISKI-UKBS, TUSAGA-Aktif ve Deformasyon ağına ait noktaların hata elipsi parametleri ise Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.6 : TUSAGA-Aktif noktalarının 1. ve 2. periyot fark çizelgesi.

<i>FARK</i>	<i>Sağa [mm]</i>	<i>Yukarı [mm]</i>
GÜNEY		
BURS	-7.1	-9.4
BAND	-8.0	-7.6
KUZEY		
IZMT	-22.9	-9.0
SLEE	-31.9	-8.0
KABR	-25.7	-12.8
ISTN	-30.3	-18.8



Şekil 5.8 : TUSAGA-Aktif noktalarının 1. ve 2. periyot fark vektörleri ve hata elipsleri.



Şekil 5.9 : ISKI- UKBS ağı noktalarının 1. ve 2. periyot fark vektörleri ve hata elipsleri.



Şekil 5.10 : Deformasyon ağına ait noktalarının 1. ve 2. periyot fark vektörleri ve hata elipsleri.

Çizelge 5.7 : ISKI- UKBS Ağı, Deformasyon Ağı hata elipsi parametreleri.

<i>Noktalar</i>	<i>A [m]</i>	<i>B [m]</i>	<i>Phi</i>	<i>Sd Hgt [m]</i>
IGS				
ISTA	0.0000		90°	0.0000
TUBI	0.0010	0.0008	8°	0.0021
ISKI-UKBS				
TUZL	0.0013	0.0010	9°	0.0028
SILE	0.0013	0.0010	9°	0.0027
TUZL	0.0013	0.0010	9°	0.0028
YALI	0.0016	0.0012	7°	0.0033
BEYK	0.0015	0.0012	6°	0.0032
KCEK	0.0022	0.0017	7°	0.0046
PALA	0.0013	0.0010	7°	0.0027
SLVR	0.0018	0.0014	7°	0.0038
TERK	0.0015	0.0011	7°	0.0031
DEF. AĞI				
K1	0.0026	0.0020	11°	0.0052
K2	0.0025	0.0019	10°	0.0050
K3_1	0.0053	0.0032	13°	0.0083
K3	0.0021	0.0017	12°	0.0044
K4	0.0021	0.0017	11°	0.0044
K5	0.0024	0.0018	12°	0.0049
K6_1	0.0028	0.0020	15°	0.0053
K7	0.0031	0.0023	15°	0.0064

Çizelge 5.8 : TUSAGA-Aktif Ağına ait hata elipsi parametreleri.

<i>Noktalar</i>	<i>A [m]</i>	<i>B [m]</i>	<i>Phi</i>	<i>Sd Hgt [m]</i>
IGS (Referans)				
ISTA	0.0000	0.0000	90°	0.0000
TUBI	0.0002	0.0002	5°	0.0005
ISKI (Referans)				
TUZL	0.0002	0.0002	7°	0.0005
SILE	0.0002	0.0002	7°	0.0005
TUSAGA-Aktif				
BAND	0.0003	0.0002	6°	0.0005
BURS	0.0003	0.0003	6°	0.0007
ISTN	0.0003	0.0002	6°	0.0006
IZMT	0.0003	0.0002	6°	0.0005
KABR	0.0002	0.0002	5°	0.0005
SLEE	0.0002	0.0002	6°	0.0005

Yapılan bütün bu değerlendirme sonuçları, noktaların yatay ve düşey konum farkları tartışılmış, geçmiş yıllarda yapılmış, bölgenin tektonik aktivite yoğunluğunu inceleyen diğer çalışmaların sonuçları ile kıyaslanmıştır. İki kampanya gözlemleri tamamlanmış deformasyon ağına ait noktaların, ağın gözlenmesinden sonra, çalışmayı oluşturan strateji gereği, noktaların değerlendirilmesine olanak tanıyan

referans noktalarının, olası hareketleri, hareketlerin yönü ve değerlendirme sonuçları yorumlanmıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

ISKI-UKBS ağı, ISTA ve TUBI noktalarına dayalı şekilde değerlendirilmiş, bu değerlendirme sonucunda SILE ve TUZL noktaları da referans noktaları olarak seçilmiş, böylece deformasyon ağına ait noktalar ve bölgede Kuzey Anadolu Fayından etkilendiği düşünülen aynı zamanda deformasyon ağına yakın TUSAGA-Aktif noktaları değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler Leica GeoOffice yazılımında yapılmış, aynı şekilde noktaların ISTA noktasına dayalı şekilde dengelemeleri gerçekleştirilmiştir.

Ağların noktalarına ait 1. ve 2. Periyot Sağa, Yukarı değerleri, bölgede aktif olan Kuzey Anadolu Fay Hattının sağ atımlı fay davranışı göstermesinden dolayı incelenmiştir. Özellikle yatay hareketin incelenmesinin en önemli sebebi fay hattından beklenen davranışın bölgeyi yatay yönde etkileyeceği düşüncesidir. Bu açıdan incelendiğinde, noktaların yatay yerdeğiştirmelerinden anlaşıldığı kadarıyla Kuzey Anadolu Fay hattının güneyi yavaşlamış gözükmektedir. Bu da olası bir stres birikiminin var olduğu düşüncesini oluşturmaktadır. Tabi ki henüz iki periyot ölçmeleri yapılmış bu ağlarla ilgili böylesine net bir sonuç ortaya koymak şu an için olası değildir. Çünkü bilindiği gibi, sağlıklı bir deformasyon analizi yapmak, analizin sürekliliğini sağlamak ve farkların anlamlı olup olmadığını belirlemek için en az 3 kampanya ölçü grubuna ihtiyaç vardır. Aynı doğrultuda, yer değiştirmelerin hız vektörlerini tartışmak da yetersiz olacağından çalışmanın bu aşamasında fark vektörlerine yer değiştirmelerin yönü hakkında bilgi vermesi açısından başvurulmuştur. Bu özellikle, çalışmanın bölgenin sismik davranışı üzerine yapılmış diğer çalışmalarla tutarlılık gösterip göstermediğinin gözlenmesi için de yapılmıştır. Bu anlamda, GPS ile konumlandırılan deformasyon noktalarının Avrasya plakasının kuzeyinde kaldığı ve daha önce yapılmış araştırmalarda, Avrasya Plakası bölgesinde sabit tutulmuş noktalarla yapılan değerlendirmeler sonucu batı yönünde deprem olmaksızın yatay hareketin yıllık ortalama 2-3 cm/yıl olarak bulunduğu düşünülürse; mikro jeodezik ağına ait deformasyon noktalarının ilk iki periyot ölçüleri arasındaki farklarının ve hareket yönlerinin tutarlı oldukları görülmektedir. Aynı zamanda iki periyot arasındaki farkların fark vektörleri de beklenen fay davranışını

desteklemektedir. Yine, daha önce değişik yıllarda yapılmış bir çalışma da, Marmara Denizinin etrafına kurulmuş lokal bir GPS ağı sayesinde Anadolu Plakasının güneyinde kalan kısmın toplam yer değiştirmesinin ortalama 2 cm/yıl olduğu sonucuna ulaşıldığı (OKAY, A., I., vd, 2000) düşünüldüğünde ve TUSAGA-Aktif ve ISKI- UKBS ağlarının 15 ay arayla alınan 1. ve 2. Periyot değerlerinin farklarıyla ve fark vektörlerinin yönleriyle kıyaslandığında; farkların aynı doğrultuda seyrettiği görülmekte ve Marmara Denizi çevresindeki fayların sismik aktivitesini belirlemeye yönelik yapılmış diğer çalışmalarla tutarlılık gösterip göstermediği izlenmektedir. Düşey hareket farklarının bu çalışmada değerlendirilmemesinin nedeni ise , bölgeye birincil olarak etki eden Kuzey Anadolu Fay Hattının sağ atımlı bir fay olması, dolayısıyla bölgedeki ağlara ait noktaların yatay hareketini etkilemesi ve körfez de kurulan deformasyon ağına ve bu ağa entegre olarak değerlendirilen diğer sabit referans istasyonlarına ait henüz sadece iki periyot gözlem bulunmasıdır.

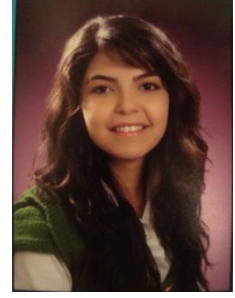
Deformasyon belirleme amacıyla kurulan mikro jeodezik ağların değerlendirilmesi ve izlenmesi konusunda belirlenen stratejiyi ve bu doğrultuda deformasyon ağına entegre şekilde incelenen sabit referans istasyonlarının güncel durumlarının ortaya konulduğu bu çalışmada, ağlara ait noktaların deformasyonları ile ilgili bilgi verebilmek henüz mümkün değildir. Noktaların düşey ve yatay konum hareketlerinin daha sağlıklı ve olarak belirlenebilmesi için aynı strateji ile en az 3 periyot gözlemin değerlendirilmesi gerekmektedir. Böylece, güncel konumları sorgulanan sabit referans istasyonları ve noktalarının hareketleri izlenen deformasyon ağının bölgedeki tektonik aktivite yoğunluğundan ne denli etkilendiği sorusu daha doğru şekilde yanıtlanmış olacaktır. 3. Periyot GPS gözlemleri önümüzdeki günlerde yapılacak ve sonraki yıllarda da izlenmeye devam edilecek bu ağın bölgenin tektonik hareketliliğinden ya da bölge de var olan ve çalışmada da spesifik olarak belirtilen fay hatlarından nasıl ve hangi yönde etkilendiği soruları ancak daha fazla ölçü grubuyla mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akkargan, Ş., Alpar, B.** (2000). İzmit Körfezi ve Adalar Bölgesi Aktif Fayları; 1984 Depremi, Jeofizik Dergisi Sayı:14, İstanbul
- Ayan T., Deniz R., Çelik, N., R., Güney C., Özöner B., Erol S., Akyılmaz O.** (2002), Jeodezik Amaçlı Yerel GPS Ağları, 2002, TUJK, İzmit, Türkiye
- Çelik, N., R., Aliosmanoğlu, S., Özlüdemir, M., T.** (2002). TUTGA, Depremler ve Büyük Ölçekli Çalışmalar, TUJK, İzmit.
- Dirik, K.** (2010). Aktif Tektonik Ders Notları, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Ergintay, S., Çakmak R., Bürgman, R., Reilinger, R.E., McCluski, S., Barka, A., Lenk, O., Gürkan, O., Yalçın M.N.** (2000). Marmara Bölgesindeki Deprem riskinin uydu destekli küresel konumlama sistemi (GPS) ile incelenmesi, Marmara’da Deprem ve Jeofizik Toplantısı Bildiri Kitabı, 28 Haziran 2000, İstanbul 17-19.
- Kahveci, M.** (2009). Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS (CORS) Ağları ve Düşündükleri, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı:100.
- Kalafat, D.** (1999). 17 Ağustos 1999 İzmit-Marmara Depremi, Adana Mühendisler Birliği, Yıl 4, Sayı 24, 14-15 Aralık 1999, Adana.
- Ketin, İ.** (1969). Türkiye’nin Genel Tektonik Durumu ile Başlıca Deprem Bölgeleri Arasındaki İlişkiler, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Okay, A., İ., Özcan- Kaşlılar, A., İmren, C., Güney- Boztepe, A., Demirbağ, E., Kuşçu, İ.** (2000). Active Faults and Evolving Strike Slip Basins in the Marmara Sea, Northwest Turkey: A Multichannel Seismic Reflection Study, Tectonophysics, Vol. 321, Issue 2, 30 May 2000, 189-218.
- Özen, N., Kalafat, D., Pınar, A., Horasan, G., Cranwick, E., Yılmaz, M., Kara, M., Ögütçü, Z.** (2000). 17 Ağustos 1999 İzmit ve 12 Kasım 1999 Düzce depremi artçı sarsıntıları, Batı Anadolu’nun Depremselliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 24-27 Mayıs, İzmir, 79-86.

- Rellinger, R., E., McClusky, S., C., Oral, M., B., King R., W., Toksoz, M., N., Barka, A., A., Kınık, İ., Lenk, O., Şanlı, İ.**(1997). Global Positioning System Measurements of Presentday Crustal Movements in the Arabia-, Afrika-Eurasi Plate Collision Zone, JGR, Vol. 102, No. B5, 9983-9999
- Sella, G., Chin, M., Cline, M., Haw, D., Kass, W., Snay, R., Soler, T.**(2008). NGS CORS Network Guidelines for New and Existing Sites and their Relation to IGS, USA
- Snay R.**(2008). CORS Users Forum at the CGSIC Meeting Savannah, GA. The SM&G Subcommittee, NGS, USA
- Yaltırak, C.** (2000). Marmara Problemi, 1. Ulusal Deniz Bilimleri Konferansı, Bildiri ve Poster özetleri, 30 Mayıs-2 Haziran 2000, ODTÜ, Ankara, 202 – 207.
- Yaltırak, C., Alpar, B.** (2000). Büyük Çekmece-İstanbul Yarımadası yakın sahilin sismik araştırması ve tektonik özellikleri 1. Ulusal Deniz Bilimleri Konferansı, 30 Mayıs- 2 Haziran 2000, ODTÜ, Ankara, 183-188.
- Yaltırak, C., Alpar, B., Sakıncı, M., Yüce, H.** (2000). Origin of Strait of Çanakkale (Dardanelles): regional tectonics and the Mediterranean – Marmara incursion, Mar. Geol. 164 (3-4), 139-156
- Yıldırım, Ö., Bakıcı, S., Cingöz, A., Erkan, Y., Güral, E., Dindar, A.** (2007). TUSAGA-Aktif (CORS-TR) Projesi ve Ülkemize Katkıları, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim- 2 Kasım, KTÜ, Trabzon
- Url-1**<<http://igs.cb.jpl.nasa.gov/>>, alındığı tarih: 15.03.2012
- Url-2**<<http://www.epncb.oma.be/>> alındığı tarih: 15.03.2012
- Url-3**<<http://www.sismikaktivite.org/makaleler/documents/tutga-bolum4.asp>> alındığı tarih: 30.03.2012
- Url-4**<http://www.hgk.msb.gov.tr/haritalar_projeler/jeodezi/TUSAGA.html> alındığı tarih: 30.03.2012
- Url- 5**<<http://harita.iski.gov.tr/iskiukbs.aspx>> alındığı tarih: 27 Şubat 2012
- Url-6**<http://en.wikipedia.org/wiki/Plate_tectonics> alındığı tarih: 15 Nisan 2012
- Url-7**<http://www.emlakhaberleri.com/emlak-haberleri/istanbul-izmir-otoyolu-projesi_29354.html> alındığı tarih: 15 Mayıs 2012
- Url-8**<http://tr.wikipedia.org/wiki/Gebze_-_%C4%B0zmir_Otoyolu_Projesi> alındığı tarih: 25 Mayıs 2012

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad:Pınar DEMİRCİ

Doğum Yeri ve Tarihi: Denizli, 22/04/1986

Adres: İTÜ İnşaat Fakültesi IGS-ISTA Gözlem ve Değerlendirme Laboratuvarı

E-Posta:demircip@itu.edu.tr

Lisans: Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

Yüksek Lisans: -

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

Yayın ve Patent Listesi:

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- **Demirci P.,** Çelik N. R., Design, Observation and Processing Strategies of a Geodetic Network Realised for Crustal and Engineering Structural Deformation Monitoring on İzmit Gulf Region of North Anatolian Fault, *First FIG Young Surveyors Conferance*,Flash Presentation,4-5 May 2012 Rome, Italy
- **Demirci P.,** Çelik N. R., Yerel, Ulusal ve Uluslararası Sabit Referans İstasyonlarının Kabuk ve Yapısal Deformasyon Belirleme Amaçlı Tasarlanan Ağlara Entegrasyonu, Ölçme ve Değerlendirme Stratejileri, *Cumhuriyet Üniversitesi Açılış Sempozyumu*, Poster, Kasım 17-19, 2011 Sivas, Türkiye