



TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ PROGRAMI

TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU

**HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI
ANKARA
2016**

ÖNSÖZ

Harita üretiminin en önemli girdilerinden biri de jeodezik çalışmalardır. Bu nedenle, jeodezik proje, araştırma ve çalışmalar, ülke haritacılığı adına çok kıymet taşımaktadır.

Jeodezi, günümüzde Yer bilim dallarının tamamı ile etkileşimde olan, en üst seviyede teknoloji kullanan, gücü ve önemi giderek artan bir bilim dalıdır. Jeodezideki bu gelişme; ülkemizde yürütülen jeodezik çalışmaları bir program çerçevesinde bir araya getirerek, kurumlar arası koordinasyon ve işbirliğini sağlama gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu kapsamda ulusal bir Jeodezi programının oluşturulması, Harita Genel Komutanlığının başkanlığını yürüttüğü Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonunun (TUJK) gündemine girmiştir.

TUJK üyesi bilim insanlarının birlikte çalışması ile oluşturulan Türkiye Ulusal Jeodezi Programına, 25-26 Kasım 2015 tarihlerinde Afyonkarahisar'da gerçekleştirilen TUJK Bilimsel Toplantısına katılan bilim insanlarının mutabakatı ile son şekli verilmiş, 04 Mart 2016 tarihinde gerçekleştirilen Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) Konsey toplantısında ise onaylanarak bir TUJJB programı olarak yürürlüğe girmiştir.

Türkiye Ulusal Jeodezi Programının hazırlanmasında katkısı bulunan bilim insanlarına teşekkür eder, jeodezi alanında ulusal öncelik ve ihtiyaçları ortaya koyan bu programın ülkemizde oluşturulacak jeodezik proje ve çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

(İmzalıdır)

Burhanettin AKTI
Tümgeneral
Harita Genel Komutanı ve
TUJJB Temsilci Kurum Başkanı

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	1
İÇİNDEKİLER	2
1. AMAÇ	3
2. GİRİŞ	3
2.1. Genel	3
2.2. Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği ve Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği	3
2.3. Uluslararası Jeodezi Birliği	5
3. ULUSAL JEODEZİK GÖZLEM SİSTEMLERİ VE DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI	6
3.1. Mevcut Durum	6
3.2. Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi- TUREF	6
3.3. Datum Dönüşümü Çalışmaları	7
3.4. Jeodezik Ağların Deformasyonunun İzlenmesi	9
3.5. Ulusal Jeoit Belirleme Çalışmaları	11
3.6. Güncel Çalışmalar ve Yapılması Gereken Çalışmalar İle İlgili Öngörüler	12
3.6.1. Jeodezik Temel Ağların Deformasyonu	12
3.6.2. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı- TUTGA	13
3.6.3. Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı- TUSAGA	14
3.6.4. Marmara Sürekli GPS Gözlem Ağı- MAGNET	15
3.6.5. Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif- TUSAGA-Aktif	16
3.6.6. Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi- TUDES	17
3.6.7. Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu İçin Yapılan Çalışmalar ve Beklentiler	19
3.6.8. Gravitenin Zamana Bağlı Değişimlerinin İzlenmesi	22
4. ULUSAL BOYUTTA YAŞAMSAL JEODEZİ VE BEKLENTİLER	23
4.1. GPS/GNSS Analiz Merkezi	23
4.2. Web Tabanlı bir GPS/GNSS Analizi Yazılımının Geliştirilmesi	23
4.3. GPS/GNSS Verilerini Değerlendirme Yazılımının Geliştirilmesi	23
4.4. TUSAGA-Aktif Ağına İlave İstasyon Eklenmesi	24
5. GELECEĞE DÖNÜK (GERÇEKLEŞTİRİLECEK) JEODEZİK FAALİYETLERİN ÖNEM VE ÖNCELİKLERİ	24
6. SONUÇLAR	29
7. KAYNAKLAR	30

1. AMAÇ

Ulusal boyutta bu zamana kadar gerçekleştirilen jeodezik çalışmalara yönelik durum tespiti yapmak, yerel, bölgesel ve global boyutta yapılan çalışmalarla ilişkilendirerek, ulusal jeodezik gereksinimleri ortaya koymak ve bu kapsamda yapılması gereken bilimsel, teknik ve idari çalışmaları belirlemektir.

2. GİRİŞ

2.1. Genel

Geçmiş yıllarda dünyanın konumu, şekli, boyutları ve gravite alanının belirlenmesi ile sınırlı jeodezik özgörev, yüksek doğruluğa sahip ölçme ve gözlem sistemlerinin gelişmesiyle bugün daha da genişlemiştir. Yüksek çözüm duyarlılığına sahip ölçme sistemleri, çevresel etkilere karşı daha duyarlı hale geldikçe, söz konusu ölçmelerden daha fazla bilgi elde etme olanağı doğmuş, jeodezik çalışmaların iyileştirilmesinin ötesinde diğer bilim dallarının jeodeziden beklentileri de artmıştır. Jeodezi; konumlama, gravite alanının belirlenmesi ve Yer Dönüklüğü olan üçtemel alanında da ağırlıklı olarak uydu sistemlerine ve teknolojiye dayalı olarak gelişmektedir.

TUJJB tarafından uluslararası işbirliği ile Türkiye’de depremlerin önceden tahmini, deprem zararlarının azaltılması ve jeodezik amaçlarla GPS ve SLR ölçme ve değerlendirme hususlarında müşterek çalışmalara 1989 yılında başlanmıştır. Daha sonra, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK)’nun da katkılarıyla, Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) tarafından 1999 yılında Ulusal Deprem Programı (UDP) ve 2003 yılında Ulusal Meteorolojik ve Hidrolojik Afetler Programları (TÜMEHAP) oluşturulmuştur. Bu programlar, Marmara depremlerinden hemen sonra büyük ivme kazanan doğal afetlere yönelik çalışmalar için yol gösterici olmuş ve bu programlar kapsamında TUJJB bünyesinde oluşturulan Danışma Değerlendirme Yönlendirme Kurulu (DDYK) tarafından yürütülen bilimsel değerlendirme ve izleme yöntemiyle 18 adet proje desteklenmiştir.

Bu program, ülkemizde jeodezi alanında ulusal öncelikleri, ihtiyaçları ve yapılması gerekenleri ortaya koymaktadır. Programın başarılı olması, jeodezi bilimi ile uğraşan kişilerle çok disiplinli çalışmalar yapan Yer bilimi insanlarının ortak çalışma kültürü ile projeler üretmesi ve gerçekleştirmesi ile mümkündür. Bu çerçevede programın, TUJJB ve kaynak sağlayan Bakanlıklar (Kalkınma Bakanlığı, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı vb.) tarafından destek kapsamına alınması, yer bilimleri alanında ilgili kamu kurum ve kuruluşları tarafından geliştirilen kurumsal uygulama projelerine dâhil edilmesi ve TÜBİTAK’a bildirilecek proje desteklerinde referans olarak kullanılması öngörülmüştür.

Gelecekte, konum bilgisinin günlük yaşamda daha etkin kullanımı ile bireylerin mekânsal düşünme sistematiği ve yeteneklerinin hızla gelişmesi, bilgiyi mekânla ve zamanla ilişkilendiren ve etkin yöneten bir toplum anlayışının yerleşmesi beklenmektedir. Toplumun bu yeni yaşam anlayışı ve biçimi; jeodezi biliminin, tekniğinin, yöntem ve teknolojilerinin bu gereksinimlere yanıt verecek biçimde yapılandırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

2.2. Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği ve Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği

Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği (International Union of Geodesy and Geophysics- IUGG); Yeryüzü sistemi, uzay çevresi ve değişime neden olan dinamik süreçler hakkındaki bilgilerin geliştirilmesi, desteklenmesi ve ulaştırılmasını hedefleyen, 1919 yılında kurulmuş uluslararası bilimsel bir kuruluştur.

IUGG, Uluslararası Bilim Konseyi (International Council for Science- ICSU)’nin 32 bilimsel birliğinden biridir.

Birlik, komisyon ve servisleri vasıtasıyla uluslararası toplantı, etkinlik ve çalıştaylar düzenlemekte, araştırmalar yapmakta, gözlemleri bir araya getirmekte, diğer bilimsel kuruluşlarla iletişim kurmakta, eğitime katkıda bulunmakta ve dünya çapında kabiliyet ve katılımı artırmak için uğraş vermektedir.

IUGG, uluslararası bilimsel yer ve uzay çevresi çalışmalarını destekler ve koordine eder. Bu çalışmalar; Yer'in şeklini, gravite ve manyetik alanını, bir bütün olarak Yer dinamiklerini ve onu tamamlayan parçaları, Yer'in içyapısını, bileşimini ve tektoniğini, mağmaların oluşumunu, volkanizma ve kaya oluşumunu, kar ve buz da içeren hidrolojik döngüyü, tüm yönleriyle okyanusları, atmosferi, iyonosferi, manyetosfer ve Güneş-Yeryüzü ilişkilerini, Ay ve diğer gezegenlerle ilgili benzer problemleri kapsamaktadır.

IUGG kapsamında dört yılda bir genel toplantı, alt komisyonları tarafından ise yıllık periyotlarda bilimsel toplantı ve yerel sempozyumlar düzenlenmektedir. IUGG, veri ve bilginin ülkeler arasında değişimine önem vermekte ve herkesin herhangi bir sınır olmadan bilimsel katılımını teşvik etmektedir.

IUGG sekiz adet yarı özerk birlik ve dört komisyondan oluşmaktadır. Her bir birlik, IUGG'nin genel faaliyet alanı çerçevesinde belirli bir konudan sorumludur. Ayrıca IUGG, kuruluşlar arası komisyonlar kurmakta ve benzer konularla ilgilenen diğer bilimsel kuruluşlarla işbirliği yapmaktadır.

Söz konusu birlikler:

- International Association of Cryospheric Sciences (IACS)
- International Association of Geodesy (IAG)**
- International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA)
- International Association of Hydrological Sciences (IAHS)
- International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences (IAMAS)
- International Association for the Physical Sciences of the Oceans (IAPSO)
- International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI)
- International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior (IAVCEI)

Komisyonlar:

- Commission on Geophysical Risk and Sustainability (GeoRisk)
- Commission on Mathematical Geophysics (CMG)
- Commission on the Study of Earth's Deep Interior (SEDI)
- Commission for Data and Information (UCDI)

şeklindedir (www.iugg.org).

IUGG'ye bağlı birliklerden olan Uluslararası Jeodezi Birliği (IAG) ise, "Central European Arc Measurement" adıyla 1862 yılında kurulmuş, IUGG'nin 2-10 Mayıs 1922 tarihlerinde yapılan ilk genel toplantısında IUGG'nin kurucu alt birliklerinden biri olmuş ve şimdiki ismini yine IUGG'nin 1930 yılında Stokholm'de yapılan genel toplantısında almıştır. IAG'nin temel misyonu, jeodezinin geliştirilmesidir. Jeodezik gözlemlerin toplanması, analizi, modellenmesi ve yorumlanması yoluyla teoriden uygulamaya geçişi, Yer'in şekli, dönüşü ve gravite alanı ile zamansal değişimlerini ele almaktadır.

IUGG, birliğin yasa ve yönetmelikleri çerçevesinde IUGG Konseyince yönetilmektedir. Konsey, bağlı bulunan her kuruluşun yetkili birer temsilcisinden oluşmaktadır. Türkiye 1947 yılından bu yana IUGG üyesidir. IUGG 2014 yılı sonu itibariyle 70 üye kuruluştan oluşmaktadır. MSB Harita Genel Komutanlığı, IUGG Konseyinde 30 Kasım 1948 tarihinden bu yana Ulusal Temsilci Konumundadır.

Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB), IUGG'nin statüsüne paralel olarak, ülkemizde jeodezi-jeofizik alanındaki araştırma, inceleme ve çalışmaları teşvik etmek, geliştirilmesi için önlemler almak ve tavsiyelerde bulunmak, uluslararası bilimsel kuruluşların faaliyetlerine katılımı sağlamak hedefleriyle Bakanlar Kurulu'nun 29.08.1968 tarih ve 6/10612 sayılı kararı ile kurulmuş ve yönetmeliği ilk olarak 16.09.1968 tarih ve 13002 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Değişen ihtiyaçlar neticesinde yeniden düzenlenen TUJJB Yönetmeliği, Bakanlar Kurulu'nca

14.11.1983 gün ve 83/7396 sayılı kararı ile onaylanmış ve 27.12.1983 gün ve 18264 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik’te yapılan değişiklikler ise Bakanlar Kurulu’nun 15 Haziran 2001 gün ve 2001/2700 sayılı kararı ile onaylanarak 19 Temmuz 2001 tarih ve 24467 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır.

2.3. Uluslararası Jeodezi Birliği

IUGG’ye bağlı birimlerden olan Uluslararası Jeodezi Birliği (International Association of Geodesy- IAG), jeodezi alanında faaliyet gösteren bilimsel bir organizasyondur. Dünya ölçeğinde jeodezik araştırma ve bilimsel iş birliğini desteklemektedir. Jeodezik gözlemlerin toplanması, analizi, modellenmesi ve yorumlanması yoluyla teoriden uygulamaya geçişi, Yer’in şekli, dönüşü ve gravite alanı ile zamansal değişimlerini ele almaktadır.

IAG’nin kuruluş tarihi 1862 yılına uzanır. “Central European Arc Measurement” adıyla kurulan IAG’nin amacı; merkezî Avrupa’da jeodezi bilimindeki faaliyetleri desteklemek olarak açıklanmıştır. 1886 yılında ise jeodezik problemlerin çözümünde uluslararası destek ve iş birliğine yönelik olarak bugünkü ismini almıştır.

IAG’nin temel misyonu, jeodezinin geliştirilmesidir. Hâlihazırda Merkez Büro ve Yürütme Kurulu tarafından yönetilen birliğin 2015 yılı başı itibarıyla bileşenleri; Küresel Yer Gözlem Sistemi (Global Geodetic Observing System- GGOS), 15 adet bilimsel hizmet sağlayıcı (Uluslararası GNSS Servisi- IGS vb.), 4 adet komisyon ve 1 adet komisyonlar arası komite şeklindedir. Komisyonların yapısı aşağıdaki gibidir;

Komisyon 1: Referans Koordinat Sistemleri

Alt Komisyon 1.1: Uzay Tekniklerinin Koordinasyonu

Alt Komisyon 1.2: Küresel Referans Koordinat Sistemleri

Alt Komisyon 1.3: Bölgesel Referans Koordinat Sistemleri

1.3.a. Avrupa

1.3.b. Güney ve Merkezî Amerika

1.3.c. Kuzey Amerika

1.3.d. Afrika

1.3.e. Asya-Pasifik

1.3.f. Antarktika

1.3.g. Kuzey Amerika

Alt Komisyon 1.4: Göksel ve Yersel Referans Sistemleri

Komisyon 2: Gravite Alanı

Alt Komisyon 2.1: Gravimetri ve Gravite Ağları

Alt Komisyon 2.2: Konumsal ve Zamansal Gravite Alanı ve Jeoit Modelleme

Alt Komisyon 2.3: Uydu Gravite Misyonları

Alt Komisyon 2.4: Bölgesel Jeoit Belirleme

Alt Komisyon 2.5: Uydu Altimetresi

Alt Komisyon 2.6: Gravite ve Kütle Yer Değiştirmeleri

Komisyon 3: Yer Dönüklüğü ve Jeodinamik

Alt Komisyon 3.1: Yer Gelgitleri ve Jeodinamik

Alt Komisyon 3.2: Yerkabuğu Deformasyonu

Alt Komisyon 3.3: Yer Dönüklüğü ve Jeofizik Akışkanlar

Alt Komisyon 3.4: Kriyosferik Deformasyon

Alt Komisyon 3.5: Tektonik ve Deprem Jeodezisi

Komisyon 4: Konum Belirleme ve Uygulamaları

Alt Komisyon 4.1: GNSS'in Alternatif ve Yedekleri

Alt Komisyon 4.2: Coğrafi-Mekansal Haritacılık ve Mühendislikte Jeodezi

Alt Komisyon 4.3: Uzaktan Algılama ve Atmosfer Modelleme

Alt Komisyon 4.4: Uydu ve Havai Görüntüleme Sistemleri Uygulamaları

Alt Komisyon 4.5: Yüksek Hassasiyetli GNSS Algoritmaları ve Uygulamaları

Alt Komisyon 4.6: GNSS-Reflektometri ve Uygulamaları

3. ULUSAL JEODEZİK GÖZLEM SİSTEMLERİ VE DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

3.1. Mevcut Durum

Türkiye genelinde MSB Harita Genel Komutanlığınca kurulan ve işletilen ulusal jeodezik ağlar;

- Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA),
- Türkiye Ulusal Yatay Kontrol (Triangülasyon) Ağı (ED-50 Datumunda),
- Türkiye Ulusal Doppler Ağı (TUDD-92),
- Türkiye Ulusal Düşey Kontrol (Nivelman) Ağı (TUDKA-99),
- Türkiye Temel Gravite Ağı (TTGA-99),
- Türkiye Ulusal Manyetik Ağı (TUMA),
- Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA),
- Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif),
- Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES),

Ağlarla bağlantılı olarak yapılan çalışmalardan bir kısmı;

- Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi (TUREF) oluşumu,
- Jeodezik ağların deformasyonunun izlenmesi,
- Ulusal jeoit belirleme çalışmaları,
- Yükseklik sistemi modernizasyonu,
- Datum dönüşümü çalışmaları,
- Büyük ölçekli harita ve harita bilgilerinin üretimi için alt derece ağların gerçekleştirilmesi,
- Ulusal ve yerel düzeyde ülke gelişim ve kalkınmasına altlık oluşturacak, Coğrafi Bilgi Sistemi teknolojisine dayalı her türlü harita ve harita bilgisi üretimi,
- GNSS gözlemleri yardımıyla çeşitli atmosferik parametrelerin belirlenmesi,
- Zaman serisi analizi, hız ve gerinim alanı belirleme çalışmaları şeklindedir.

Görüldüğü gibi, uzun yıllar neticesinde oluşturulan bu ağlar çok geniş bir yelpazede gerçekleştirilen çalışmalara altlık teşkil etmektedir.

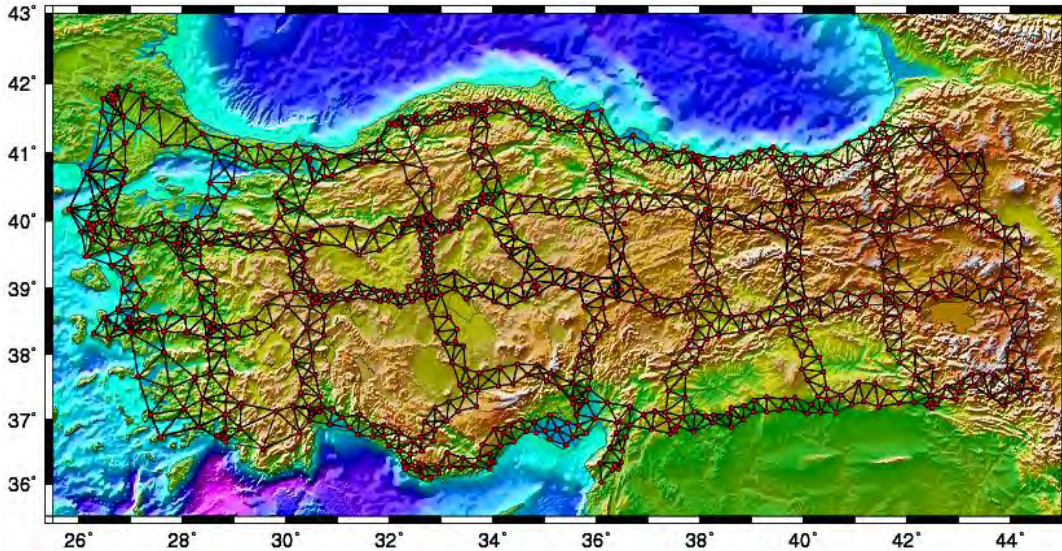
3.2. Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi- TUREF

TUTGA-99A, ITRF96'ya dayalı olarak üretilmiş, koordinat ve hız alanı da ITRF96'ya göre tanımlanmıştır. Bu durum, TUTGA-99A'nın, barındırdığı istasyon (ITRF96 koordinat ve hızları bilinen) sayısı ve bunların coğrafi dağılımları oranında ITRF96 ile 1998/2000.45 epöğunda çakışık

olduğu şeklinde ifade edilebilir. ITRF96 ile daha sonraki (ve önceki) yıllarda oluşturulan ITRF sürümleri arasındaki öteleme, dönüklük ve ölçek ilişkileri sabit olmayıp, zamana bağlı parametreler şeklindedir. Bu anlamda TUTGA-99A, ITRF96'ya dayalı olarak tanımlanmış olsa bile diğer ITRF sürümleriyle ilişkisi global olarak belirli değildir. Örneğin, TUTGA-99A ile ITRF2000 arasındaki ilişki 4 boyutlu olarak mevcut değildir. ITRF96 sonrası yayınlanan ITRF-97, ITRF-2000, ITRF-2005, ITRF-2008 veya ileride daha güncel bir ITRF sürümü ile yapılacak çözümlerin aynı referans sisteminde ifade edilmesi için ITRF sürümleriyle ilişkisi global olarak belirli 4 boyutlu bir referans sistemi tanımlamak ihtiyacı duyulmuştur. TUTGA-99A ile uyumlu en uygun referans sisteminin, deprem etkilerinden uzak 2005.000 epöğünde ITRF96 ile çakışık bir referans sistemi olması gerektiği değerlendirilmiş ve herhangi bir ITRF çözümü ile elde edilen sonuçlar ITRF96 ile 2005.000 epöğünde çakışık olarak tanımlanan Türkiye Ulusal Referans Sistemi (TURES) isimli bir referans sistemine dönüştürülmüştür (Aktuğ, 2005). Bu sisteme dayalı olarak Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi- TUREF oluşturulmuştur.

3.3. Datum Dönüşümü Çalışmaları

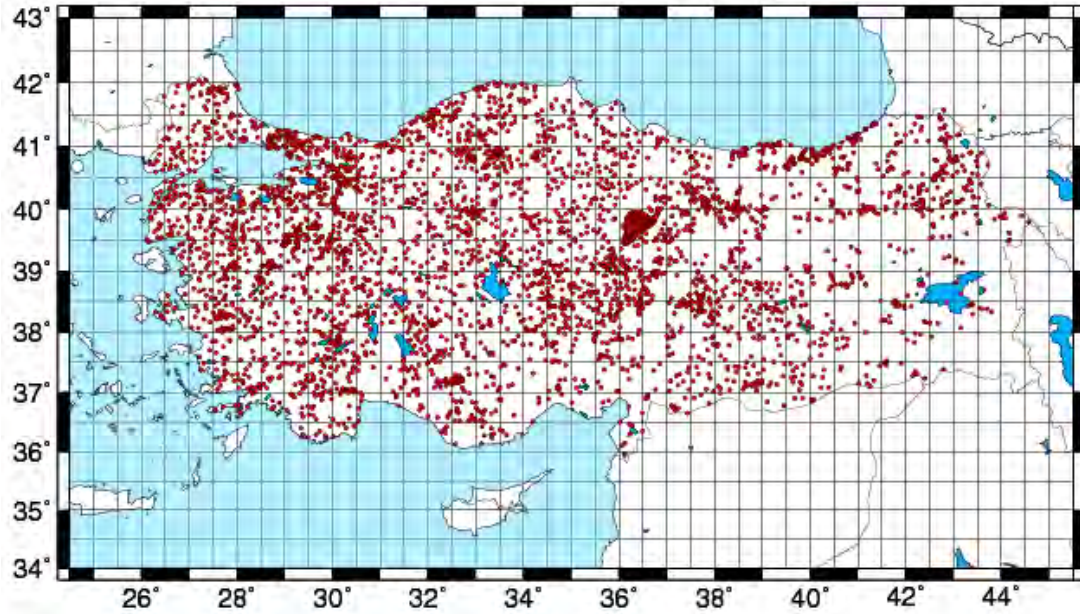
“Ulusal CORS (Sürekli Gözlem Yapan GNSS İstasyonu) Sisteminin Kurulması ve Ulusal Datum Dönüşümü (Nu: 105G017)” adlı TÜBİTAK Kamu-ARGE Projesi, İstanbul Kültür Üniversitesi Proje Yürütücülüğünde tamamlanmıştır. Proje ile oluşturulan sistem, halen Harita Genel Komutanlığı ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünce müştereken işletilmektedir. Türkiye Ulusal Sabit GNSS istasyonları Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) ismiyle anılan söz konusu projede, ülkemizdeki Uluslararası Yersel Referans Sistemi (ITRS) ile Avrupa Datumu-1950 arasındaki yüksek duyarlıklı hücrel dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi de öngörülmüştür (İKÜ, 2010). Bu kapsamda, hem işleten kurumlar hem de diğer kamu kurum ve kuruluşları tarafından farklı projeler kapsamında ölçülen ve her iki datumda koordinatları bilinen noktalar derlenmiş, TUSAGA-Aktif sistemiyle Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) yöntem veya statik GNSS gözlem tekniği ile ihtiyaç duyulan bölgelerde yatay kontrol ağı noktaları ölçülmüştür. Yatay Kontrol Ağı (YKA) birinci derece poligonları Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Yatay Kontrol Ağı 1. derece poligonları

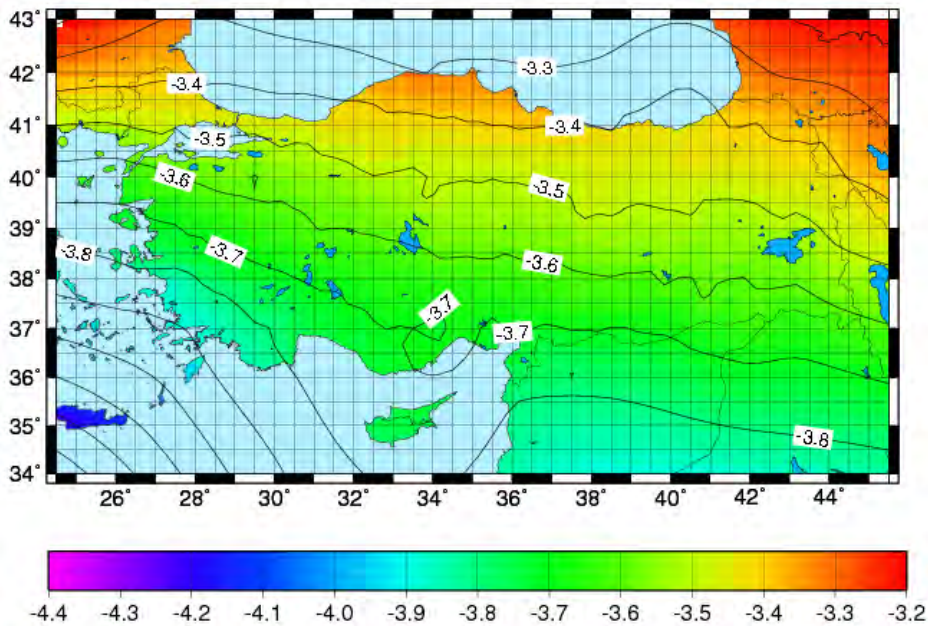
Hücrel dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi amacıyla öncelikle Harita Genel Komutanlığı, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, İller Bankası, Devlet Su İşleri, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından ölçülen ve her iki sistemde koordinatları bilinen ortak noktalar derlenmiştir. Daha sonra, yürütücü kuruluş tarafından mevcut noktaların coğrafi dağılımları göz önünde bulundurularak ihtiyaç duyulan diğer yerlerdeki yatay kontrol ağı noktaları ayrıca TUSAGA-Aktif sistemi yardımıyla Gerçek Zamanlı Kinematik yöntem ile ölçülmüştür.

Yürütücü kuruluş tarafından kamu kuruluşlarından temin edilen ve yeni ölçülen noktalar incelenmiş ve kaba hatalar ayıklanarak toplam 4024 adet ortak nokta dönüşüm için hazırlanmıştır. Söz konusu noktaların coğrafi dağılımları Şekil 2'de gösterilmektedir.

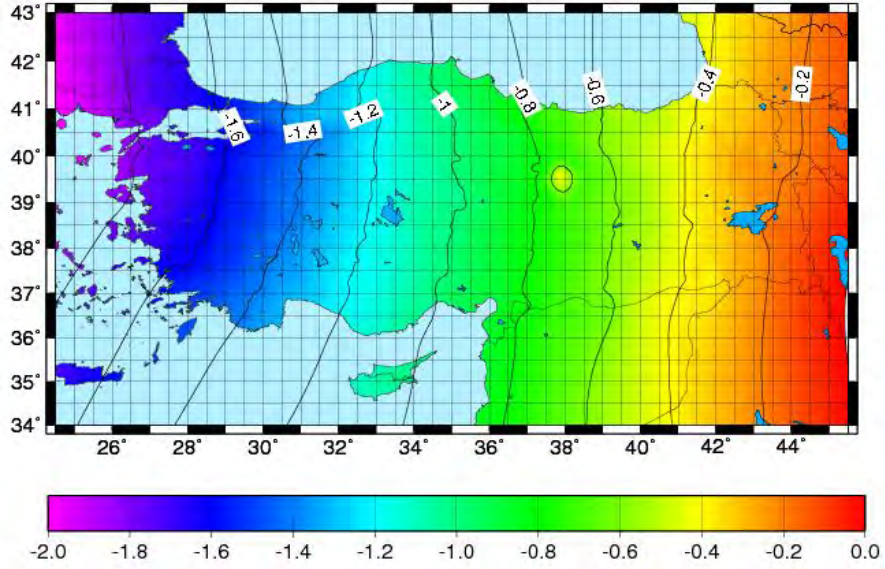


Şekil 2. GPS Ölçüsü bulunan Yatay Kontrol Ağı noktaları

Oluşturulan ortak nokta kümesinde, özellikle kamu kuruluşlarından temin edilen noktaların yükseklik değerleri bulunmamaktadır. Klasik jeodezik kontrol ağlarının yatay datumlar olması nedeniyle hüresel dönüşüm parametreleri de yatay olarak hesaplanmaktadır. Her iki datumdaki (ED50-ITRF96) ortak noktaların coğrafi koordinatları arasındaki farklar Şekil 3 ve Şekil 4'de gösterilmektedir.



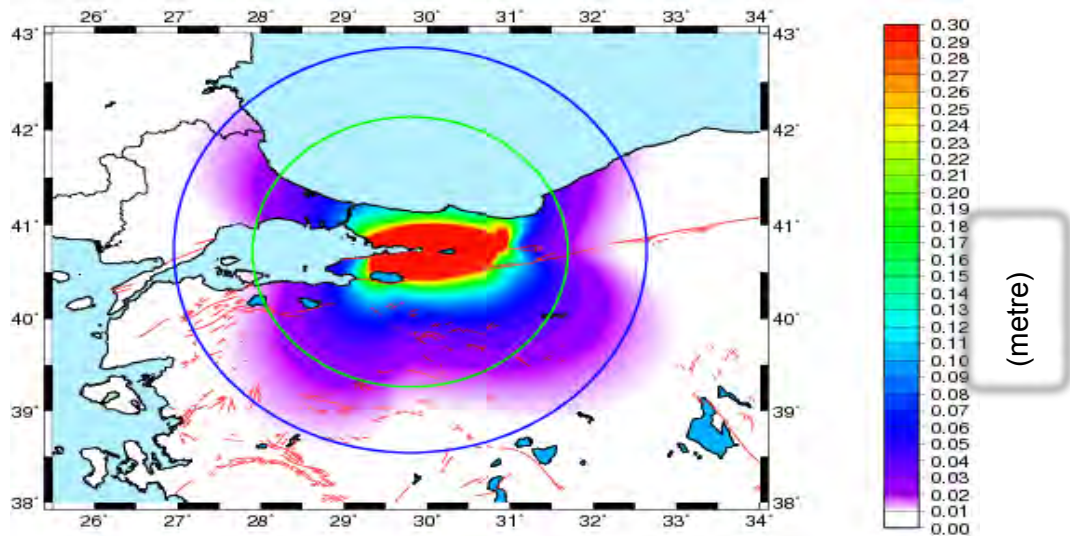
Şekil 3. ED50-ITRF96 enlem farkları (yay saniyesi) (Aktuğ vd., 2011)



Şekil 4. ED50-ITRF96 boylam farkları (yay saniyesi) (Aktuğ vd., 2011)

3.4. Jeodezik Ağların Deformasyonunun İzlenmesi

Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı, 1997, 1998 ve 1999 yıllarında gerçekleştirilen ölçüler ile kurulmuştur. 1999 yılında Marmara Bölgesinde meydana gelen İzmit (Mw=7.5) ve Düzce (Mw=7.2) depremleri, 1997 yılında Marmara bölgesi ve civarında ölçülmüş noktaların koordinatlarında birkaç cm'den birkaç metreye varan miktarda değişiklikler meydana getirmiştir. Daha sonra Orta Anadolu'nun kuzeyinde meydana gelen Çerkeş Depremi (Mw=6.1) ve yine Batı Anadolu'da meydana gelen Çay Depremi (Mw=6.6.) dm'ye varan yer değiştirmelere neden olmuştur. Söz konusu depremler nokta koordinatlarını değiştirmekle kalmayıp, noktaların zaman serisinde yarattıkları kesiklikler nedeniyle nokta koordinatlarının yıllık değişim miktarlarının hesaplanmasını da zorlaştırmıştır. Önceki Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı hesaplamalarında (Ayhan vd., 2002), İzmit Depremi 240 km, Düzce Depremi 200 km, Çerkeş Depremi ise 100 km yarıçaplı bir alanda yer değiştirme meydana getiren depremler olarak modellenmiştir. İzmit Depremi etki alanı (Reilinger vd., 2000)'de verilen model ile hesaplanmış olup Şekil 5'de gösterilmektedir.

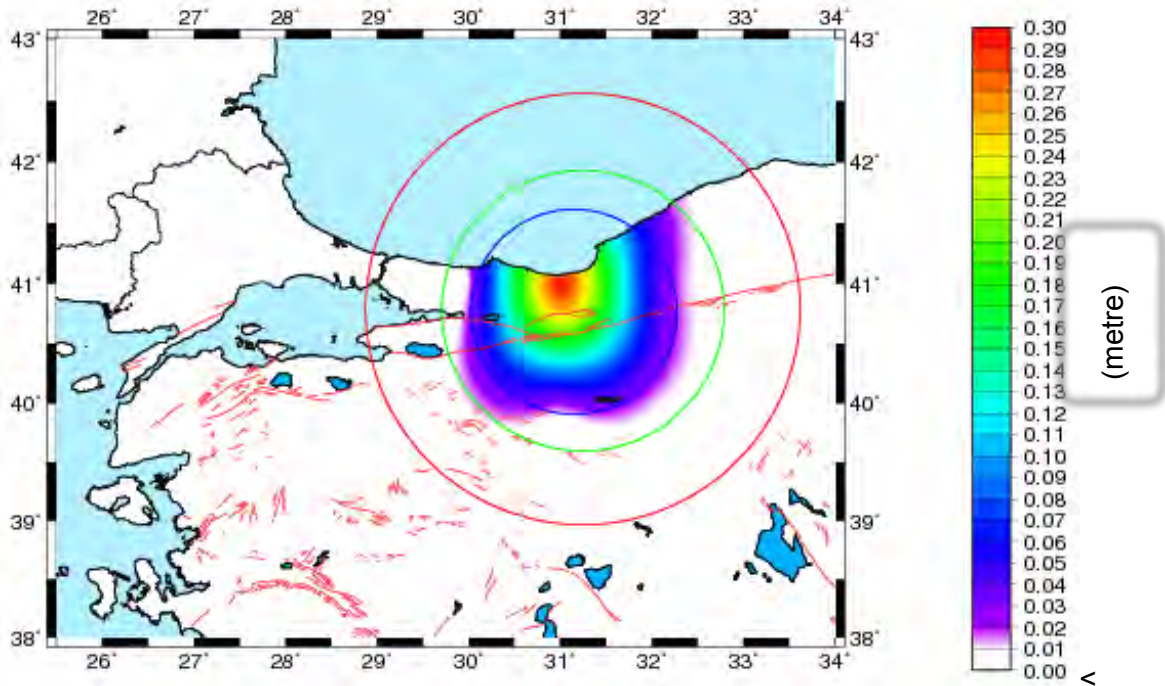


Şekil 5. İzmit Depreminin etki alanı. Daireler 160 ve 240 km'lik etki alanlarını göstermektedir. Yer değiştirme miktarı doğu, kuzey ve yükseklik bileşenlerinden en büyüğü alınarak metre cinsinden belirlenmiştir (Aktuğ vd., 2011).

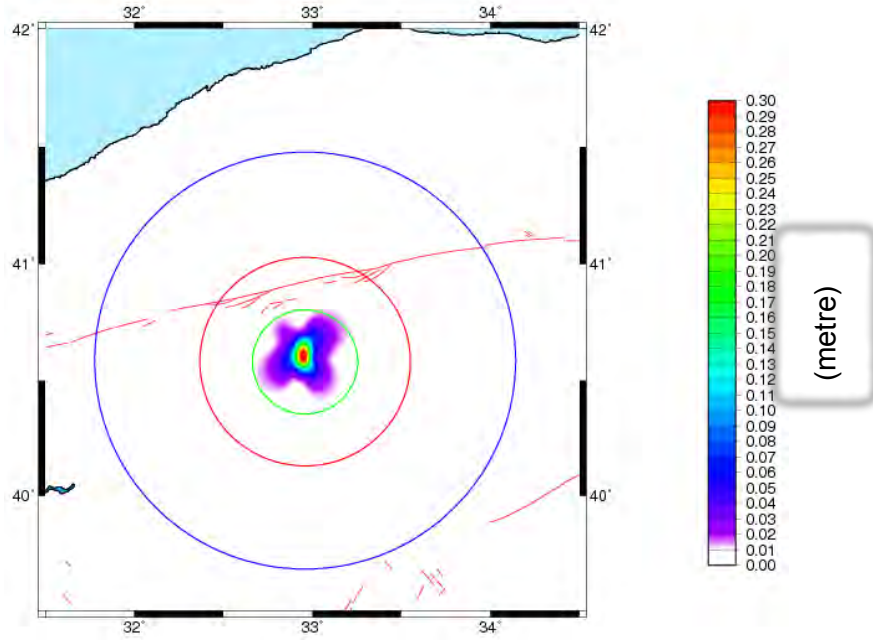
Depremlerin etki alanları, odak noktasından itibaren bir yarıçap ile tanımlanmaktadır. Söz konusu etki yarıçaplarının belirlenmesinde sismik sonuçlardan yararlanılmakla birlikte, depremlerin etkisinin dairesel olmaması nedeniyle deprem etkisi altında olmayan bazı istasyonlar da etki alanındaymış gibi değerlendirmeye alınmaktadır. Ayrıca, bazı depremler için etki yarıçapı hassas şekilde belirli olmadığı gibi, bazı depremler için etki yarıçapı ile ilgili olarak hiçbir bilgi bulunmamaktadır. Örneğin, önceki çalışmalarda (Ayhan vd., 2002; Aktuğ vd., 2004) İzmit, Düzce ve Çerkeş Depremleri için sırasıyla tanımlanan 240 km, 200 km ve 100 km'lik dairesel etki alanlarının gereğinden fazla olabileceği gözlenmiştir. Benzer şekilde önceki çalışmalarda 2002 yılındaki Çay Depremi için odak noktası ve yarıçap dahi tanımlanamamış, bölgedeki hemen hemen tüm noktalar depremden etkilenmiş kabul edilmiştir. (Aktuğ vd., 2011)'de, söz konusu depremler modellenmiş, tamamen dairesel etki alanı yerine, daha küçük dairesel ve ekleme/çıkarma şeklinde deprem etki alanları tanımlanmıştır. Düzce Depremi için elde edilen etki alanı (Ayhan vd., 2001)'de verilen model ile hesaplanmış olup, Şekil 6'da gösterilmektedir.

Depremden etkilenmiş noktalar, farklı noktalar olarak değerlendirmeye alınmaktadır. Deprem etkisi altında olmadığı hâlde etki altındaymış gibi ele alınan noktalarda önemli sayıda ölçü kaybı olmakta ve çoğu noktada zaman serisinde yaratılan bu kesiklik nedeniyle nokta hızları belirlenmemektedir. Bu nedenle, her bir deprem ayrı ayrı modellenmiş ve etki alanları her bir nokta için incelenmiştir. Bu amaçla (Aktuğ, 2003)'de verilen eşitlikler ve yayınlanmış fay mekanizma modelleri kullanılarak her bir deprem için yüzeyde meydana gelen yer değiştirmeler hesaplanmıştır (Aktuğ vd.,2011).

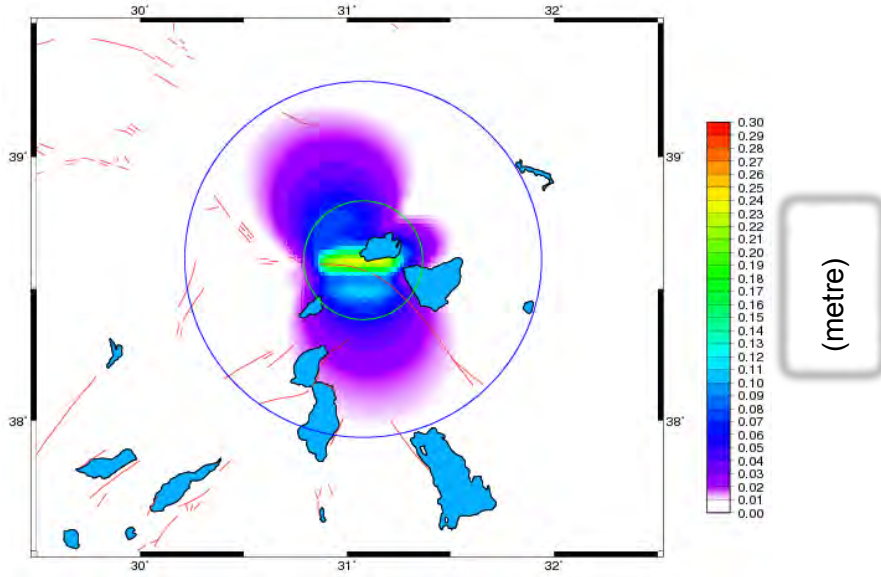
2000 yılında meydana gelen Çerkeş Depremi ile 2002 yılında meydana gelen Çay Depremleri için gerekli modeller önceki çalışmalarda mevcut olmadığından söz konusu depremlerin etki alanları da hesaplanamamıştır. Çerkeş Depremi ile ilgili olarak (Taymaz vd., 2007) tarafından yapılan çalışma, Çerkeş Depreminin daha önce kabul edilen 100 km yerine çok daha küçük bir alanda etkili olduğunu göstermektedir. Etki yarıçapının 25 km'den daha küçük olması nedeniyle Çerkeş Depremi sonrasında daha önce koordinatları değiştiği düşünülen noktalardan sadece ikisinin koordinatlarının değiştiği gözlenmiştir. Çerkeş Depreminin etki alanı Şekil 7'de, Çay Depremi ve etki alanı Şekil 8'de gösterilmiştir (Aktuğ vd., 2011).



Şekil 6. Düzce Depreminin etki alanı. Yeşil ve mavi daireler sırasıyla 95, 130 ve 200 km'lik etki alanlarını göstermektedir. Yer değiştirme miktarı doğu, kuzey ve yükseklik bileşenlerinden en büyüğü alınarak belirlenmiştir (Aktuğ vd., 2011).



Şekil 7. 2000 Çerkeş Depreminin etki alanı. (Aktuğ, 2003)'de verilen eşitlikler ve (Taymaz vd., 2007)'de verilen inSAR çözümündeki fay geometrisi ve kayma değerleri ile hesaplanmıştır. Yer değiştirme miktarı doğu, kuzey ve yükseklik bileşenlerinden karelerinin toplamının karekökü şeklinde hesaplanmıştır. Mavi, kırmızı ve yeşil daireler sırasıyla 100, 50 ve 25 km yarıçaplı etki alanlarını göstermektedir (Aktuğ vd., 2011).



Şekil 8. 2002 Çay Depreminin etki alanı. (Aktuğ, 2003)'de verilen eşitlikler ve (Aktuğ vd., 2009)'da verilen fay geometrisi ve kayma değerleri ile hesaplanmıştır. Yer değiştirme miktarı doğu, kuzey ve yükseklik bileşenlerinden maksimumu alınarak belirlenmiştir. Mavi ve yeşil daireler sırasıyla 75 ve 25 km lik etki yarıçaplarını göstermektedir (Aktuğ vd., 2011).

3.5. Ulusal Jeoit Belirleme Çalışmaları

Türkiye'de jeoit belirleme ile ilgili çalışmalar 1976 yılında başlamıştır. (Ayan, 1976), (Ayan, 1978) ve (Gürkan, 1978) tarafından yapılan ilk çalışmalarda, Harita Genel Komutanlığı tarafından kurulan I. ve II. Derece Yatay Kontrol Ağına ait 98 noktada jeodezik astronomi gözlemleri (enlem, boylam, azimut) yapılarak belirlenen çekül sapması bileşenleri kullanılmıştır. Bilgisayar olanaklarının artması, ölçü tür ve sayılarının çoğalması ve hesaplama yöntemlerinin gelişmesi ile 1991 yılında

gravite, topografya ve küresel jeopotansiyel model kullanılarak tüm Türkiye için gravimetrik jeoit (TG-91) En Küçük Karelerle Kollokasyon Yöntemi ile hesaplanmıştır (Ayhan, 1993). TG-91; Türkiye’de ilk kez çok sık heterojen veri kullanılarak hesaplanan ve topografya ve gravitenin kısa ve çok kısa dalga boylu etkilerini de içeren bir gravimetrik jeoit modelidir. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA)’nın oluşturulmasıyla birlikte tutarlı ve homojen elipsoit yüksekliği belirleme olanağı doğmuştur. Seçilen 197 TUTGA noktasının Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999’a (TUDKA-99) (Demir, 1999) dayalı olarak duyarlı geometrik nivelman ölçüleriyle ortometrik yükseklikleri belirlenmiştir (Ayhan vd., 2002). Böylece, GPS/Nivelman jeoit yükseklikleri elde edilmiştir. TG-91 gravimetrik jeoit ile GPS/Nivelman jeoit tam olarak uyuşmamakta ve aralarında kayıklık ve eğim gibi uzun dalga boyunda etkili farklar bulunmaktadır. Bu nedenle, GPS/Nivelman jeoit ile TG-91 jeoitinin birleştirilerek GPS ile uyumlu jeoit modelinin oluşturulması için Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999 (TUTGA-99) kapsamında çalışmalar gerçekleştirilmiş ve Türkiye Jeoit-1999 (TG-99) hesaplanmıştır (Ayhan vd., 2001). TG-99 jeoit, ilave GPS/Nivelman noktaları ile güncellenmiştir ve TG-99’un ilk güncellenmesi, TG-99A olarak anılmıştır (Ayhan vd., 2002).

TG-99A jeoit modelinden sonra (Kılıçoğlu vd., 2005a) tarafından TG-03 jeoit modeli hesaplanmıştır. TG-03 jeoit modelinin dış doğruluğu yaklaşık 10 cm’dir. TG-03 jeoit modelinin hesabında, Dünya Jeopotansiyel Modeli-1996 (Earth Geopotential Model-EGM96), TG-91 gravimetrik jeoitinin hesabında kullanılan yaklaşık 62 500 adet yersel gravite ölçüsü, denizlerde uydu altimetre ölçülerinden türetilen deniz gravite anomalileri, 450 m konumsal çözünürlükte 1 : 25 000 ölçekli haritalardaki eş yükseklik eğrilerinin sayısallaştırılmasından elde edilen sayısal yükseklik modeli (15" x 20") kullanılmıştır. Gravimetrik jeoit hesaplamada TG-91’de olduğu gibi En Küçük Karelerle Kollokasyon (EKKK) Yöntemi kullanılmıştır.

2006 yılında, TG-91 ve TG-03 hesabında kullanılan yaklaşık 62 500 yersel gravite ölçüsü ile Küresel Hızlı Fourier Dönüşümü (KHFD) (Forsberg ve Sideris, 1993) Yöntemiyle Türkiye Jeoit-2007 (TG-07) hesaplanmıştır (Yıldız vd., 2006).

TG-07’nin hesabında, TG-03’den farklı olarak EGM96 küresel jeopotansiyel modeli ile GRACE GGM02S küresel jeopotansiyelinin birleştirilmesiyle elde edilen bir jeopotansiyel model, yaklaşık 90 metre aralıklı SRTM3 (Shuttle Radar Topography Mission-3) verilerinden elde edilen sayısal yükseklik modeli ve denizlerde KMS02 deniz gravite anomalileri kullanılmıştır. Elde edilen gravimetrik jeoit Türkiye’de GPS/Nivelman jeoit ile birleştirilerek TG-07 olarak adlandırılan “Dönüştürücü Yüzey” hesaplanmıştır. Hesaplama kullanılan GPS/Nivelman noktalarıyla yapılan karşılaştırmalarda TG-07’nin 8.8 cm bir dış doğruluğu olduğu tespit edilmiştir.

2008 yılında, EGM08 küresel jeopotansiyelin (Pavlis vd., 2008) kullanıcılara açılmasıyla birlikte, Türkiye Jeoit-2009 (TG-09) hesaplanmıştır. TG-09 hesabında, EGM08 küresel jeopotansiyel model olarak kullanılmış ve hesaplamalarda Küresel Hızlı Fourier Dönüşümü (Forsberg ve Sideris, 1993) Yöntemi kullanılmıştır. Sayısal yükseklik modeli olarak ise Harita Genel Komutanlığı tarafından 1 : 25 000 ölçekli haritalardan sayısallaştırılarak üretilen 90 metre aralıklı DTED1 sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır. TG-09’da kullanılan kara alanlarına ilişkin yersel gravite ölçüleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü ve Türk Petrolleri Anonim Ortaklığı’ndan temin edilen ilave gravite verileri ile birlikte toplam 262 212 adettir. Denizlerde ise, Danimarka Ulusal Uzay Merkezi (Danish National Space Center 2008- DNSC08) deniz gravite anomalileri (Andersen vd., 2010) kullanılmıştır. TG-09 jeoit modelinin dış doğruluğu 8 cm olarak hesaplanmıştır (Kılıçoğlu vd., 2009b).

3.6. Güncel Çalışmalar ve Yapılması Gereken Çalışmalar İle İlgili Öngörüler

3.6.1. Jeodezik Temel Ağların Deformasyonu

Deprem anında oluşan yer değiştirmeler topografyada yatay ve düşey yer değiştirmeler biçiminde görülür. Deprem sırasında oluşan yüzey kırığı ve kırık boyunca ölçülen yatay ve düşey ötelemelerden yararlanarak deprem anındaki yer değiştirmeler modellenebilmektedir. Nitekim benzer çalışmalar 1999 depremi sonrasında Harita Genel Komutanlığınca gerçekleştirilmiştir. Bu depremlerin TUTGA üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, 2000 ve 2001 yıllarında GPS ve geometrik nivelman ölçüleri yapılmıştır. TUTGA koordinatlarının zamana bağlı değişimlerinin

belirlenmesi maksadıyla, 1992-2009 yılları arasında gerçekleştirilen GPS kampanyaları değerlendirilmiş ve birleştirilerek Türkiye ve çevresine ait koordinat ve hız alanı hesaplanmıştır.

Belirli bölgelerde yerel ve bölgesel fiziksel deformasyonu belirlemek amacıyla kurulan yoğun ağ yapılarının haricinde, inter-sismik ve post-sismik deformasyon, periyodik GPS ve nivelman ölçüleri yoluyla da izlenmektedir. 1992'den bu yana yapılan GPS gözlemlerinin jeodezik analizleriyle elde edilen yatay ve düşey hız çözümü Anadolu ve çevre bölgesinin tektonik yapısı hakkında bilgi vermektedir.

Fiziksel deformasyon ve sismik tehlike bölgelerini açığa çıkarmak amacıyla hız alanının analizi gerçekleştirilmektedir. Gerinim analizleri ve katı blok dönüklükleri, yerel sıkışma ve faylanma bölgelerine ışık tutmaktadır. Yüksek sismik aktivite nedeniyle, bağımsız GPS kampanyaları yardımıyla ko-sismik ve post-sismik deformasyonlar da izlenmektedir. $M_w = 6.0$ dan büyük depremler yüzey yer değiştirmelerine neden olmaktadır ve yüksek doğruluklu jeodezik çalışmalarda dikkate alınmalıdır. Buna ilave olarak, interferometrik radar tekniklerinin özellikle düşey bileşende sağladığı duyarlı çözümlerin GNSS çözümleri ile birlikte yapılan analizleriyle, süregelen tektonik aktivitenin detaylı olarak belirlenmesi de mümkündür.

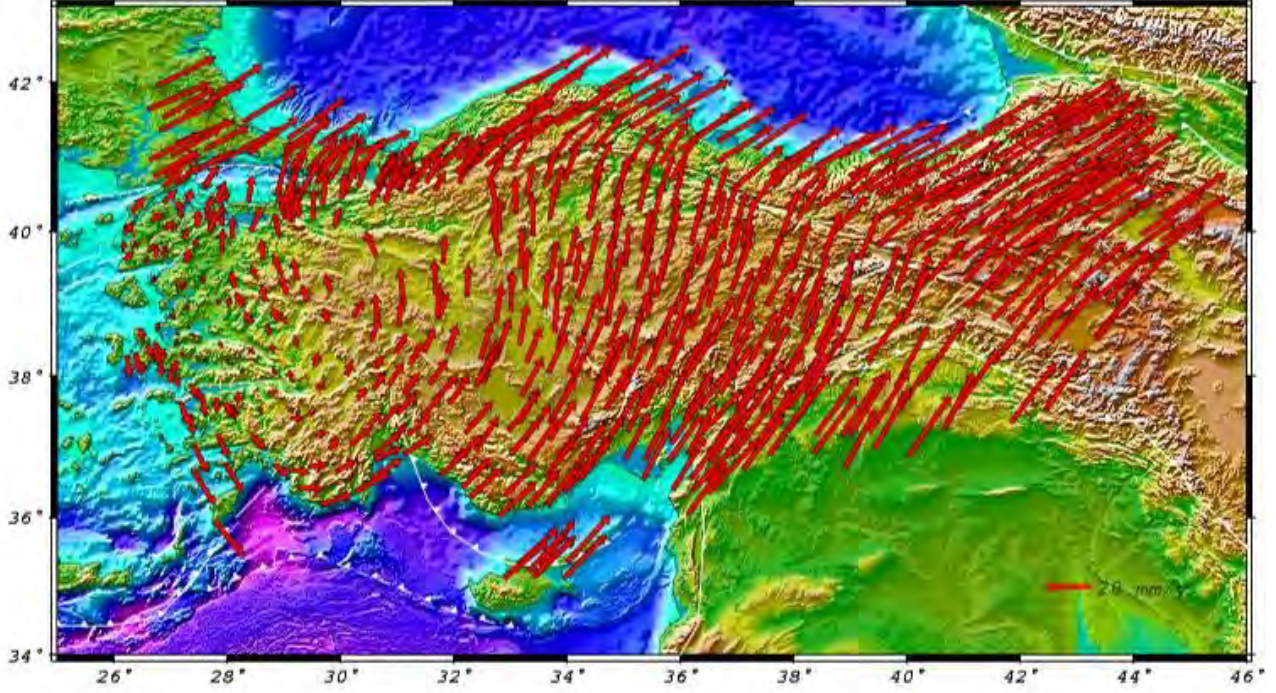
1990'lı yılların başından bu yana sürekli gözlem yapan GPS istasyonları ve 1997-2005 yılları arasında gerçekleştirilen kampanya tipi GPS gözlemleri yardımıyla Batı Anadolu için güncel ve yoğun bir hız alanı türetilmiştir. Bu hız alanının analizi, Türkiye'nin batısının Anadolu platosundan Ege kıyılarına doğru gittikçe artan büyüklükte genişleme hareketine maruz kaldığını göstermiştir. Bu genişlemenin yönü, etki alanının kuzey bölümünde Kuzey Kuzeydoğu-Güney Güneybatı (KKD-GGB), güney bölümünde ise, Kuzey Kuzeybatı-Güney Güneydoğu (KKB-GGD) şeklinde değişmektedir. Türkiye'nin en batısındaki yaklaşık 20 mm/yıllık toplam hız, ortalama 50 nstrain/yıllık gerinim oranıyla bu bölgeyi dünyanın en hızlı kıtasal genişleme bölgelerinden biri yapmaktadır.

Üniversitelerce yürütülen GPS çalışmaları ile jeodezik ağların deformasyonu sadece ülke ölçeğinde değil aynı zamanda yerel ölçekte de izlenmektedir.

3.6.2. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı- TUTGA

Yaklaşık 700 noktadan oluşan Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA), 1997, 1998 ve 1999 yıllarında gerçekleştirilen GPS gözlemleriyle kurulmuştur. TUTGA'nın kurulmasının ardından, 1999 yılında oluşan yüksek sismisite (İzmit Depremi (Dp.), 1999, $M_w = 7.5$, Düzce Dp., 1999, $M_w = 7.2$, Çerkeş Dp., 2000, $M_w = 6.1$, Sultandağ Dp., 2000, $M_w = 5.9$, Çay Dp., $M_w = 6.6$ and Bingöl Dp., 2003, $M_w = 6.4$) ve ağın bozulmuş olma riskine karşı revizyon ölçüleri gerçekleştirilmiştir. Özellikle bu depremlerin etkilerini belirlemek amacıyla 2000 ve 2001 yıllarında Harita Genel Komutanlığınca GPS ve geometrik nivelman ölçüleri yapılmış, bu ölçüler dahil edilerek TUTGA-99 güncellenmiş ve Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999A (TUTGA-99A) oluşturulmuştur. Her istasyon için 3 Boyutlu koordinatlar ve hızlar ITRF2000'de hesaplanmış ve TUTGA-99A için başlangıç referans çerçevesi olarak seçilen ITRF96'ya dönüştürülmüştür. Noktaların konumsal hassasiyetleri 1-3 cm mertebesindedir. Uluslararası Yersel Referans Sistemine dayalı TUTGA-99A (Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı 1999-A) koordinatlarının güncellenmesi ve zamana bağlı değişimlerinin belirlenmesi amacıyla; 1992-2009 yılları arasında gerçekleştirilen GPS kampanyaları değerlendirilmiş ve birleştirilerek Türkiye ve çevresine ait koordinat ve hız alanı hesaplanmıştır.

Diğer yandan TUTGA-99A, ortak istasyonlar yoluyla Türkiye Yatay ve Düşey Kontrol Ağlarına bağlanmıştır. Tekrarlı GPS gözlemleriyle noktaların zamandan bağımsız koordinatları hesaplanmaktadır. Aynı zamanda TUTGA çalışmaları çerçevesinde ED50-ITRF96 dönüşüm modelleri belirlenmiştir. Sabit ve kampanya tipi GPS gözlemlerinin birleştirilmesi çalışmaları devam etmektedir. Yapılan analizler sonucunda Türkiye ve çevresindeki deprem öncesi 612, deprem sonrası ise 107 nokta tekrarlılık ve tektonik açıdan uyumlu bulunmuş ve hız alanı bu noktalar ile belirlenmiştir. Türkiye ve çevresinin ITRF2005'de belirlenen hız alanı Şekil 9'da verilmektedir.



Şekil 9. Türkiye Yatay Hız Alanı (ITRF datumunda).

3.6.3. Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı- TUSAGA

Arap, Afrika ve Avrasya plakalarının birbirlerine göre hareketleri sonucunda bu plakaların sınırları boyunca ve iç kısımlarda şiddetli deformasyonların olduğu ve söz konusu üç plakanın kesişim noktası üzerinde bulunan Türkiye’de yıllık ortalama 2.5 cm civarında yer değiştirmelerin meydana geldiği bilinmektedir. Ayrıca, depremler nedeniyle nokta konumlarında depremin büyüklüğüne bağlı olarak 2-3 m’ye varan yer değiştirmeler olabilmektedir. Bu nedenle, nirengi noktalarının koordinatlarındaki yer değiştirmelerin sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir. Söz konusu izleme, periyodik (kampanya tipi) olarak ya da sabit istasyonlarda sürekli GPS/GNSS gözlemleriyle yapılmaktadır.

Bugün dünyada başta jeodezi olmak üzere, konum bilgisine ihtiyaç duyan tüm bilim dalları ve iş kolları hızlı, ekonomik ve doğru konum bilgisi elde etmek üzere GNSS’i kullanmaktadır. Bu amaca yönelik olarak tüm dünyada 7 gün 24 saat veri toplayan sabit GNSS istasyonları tesis edilmekte ve farklı kurumlarca işletilmektedir. İstasyonlarda toplanan veriler kullanıcılara belli bir ücret karşılığı veya bedelsiz olarak internet üzerinden sunulmaktadır.

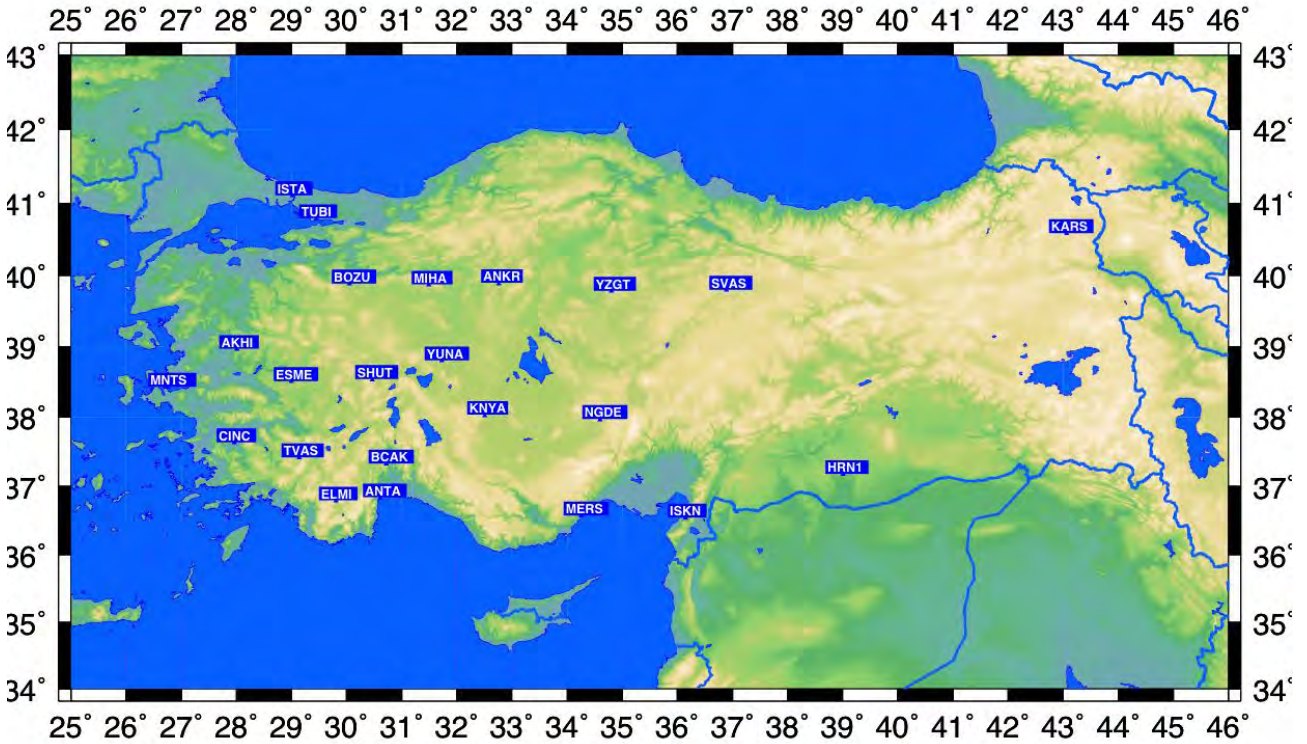
Türkiye genelinde dağılmış noktalarda askerî ve sivil kullanıma yönelik jeodezik ve jeodinamik amaçlar doğrultusunda uydu bilgileri toplayan sabit istasyonlardan oluşan bir ağ kurulması çalışmaları 1990 yılında başlatılmıştır. Bu amaçla ilk olarak Ankara Sabit GPS İstasyonu kurulmuş ve 23 Ocak 1991 tarihinde faaliyete başlamıştır (Türkezer, 1995). Halen aktif durumda bulunan bu istasyon, Uluslararası GNSS Servisi’in referans sistemi tanımlamada kullandığı istasyonlardan biri konumundadır.

TUSAGA istasyonlarının sayısı; Harita Genel Komutanlığınca işletilen 21 istasyon ve İstanbul Teknik Üniversitesi (ISTA) ve TÜBİTAK (TUBİ) istasyonları dahil olmak üzere, 2016 yılı itibariyle 23’tür. Bu istasyonların büyük bölümü, özenle seçilen bölgelerde sağlam kaya zeminde tesis edilmiş olması nedeniyle Şekil 10’da, özellikle yer kabuğu hareketlerini belirleme çalışmalarında kullanılabilirliği açısından önem taşımaktadır. Söz konusu istasyonların işletilmesi ve veri analizleri Harita Genel Komutanlığında günlük olarak gerçekleştirilmektedir. Jeodezik, jeodinamik ve mühendislik ölçmeleri amaçlı ulusal ve uluslararası ortak çalışmalar bu ağın gelişimine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca TUSAGA istasyonları, sürekli veri toplama ve analiz döngüsü çerçevesinde,

jeodinamik kabuk hareketlerini gözleme ve jeodezik kontrol amaçlarıyla kullanılabilir. Halen aktif durumda bulunan TUSAGA istasyonları Şekil 11'de görülmektedir.



Şekil 10. Örnek Bir TUSAGA İstasyonu (Eşme İstasyonu).



Şekil 11. Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA) Noktalarının Dağılımı.

3.6.4. Marmara Sürekli GPS Gözlem Ağı- MAGNET

1988 yılından itibaren Marmara Bölgesinde gerçekleştirilen kampanya bazlı (periyodik) GPS gözlem çalışmaları sonucunda bu bölgenin sürekli veri toplayan sabit GPS istasyonlarından oluşan

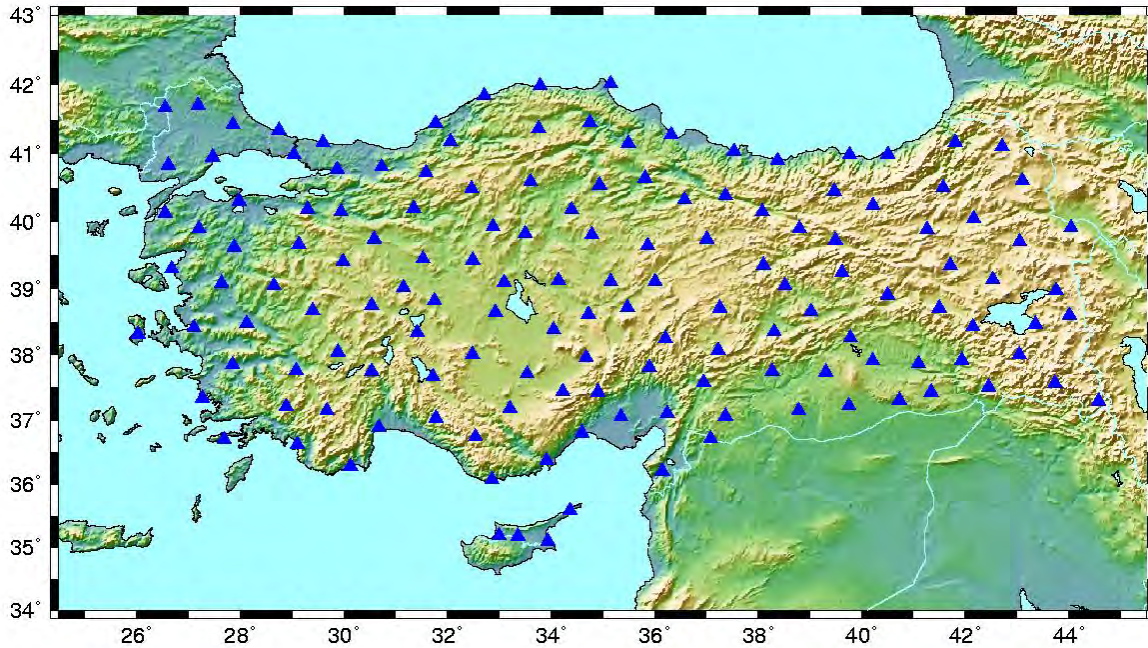
bir ağ ile kontrol edilmesinin depreme y3nelik çalışmalarda 3nemli katkılar sağlayacağı g3r3lm3řt3r (Relinger vd., 1997; Barka ve Relinger, 1997). M3teakiben, 1999 yılında T3B3TAK-MAM tarafından Yerkabuğu hareketlerinin s3rekli olarak izlenmesi, olası deprem yerleri ve b3y3kl3klerinin saptanması için Marmara Denizi etrafında dağılmış noktalandan oluşan Marmara B3lgesi S3rekli GPS Ağı (MAGNET) kurulmuştur. S3z konusu GPS istasyonlarında ve kampanya noktalarında, 17 Ağustos 1999 depreminden hemen sonra gerçekleştirilen GPS g3zlemleri ve deprem 3ncesi GPS g3zlem değerlendirme sonuçlarının karşılaştırılması ile deprem anında meydana gelen deformasyonlar detaylı olarak haritalar 3zerinde g3rselleştirilebilmiştir (Ergintav vd., 2002), (Demirel vd., 2005).

3.6.5. T3rkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif- TUSAGA-Aktif

TUSAGA başlangıçta s3rekli g3zlem yapan bir ağ olarak tasarlanrsa da, yoğun kadastral çalışmaları gerçek zamanda destekleyecek 3lme faaliyeti için t3m 3lkeyi kapsayan bir Gerçek Zamanlı Kinematik ağının kurulması ihtiyaı doğmuştur. 146 istasyondan oluşan bir RTK ağı T3B3TAK Kamu Ar-Ge projesi kapsamında gerçekleştirilerek operasyonel h3le getirilmiştir (şekil 12). Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel M3d3rl3đ3 h3len sistemin işleticisi konumundadır. Sistemin işletilmesi, s3z konusu kurumlarca oluşturulan TUSAGA-Aktif Y3r3tme Kurulu marifetiyle gerçekleştirilmektedir. TUSAGA-Aktif başlangıçta harita ve kadastro meslek grubuna hizmet etmesi amacıyla kurulmuş olsa da, y3ksek sismik aktivite g3steren Anadolu ve evre b3lgelerinde tektonik ve sismik aktiviteyi araştıran Yer bilimleri alanlarına çok 3nemli bir veri kaynağı oluşturmaktadır. Sistemden yararlanan kullanıcıların diferansiyel konum d3zeltme verisinin yanında g3ncellenmiş jeoit ve datum d3n3ř3m parametrelerine ulaşabilmesi hedeflenmiştir.

Her istasyonda toplanan GNSS verisi, g3nl3k olarak Harita Genel Komutanlığında değerlendirilmekte ve koordinat zaman serileri oluşturulmaktadır. Bu zaman serileri, levha tektoniği, yer kabuğu ve diğer etkenler nedeniyle oluşan deformasyonları ve bunların sebep olduğu konumsal değerifimleri belirlemek amacıyla incelenmektedir.

Koordinat zaman serilerini elde etmek amacıyla değerlendirilen TUSAGA-Aktif verileri 30 saniyelik olmakla birlikte, sistemden 1 saniyelik veri elde etmek ve değerlendirmek de m3mk3nd3r. Deprem in oluştuğu an için bu verilerin analizi, deprem sonucu oluşan yırtılmanın y3n3 ve miktarını çok kısa s3rede belirleme olanağı vermektedir.



şekil 12. T3rkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif İstasyonlarının Dağılımı

3.6.6. Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi- TUDES

Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi'nin (TUDES) temel bileşeni olan Mareograf istasyonlarında gerçekleştirilen deniz seviyesi gözlemleri, birçok bilimsel çalışma ve mühendislik uygulamalarına hizmet eden temel veri setlerinden biri olup, bazı önemli kullanım alanları aşağıda sıralanmıştır:

- Düşey referans sistemlerinin oluşturulması,
- Oşinografik modelleme (gelgit, okyanus dolaşımı vb.) ve simülasyon çalışmaları,
- Altimetrik gözlemlerin kalibrasyonu,
- Hidrografik ölçmeler ve özellikle sığ sularda güvenli seyrüsefer,
- Kıyı ve deniz yapılarının (liman, köprü, tüp geçit vb.) tasarımı,
- Deniz sınırlarının (kıyı çizgisi, karasuları, kıta sahanlığı vb.) belirlenmesi,
- İklim değişimleri ve etkilerinin araştırılması,
- Erken uyarı sistemlerinin (tsunami erken uyarı, fırtına erken uyarı vb.) gerçekleştirilmesi.

Bu ihtiyaçlara hizmet etmek amacıyla küresel, bölgesel ve yerel ölçeklerde deniz seviyesi gözlem ağları ve veri merkezleri kurulmaktadır. Küresel Deniz Seviyesi Gözlem Sistemi (GLOSS: <http://www.gloss-sealevel.org/>), Ortalama Deniz Seviyesi Sürekli Servisi (PSMSL: <http://www.psmsl.org/>) küresel ve bölgesel ölçekte deniz seviyesi gözlem ve veri merkezlerine örnek olarak gösterebilir. Yerel ölçekte birçok kıyı ülkesi kendi ulusal deniz seviyesi gözlem ağını kurup, işletmekte ve çeşitli program ve projeler kapsamında küresel/bölgesel ağlara destek sağlamaktadır (Simav vd., 2011).

1922 yılında ilk kez Fransa Ulusal Coğrafya Enstitüsü tarafından İskenderun'da kurulan bir mareograf istasyonu ile başlayan Türkiye'de deniz seviyesi belirleme çalışmaları, günümüzde sayıları 20'ye ulaşan (2 tanesi KKTC'de tesisli) otomatik ve sayısal akustik mareograf istasyonları Şekil 13 ile Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) kapsamında devam etmektedir (Şekil 14).

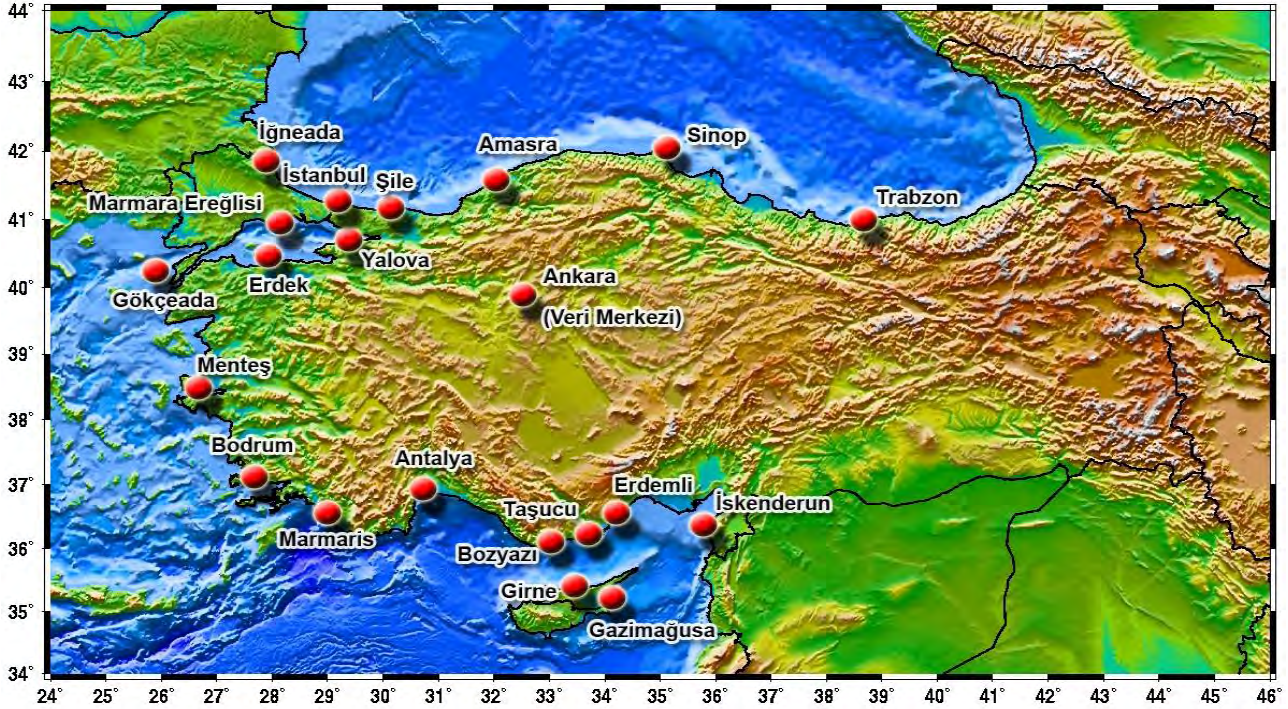


Şekil 13. Örnek bir mareograf istasyonu (Antalya).

Harita Genel Komutanlığı, TUDES istasyonları ile kıyılarımızdaki uzun dönemli deniz seviyesi değişimlerini takip ederek Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı için bir referans yüzey belirleme

çalışmalarını yürütmektedir. Diğer yandan Türkiye için oluşturulacak jeoit modellerinin kıyılardaki mutlak kontrolünde TUDES istasyonlarına ait veriler kullanılmaktadır.

Kurulu buldukları konum itibariyle rölatif (bağıl) deniz seviyesi değişimlerini görüntüleyebilen mareograf istasyonları bağılı buldukları TUDKA vasıtasıyla da birbirlerine göre seviye değişimlerini ortaya koyabilmektedir. Böylece üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada konumundaki ülkemiz için denizler arası yükseklik farklarını (Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz) ve aynı deniz içerisindeki deniz yüzeyi eğimlerini belirlemek mümkün olacaktır.



Şekil 14. Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) mareograf istasyonları.

Mareograf istasyonlarında gözlenen deniz seviyesi ve diğer yardımcı meteorolojik veriler, GPRS tabanlı iletişim sistemleriyle gerçek ve/veya yakın gerçek zamanlı olarak Ankara Harita Genel Komutanlığı veri merkezine aktarılmakta, burada seviye verilerine etki eden sistematik ve rastlantısal hataları belirlemek üzere kalite kontrol işleminden geçirilmektedir. Kalite kontrol işleminden geçirilmiş verilerden temel olarak mevsimsel, yıllar arası, onyıllar arası ve seküler değişimler gibi uzun dönemli değişimlerin araştırılması için günlük ve aylık ortalama değerler belirlenmektedir. Ayrıca, istasyonlarla ilgili birçok meta verinin depolanması, yönetilmesi ve sunulması için web ara yüzü bir veri tabanı kurulması hedeflenmiştir.

Diğer yandan deniz ve okyanus tabanlarında meydana gelen büyük depremler sonrası oluşan dev dalgaların (Tsunami) kıyılarda meydana getireceği zararları önlemek veya en aza indirmek amacıyla erken uyarı sistemlerinin tesis edilmesi, bu kapsamda oluşturulacak Tsunami senaryolarındaki dalga yayılım simülasyonlarının test edilmesi için deniz seviyesi verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda ülkemiz adına çevre denizlerimizde söz konusu çalışmaları yürüten Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'ne Harita Genel Komutanlığı tarafından TUDES mareograf istasyonlarının verileriyle bir protokol kapsamında destek verilmektedir.

Halen 20 adet sayısal ve tam otomatik akustik mareograf istasyonlarından oluşan TUDES'in, sabit GNSS alıcısı entegreli radar sensörlü seviye ölçüm sistemleriyle modernizasyon çalışmaları, hazırlanan prototipin İskenderun mareograf istasyonunda testi ile başlamıştır (Şekil 15). Modernizasyon çalışmalarının 2017-2020 döneminde tamamlanması planlanmaktadır.



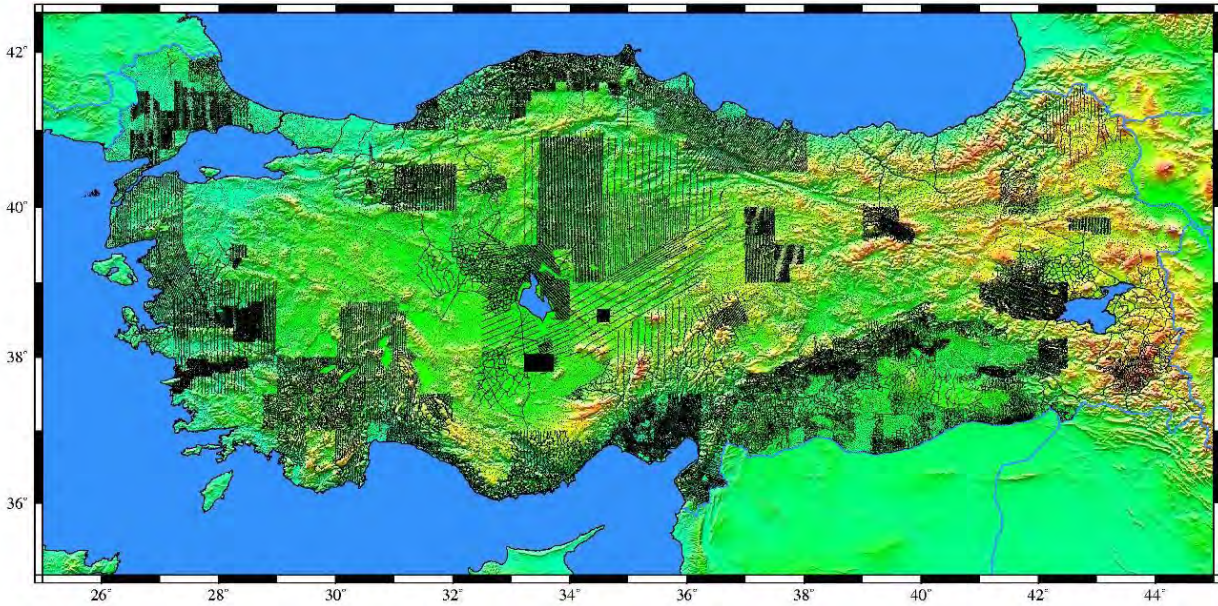
Şekil 15. İskenderun mareograf istasyonuna kurulan sabit GNSS alıcısı entegreli radar deniz seviyesi ölçer istasyonu.

3.6.7. Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu İçin Yapılan Çalışmalar ve Beklentiler

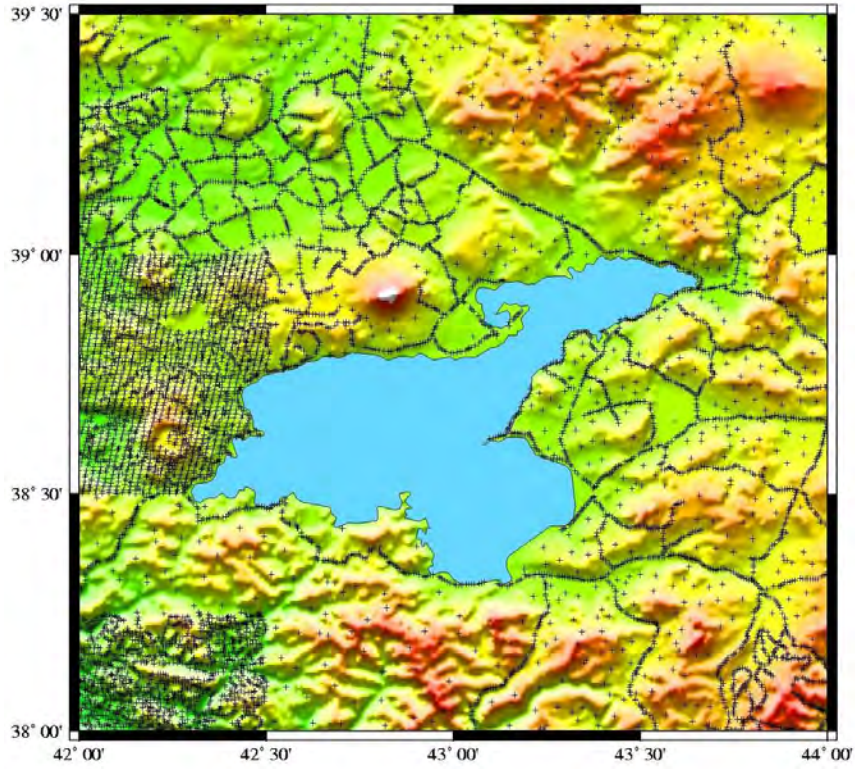
Türkiye’de jeoit belirleme ile ilgili gelinen aşamada; en son hesaplanan Türkiye Jeoit Modeli olan TG-09’ın hesabında (Kılıçoğlu vd., 2009b), TG-07 (Yıldız vd., 2006) ve TG-03 (Kılıçoğlu vd., 2005a) jeoit modellerine göre yaklaşık 4 kat daha fazla yersel gravite verisi kullanılmasına rağmen anlamlı bir doğruluk artışı sağlanamamıştır. Benzer durum, (Omang ve Forsberg, 2002) tarafından Kuzey Avrupa’da yapılan araştırmalarda da görülmüş, daha fazla verinin verilerdeki olası sistematik hatalar nedeniyle daha iyi bir jeoit belirlemek anlamına gelmeyeceği sonucuna varılmıştır. İlave yersel gravite verisi eklenmesine rağmen TG-09 ile doğrulukta anlamlı bir artış görülmemesinin dört nedeni olabileceği düşünülmektedir. Birincisi, uzun bir dönemde farklı kurumlar tarafından yapılan yersel gravite ölçülerindeki muhtemel hatalar; ikincisi, mevcut gravite ölçülerinin ülke genelinde homojen bir dağılımda olmaması; üçüncüsü, TUDKA’daki olası hatalar, dördüncüsü de verilerin indirgenmesinde kullanılan modellerdeki teorik noksanlıklar (Sjöberg, 2003; Heck, 2003) ve değerlendirme stratejilerindeki yetersizliklerdir (Wang vd.,2012). Bu hususlardan birinci ve ikincisinin çözümü için, mevcut yersel ölçülerden bağımsız olarak yapılacak homojen dağılımlı yeni yersel gravite ölçülerine, dağlık, göl alanları ve kıyusal alanlarda uçaktan gravite ölçülerine ve mevcut gravite verilerindeki hataların tespit edilmesine gereksinim olduğu değerlendirilmektedir. Üçüncüsünün çözümü için ise, TUDKA’da zamanla oluşan yerel deformasyonları belirlemek ve modellemek olanaklı gözükmediğinden ülkede seçilen nivelman hatlarında yeni ve tutarlı GNSS/Nivelman noktaları tesisi ve ölçülmesi ve seçilen bu hatlar boyunca gravimetrik jeoitin görelisi olarak test edilmesi önerilmektedir (Yıldız, 2012).

TUSAGA-Aktif (CORS-TR) projesi çerçevesinde 146 adet Sabit GNSS istasyonu kurulmuş olup, Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyetinde anlık olarak noktasal yatay konum bilgilerini cm doğruluğunda, sonradan analiz ile de mm ler mertebesinde elde etmek mümkün hâle gelmiştir. TUSAGA-Aktif projesi kapsamında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ve Harita Genel Komutanlığı'nda kurulan kontrol ve analiz merkezlerinde; istasyonlardan internet yolu ile alınan GPS verilerinden Diferansiyel GPS ve Gerçek Zamanlı Kinematik konum belirlemeye olanak sağlayacak düzeltme verileri hesaplanmakta ve Türk Silahlı Kuvvetleri dâhil olmak üzere tüm kullanıcılara bu düzeltme verileri yayımlanarak kullanıcının bulunduğu Yer'in enlem ve boylamı yüksek doğrulukla belirlenmektedir. Bu istasyonlardan elde edilen veriler, harita üretimi, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin oluşturulması, kadastro çalışmaları, akıllı tarım uygulamaları, mühendislik yapılarındaki deformasyon belirleme çalışmaları, erken uyarı çalışmaları, yol ve yön bulma çalışmaları, tektonik hareket izleme çalışmaları ve araç takip sistemlerinin de içinde bulunduğu birçok alanda kullanılmaktadır. TUSAGA-Aktif sisteminin kullanıcılara sağladığı yatay koordinatlardaki cm mertebesindeki doğruluğun yükseklik bilgisinde de sağlanması için, ülke genelinde birkaç cm doğruluğunda bir jeoitin belirlenmesi ve bunun ulusal düşey datumla ve GNSS'den elde edilen elipsoit yükseklikleri ile bağıntısının kurularak TUSAGA-Aktif sistemiyle bütünleştirilmesi gerekmektedir.

Ancak mevcut durumda, Türkiye için birkaç cm doğruluklu bir jeoit belirlemek zorlu bir konudur. Türkiye'de Van Gölü gibi geniş göller üzerinde ve uzun kıyısız deniz alanlarında gravite ölçüsü bulunmamakta ve dağlık alanlarda çok seyrek bir biçimde gravite ölçüleri bulunmaktadır. Türkiye için en son hesaplanan TG-09 jeoit modelinde kullanılan kara alanlarına ait gravite ölçülerinin tüm Türkiye için dağılımı Şekil 16'da, Van Gölü ve çevresindeki dağılımı ise Şekil 17'de sunulmuştur.



Şekil 16. Türkiye Jeoit-09'un hesabında kullanılan 262 212 adet yersel gravite ölçü noktalarının dağılımı (Yıldız, 2012). Gravite ölçüsü olan noktalar siyah artı işareti ile gösterilmiştir.



Şekil 17. Türkiye Jeoiti-09'un hesabında kullanılan yersel gravite ölçülerinin Van Gölü ve çevresindeki dağılımı (Yıldız, 2012). Gravite ölçüsü olan noktalar siyah artı işareti ile gösterilmiştir.

Şekil 16 ve Şekil 17 incelendiğinde Türkiye'de gravite ölçülerinin dağılımının homojen olmadığı görülmektedir. Çünkü, dağlık alanlarda çok az gravite ölçüsü bulunmakta, göllerde ise hiç bulunmamaktadır.

TUDKA'daki nivelman noktaları zaman içerisinde jeodinamik ve hidrolojik olgular nedeniyle deformasyona maruz kalmış ve ağda bozulmalar olmuştur. Bunun yanında, ülkemizde son yıllarda yoğunlaşan bölünmüş yol çalışmaları nedeniyle, tabiatı gereği karayolları boyunca tesis edilen ve ülkemizi bir örümcek ağı gibi saran nivelman ağı, yoğun bir tahribata maruz kalmıştır.

Hâlihazırda ihtiyaçlara neredeyse cevap veremeyecek duruma gelen ülke yükseklik sisteminin bilimsel ve teknolojik gelişmeler ışığında ve dünyadaki yeni yaklaşımlarla modernize edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Yükseklik sistemi problemi sadece ülkemize özgü bir problem olmayıp dünyanın birçok ülkesinde de benzer problemler yaşanmaktadır. Bu kapsamda ABD, Kanada ve birçok Avrupa ülkesinde milyon dolarlık bütçelerle Yükseklik Sistemi Modernizasyonu programları ve projeleri başlatılmıştır.

Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu Projesi; veri toplama, değerlendirme, karar verme, stratejik planlama, kurumlar arası işbirliği, koordinasyon ve uygulama gibi karmaşık süreçlerden oluşan çokyönlü bir projedir. Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu Projesinin temel ilkeleri, 28-30 Mart 2012 tarihlerinde Bülent Ecevit Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünün ev sahipliğinde gerçekleştirilen TUJK 2012 – Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu Çalıştayında ortaya konulmuştur. Kamu kurum ve kuruluşları ile üniversite ve özel kurumlardan yaklaşık 70 kişinin katılımıyla gerçekleştirilen çalıştayın amacı, "mevcut yükseklik sisteminin sorunlarını ortaya koymak, iyileştirme yollarını tartışmak ve isabetli kararlara ulaşım yollarını aramada ortak akıl üretmek" şeklinde açıklanmıştır. Çalıştayda "Yükseklik Sistemleri, Gereksinim, Gerçekleştirme ve Sorunlar", "Türkiye'de Mevcut Yükseklik Sistemi ve Sorunlar" ve "Dünyadaki Gelişmeler" başlıklı üç oturumda sunumlar gerçekleştirilmiş, ayrıca, "Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu" başlıklı bir forum yapılmıştır. Çalıştay sonunda sonuç bildirge yayımlanmıştır. (http://www.hgk.msb.gov.tr/uyekurusul/tujjb/tujk/TUJK_2012_SONUC_BILDIRGESI.pdf)

Sonuç olarak; Türkiye’de yükseklik sistemi modernizasyonu konusunda aşağıdaki konularda araştırma ve uygulamaların yapılmasının yararlı olacağı değerlendirilmektedir:

- a. Türkiye’de ölçü olmayan alanlarda gravite ölçüleri yapılarak ülke genelinde homojen dağılıma sahip bir ulusal gravite veri tabanı oluşturulması ve bu amaçla yeni yersel gravite ölçüleri yapılması,
- b. Türkiye’de yersel gravite ölçülerinin yapılması mümkün olmayan kıyı alanları, göl ve dağlık alanlarda havadan gravite ölçüm ve analizlerinin yapılması,
- c. Yeni yapılacak gravite ölçüleri ve GOCE uydu gravite verileri kullanılarak mevcut yersel gravite ölçülerindeki hataların giderilmesi,
- ç. Türkiye’de kıyı ve dağlık alanlarda gravimetrik jeoitin iyileştirilmesi amacıyla sayısal zenit kameralarla astro-jeodezik çekül sapmalarının ölçümü ve analizinin yapılması,
- d. Yeni tesis edilecek hassas nivelman ağındaki mesafeye bağlı hata birikimlerini denetlemek, azaltmak ve gravimetrik jeoitin kıyılarda mutlak olarak kontrol etmek amacıyla, Türkiye kıyılarındaki mareograf istasyonlarındaki ortalama deniz yüzeyi topografyasının oşinografik ve jeodezik yöntemlerle belirlenmesi,
- e. Türkiye Mutlak Gravite Ağı’nın genişletilmesi ve geliştirilmesi,
- f. Türkiye için en uygun yükseklik türünün (normal, ortometrik vb.) belirlenmesi,
- g. Potansiyelin ve gravitenin analitik ‘downward continuation’u probleminin pratik çözümü (Topoğrafyanın potansiyelinin küresel harmonik açılımı ve ifade edilmesi),
- ğ. Farklı ölçülerin (gravite, çekül sapması, nivelman vb.) bir modelde kullanılmasını sağlayan modellerin oluşturulması,
- h. Türkiye gravite alanında zamana bağlı değişimlere neden olan etkenlerin araştırılması ve modellenmesi,
- ı. Teknolojik gelişmeler ışığında hassas nivelman hata kaynaklarının araştırılması ve ölçüm standartlarının belirlenmesi,
- i. Yukarıdaki maddelerin gelişimine paralel olarak, güncel teori ve teknolojilerin ışığında temel uygulamaların araştırılması ve temel altyapının hazırlanması,
- j. Teorik ve pratik altyapının hazırlanması (Veri analizi, indirgeme ve nümerik değerlendirme ve yazılımın geliştirilmesi ve tercih edilmesi).

3.6.8. Gravitenin Zamana Bağlı Değişimlerinin İzlenmesi

Yersel gravite çalışmalarının zaman ve maliyet kısıtlamaları, uydu tabanlı gravite misyonlarına yol açmıştır. Almanya menşeli CHAMP (GFZ, 2008), NASA-GFZ ortak misyonu GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) (GRACE, 2008), Avrupa Birliği menşeli GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer) (GOCE, 2008) söz konusu uydu tabanlı gravite misyonlarına örnek olarak verilebilir. Temel olarak global Yer potansiyel alanını iyileştirmeyi amaçlayan bu misyonlarda, uyduların aynı bölgeden geçme aralıklarının kısalması ve daha alçak yörüngeler kullanmaları nedeniyle, duyarlıkları ve mekânsal çözünürlükleri önemli ölçüde artmıştır. Daha önceleri sadece Yer’in uzun dalga boylu etkilerinin belirlenmesi için kullanılabilen global Yer potansiyel modelleri, gravite amaçlı uyduların gelişmesiyle 360. dereceden 2160. dereceye kadar geliştirilmiş ve artık ultra-kısa dalga boylu etkiler yersel ölçümler yapılmadan belirlenebilir hâle gelmiştir. Özellikle jeoit hesabında çoğunlukla kara ile sınırlı (denizde ancak gemilerle sınırlı olarak gerçekleştirilebilir) yersel gravite ölçümleri kullanılırken, günümüzde gelişen uydu altimetre ölçümleri ile jeoitin belirlenmesinde duyarlılık artmıştır.

Gravite amaçlı uydu çalışmalarından elde edilen en önemli verilerden biri de, gravite alanının 10 günlük kısa bir süre içindeki değişimlerinin gözlenebilir hâle gelmesidir. Bu şekilde, yeraltı su seviyelerindeki değişim, Yer içindeki kütle yer değiştirmeleri de elde edilebilmekte ve jeodezi tarafından geliştirilen bir sistem daha diğer disiplinlerin hizmetine sunulmaktadır (Simav vd., 2013).

4. ULUSAL BOYUTTA YAŞAMSAL JEODEZİ VE BEKLENTİLER

Yapılan tüm bilimsel ve teknik faaliyetin insan yaşamı ve yaşamsal öncelikleri ile arakesititanımlanmazsa, ulusal boyutta jeodezinin önemi anlaşılabilir. Bu açıdan;

Konum belirleme uzayı, görüntüleme uzayı, küresel iklim değişimleri kapsamındaki doğal felaketler, deprem, iletişim olgusu gibi insanla iç içe olan konularda jeodezik çıktıları somut olarak ortaya koyarak, karar vericilere yapılması gerekenleri ve prensipleri burada ifade etmek yararlı olacaktır.

Jeodezi ile sağlanan yeni bilgi ve yöntemler, jeodezinin Harita Mühendisliğinin diğer dallarından daha öne çıkmasına ve daha bağımsız bir bilim dalı olarak gelişmesine neden olmuştur. Bunun diğer bir nedeni ise, Harita Mühendisliğinin diğer alanlarındaki birçok çalışmanın gelişen bilgisayar ve yazılım sistemleri ile başka bilim dalları tarafından yapılabiliyor hâle gelmesidir. Günümüzde Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama sadece Harita Mühendisliğinde değil, birçok bilim dalında başlıca çalışma konusudur. Buna karşın uydu tabanlı jeodezik yöntemler diğer bilim dalları ile etkileşimini daha da artırmış, deprem risk çalışmalarından, atmosferik çalışmalara kadar farklı bilim dalları için önemli veriler üreten bir disiplin hâline gelmiştir. Bu anlamda, jeodezinin, sadece “Yer’in şekil, konum ve gravite alanının belirlenmesi” şeklindeki temel misyonunun gelecekte “her türlü ölçü sistemlerinin geliştirilmesi ve bu ölçülerin yüksek duyarlılıkta işlenmesi” şeklinde genişleyeceği değerlendirilmektedir. ABD’de bilim ve teknolojinin öncelikle savunma sanayi kapsamında geliştiği, birçok teknolojik ürünün Savunma Bakanlığı tarafından öncelikle ortaya çıkarıldığı bilinmektedir. ABD Silahlı Kuvvetleri tarafından GPS tabanlı iyonosfer, troposfer, zaman senkronizasyonu gibi çalışmaların desteklenmesi, söz konusu teknolojilerin gelecekte ne kadar önem kazanacağına birer işareti olarak değerlendirilmektedir.

Benzer olgulardan hareketle, ülkemizde enerji, ulaşım, savunma, bilişim, çevre, şehircilik, haberleşme ve uzay alanlarının öngördüğü toplumsal gereksinimlerin karşılanmasında jeodezik ürün ve uygulamalar, karar vericilerin doğrudan hizmetinde yer alacak şekilde çok disiplinli uygulama projelerinde gereken yeri almalıdır. Bu rolün büyük ölçüde mühendis yetiştiren ve bilimsel çalışmalar yapan akademik birimler ile, ilgili alanda uygulama ve üretim yapan kurum ve sivil toplum kuruluşlarınca üstlenmesi düşünülmelidir.

4.1. GPS/GNSS Analiz Merkezi

IGS’in Avrupa için Sıklaştırılmış bir ağı olan Avrupa Referans Ağı’na (EUREF Permanent Network, <http://www.epncb.oma.be/>) ait analiz merkezlerinin sayısı 2014 yılı itibarıyla 16’dır (<http://www.epncb.oma.be/productsservices/analysiscentres/>). Bu analiz merkezleri arasında Türkiye bulunmamaktadır. Türkiye’den bir üniversite veya bir kamu kurumunun analiz merkezi olması, bu amaçla kurulacak çalışma grubuna katılacak jeodezi alanındaki araştırmacıların uzmanlaşmasının, diğer analiz merkezleri ile işbirliği ve jeodezi alanında elde edilecek kazanımlar açısından ülkemiz adına çok faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

4.2. Web Tabanlı bir GPS/GNSS Analizi Yazılımının Geliştirilmesi

Yurt dışındaki örneklerinde olduğu gibi, web tabanlı bir GPS/GNSS analizi yazılımının geliştirilmesinin yararlı olduğu değerlendirilmektedir. Arazide ölçüm yapan kullanıcılar, topladıkları verileri, alıcı ve anten bilgilerini bir arayüz vasıtasıyla sisteme yükleyebilir, müteakiben istenilen e-posta adresine özet bir analiz raporu ile birlikte sonuç koordinatlar gönderilebilir. Bu şekilde, GPS/GNSS analiz tecrübesi olmayan kullanıcılar için bir hizmet, diğerleri için ise hesaplanan konum bilgileri için bir kontrol imkânı sağlanmış olabilecektir.

4.3. GPS/GNSS Verilerini Değerlendirme Yazılımının Geliştirilmesi

Ülkemizde bilimsel GPS/GNSS analizi yazılımları olarak; İsviçre BERN Üniversitesi tarafından geliştirilen Bernese (Dach vd., 2007), MIT/ABD’de (Massachusetts Institute of Technology) geliştirilen GAMIT/GLOBK (Herring vd., 2010a, 2010b) ve Jet Propulsion Laboratory-JPL/ABD’de

geliştirilen GIPSY/OASIS II (Webb ve Zumberge, 1995) kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkeler söz konusu yazılımları kullanmakla birlikte, kendi yazılımlarını da geliştirmiş ve her türlü bilimsel/ticari uygulamalarda bu yazılımlardan yararlanmaktadır. Ülkemizin kendi GPS/GNSS yazılımını geliştirerek ulusal bir yazılım kullanmanın gerek jeodezi alanında mesleki gelişimde, gerekse uluslararası platformda ülkemizin tanıtılmasına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

4.4. TUSAGA-Aktif Ağına İlave İstasyon Eklenmesi

Uzay tekniklerine dayalı olarak kurulan TUTGA, TUSAGA ve TUSAGA-Aktif ağları yaşayan birer organizma konumundadır. Bu sistemlerin değişen ve gelişen GNSS olguları çerçevesinde güncel tutularak ve bölgesel/küresel sistemlerle bütünleştirilmesinin sağlanarak idame edilmesi, son kullanıcıya en doğru ve güvenilir bilgilerin ulaştırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, gerek hassas konum belirleme uygulamalarında kullanılmaları, gerekse atmosferik çalışmalar gibi farklı disiplinlere olan katkıları nedeniyle, söz konusu ağların yaşatılması ve güncelliğinin korunması önem arz etmektedir. TUSAGA-Aktif Sisteminde hâlen KKTC'deki dört adet de dâhil olmak üzere, 70-90 km istasyonlar arası uzaklıkla toplam 146 istasyon bulunmaktadır. Söz konusu istasyonlardan belirli bir bölgedeki bir veya birkaçı çalışmadığı, arızalandığı veya çeşitli nedenlerle veri gönderemediği durumlarda, o bölge için yeterli konum doğruluğu sağlanamamaktadır. Bu nedenle, sistemin hizmet güvenilirliğinin artırılması amacıyla planlama yapılarak, ülke genelindeki istasyon sayısının artırılmasının ve böylelikle konumsal duyarlılığın artırılması yönündeki beklentilere yanıt verilmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca TUSAGA-Aktif tanımı içerisinde yer almayan ancak farklı kuruluşlar tarafından ticari veya ticari olmayan yapıda tesis edilen yerel GNSS ağlarının, belirli ölçütleri sağlayarak TUSAGA-Aktif yapısı içerisinde yer alması değerlendirilebilir.

5. GELECEĞE DÖNÜK (GERÇEKLEŞTİRİLECEK) JEODEZİK FAALİYETLERİN ÖNEM VE ÖNCELİKLERİ

Geleceğe dönük gerçekleştirilmesi ve desteklenmesi yararlı olacak çalışmalara açıklık getiren aşağıdaki maddeler önem ve önceliklerine göre sıralanmıştır.

- 1- Ulusal kurumların yanı sıra yerel kurum ve kuruluşlar tarafından tesis edilen ve servis veren sabit GNSS referans ağlarının sayısı her geçen gün artmaktadır. Ulusal düzeydeki ağların sıklaştırılmasına da olanak sağlayan bu ağların tesisinin teşvik edilmesi ve ulusal düzeyde servis veren ağlar ile entegrasyonu sağlanmalıdır. Bu kapsamda, hâlihazırda faaliyette olan ve servis veren TUSAGA, TUSAGA-Aktif, bilimsel/ticari amaçlı ve benzeri ağların entegrasyonlarının sağlanması büyük önem taşımaktadır. Bunlara ek olarak mareograf istasyonlarında bulunan, komşu ülkelerin sınırına yakın olan vb. referans istasyonlarının ve verilerinin akademik ve araştırma çalışmalarında kullanılmasının sağlanmasına yönelik girişim ve işbirliklerinin gerçekleştirilmesi hem ulusal hem de uluslararası anlamda önem taşımaktadır.
- 2- Günümüzde konumsal tabanlı servislerin her geçen gün çoğalmasıyla kişisel amaçlı konum belirleme gereksinimi de hızla artmaktadır. Bu talep, beraberinde daha yüksek doğrulukta anlık konum bilgisihhtiyacını doğurmaktadır. Bu, ulusal ve bölgesel düzeyde konum belirleme doğruluğunu artıran uydu bazlı yardımcı sistemlerin gereksinimini ortaya çıkarmaktadır. Bu kapsamda Ulusal Uydu Tabanlı Destek Sistemi (Satellite Based Augmentation System-SBAS) altyapısının oluşturulması ve uygulamaya sokulması, bununla beraber EGNOS ve GALILEO gibi projelere ulusal düzeyde entegre olunması büyük önem taşımaktadır. Diğer yandan GLONASS ve BeiDou gibi diğer uydu konum belirleme sistemlerinin ülkemizdeki kullanımlarının araştırılmasının, GPS'e olan bağımlılığın azaltılması çalışmalarına katkıda bulunacağı değerlendirilmektedir.
- 3- Yerel düzeyde uzun yıllardır gerçekleştirilen, TUTGA ve TUSAGA-Aktif projeleri kapsamında oluşturulmaya çalışılan ulusal düzeyde Büyük Ölçekli/Yüksek Çözünürlüklü çalışmalara altlık oluşturacak dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi çalışmalarının tamamlanması,

uydu bazlı konum belirleme sistemlerinin daha etkin ve işlevsel olarak kullanımını artıracaktır.

- 4- Daha öncede vurgulanmış olan Türkiye Yükseklik Modernizasyonu Çalıştayı Sonuç Bildirgesinde belirtilen aşğıdaki konular ivedilikle ele alınmalı ve gerçekleştirilmeleri için gerekli çalışmalar kısa sürede başlatılmalıdır.

http://www.hgk.msb.gov.tr/uyekurus/tujjb/tujk/TUJK_2012_SONUC_BILDIRGESI.pdf

- a. Yüksek doğruluklu bölgesel jeoit modelinin belirlenmesine ve/veya test edilmesine katkı sağlayacak, meta verisi mevcut, yeterli doğrulukta ve güncel olan gravite ölçülerinin ayırılmasına yönelik olarak, ulusal veri tabanında mevcut gravite verilerinin irdelenmesi, test edilmesi ve değerlendirilmesi (verilerin irdelenmesi ve test edilmesine yönelik bu çalışmalarda, gerçekleştirilecek yeni gravite ölçmeleri ve ultra-yüksek çözünürlüklü uydu gravite verileri de önemli bir katkı sağlayacaktır),
- b. Türkiye’de yüksek doğruluklu bölgesel gravimetrik jeoit modelinin hesaplanması için gerekli gravite ölçmelerinin gerçekleştirilmesi ve özel olarak bu amaçla kullanılacak ülke genelinde homojen ve yeterli veri dağılımına sahip yersel gravite veri tabanının oluşturulması,
- c. Türkiye’de yersel gravite ölçülerinin yetersiz kaldığı kıyı alanları, büyük göller ve dağlık alanlarda havadan ve/veya denizden/su yüzeyinden gravite ölçüm ve analizlerinin yapılması ve bu ölçülerin kara gravite ölçüleri ile entegrasyonunun en uygun yöntemler ile sağlanması,
- ç. Gerçekleştirilecek yeni gravite ölçmeleri ve ultra-yüksek çözünürlüklü uydu gravite verileri kullanılarak mevcut yersel gravite ölçülerindeki hataların irdelenmesi ve kaba hatalı verilerin ayıklanması,
- d. Türkiye’de kıyı ve dağlık alanlarda gravimetrik jeoitin iyileştirilmesine yönelik ölçme ve metodolojik araştırmaların gerçekleştirilmesi (örneğin sayısal zenit kameralarla astro-jeodezik çekül sapmalarının ölçülmesi, havadan gravite ölçmeleri yapılması yanı sıra söz konusu bölgelerde kitle değişimini ve atmosferik etkileri daha gerçekçi değerlendirecek jeoit modelleme yaklaşımlarının araştırılması ve uygulanması gibi),
- e. Bölgesel jeoit modellerinin doğruluklarının iyileştirilmesine yönelik olarak yersel veri kalitesi ve dağılımının yanı sıra, uygulanan modelleme yaklaşımının ve hesaplama stratejisinin önemi de son derece büyüktür. Bu nedenle farklı matematiksel modellerin ve teorilerin test edilmesi ve karşılaştırılmasına yönelik örnek çalışmalar gerçekleştirilerek ülkemizde bölgesel jeoit modelinin belirlenmesi için en yüksek doğruluğu sağlayacak modelleme stratejisinin belirlenmesi,
- f. Ulusal düşey kontrol ağına bağlı mevcut yüksek sisteminin irdelenmesi, distorsiyonlarının konumsal ve istatistiksel olarak rapor edilmesi (düşey kontrol ağına yönelik bu kapsamdaki bir çalışma ülkemizde mevcut yükseklik altyapısının durum tespiti olmakla birlikte Türkiye Ulusal Yükseklik Sisteminin (TUYS) Modernizasyonuna yönelik alınacak somut kararlara ışık tutacaktır),
- g. Türkiye için en uygun yükseklik türünün (normal, ortometrik vb.) araştırılması ve belirlenmesi (yine TUYS modernizasyonu sürecine önemli katkı sağlayacaktır),
- ğ. Yeni tesis edilmesi planlanan hassas nivelman ağına ilişkin mesafeye bağlı hata birikimlerini denetlemek, azaltmak ve gravimetrik jeoitin kıyılarda mutlak kontrolünü sağlamak amacıyla, mareograf istasyonlarındaki ortalama deniz yüzeyi topografyasının oşinografik ve jeodezik yöntemlerle belirlenmesi,

- h. Teknolojik gelişmeler ışığında hassas nivelman hata kaynaklarının araştırılması ve ölçüm standartlarının belirlenmesi,
- ı. Türkiye Mutlak Gravite Ağı'nın genişletilmesi ve geliştirilmesi,
- i. Türkiye gravite alanında zamana bağlı değişimlere neden olan etkenlerin sürekli izlenmesi, araştırılması ve modellenmesi (bu çalışmalar kısa vadede jeodinamik araştırmalara katkı sağlamanın yanı sıra gelecekte ulusal yükseklik datumu olarak 'dinamik bir düşey datum tanımlanmasına yönelik önemli bir katkı sağlayacaktır),
- j. Türkiye için en uygun yükseklik datum tanımının araştırılması ve belirlenmesi (bu çalışmalar kapsamında, düşey kontrol ağlarından kaynaklı olumsuzluklar ve gelişen teknoloji ve metodolojilere paralel 1-2 cm doğruluklu jeoit modeli ve jeoitin zamana bağlı değişimlerinin ifade edilebilir olması nedeniyle, özellikle jeoitte dayalı bir yükseklik sisteminin tanımlanması ve gelecekte uygulamaya koyulmasına yönelik altyapının hazırlanması da değerlendirilmelidir),
- k. Yer gravite alanı, GOCE ve yeni nesil gravite belirleme uydu misyonlarıyla birlikte global yükseklik datumu tanımlanması ve Türkiye yükseklik datumunun ilişkilendirilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmesi gerekmektedir.
- 5- Günümüzde Mekânsal Bilgi Teknolojilerinin gelişimi ve yaygın kullanım talebi harita üretim teknolojilerinden olan beklentileri de artırmaktadır. Bu kapsamda, 2 boyutlu haritaların yerini 3 boyutlu hatta 4 boyutlu sayısal haritalar almaya başlamıştır. Dolayısıyla ulusal düzeyde harita üretim teknolojilerinin ve standartlarının gelişiminin bu yönde oluşması için gerekli olan jeodezik çalışmaların desteklenmesi ve teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır.
- 6- Günümüzde mekânsal verinin hızlı üretimi ve servis edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla birçok teknoloji geliştirilmekte ve geliştirilen diğer teknolojilerle entegre edilerek çok daha işlevsel teknolojiler üretilmektedir. Bu kapsamda, mobil harita üretimi içinde teknolojiler üretilerek, özellikle kentlerin üç boyutlu modelleri gerçekleştirilmekte ve servis edilmektedir. Dolayısıyla, bu çalışmalara destek sağlayacak şekilde TUSAGA-Aktif sistemi kapsamında jeoit yükseklikleri ve datum dönüşüm parametrelerinin düzeltme veri yapısına dâhil edilerek yayımlanmasının ulusal düzeyde büyük önem taşıdığı değerlendirilmektedir.
- 7- Mekânsal bilginin dijital ortamda etkin kullanımı, anlık konum bilgisinin hızlı ve kolay elde edilmesi, mobil iletişim teknolojileriyle verinin farklı biçim ve ortamlarda servis edilebilmesi, günümüzde konum bazlı mobil uygulamaların hızla gelişimine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle navigasyon, araç takibi, filo yönetimi gibi uygulama ve servisler üzerine yapılacak çalışmalar incelenmelidir.
- 8- Gelişen teknoloji ve mekân bilgisiyle diğer bilgilerin entegrasyonu günlük yaşam kalitesini artırmakta ve zaman kullanımını etkin kılmaktadır. Yaşamsal döngünün sürdürülebilmesi dünyada kısıtlı olan kaynakların verimli kullanılmasını da dayatmaktadır. Tüm bunlar tüketimin ve yaşam yoğunluğunun her geçen gün arttığı kentlerde farklı yaşam biçimlerinin oluşturulması gerekliliğini doğurmaktadır. Bu kaygılar Akıllı Kent yaşamı geliştirilmesinin gereğini işaret etmektedir. Dolayısıyla Akıllı Kent yaşam biçimini oluşturmaya verilecek tüm jeodezik katkılar ve destekler önem taşımaktadır.
- 9- Mekânsal bilginin günlük yaşamda kullanımı ve öneminin hızla artması ve diğer mesleki alanların yanı sıra, bireylerin mekânsal bilgiye yönelik taleplerinin her geçen gün artması, bu bilgileri üreten, servis eden ve kullanan kurum ve kuruluşların etkin olarak birlikte çalışabilirliğini ve hızlı veri/bilgi paylaşımını zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda yürütülecek çalışmalara ihtiyaç olduğu kıymetlendirilmektedir.

- 10- Yersel ve Havadan Lazer Tarama Teknolojisi ve bu teknolojinin diğer konum belirleme, inersiyal vb. teknoloji ve sistemlerle olan entegrasyonu jeodezik amaçlı çalışmalara farklı anlam ve boyut kazandırmaya başlamış, Yer yüzeyini modellemeden, Yeryüzü üzerindeki doğal ve yapay taşınır ve taşınmaz objelerin modellenmesine kadar birçok alanda yoğun olarak kullanım alanı bulmaktadır. Doğrudan nokta bulutu olarak yüksek kalitede vektör veri üretmeye olanak sağlayan bu teknolojiler yakın gelecekte Total Station kadar yaygın ve işlevsel teknolojiler olmanın yanı sıra entegre sistemler olarak kullanıma gireceklerdir. Bu teknolojilerin ve üretilen yoğun nokta bulutu verilerinin değerlendirilmesi ve verilerinin analizi çalışmalarının desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle İnsansız Hava Araçlarında kullanılan konum belirleme ve navigasyon sistemlerinin jeodezik olarak geliştirilmesi amacıyla Yer tabanlı diferansiyel sistemlerin kullanılması çalışmaları ulusal boyutta desteklenmelidir.
- 11- Günümüzde dijital görüntüleme teknolojilerinin hızla gelişimi İnsansız Hava Araçlarının jeodezik ve fotogrametrik amaçlar doğrultusunda kullanımını her geçen gün artırmaktadır. Bu kapsamda bu ve benzeri teknolojilerin jeodezik amaçlar doğrultusunda, özellikle mekânsal bazlı hızlı veri/bilgi üretme teknolojileri olarak değerlendirilmesi ve verilerinin analizi büyük önem taşımaktadır.
- 12- Geçmişte olduğu gibi günümüzde de kapsamlı birçok mühendislik proje çalışması Jeodezik yöntem, teknik ve teknolojiler kullanılarak başarıyla yürütülmektedir. Günümüzde mühendislik ölçmelerinden çok daha yüksek doğrulukta üç boyutlu konum bilgisi üretilerek, boyut belirleme, kalite kontrol, kalibrasyongibi endüstriyel amaçlı bir çok çalışmada jeodezik yöntem, teknik ve teknolojilere gerek duyulmakta ve kullanılmaktadır. Ulusal düzeydeki mesleki perspektifimiz son yıllara kadar endüstride gereksinim duyulan bu ve benzeri çalışmalara gerekli ilgi ve önemi göstermemiştir. Gemi, uçak, otomobil, tren vb. sanayilerin sürekli gereksinim duyduğu endüstriyel ölçme konusunun mesleğin ilgi ve çalışma alanları arasına eklenmesi, bu konudaki çalışmalara dikkat çekilmesi ve teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır.
- 13- Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizde, özellikle karasularımız, buna ek olarak karalardaki göz ardı edilemeyecek orandaki doğal ve yapay su kitlelerinin kapladığı alanların altında kalan Yeryüzünün doğru, güvenilir ve güncel bir biçimde modellendirilmesinin ve servis edilmesinin, bilimsel ve mühendislik çalışmalardaki önemli bir eksiği kapatacağı açıktır. Bu kapsamda ulusal, yerel ve kurumsal anlamdaki hidrografik çalışmalar ve batimetrik harita üretimi desteklenmeli; bilimsel, teknik ve teknolojik çalışmalar bu alana yönlendirilmelidir.
- 14- Teknolojik gelişimin sunduğu olanaklara paralel olarak; veri ve/veya bilgiye erişimin kolaylaştırılması, bu doğrultuda üretimin hızlandırılması maksadıyla küresel, bölgesel veya ulusal altyapılar tesis edilmektedir. Jeodezi bilim ve uygulayıcıları tarafından kullanılan ve/veya elde edilen tüm verilerin kullanıcıların hizmetine sunulabilmesi için "Ulusal Veri Merkezi" işlevi görecek bir altyapı tesis edilmesi büyük önem taşımaktadır. Söz konusu altyapı ile öncelikle ve temel olarak kamu kaynaklı veri ve bilgilerin kullanıcıların hizmetine sunulması hedeflenmelidir.
- 15- Troposfer hava olaylarının meydana geldiği katman olup, özellikle yağış tahminleri için ıslak bileşen GNSS gözlemleri ile hesaplanabilmektedir. Gelecekte, GNSS Meteorolojisi olarak adlandırılan bu alanın çok gelişeceği beklenmektedir. Diğer bir atmosferik katman olan İyonosfer ise, gök dalgalarının yansıdığı katman olup, haberleşme ve özellikle askerî radar sistemleri için büyük önem taşımaktadır. İyonosferin zamansal ve mekânsal değişimi haberleşme sistemlerini doğrudan etkilemekte ve radar ölçümlerinin duyarlılığını belirlemektedir. GNSS gözlemleriyle elde edilen İyonosferin mekânsal ve zamansal değişimi ile ilgili ürünler giderek artmaktadır. Dolayısıyla GNSS gözlemleriyle atmosferik amaçlı yapılacak çalışmaların desteklenmesi ve teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır.
- 16- Ülkemizde birçok amaçla yürütülen yoğun jeodezik ve harita üretim faaliyetleri beraberinde kurum ve kuruluşların birçok konum belirleme, harita ve harita bilgisi üretme teknolojisini

etkin ve işlevsel kullanımını getirmekte, dolayısıyla bu alanlarda faaliyet gösteren hemen hemen tüm kamu ve özel kurum ve kuruluşların bünyesinde farklı sayıda yüksek teknoloji ürünü alıcı, alet ve donanım bulunmaktadır. Bu alıcı, alet ve donanımların yerel ve ulusal düzeylerde toplum yararına bir araya getirilerek kullanımlarının teşvik edilmesi, kaynak israfını önlemenin yanı sıra yerel ve ulusal düzeyde ele alınması gerekli birçok jeodezik problemin kısa zamanda çözümüne olanak sağlayacaktır. Bu ve benzeri ortak çalışma anlayışını öneren projelerin teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır.

- 17- Günümüzde hızla gelişen yeni birçok yüksek teknolojinin yanı sıra teorik konularda da önemli gelişmeler olmakta kuantum fiziği, kuantum mekaniği, nano-teknoloji, bulanık mantık vb. konular birçok bilim dalına ve yeni teknolojilerin üretimine ışık tutmakta ve gelişimlerini hızlandırmaktadır. Bu ve benzeri teorilerin jeodezik araştırma ve geliştirme çalışmalarında kullanımının teşvik edilmesi gelecekte önemi çok daha artacak olan jeodezi biliminin önünü açacak, jeodezik problemlerin çözümüne önemli katkılar sağlayabilecektir. Dolayısıyla bu ve benzeri bilimsel çalışmalar, jeodezi biliminin gelişimi açısından teşvik edilmeli ve desteklenmelidir.
- 18- Türkiye tarihsel geçmişi tartışılmaz derecede köklü ve tarihin her aşamasında jeopolitik açıdan önemli bir ülkedir. Bu süreç zarfında, bu topraklar üzerinde yaşayan medeniyetler yönetsel ve stratejik kabiliyetlerini artırabilmek için, birçok harita üretmiş ve dolayısıyla jeodezik faaliyetler yürütmüşlerdir. Bu kapsamda özellikle devlet arşivlerinde ve harita ve harita bilgisi üreten kamu kurum ve kuruluşların arşivlerinde birçok farklı amaç için üretilmiş farklı doğruluk ve nitelikte jeodezik verileri içeren tarihsel arşivler ve bu arşivlerde geleceğe ışık tutmayı bekleyen harita ve harita bilgileri bulunmaktadır. Bu mekânsal veri ve bilgilerin belirli bir standartta bir veri tabanında toplanması, paylaşımı ve servis edilmesi veya bir müze konseptinde sergilenmesi hem geçmişe hem de geleceğe önemli ölçüde ışık tutacağından bu ve benzeri çalışmaların desteklenmesi önem taşımaktadır.
- 19- Ülkemizde son birkaç yılda yapılan yasal düzenlemeler jeodezi bilimi alanında faaliyet gösteren yeni kurumların oluşmasını ve faaliyete girmesini sağlamıştır. Söz konusu kurum, kuruluş ve yapılanmaların TUJK çalışmaları kapsamında değerlendirilmesi ve bu çalışmalara bu kurum ve kuruluşların dahil edilmesi büyük önem taşımaktadır.
- 20- TUJJB'ye paralel olarak ülkemizde bilimsel düzeyde faaliyet gösteren diğer bir organizasyon da Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB)'dir. Bunlara ek olarak Ulusal Kartografya Birliği ya da Komisyonunun kurulması, Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığının bünyesinde Ulusal Uzay Programı oluşturma çalışmalarının, bu ve benzeri düşünce ve faaliyetlerin desteklenmesi gerektiği kaçınılmazdır. Tüm bunlara ek olarak, ulusal ve uluslararası gelişmeler bu organizasyonların günümüzde ortak çalışmalar yapmasını gerektirmektedir. Bu kapsamda TUJK'nın TUFUAB ve kurulması sonrasında Ulusal Kartografya Birliği ya da Komisyonunun ortak çalışmalarının teşvik edilmesi önemlidir.
- 21- Uluslararası düzeyde IUGG ve IAG, IGS, FIG, EUROGEOGRAPHICS, NASA, ESA vb. organizasyon ve yapılanmaların çalışmaları yakından takip edilerek, bu organizasyonlar tarafından oluşturulan uydu ve jeodezi misyonlarına dâhil olunması ve çalışmalarda kurumsal bazda etkin pozisyon alınması büyük önem taşımaktadır.
- 22- Ulusal ve yerel düzeylerde müze ve mesleki simgeleri içeren sanatsal yapıların ve çalışmaların yapılması, mesleğin öneminin toplum tarafından doğru algılanması ve sahiplenilmesi için teşvik edilmeli ve bu anlamda ilgili diğer kamu ve özel kurum ve kuruluşlarla işbirliği yapılmalıdır. Ulusal ve uluslararası jeodezi bilimi adına bu ve benzeri girişim ve çalışmaların desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle müze çalışmalarında dağıtık bir yaklaşımla İstanbul tarihi Sultanahmet Tapu ve Kadastro Bölge Müdürlüğü Binası'ndan başlamak üzere ülke geneline yayılan ve ulusal ve yerel düzeydeki tarihi jeodezik amaçlı çalışmaları toplum bilincine çıkaran projeler geliştirilmeli ve

desteklenmelidir. Örneğin, ulusal jeodezi tarihinde önemi olan Meşe Dağı, Galata Kulesi vb. nokta ve mekânlar bu kapsamda öne çıkarılmamıştır.

23- Mekânsal bilginin toplum bilincinde her geçen gün geliştiği ve gelişen konum bazlı servislerle mekânsal düşünme pratiklerinin bireylerin günlük yaşamının ayrılmaz parçası olduğu günümüzde, teması; jeodezi, mekân bilgisi ve çok disiplinli çalışmalara yönelik açılımlar sağlayan farklı eğitim öğretim seviyelerinde Konulu Yarışmaların düzenlenmesi, teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır.

24- TUJK faaliyet alanları kapsamında İlkokul, Ortaokul, Lise ve Üniversite seviyelerinde eğitim-öğretim faaliyetlerini destekleyecek Ar-Ge çalışmaları ve eğitim araç ve gereçlerinin geliştirilmesi teşvik edilmeli, toplumda geleceğin kaçınılmaz düşünme sistematiklerinden biri olacak olan bireylerin mekânsal düşünme yeteneklerinin geliştirilmesi çalışmaları desteklenmeli ve teşvik edilmelidir.

25- Gelişen teknoloji paralelinde, jeodezi ve haritacılık biliminde de özellikle son yirmi yılda önemli gelişmeler olmuştur. Bu nedenle ülkemizde harita ve harita bilgisi üretimine yön veren yasal mevzuat, işbirliği, veri paylaşımı, yeni teknolojilerin kullanımı vb. hususlardaki gereksinimleri tam olarak karşılayamayacak duruma gelmiştir. Bu bakımdan, haritacılık alanındaki mevcut mevzuatın gözden geçirilerek, daha kapsayıcı ve çağın gereklerine uygun hale getirilmesi önem taşımaktadır.

Öngörülen çalışmalara yönelik kaynak desteği için ulusal boyutta;

- Kurum bütçeleri
- Kalkınma Bakanlığı yatırım programı
- TÜBİTAK kaynağı
- TUJJB kaynağı

Uluslararası boyutta;

- HORIZON 2020
- BM Kalkınma
- AB Çerçeve Programları
- Diğer ülkelerin ulusal bilimsel programları

dikkate alınabilir.

6. SONUÇLAR

Türkiye Ulusal Jeodezi Programının amacı, ulusal boyutta bu zamana kadar gerçekleştirilen jeodezik çalışmalara yönelik durum tespiti yapmak, yerel, bölgesel ve global boyutta yapılan çalışmalarla ilişkilendirerek, ulusal jeodezik gereksinimleri ortaya koymak ve bunların karşılanmasına yönelik ülkemizde üretilecek projelerle ilgili önerilerde bulunmaktır.

Bu program kapsamında öncelikle ulusal düzeyde var olan durum hakkında özet bilgi verilmiştir. Bu bilgiler ve uluslararası gelişmeler ışığında programın her aşamasında kısa, orta ve uzun vadede gerçekleştirilmesi, desteklenmesi ve teşvik edilmesi gereken bilimsel ve teknik çalışmalar belirtilmiştir.

Programın, ulusal öncelikleri ve ihtiyaçları ortaya koyması nedeniyle, TUJJB tarafından destek kapsamına alınabilecek ve/veya TÜBİTAK'a bildirilecek proje desteklerinde referans olarak kullanılması öngörülmüştür.

Yakın gelecek ve sonrasındaki yıllar mekânsal bilginin günlük yaşamda etkin kullanımını gerektirecek, günümüzde bilgi toplumu özelliğine sahip yaşam anlayışları ve biçimleri, bireylerin mekânsal düşünme sistematiği ve yeteneklerinin hızla gelişmesiyle bilgiyi mekânla ilişkilendiren ve etkin yöneten bir toplum anlayışı yerleştirecektir. Toplumun bu yeni yaşam anlayışı ve biçimi; jeodezi biliminin, tekniğinin, yöntem ve teknolojilerinin bu gereksinimlere yanıt verecek biçimde yapılandırılması ve geliştirilmesiyle mümkün olabilecektir.

7. KAYNAKLAR

- Aktuğ, B. (2003) Elastik Yarı-uzay Modelleri ve Depremesel Koordinat Değişimlerine Bakış, Harita Dergisi, Ocak, 2003, Ankara.
- Aktuğ, B. (2003) ITRF Hız Alanı ve Görelî Hız Referans Sistemlerine Bakış, Harita Dergisi, Temmuz, 2003, Ankara.
- Aktuğ, B. (2004) Günümüz Jeodezik Ölçü Sistemlerinde Veri İndirilmesi ve Kısıtların Ele Alınması, Harita Dergisi, Ocak, 2004, Ankara.
- Aktuğ, B. (2005) Referans Sistemlerinin Zamansal Evrimi ve Türkiye için Ulusal bir Model: Türkiye Ulusal Referans Sistemi – 1996 (TURES-96), Harita Dergisi, Ocak, 2005.
- Aktuğ, B., Ayhan, M.E., Demir, C. (2004) 1992-2004 Yılları GPS Kampanyalarının Birleştirilmesi ve Türkiye Hız Alanının Belirlenmesi, Teknik Rapor, UZYTEK-05-2004, Jeo. D.Bşk.lığı, Haziran, 2004.
- Aktuğ, B., Kaypak, B., Çelik, R.N. (2009) Source parameters of Çay Earthquake and aftershocks of GPS Data, Southwestern Turkey, *Journal of Seismology*, 2009.
- Aktuğ, B., Kilicoglu, A., Lenk, O., Gürdal, M.A. (2009) Establishment Of Regional Reference Frames For Detecting Active Deformation Areas in Anatolia, *Studia Geophysica et Geodaetica*, 53, 169-183.
- Aktuğ, B., Sezer, S., Özdemir, S., Lenk, O., Kılıçoğlu, A. (2011) Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı Güncel Koordinat ve Hızlarının Hesaplanması, Harita Dergisi, Ocak, 2011, Ankara.
- Andersen, O.B., Knudsen, P., Berry, P. (2010) The DNSC08GRA global marine gravity field from double retracked satellite altimetry. *J Geod.* doi:10.1007/s00190-009-0355-9.
- Ayan, T. (1976) Astrogeodatische Jeoitberechnung für das Gebiet der Türkei. Diss.Karlsruhe, 1976.
- Ayan, T. (1978) Türkiye Jeoit, Harita Dergisi, Sayı 85, sayfa 5-17, 1978.
- Ayhan, M.E., (1993) Jeoit Determination in Turkey (TG91) *Bulletin Geodesique*, 67: 10-22.
- Ayhan, M.E., Demir, C., Lenk, O., Kılıçoğlu, A., Aktuğ, B., Açıkgöz, M., Fırat, O., Şengün, Y.S., Cingöz, A., Gürdal, M.A., Kurt, A.İ., Ocak, M., Türker, A., Yıldız, H., Bayazıt, N., Ata, M., Çağlar, Y., Özerkan, A. (2002) Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı 1999A (TUTGA-99A), Harita Dergisi, Özel Sayı 16, 67 sayfa.
- Ayhan, M.E., Lenk, O., Demir, C., Kılıçoğlu, A., Kahveci, M., Türker, A., Ocak, M., Açıkgöz, M., Yıldırım, A., Aktuğ, B., Şengün, Y.S., Kurt, A.İ., Fırat O. (2001) Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı – 1999 (TUTGA-99), Teknik Rapor, HGK, Ankara, 1999.
- Barka, A., Reilinger, R. (1997) Active Tectonics of the Eastern Mediterranean Region: Deduced from GPS, Neotectonic and Seismicity Data, *Ann. Geofis.*, 40, 587-610.
- Dach, R., Hugentobler, U., Fridez, P., Meindl, M. (2007) Bernese GPS Software Version 5.0. Astronomical Institute, University of Bern, Switzerland.
- Demir, C., (1999) Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99)'un Dengelenmesi. İç Rapor No : Jeof-99-2, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, HGK, Ankara.
- Demirel, H., Ergintav, S., Doğan, U., Aydın, C., Gerstenecker, C., Çakmak, R., Belgen, A., (2005) Marmara Bölgesindeki Deformasyonların GPS ve Gravite Ölçüleriyle İzlenmesi, Jeoid ve Düşey Datum Çalıştayı Bildirileri, 22-24 Eylül 2005, s:212.
- Ergintav, S., Bürgmann, R., McClusky, S., Çakmak, R., Reilinger, R.E., Lenk, O., Barka, A., Ozener, H., (2002) Marmara Bölgesindeki Doğrusal Olmayan Zamansal ve Uzaysal Deformasyonların MAGNET İle İzlenmesi , Tektonik ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı Bildirileri, s:28, 2002.

- Forsberg, R., Sideris, M. (1993) Jeoid computations by the multi-band spherical FFT approach, *Manuscripta Geodetica*, 18, pp 82-90, 1993.
- GFZ (2008) http://www-app2.gfz-potsdam.de/pb1/op/champ/index_CHAMP.html
- GOCE (2008) <http://www.esa.int/esaLP/LPgoce.html>
- GRACE (2008) <http://www.csr.utexas.edu/grace/>
- Gürkan, O. (1978) Astrojeodezik ağların deformasyonu ve Türkiye I. Derece triyagülasyon ağı. KTÜ Yayın No. 104, YBF Yayın no. 21, KTÜ Yer Bilimleri Fakültesi, Trabzon, 1978.
- Heck, B., (2003) On Helmert's Methods of Condensation, *Journal of Geodesy* 77, p155-170, 2003.
- Herring, T. A., King, R.W., McClusky, S.C. (2010a) GAMIT Reference Manual: GPS analysis at MIT, Release 10.4, Mass. Inst. Of Technol., Cambridge.
- Herring, T. A., King, R.W., McClusky, S.C. (2010b) GLOBK Global Kalman Filter VLBI and GPS analysis program, Release 10.4, Mass. Inst. of Technol., Cambridge.
- İKÜ (2010) Ulusal CORS Sisteminin Kurulması ve Datum Dönüşümü Projesi, CORS-TR Datum Dönüşüm Raporu, İstanbul.
- Kılıçoğlu, A., Fırat, O., Demir, C.,(2005a) Yeni Türkiye Jeoidi (TG-03)'nin hesabında kullanılan ölçüler ve yöntemler. TUJK 2005 Yılı Bilimsel Toplantısı, jeoid ve Düşey Datum Çalıştayı Bildiri Kitabı, KTÜ, Trabzon.
- Kılıçoğlu, A., Yıldız, H., Direnç, A., Lenk, O., Bağcı, H., Simav, M. (2009b) Türkiye Jeoidi (TG09)'nin Hesabında Kullanılan Ölçüler ve Yöntemler, Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu (BHİKPK) I.Sempozyumu (23-25 Şubat 2009).
- Omang, O.C.D., Forsberg,R. (2002) The northern European jeoid: a case study on long-wavelength jeoid errors, *Journal of Geodesy*, 76,, 369–380, DOI.10.1007/s00190-002-0261-x.
- Pavlis, N.K., vd (2008) Earth Geopotential Model-2008, EGU 2008 Meeting, Vienna.
- Reilinger, R.E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, R.W., Toksoz, M.N., Barka, A.A., Kınık, I., Lenk, O., Sanlı, I., (1997) Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone. *J. Geophys. Res.*, 102, 9983-9999.
- Reilinger, R.E., Ergintav, S., Bürgmann, R., McClusky, S., Lenk, O., Barka, A., Gurkan, O., Hearn, L., Feigl, K.L., Cakmak, R., Aktug, B., Ozener, H., Töksoz, M.N.(2000) Coseismic and postseismic fault slip for the 17 August 1999, M=7.5, Izmit, Turkey Earthquake, *Science*, 289, 1519-1524.
- Simav, M., Türkezer, A., Sezen, E., Akyol, S., İnam, M., Cingöz, A., Lenk, O., Kılıçoğlu, A.(2011) Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Ağı Veri Kalite Kontrol ve Yönetim Sistemi, *Harita Dergisi Ocak 2011 Sayı 145*.
- Simav, M., Yıldız, H., Arslan, E., (2013) GRACE Uydu Verileri ile Yer Sistemi İçerisindeki Kütle Değişimlerinin İzlenmesi, *Harita Dergisi*, Sayı:149, Sf:15-27 Ocak 2013, s:15-27 Harita Genel Komutanlığı.
- Sjöberg, L.E. (2003) A Solution to the downward continuation effect on the jeoid determined by Stokes' formula, *Journal of Geodesy* 77, p94-100, 2003.
- Taymaz, T., Wright, T., Yolsal, S., Tan, O., Fielding, E., Seyitoğlu, G. (2007) Source Characteristics of June 6, 2000 Orta-Çankırı (Central Turkey) Earthquake: a synthesis of seismological, geological and geodetic (InSAR) observations, and internal deformation of Anatolian plate. In: *The Geodynamics of the Aegean and Anatolia* (eds. Tuncay Taymaz, Yücel Yılmaz & Yıldırım Dilek), pp. 259-290, The Geological Society of London, Special Publications Book, Vol: 291, ISBN: 978-1-86239-239-7, DECEMBER 2007.
- Türkezer, A., (1995) Ankara Sabit GPS İstasyonu, *Harita Dergisi*, Sayı:114, Ocak 1995, s:70-76, Harita Genel Komutanlığı.

- Wang, Y.M., Saleh, J., Li, X., Roman, D.R. (2012) The US Gravimetric Jeoit of 2009 (USGG2009): Model Development and Evaluation, Journal of Geodesy 86, p165-180.
- Webb, F.H., Zumberge, J.F. (1995) An Introduction to GIPSY/OASIS -II, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena.
- Yıldız, H., Fırat, O., Simav, M., Ünver, Y. (2006) The High Resolution Jeoit Model for Turkey, TG-07, 1st International Symposium of the International Gravity Field Service (IGFS), 2006, Gravity Field of the Earth, Program & Abstract Book, Sayfa :18.. 28 Ağustos-01 Eylül 2006.
- Yıldız, H. (2012) Yükseklik Sistemi Modernizasyonu: Türkiye İçin Bir İnceleme, Harita Dergisi, Ocak, 2012, 1-12, Ankara.