KADASTRAL NOKTALARIN HIZ DEĞİŞİMLERİNİN TÜRKİYE ÖLÇEĞİNDE ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sena Özlem YENİAY

Danışman
Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2024

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KADASTRAL NOKTALARIN HIZ DEĞİŞİMLERİNİN TÜRKİYE ÖLÇEĞİNDE ARAŞTIRILMASI

Sena Özlem YENİAY

Danışman
Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2024

TEZ ONAY SAYFASI

Sena Özlem YENİAY tarafından hazırlanan "Kadastral Noktaların Hız Değişimlerinin Türkiye Ölçeğinde Araştırılması" adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 26 / 06 / 2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Başkan : Prof. Dr. Cemal Özer Yiğit
Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi ……...

Üye : Prof. Dr. İbrahim Tiryakioğlu
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi ……...

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim Solak
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Uzaktan Eğitim MYO ……..

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

…….
Prof. Dr. Bekir YALÇIN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

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

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

26 / 06 / 2024

İmza

Sena Özlem YENİAY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KADASTRAL NOKTALARIN HIZ DEĞİŞİMLERİNİN TÜRKİYE ÖLÇEĞİNDE ARAŞTIRILMASI

Sena Özlem YENİAY
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Bu araştırmada, farklı dönemlerde tesis edilen kadastral noktaların hızları arasındaki farklar araştırılmıştır. Bu kapsamda Harita Bilgi Bankası arşivlerinde yer alan, Türkiye geneline dağılmış 482 adet C1 ve C2 noktasına ait hız verileri elde edilmiştir. Bu noktalara ait güncel hızlar ise HGM tarafından yayınlanan Ulusal Jeodezik Hız Alanı verileri kullanılarak kestirilmiştir. İki hız alanı arasında her bir nokta için bileşen bazında hız farkları hesaplanarak fark haritaları üretilmiştir. X, Y ve Z bileşenleri için hız farkları sırasıyla maksimum 25, 39, 37 mm/yıl elde edilmiştir. Bu farklar uzun dönemde yapılacak epok taşımalarının desimetre seviyesinde hatalara neden olabileceğini göstermektedir.

2024, ix + 72 sayfa

Anahtar Kelimeler: GNSS hızı, Enterpolasyon, Hız doğruluğu, Epok Taşıma, C1-C2 noktaları.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATİON OF VELOCITY CHANGES
OF CADASTRAL SITES ON THE
SCALE OF TÜRKİYE

Sena Özlem YENİAY
Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatics Engineering
Supervisor: Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

In this study, the differences between the velocities of cadastral sites established in different periods were investigated. For this purpose, velocity data of 482 C1 and C2 sites distributed throughout Turkey were obtained from the Mapping Information Warehouse. The current velocities of these sites were estimated using the National Geodetic Velocity Field data produced by General Directorate of Mapping. The differences between the two velocity fields were calculated for each site on a component basis and difference maps were generated. The maximum differences for X, Y and Z components are 25, 39 and 37 mm/year, respectively. These differences indicate that epoch transformation in the long term may cause errors at decimeter-level.

2024, ix + 72 pages

Keywords: GNSS velocity, Interpolation, Velocity accuracy, Epoch translation, C1-C2 sites.

TEŞEKKÜR

Lisans ve Yüksek Lisans eğitim sürecimde, bana yol gösteren, güvenen ve her zaman destek olan kıymetli danışmanım Sayın Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU'na içtenlikle teşekkür etmek isterim. Onun olağanüstü derin bilgi birikimi, sadece akademik alandaki değil, aynı zamanda hayata dair bakış açısıyla da benim için gerçek bir ilham kaynağı olmuştur. Özverili çalışmaları, sadece bilgi aktarmakla kalmayıp aynı zamanda mühendislik ruhunu ve disiplinini de aşılamıştır. Her zaman dürüstlükten ve sabırdan ödün vermeden, öğrencilerinin başarısı ve gelişimi için elinden gelenin en iyisini yapmıştır. Kendisinin önderliğinde geçirdiğim her öğrencilik anı , gurur verici, bilgi ve deneyimlerle dolu, öğretici ve ilham verici bir serüven olmuştur. Bana bu yolda rehberlik ettiği için kendisine teşekkür ederim.

Ayrıca, bu çalışma sürecinde bana değerli katkılar sunan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim SOLAK' a da çok teşekkür ederim. Kendisinin özverili yaklaşımı, önerileri ve eleştirileri, çalışmamın kalitesini artırmama yardımcı oldu. Kendisiyle geçirdiğim her an, benim için değerli bir öğrenme ve gelişme fırsatı olmuştur.

Bu süreçte bana rehberlik eden ve destek veren tüm hocalarıma, meslektaşlarıma, enstitü personellerine ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak, bu uzun ve meşakkatli yolculukta her zaman yanımda olan aileme içtenlikle teşekkür etmek istiyorum. Onların sonsuz sevgisi, sabrı ve desteği, benim için her şeyin önünde gelir. Bu çalışmayı tamamlamamda ve hayallerime ulaşmamda bütün imkânları sağlamaya gayret ettikleri için tekrardan teşekkür ederim.

Sena Özlem YENİAY

Afyonkarahisar 2024

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ iv
KISALTMALAR DİZİNİ vi
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
ÇİZELGELER DİZİNİ viii
RESİMLER DİZİNİ ix
1. GİRİŞ 1
2. KOORDİNAT SİSTEMLERİ 4
2.1 Kartezyen Koordinat Sistemi 5
2.2 Coğrafi Koordinat Sistemi 6
2.3 Yerel Koordinat Sistemi 7
2.4 Datum 7
2.4.1 ED50 (European Datum 1950) Datumu 8
2.4.2 WGS84 Datumu 9
2.4.3 Uluslararası Yersel Koordinat Sistemi (ITRF) 96 Datumu 11
2.5 Türkiye'de Koordinat Sistemi 12
3. KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ (GNSS) 15
3.1 Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System – GPS) 16
3.2 Global Navigation Satellite System (GLONASS) Uydu Teknolojisi 19
3.3 GALILEO Teknolojisi 21
3.4 BEIDOU Teknolojisi 22
3.5 Diğer Konumlama Sistemleri 23
4. TÜRKİYE'DE KULLANILAN TEMEL JEODEZİK AĞLAR 25
4.1 Ülke Temel Yatay Kontrol Ağı 26
4.2 Türkiye'de Kadastral Çalışmalar ve Mevzuat 27
4.2.1 C1 Dereceli Ağ ile Noktalar 31
4.2.2 C2 Dereceli Ağ ile Noktalar 31
4.2.3 C3 Dereceli Ağ ile Noktalar 32
4.2.4 GNSS Cihazları ile Poligon Ölçmeleri 33
4.2.5 Tusaga-Aktif Cors İle Yer Kontrol Noktalarının Üretilmesi 33

4.2.6 C1 ve C2 Noktalarının Datum Dönüşümü ve Hız Alanlarının Üretilmesi .34
4.3 TUTGA- Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı.....37
4.4 Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif).....39
4.5 Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı Güncel Koordinat ve Hızlarının Hesaplanması.....42
4.6 TUSAGA ve TUSAGA-Aktif İstasyonlarının Hassas Koordinat ve Hızlarının.....42
Hesaplanması.....42
4.7 Türkiyedeki Depremlerin Koordinat Sistemlerine Etkileri 43
5. UYGULAMALAR.....51
5.1 Çalışma Alanı ve Verilerin Elde Edilmesi 51
5.2 Hız Farklarının Hesaplanması ve Bulgular 57
6. TARTIŞMALAR ve SONUÇ 63
7. KAYNAKLAR.....66
ÖZGEÇMİŞ……..……72

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ARGE	Araştırma-geliştirme
BIH	Bureau International l'Heure
BÖHHBÜY	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
BZKK	Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı
CORS	Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonu
DAFZ	Doğu Anadolu Fay Zonu
ED50	European Datum 1950
GAMIT	GPS Analysis at MIT
GEO	Geostationary Earth Orbit
GLOBK	Global Kalman Filter
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning Systems
GRS80	Geodetic Reference System 1980
GSM	Global System for Mobile Communications
HBB	Harita Bilgi Bankası
HGM	Harita Genel Müdürlüğü
IGS	International GNSS Service
IRNSS	Indian Regional Navigation Satellite System
INSAR	Interferometric Synthetic Aperture Radar
ITRF	International Terrestirial Reference Frame
ITRF96	International Terrestirial Reference Frame 1996
ITRS	International Terrestirial Reference System
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NAVIC	Navigation Indian Constellation
ÖDFZ	Ölüdeniz Fay Zonu
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
RTK	Real-Time Kinematik
TUD54	Türkiye Ulusal Datumu 1954
TUREF	Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi
TUSAGA AKTİF	Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif
TUTGA	Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
TUYKA	Türkiye Ulusal Yatay Kontrol Ağı
UTM	Universal Transversal Merkator
WGS84	World Geodetic Reference System 1984

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Dik (Kartrezyen) Koordinat Sistemi ……..…….……4

Şekil 2.2 Kutupsal Koordinat Sistemi …….…….…….4

Şekil 2.3 Kartezyen Koordinat Sistemi ……..……...5

Şekil 2.4 Coğrafi Koordinat Sistemi…….…….....6

Şekil 2.5 Fiziksel Yeryüzü ile Jeoid Görüntüsü.……....8

Şekil 2.6 WGS84 referans sistemi ……...……....10

Şekil 2.7 Lambert Konform Konik (Lambert Conform Conical) (WGS 84) Koordinat Sisteminde Türkiye ……....11

Şekil 4.1 Türkiye Ulusal Yatay Kontrol Ağı ……..……...…..27

Şekil 4.2 TUTGA- Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı …….…..... 39

Şekil 4.3 TUSAGA AKTİF (CORS¬-TR) sabit istasyon dağılımı ……..…...…41

Şekil 4.4 Türkiye'de Son 30 Yılda 6'dan Büyük Meydana Gelen Depremler Dağılımı ……...45

Şekil 5.1 Harita Bilgi Bankası Web sitesinden Pafta Adı ile Sorgulama Ekran Görüntüsü ……52

Şekil 5.2 Sorgulanan Pafta İsminin Yer Kontrol Noktaları (Nirengi Sayısı, TUTGA Sayısı) Bilgileri Sorgulama Görüntüsü ……..….….53

Şekil 5.3 Yer Kontrol Noktaları (YKN) TUTGA Sıklaştırma Detay Bilgileri Sorgulama, Seçme Ve Raporlama Ekran Görüntüsü …….....54

Şekil 5.4 Noktaların Türkiye Haritası Üzerindeki Konumu …….,,……..55

Şekil 5.5 Yer Kontrol Noktaları (YKN) TUTGA Sıklaştırma Detay Bilgileri Sorgulama, Seçme Ve Raporlama Ekran Görüntüsü ……...……... 56

Şekil 5.6 Harita Genel Müdürlüğü Web sitesi Arayüzü ……..……....57

Şekil 5.7 XY Bileşenindeki Hız Farkları Grafiği …….,,,,,,,,,,,,58

Şekil 5.8 X Bileşenindeki Hız Farkları Grafiği ,,,,,,,,,,,,,……..59

Şekil 5.9 Vx Histogram Grafiği,,…….59

Şekil 5.10 Y Bileşenindeki Hız Farkları Grafiği …….…….…...……60

Şekil 5.11 Vy Histogram Grafiği …..……...……...61

Şekil 5.12 Z Bileşenindeki Hız Farkları Grafiği ,,……...……61

Şekil 5.13 Vz Histogram Grafiği ……,,……...……...62

Şekil 6.1 Vx, Vy ve Vz Hız Farkları Violin Grafiği ……..65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Referans elipsoitleri ile parametreleri. 9

Çizelge 2.2 WGS84'ün parametreleri. 11

Çizelge 4.1 Türkiye Ulusal Datumu 1954 (TUD54) sisteminin özellikleri (TUD54) sisteminin özellikleri …….……...25

Çizelge 4.2 Türkiye'de Son 30 Yılda 6'dan Büyük Meydana Gelen Depremler….44

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 3.1 Küresel Konum Belirleme Sistemleri (GNSS). 16

Resim 3.2 Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System – GPS). 18

Resim 3.3 Global Navigation Satellite System (GLONASS) Uydu Teknolojisi.....20

1. GİRİŞ

Türkiye, jeolojik yapısı ve konumu nedeniyle oldukça deprem tehlikesi altında olan bir ülkedir. Ülkemiz, Arap levhası, Anadolu levhası ve Avrasya levhasının birbirine yaklaştığı bir bölgede yer almaktadır. Bu nedenle, Anadolu'nun çeşitli bölgelerinde sık sık depremler meydana gelmektedir. Plakalar arasındaki tektonik hareketler, yeryüzündeki noktaların yıllık bazda santimetre seviyesinde yer değiştirmesine neden olabilmektedir. Türkiye'nin tektonik hareketlerini etkileyen önemli faktörlerden biri, Kuzey Anadolu Fay Hattı'dır. Bu fay hattı, Karadeniz'den başlayıp Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'ni geçerek Ege Denizi'ne kadar uzanmaktadır. Bu fay hattı boyunca gerçekleşen depremler, Türkiye'nin en büyük ve en yıkıcı depremlerinden bazılarına neden olmuştur. Ayrıca, Türkiye'nin batısında yer alan ve Ege Denizi'ni çevreleyen fay hatları da depremselliği etkileyen önemli unsurlardır. Bu fay hatları, Ege Denizi'nde ve çevresinde sık sık depremlere neden olmaktadır. Son olarak, Türkiye'nin doğusunda yer alan Doğu Anadolu Fay Hattı da deprem açısından önemlidir. Bu fay hattı boyunca da sık sık depremler meydana gelmektedir. Tüm bu faktörler göz önüne alındığında, Türkiye'nin deprem riski her zaman önemli bir konu olmaya devam edecektir (Ergünay 2007).

Ülkemiz ve çevresinde, tarih boyunca 1900 yılı ve öncesinde kaydedilmiş 200'den fazla yıkıcı deprem yaşanmıştır. Bu depremler, insan yerleşimlerini ve altyapıyı ciddi şekilde etkilemiş, bazı durumlarda ise tamamen yıkıma neden olmuştur. Özellikle tarihi dönemlerde, depremler insanların hayatlarını ve kültürel yapıları büyük ölçüde etkilemiştir. 1900'den itibaren ise ülkemiz ve çevresinde kaydedilen 208 büyük deprem, genellikle büyük zararlar ve can kayıplarıyla sonuçlanmıştır. Bu depremler, bölgedeki acil müdahale ve yeniden yapılanma gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle, deprem riskinin farkında olmak ve önlemler almak önemlidir (Duman vd. 2017).

17 Ağustos 1999 tarihinde Marmara Bölgesi'ni etkileyen Gölcük depremidir. Yaklaşık 7.4 büyüklüğündeki bu deprem, büyük bir yıkıma ve insan kaybına neden olmuştur. Özellikle İstanbul, Kocaeli, Sakarya gibi büyük şehirleri etkilemiş, 17 binden fazla kişinin hayatını kaybetmesine ve milyarlarca dolarlık maddi zarara sebep olmuştur. Gölcük depreminin ardından, 12 Kasım 1999 tarihinde Düzce'de yaşanan deprem de büyük önem taşımaktadır. Bu deprem, Gölcük depreminin etkileri henüz iyileşmeden meydana gelmiş

ve bölgede büyük bir yıkıma sebep olmuştur. Birçok kişi hayatını kaybetmiş ve maddi zararlar büyük ölçüde olmuştur (Akıncıtürk 2003).Türkiye'nin deprem riski yüksek olan bir diğer bölgesi ise Doğu Anadolu'dur. Bu bölgede 23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen Van depremi, yaklaşık 7.2 büyüklüğünde ve Van şehri başta olmak üzere çevre illeri etkilemiştir. Depremde yaklaşık 600 kişi hayatını kaybetmiş, binlerce kişi yaralanmış ve büyük bir yıkım meydana gelmiştir. Son olarak, 24 Ocak 2020 tarihinde Elazığ'da meydana gelen deprem de önemli bir olaydır. Yaklaşık 6.8 büyüklüğündeki bu deprem, Elazığ şehrini etkilemiş ve çevre illerde de hissedilmiştir. Depremde yaklaşık 40 kişi hayatını kaybetmiş, birçok kişi yaralanmış ve evsiz kalmıştır. Bu depremler, Türkiye'nin deprem riski yüksek bir ülke olduğunu ve sürekli olarak deprem hazırlıklarının yapılması gerektiğini göstermektedir.

Türkiye'de, 1950'lerden beri kullanılan European Datum 1950 (ED-50) olarak bilinen jeodezik datum, tektonik hareketler nedeniyle deformasyona uğramış ve yüksek konumlama doğruluğunu sağlayamaz hale gelmiştir. Bu nedenle, 1997-1999 yılları arasında gerçekleştirilen çalışmalarla Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA-99) kurulmuştur. Ancak, sonrasında meydana gelen depremler, TUTGA noktalarında geniş çaplı yer değiştirmelere neden olmuş ve ağ güncellenerek TUTGA-99A olarak tanımlanmıştır. Daha sonra, 2015 yılında yapılan ölçümlerle TUTGA ağı tamamen yenilenmiş ve iyileştirilmiştir (Aktuğ vd. 2011).

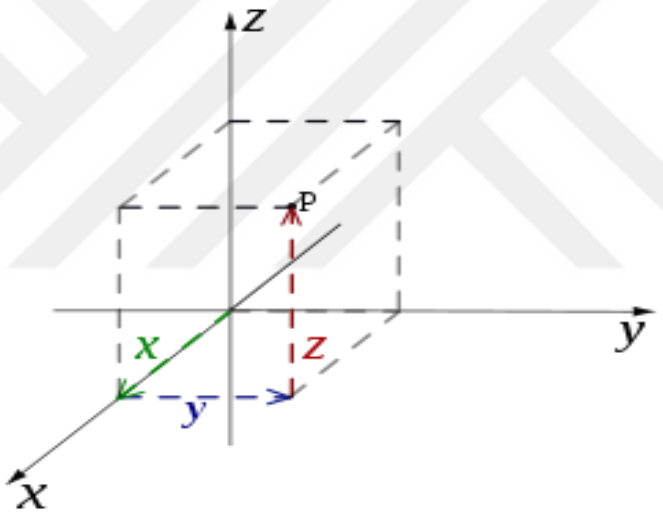
Uydu teknolojilerindeki son gelişmelerle birlikte, birkaç yıl boyunca gerçekleştirilen GNSS gözlemleri ile yerel ölçeklerdeki hareketlerin, jeolojik olayların ve coğrafi değişimlerin daha ayrıntılı olarak izlenmesi ve analiz edilmesi daha ayrıntılı bir şekilde belirlenebilir hale gelmiştir. Bu teknolojik ilerlemeler, dünya üzerindeki tektonik hareketlerin daha hassas bir şekilde izlenmesine ve anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Tektonik hareketlerin belirlenmesinde kritik olan GNSS çıktısı hız verisidir. Bu veriler, farklı zaman dilimlerindeki koordinat farklarıyla matematiksel modeller kullanılarak hesaplanmaktadır (Koca ve Ceylan 2018).

Türkiye'de sık sık depremler meydana gelmektedir. Bu depremler, yer kabuğundaki tektonik hareketlerin bir sonucu olarak ortaya çıkar ve zamanla değişiklik gösterebilir.

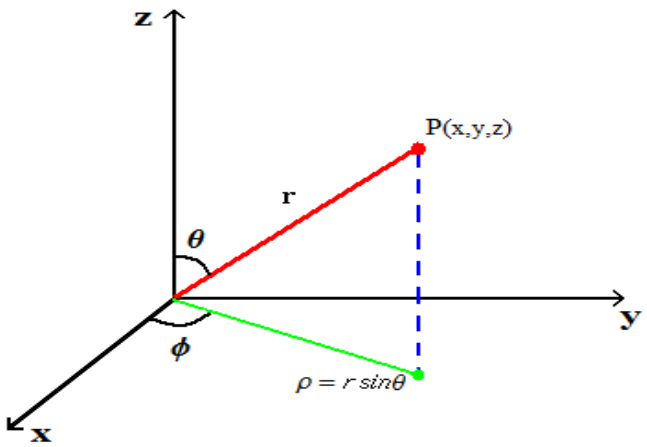
Bu değişiklikler, jeodezik ağlardaki noktaların koordinatlarında ve hızlarında farklılıklara sebep olabilmektedir. Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA), ülkenin jeodezik ağını oluşturan önemli bir bileşendir. Bu ağ, ülke genelindeki noktaların koordinatlarını ve hızlarını ölçerek depremlerin etkilerini takip etmekte ve analiz etmektedir. Özellikle C1 ve C2 dereceli noktalar, kadastral çalışmalarda kullanılan ve jeodezik ağın temelini oluşturan noktalardır. Bu noktaların hızları, depremlerin yarattığı tektonik hareketlerden etkilenebilir ve bu etkiler jeodezik ağın güncellenmesini gerektirebilmektedir. C1 ve C2 dereceli noktaların hızlarının depremlerden etkilenmesi, kadastral çalışmalarda güvenilirliği ve jeodezik ölçümlerde doğruluğu ciddi şekilde etkileyebilir ve bu da bir dizi olumsuz sonuca yol açabilir. Bu nedenle, jeodezik ağların ve kadastral verilerin düzenli olarak güncellenmesi ve deprem etkilerinin sürekli olarak izlenmesi önemlidir. TUTGA ve TUSAGA-Aktif verileri, depremlerin yarattığı etkileri belirlemek ve jeodezik ağın güncellemesini sağlamak için kullanılmaktadır. Bu veriler, deprem sonrası meydana gelen hız değişimlerini analiz ederek, gelecekteki depremlere karşı daha iyi hazırlık yapılmasını sağlamaktadır. Bu sayede, jeodezik ağın güvenilirliği artar ve deprem riski taşıyan bölgelerdeki insanların güvenliği sağlanmış olmaktadır. Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından yapılan çalışmalar, enterpolasyon kaynaklı hız problemlerini çözmek ve ulusal hız alanlarını belirlemek için önemlidir. Bu çalışmalar, farklı dönemlerde elde edilen kadastral nokta hızlarını güncel hızlarla karşılaştırarak, bölgesel hız değişim haritaları oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu haritalar, depremlerin yarattığı hız değişimlerini detaylı bir şekilde gösterir ve jeodezik ağın güncellenmesine katkı sağlamaktadır (İnt. Kyn.1).

2. KOORDİNAT SİSTEMLERİ

Koordinatlar, belirli bir noktanın yerini tanımlamak için kullanılan sayısal değerlerdir. Genellikle bir referans noktasından (örneğin, bir başlangıç noktası veya orijin) belirli uzaklıkları ifade ederler. Yeryüzünün fiziksel formu, tam bir geometrik şekle uymadığı için, matematiksel eşitlikler veya kesin geometrik açıklamalarla tam olarak ifade edilemez. Bunun yerine, yaklaşık şekiller veya modeller kullanılarak açıklanabilir. Bu yüzden yeryüzündeki bir noktanın matematiksel konumunu belirlemek için konum verileri gereklidir. Bu verileri anlamlı bir şekilde ifade edebilmek için bir koordinat sistemi kullanılır. Koordinat sistemi, belirli bir noktanın konumunu tanımlamak için kullanılan bir sistemdir. Genellikle iki veya üç boyutlu olarak oluşturulur. Ayrıca, bu sistemdeki eksenlere olan uzaklıkları ve orijine olan mesafesi de belirtilir.



Şekil 2.1 Dik (Kartrezyen) Koordinat Sistemi (İnt.Kyn.2).

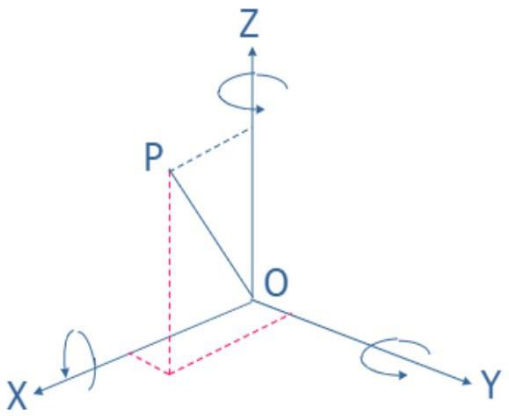


Şekil 2.2 Kutupsal Koordinat Sistemi (İnt.Kyn.3)

2.1 Kartezyen Koordinat Sistemi

Jeodezinin amaçlarına uygun olarak tanımlanabilecek ilk koordinat sistemi, üç boyutlu Kartezyen koordinat sistemidir. Bu sistem, başlangıç noktası olarak genellikle yerin ağırlık merkezini seçer ve noktaların koordinatlarını tek anlamlı bir şekilde ifade etmektedir (Demirtaş 2006).

Üç boyutlu Kartezyen koordinat sistemi aşağıdaki özelliklere sahiptir:
- Başlangıç noktası (O): Yer üzerinde yerin ağırlık merkezi, genellikle başlangıç noktası olarak belirlenir.
- Z ekseni: Yerin dönme ekseniyle çakışık kuzey kutbundan geçen doğrultuyu temsil eder.
- X ekseni: Başlangıç meridyeni (Greenwich meridyeni) ile ekvator düzlemlerinin kesişimini temsil eder.
- Y ekseni: X ve Z eksenlerine dik olan ve sağ el koordinat sistemi oluşturacak şekilde, ekvator düzlemi üzerinde dik olarak yer alır.



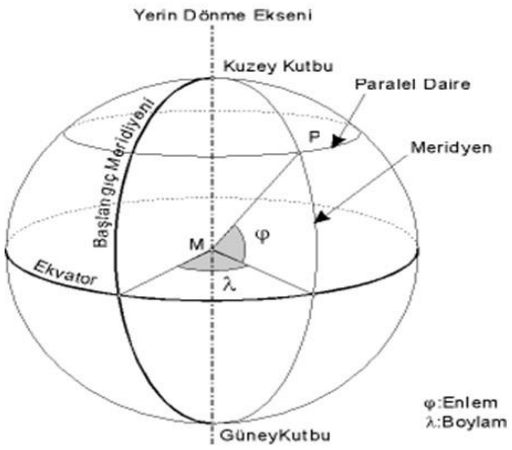
Şekil 2.3 Kartezyen Koordinat Sistemi (İnt.Kyn.4).

Bu koordinat sistemi, jeodezi alanında yerin yüzeyini ve üç boyutlu uzaydaki konumlarını tanımlamak için kullanılır. Jeodezi, yeryüzünün şeklini, boyutlarını ve yerin çeşitli noktalarının koordinatlarını belirlemek için uzay bilimleri ve matematik kullanır.

2.2 Coğrafi Koordinat Sistemi

Jeodezide yaygın olarak kullanılan bir diğer koordinat sistemi coğrafi koordinat sistemidir. Bu sistemde, bir noktanın konumu, Dünya'nın şeklini temsil etmek için tasarlanmış bir referans elipsoidine dayalı olarak enlem ve boylam büyüklükleri kullanılarak belirlenir. Coğrafi koordinatlar, düz bir yüzeyi temsil etmezler; bu nedenle, yeryüzünü iki boyutlu bir haritada doğru şekilde göstermek için farklı projeksiyonlar kullanılır. Bu projeksiyonlar, yeryüzünün eğriliğini ve şeklini dikkate alarak, coğrafi bilgilerin haritalarda doğru bir şekilde temsil edilmesini sağlamaktadır (Okur 2022).

Konum tespiti için kullanılan enlem ve boylam, coğrafi koordinat sistemindeki temel ölçümlerdir. Bu sistemde başlangıç noktası, Londra'daki Greenwich–Başlangıç Meridyeni ve ekvatorun kesiştiği noktadır. Yeryüzü, kuzey-güney yönünde 180 paralel ve doğu-batı yönünde 360 boylamdan oluşur. Enlem çizgileri, ekvatordan paralel olarak kuzey-güney yönünde ilerler. Ekvatorda 0 enlemindedirler ve kuzey yarımkürede pozitif, güney yarımkürede ise negatif olarak ifade edilirler. Boylam çizgileri ise başlangıç meridyeninin doğu ve batısına göre ilerler ve doğu yarımkürede pozitif, batı yarımkürede negatif olarak temsil edilirler. Başlangıç (Greenwich) meridyeni, 0 derece boylamını belirtir. Bir noktanın enlemi, o noktadan geçen paralelin ekvatora olan açısal mesafesi iken, boylamı ise noktadan geçen meridyenin Greenwich düzlemi ile arasındaki açıyı ifade etmektedir (Mustafa 2017).



Şekil 2.4 Coğrafi Koordinat Sistemi (İnt.Kyn.5).

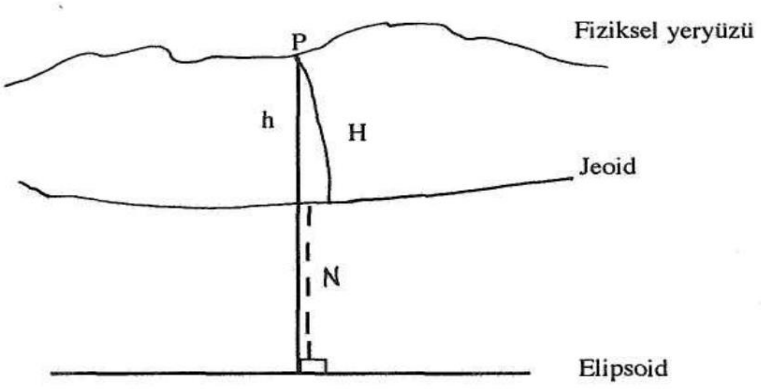
2.3 Yerel Koordinat Sistemi

Koordinat sistemi, dünya üzerindeki herhangi bir noktanın konumunu belirlemek için kullanılan bir sistemdir. Bu sistem genellikle dik koordinat sistemi olarak tanımlanır ve bir referans noktasından (örneğin, bir orijin noktası) belirli uzaklıkları ifade eder. Ülkemizde, haritaların oluşturulmasında ve konum belirlemede kullanılan çeşitli projeksiyonlar bulunmaktadır. Universal Transversal Merkator (UTM) projeksiyonu, genellikle küçük ölçekli haritalarda tercih edilir. Bu projeksiyon, dünya yüzeyini 6 derecelik boylam bölgelerine ayırır ve her bir bölge için bir koordinat sistemi sağlar. Özellikle askeri ve coğrafi bilgi sistemleri gibi alanlarda yaygın olarak kullanılır. Transversal Merkator projeksiyonu ise daha büyük ölçekli haritalarda ve yerel düzeyde kullanılır. Genellikle 1:5000 ölçekli veya daha büyük haritalar için tercih edilir ve yüksek çözünürlüklü dijital bilgi üretimine olanak tanır. Lokal datum ve düzlem projeksiyonlar, özellikle eski büyük ölçekli haritalarda ve özel uygulamalarda kullanılır. Bu projeksiyonlar, belirli bir coğrafi bölgenin özelliklerine ve gereksinimlerine uyacak şekilde tasarlanmıştır. Örneğin, yerel datumlar ve düzlem projeksiyonlar, bölgesel haritaların ve coğrafi bilgi sistemlerinin oluşturulmasında kullanılır ve özel harita projeleri için tercih edilmektedir (İlvan 2014).

2.4 Datum

Jeodezik referans sistemlerinde kullanılan bir terimdir ve yeryüzündeki noktaların tanımlanması için gerekmektedir. Yeryüzünün şeklini ve boyutunu belirleyen parametrelerin bir kombinasyonunu içermektedir. Örneğin, ED50 (European Datum 1950) ve WGS84 (World Geodetic System 1984) gibi datumlar, farklı bölgeler için yaygın olarak kullanılan örneklerdir. Her bir datum, belirli bir referans elipsoidi ve koordinat sistemine dayanmaktadır. Bu elipsoidler, yeryüzünün şeklini matematiksel olarak modellemek için kullanılır. Farklı datumlarda belirlenen koordinatlar arasında uyumsuzluklar olabilmektedir. Örneğin, bir noktanın WGS84 datumunda belirlenen koordinatları ile aynı noktanın ED50 datumunda belirlenen koordinatları arasında farklılıklar olmaktadır. Bu nedenle, koordinatların bir datumdan diğerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Koordinat dönüşümleri, iki farklı datum arasındaki koordinatların birbirine dönüştürülmesini sağlamaktadır. Bu dönüşümler genellikle matematiksel

dönüşüm parametreleri kullanılarak yapılmaktadır. Bu parametreler, iki datum arasındaki farkları tanımlar ve koordinatların doğru şekilde dönüştürülmesini sağlamaktadır. Sonuç olarak, jeodezik çalışmalarda ve harita üretiminde kullanılan koordinatların hangi datum'a ait olduğu ve gerekirse dönüşüm parametrelerinin doğru bir şekilde kullanılması önemlidir. Datumlar, jeodezik referans sistemlerinin temelini oluşturur ve doğru konum bilgisinin belirlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. (Okur 2022).



Şekil 2.5 Fiziksel Yeryüzü ile Jeoid Görüntüsü (İnt.Kyn.6).

2.4.1 ED50 (European Datum 1950) Datumu

ED50 datumu, anlam olarak Avrupa Datum 1950'yi ifade eder. Söz edilen datum, Avrupa'nın batı kısmının çoğunu kapsayacak şekilde tasarlanmıştır ve 2. Dünya Savaşı sonrası ülke sınırlarının haritalarını güvenli bir şekilde belirlemek için geliştirilmiştir. Başlangıçta uluslararası bir elipsoid üzerine dayanan ED50 datumu, daha sonra WGS84 ve GRS80 datumlarının kullanıma sunulmasıyla yerel datumlar olarak kullanılmaya başlanmıştır (Kopar 2021).

Türkiye, 1950 yılından itibaren ED50 datumunu referans sistemi olarak kullanmaya başlamıştır. ABD'de 1909'da John Fillmore Hayford tarafından hesaplanan Hayford Elipsoidini esas alır. Türkiye'nin ED50 datumu tercihinde, ilk aşamada tektonik yapısı dikkate alınmamıştır. Bu durum, noktaların zamanla değişen özelliklerini göz ardı etmiş ve ihtiyaçları tam olarak karşılayamamıştır (Kopar 2021).

Jeodezik noktalar ve kadastro çalışmalarında kullanılan paftalar, Türkiye'de ED50 datumunda tanımlanmıştır. Ancak, uzay tabanlı konum belirleme sistemlerinin ve referans çerçevelerinin gelişmesinden önce, bu datum günümüz teknolojileriyle kullanılan modern ağlara göre düşük hassasiyet ve geometrik bozulmalarla ilişkilendirilmiştir. Türkiye'deki yoğun tektonik aktivitelerin etkisiyle oluşan deformasyonlar, ED50 yersel datumunun günümüz problemlerine etkili bir çözüm sunamamasına yol açmıştır. Bu nedenle, bu problemlere çözüm üretebilecek yeni bir ağa olan ihtiyaç belirgin hale gelmiş ve bu çözümün GNSS teknolojisine dayalı gereklilik haline gelmiştir (Kopar 2021).

Hayford Elipsoidinin parametreleri;

a=6378388 m b=6356911.9461 m

f=1/297 e=0.08199188998

Çizelge 2.1 Referans elipsoitleri ile parametreleri (İlvan 2014)

Referans Elipsoidi	Büyük Yarı Ekseni	Küçük Yarı Ekseni	Basıklık
International 1924 (Hayford)	6378388 m	6356911.9460 m	1/297
Geodetic Reference System 1980 (GRS 80)	6378137 m	6356752.3141 m	1/298.257222101
World Geodetic System 1984 (WGS-84)	6378137 m	6356752.3142 m	1/298.257223563

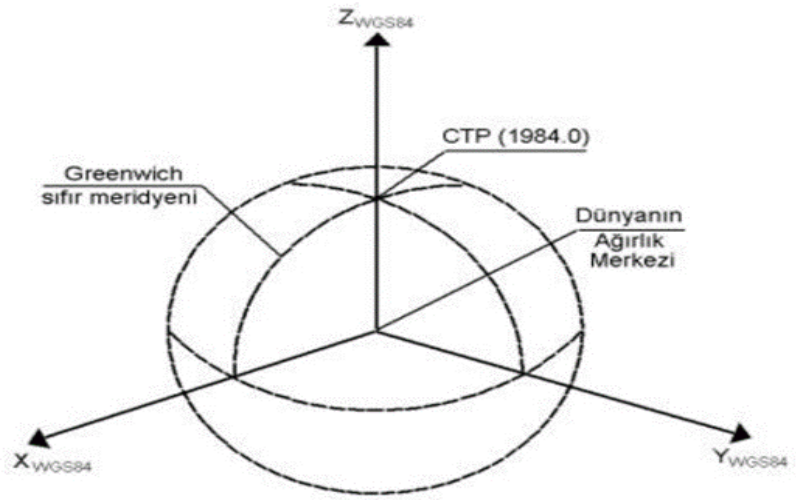
2.4.2 WGS84 Datumu

Uydu teknolojisinin konum beli rleme çalışmalarında kullanılmasıyla birlikte, jeodezik ağların kurulması ve nokta koordinatlarının belirlenmesi süreçleri daha kapsamlı bir boyut kazanmıştır. Yatay ve düşey konum bileşenlerinin bir arada incelendiği yeni bir yaklaşım ortaya çıkmıştır. WGS84 (World Geodetic System 1984) sistemi, GPS uydularının yörünge bilgilerinin belirlenmesi için Amerika Savunma Bakanlığı tarafından kurulan ve uydu navigasyon sistemlerinin temel yapılarını sağlayan küresel üç boyutlu bir koordinat sistemidir. Uluslararası standart bir koordinat sistemidir ve uydulardan elde edilen konum bilgileri, WGS84 Dünya Jeodezik Sistemi 1984 referans

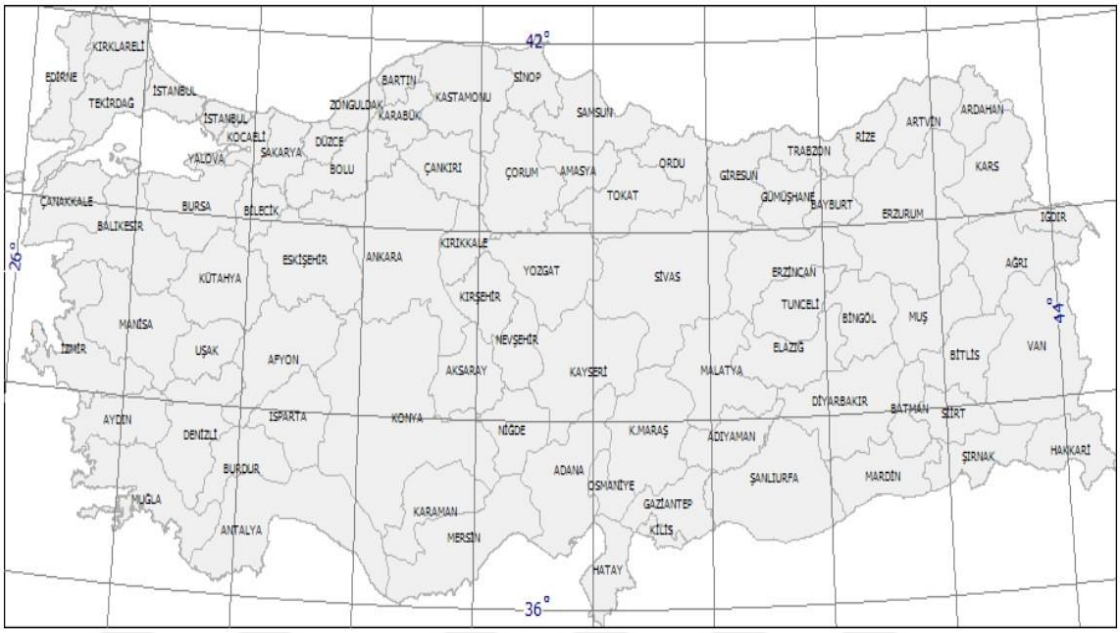
elipsoidi ile belirlenmektedir.

WGS84, dünya yüzeyini en iyi temsil eden matematiksel bir modeldir ve genellikle jeodezik çalışmalarda ve harita üretiminde kullanılır. Bu sistem, hesaplanmış dönüşüm katsayıları kullanılarak çeşitli yerel ve bölgesel datumlarla ilişkilendirilebilir hale getirilmiştir. Yani, WGS84 koordinatları diğer datumlarla ilişkilendirilebilir ve farklı datumlarda belirlenen noktalar arasında dönüşüm yapılabilir.WGS84, küresel konum belirleme sistemlerinin standart referans noktasını oluşturur ve farklı coğrafi uygulamalarda geniş bir kullanım alanına sahiptir (İlvan 2014).

Sistemin eksenlerinin konumunu tanımlamak için şu ifadeler kullanılabilir:
- Orijin: Dünya ağırlık merkezinde bulunur.
- X ekseni: BIH'ın tanımladığı ortalama Greenwich meridyen düzlemi ile ekvator düzlemi arasında kesişir.
- Y ekseni: Yer merkezli bu koordinat sisteminde, X ekseni boyunca ekvator düzleminden doğuya doğru 90 derece açı yapacak şekilde yer alır.
- Z ekseni: BIH tarafından 1984'te belirlenen CTP (Koordinat Dönüşüm Parametreleri) üzerinden geçer.



Şekil 2.6 WGS84 referans sistemi (İlvan 2014).



Şekil 2.7 Lambert Konform Konik (Lambert Conform Conical) (WGS 84) Koordinat Sisteminde Türkiye (İnt. Kyn.7).

Çizelge 2.2 WGS84'ün parametreleri (İlvan 2014).

Parametre	**Sembol**	**Değer**
Büyük Yarı eksen	a	6378137.0 m
Yeryuvarının Açısal Hızı Gravite	W	$7292115 \times 10^{-11} rad/sn$
Gravite Potansiyelinin Normalleştirilmiş İkinci Derece Katsayısı	$\overline{C}_2$	-484.1685×10^{-9}
Yeryuvarının Atmosfer İçindeki Çekim Katsayısı	GM	$3986005 \times 10^{8}\ m^3/sn$

2.4.3 Uluslararası Yersel Koordinat Sistemi (ITRF) 96 Datumu

Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği tarafından 1979 yılında kabul edilen GRS80 elipsoidi, yerel jeodezik referans sistemlerinin uluslararası bir standardı olarak belirlenmiştir. Bu elipsoid, Dünya'nın şeklini ve boyutlarını tanımlamak için kullanılan bir geometrik modeldir. GRS80 elipsoidi, Uluslararası Yersel Koordinat Sistemi (ITRF) içinde temel bir referans elipsoidi olarak seçilmiştir (İlvan 2014).

Yerkabuğundaki levhaların sürekli hareket halinde olması nedeniyle, jeodezik ağlar ve koordinat sistemleri sürekli olarak güncellenmektedir. ITRF datumu, bu dinamik hareketleri dikkate alarak dünya üzerindeki noktaların konumunu belirler. Bu sayede, coğrafi verilerin hassas bir şekilde tanımlanması ve entegrasyonu sağlanır. ITRF datumu, ulusal düzeyde kullanılan nirengi ve nivelman ağlarında meydana gelen hataları düzeltmek için önemli bir araçtır. Ayrıca, GPS ve diğer uydu navigasyon sistemleriyle elde edilen verilerin analizinde kullanılır. Türkiye'de, ITRF96 datumunun resmi olarak kullanılmaya başlanması 2005 yılında gerçekleşmiştir.Bu sistem, jeodezik ve coğrafi verilerin entegrasyonu, harita üretimi, coğrafi bilgi sistemleri ve diğer birçok uygulama alanında önemli bir rol oynamaktadır. Sürekli olarak güncellenen ve iyileştirilen ITRF datumu, coğrafi bilimlerdeki araştırmaların ve uygulamaların temelini oluşturur (İlvan 2014).

2.5 Türkiye’de Koordinat Sistemi

1925 yılında kabul edilen yasa ile Harita Genel Komutanlığı'na verilen görev, Türkiye'nin savunması ve kalkınması için stratejik öneme sahip tüm harita ve planların hazırlanmasını içermektedir. Bu çerçevede, kurum öncelikle ülkenin jeodezik altyapısını güçlendirmek amacıyla temel jeodezik ağların kurulmasına odaklanmıştır. İlk adımlar, 1935 yılında Antalya'da mareograf istasyonunun kurulmasıyla birlikte atılmıştır. Bu istasyon, ana karayolları boyunca yüksekliği bilinen noktaların belirlenmesi amacıyla geometrik nivelman ölçümlerine olanak sağlamıştır. Bu süreç, ülkenin yatay ve düşey kontrol ağının kurulmasını sağlamış ve jeodezik referans ağının belirlenmesine katkıda bulunmuştur. Yatay koordinatları bilinen noktaların sahada belirlenmesi ve temel yatay kontrol ağı, yani nirengi ağının oluşturulması çalışmaları ise 1942 yılında başlatılmıştır. Bu kapsamlı çalışmalar, ülkenin jeodezik altyapısının güçlendirilmesine ve harita hazırlama süreçlerinin daha sağlam bir zemine oturtulmasına önemli bir katkı sağlamıştır. Bu çalışmaların paralel olarak sürdürülen yatay kontrol ağı ölçüleri ve geometrik nivelman ölçüleri, kısa bir süre içinde tamamlanmıştır (İnt.Kyn.8).

Türkiye'nin temel nivelman ağı noktaları, geometrik nivelman yöntemiyle yüksekliklerine kavuşmuş ve yatay koordinatları, 1954 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde gerçekleştirilen dengeleme hesaplamaları sayesinde belirlenmiştir. Bu

süreç sonucunda Türkiye Ulusal Datumu 1954 (TUD-54) hayata geçirilmiştir. Ülkemizin coğrafi özellikleri, iklim şartları ve bitki örtüsü gibi etmenler göz önünde bulundurularak, alışılmışın dışında bir temel ağ yapılandırılmıştır. Ülke genelindeki büyük bölgeler, yaklaşık 180 kilometrelik 66 zincir ve 27 poligon şeklinde planlanmıştır. Noktalar arası ortalama 25-35 kilometre mesafede, 24 farklı doğrultuda ölçümler yapılmıştır. Ana nirengi ağında yaklaşık 800 nokta bulunmaktadır. Başlangıç (datum) noktası olarak Ankara yakınlarındaki Meşedağ belirlenmiş olup, 40 baz (uzunluk) ölçümü ve 98 noktada astronomik gözlemlerle enlem, boylam ve kutup yıldızıyla semt ölçümleri gerçekleştirilerek sistemin başlangıç değerleri tanımlanmıştır. (İnt.Kyn.8).

Sonrasında, Türkiye'nin batısındaki sekiz ortak noktanın TUD-54 koordinatları Avrupa Datumuna (ED-50) dönüştürülmüştür. Türkiye'nin ana nirengi ağında, II., III. ve IV. derece noktalarla sıklaştırma işlemi gerçekleştirilerek harita üretim çalışmalarına başlanmıştır. Yatay kontrol ağı çalışmaları devam ederken, geometrik nivelman ölçümleriyle ülkenin tamamını kapsayan I. ve II. Derece düşey kontrol noktalarının ilk ölçümleri tamamlanmıştır. 1956 yılında gravite ölçümlerine başlanmış ve iki yıl içinde 24 noktalı Türkiye Ulusal Gravite Ağı çalışmaları tamamlanmıştır. Bu ağ, 1990 yılında güncellenmiş ölçülerle yeniden değerlendirilmiş ve Türkiye Temel Gravite Ağı (TTGA-56) oluşturulmuş; uluslararası standart gravite ağıyla entegre edilmiştir. Bu çalışmalar, Türkiye'nin coğrafi bilgi altyapısının oluşturulmasında ve geliştirilmesinde büyük bir kilometre taşı oluşturmaktadır. (İnt.Kyn.8).

Türkiye'deki yoğun tektonik aktivitelerin etkisiyle, ED-50 yersel datumunun günümüz modern ağlara göre duyarlığı azalmış ve yerel ağlardaki geometrik bozulmalar, pratik ihtiyaçları karşılamakta yetersiz kalmıştır. Bu durum, yeni bir jeodezik ağın oluşturulmasını gerektirmiş ve bu ağın GPS teknolojisine dayanması öngörülmüştür. 1997-1999 yılları arasında yoğun GPS ölçümleriyle başlatılan ve sonraki yıllarda yapılan revizyon ölçümleriyle güncellenen TUTGA (Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı), modern ve yüksek doğruluklu ulusal gereksinimleri karşılamak amacıyla kurulmuştur. Bu sayede Türkiye'nin jeodezik referans sistemleri, uluslararası standartlarla uyumlu hale getirilmiş ve coğrafi bilgi sistemleriyle entegrasyonu güçlendirilmiştir. (İnt.Kyn.8).

2005 yılında yürürlüğe giren BÖHHBÜY ile ITRS tabanlı bir datuma geçilmiştir. Ancak, kısa sürede BÖHHBÜY'de özellikle referans epok kavramının bulunmaması ve açık bir ulusal datum tanımının olmaması nedeniyle uygulamada bazı sorunlar ortaya çıkmıştır. Ulusal Datum ihtiyacı ile TUREF (Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi) oluşturulmuştur. Türkiye'nin ITRF tabanlı modern jeodezik datumu olan TUREF ile ED-50 datumu arasındaki dönüşüm ilişkilerinin yüksek hassasiyetle belirlenmesi, geçmiş yıllarda ED-50 datumunda üretilen jeodezik noktaların ve haritaların kullanılabilirliğini, yeni yapılan çalışmalarla uyumlu hale getirilmesini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır. TUTGA ve TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal Sabit GNNS İstasyonları Ağı-Aktif) tarafından sağlanan yüksek hassasiyetin eski kadastro verilerine aktarılması, ancak yüksek hassasiyetli dönüşüm parametreleriyle mümkündür (Aktuğ vd. 2011).

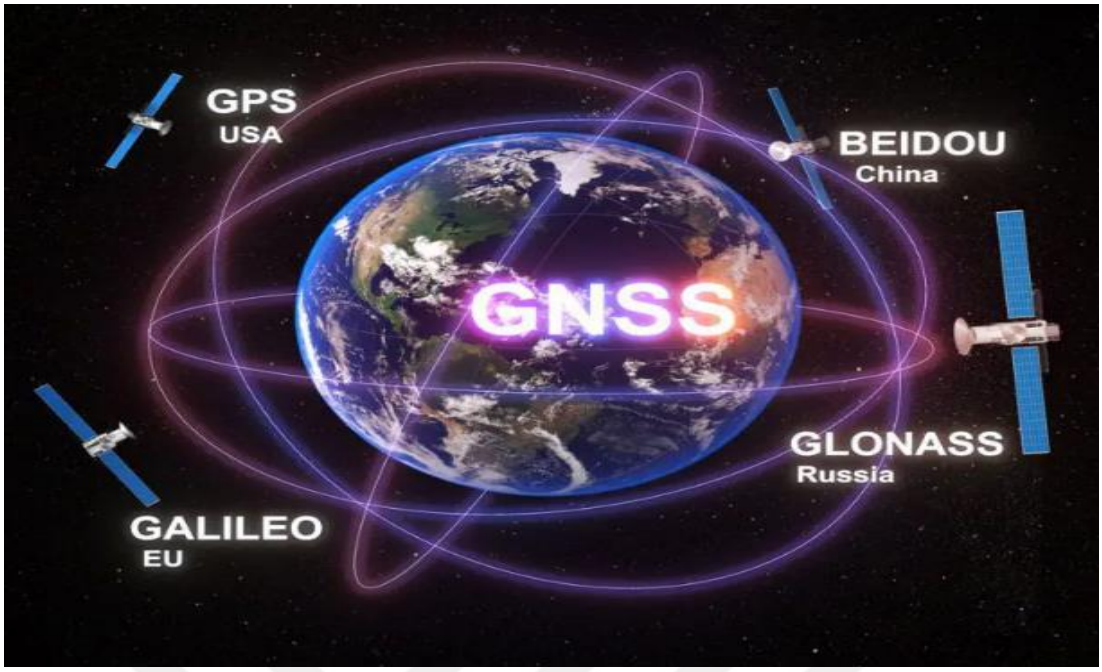
3. KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ (GNSS)

Uydu teknolojileri, insan yaşamına 4 Ekim 1957'de Sovyetler Birliği'nin Sputnik-I adlı ilk insan yapımı uydusunu Dünya yörüngesine yerleştirmesiyle giriş yapmıştır. Bu önemli adımın ardından, Applied Physics Laboratory'de çalışan Guier ve Weiffenbach gibi bilim insanları, uydu sinyallerini kaydederek uydu teknolojisinin gelişimine katkı sağlamışlardır. Bu çalışmalar, Navy Navigation Satellite System (TRANSIT) adlı uydu sisteminin temellerini oluşturdu ve askeri birliklerin konumlarını belirlemesine yardımcı olmuştur. TRANSIT sistemi, 5 Aralık 1963'te ilk uydusunu yörüngeye yerleştirerek önemli bir adım attı ve 1964'te ilk konum belirleme ölçüsü gerçekleştirmiştir. Bu başarılar, modern navigasyon teknolojisinin ve uzay keşfinin ilerlemesine büyük katkı sağlamıştır (Bezcioğlu 2022).

Uydu tabanlı küresel konum belirleme sistemleri, uydular ve uydu sinyalleri aracılığıyla, değişik hava koşullarına bağlı kalmaksızın anlık ve kesintisiz olarak yüksek doğrulukla konum, hız ve zaman bilgilerine erişmemizi sağlar. Bu sistem, farklı ülkelerin geliştirdiği uydu takımlarını entegre etme çabalarına yol açarak Genel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) olarak adlandırılır (Koca ve Ceylan 2018).

Uydu tabanlı konum belirleme genellikle mesafelere dayalı bir konum tespit yöntemine dayanır. Bu yöntemde, bilinen konumlar ile alıcı arasındaki mesafeler ölçülerek konum belirlenir. GNSS gözlemlerinde, bilinen noktalar gözlemlenen uyduların konumlarını temsil eder. Bu gözlemler, alıcının yerel saat ile bir uydudan gelen sinyalin alınma zamanı arasındaki zaman farkını ve sinyalin hızını kullanarak mesafeyi belirler. Bu sayede, alıcının konumu hassas bir şekilde tespit edilir ve navigasyon sağlanır (Bezcioğlu 2022).

GPS sisteminin küresel başarısı, çeşitli ülkelerin kendi uydu konumlandırma sistemlerini geliştirme ve dünya yörüngesine yerleştirme çabalarını artırmıştır. Bu çabaların sonucunda, genel olarak Amerika Birleşik Devletleri'nin GPS, Çin'in BEIDOU/COMPASS, Rusya'nın GLONASS, Hindistan'ın IRNSS/GAGAN, Japonya'nın QZSS, Avrupa Birliği'nin GALILEO olarak tanımlanabilir (Şafak 2019).



Resim 3.1Küresel Konum Belirleme Sistemleri (GNSS) (İnt.Kyn.9).

3.1 Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System – GPS)

GPS, Amerika Birleşik Devletleri tarafından geliştirilen modern bir navigasyon sistemidir. Yeryüzündeki herhangi bir noktada, 24 saat boyunca olumsuz hava koşulları dahil olmak üzere veri toplama imkanı sağlar. GPS kullanılarak, gözlem yapılan noktadaki konum, hız ve zaman bilgileri ölçülerek elde edilmektedir (Şafak 2019).

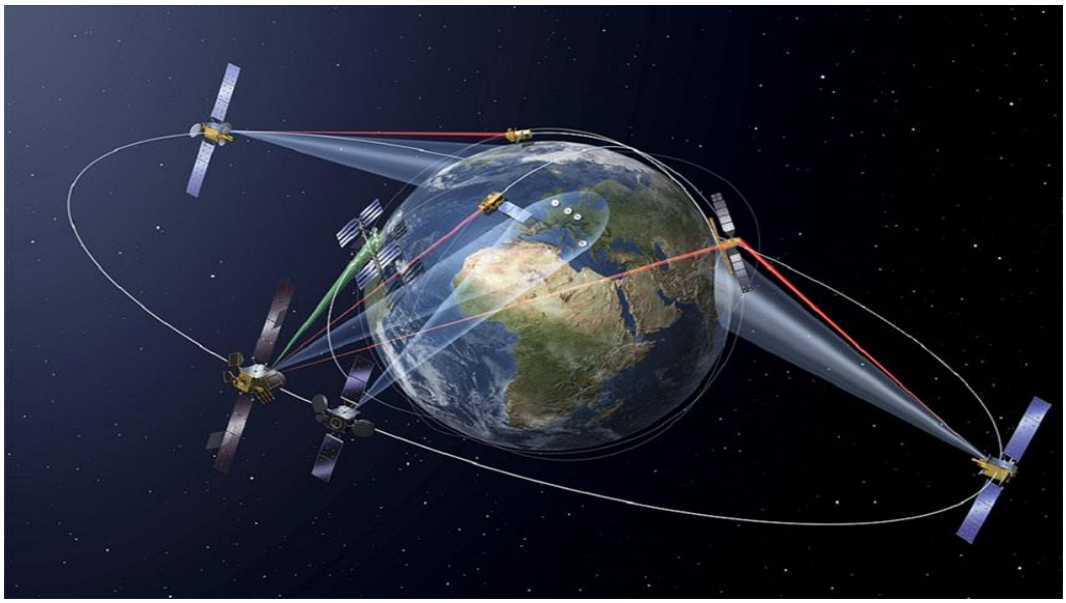
Uygun geometride en az dört uydunun her zaman görülebileceği şekilde planlanan 24 uydu, sistemin uzay bileşenini oluşturur. Bu uydular yaklaşık olarak 20,200 km uzaklıktadır ve altmış beş derece açıyla yörüngede dolaşırlar, her biri 11 saat 58 dakikada bir tam devir yapar. GPS genel olarak uzay tabanlı bir sistemdir ve konum belirleme işlemi jeodezideki geriden kestirme yöntemine dayanır. Hesaplanmak istenen noktanın koordinatları, yer merkezli kartezyen koordinatlar olarak belirlenir. GPS, dört boyutlu bir sistemdir. Sistemin temel prensibi şöyledir: Sürekli dönen 24 GPS uydusundan 21'i aktif olarak hizmet verirken, 3'ü yedek olarak bekler. Bu uydular Dünya'ya radyo sinyalleri gönderir ve GPS alıcısı ile iletişim kurarak aradaki mesafeyi ölçer. Böylece, GPS alıcısı konumunu belirler. GPS sistemi, kendi uyduları üzerindeki atomik saatleri kullanır. Bu saatler, UTC'den 14 saniye ileridedir. Bu nedenle, GPS alıcılarına düzenli aralıklarla UTC saat bilgisi gönderilir. GPS uydu sistemleri, güneş enerjisiyle çalışan ve en az 10 yıl

hizmet verecek şekilde tasarlanmıştır. Bunlar, sinyal gönderici, sinyal kaydedici, anten, osilatör ve mikroişlemci gibi bileşenler içerir. Ayrıca, güneş enerjisi kesintilerine karşı yedek bataryalar ve yörünge düzeltmeleri için küçük roketler bulunur. Bu sistemler, dünyanın her yerinden en az 4, en çok 10 uyduyu izleyerek konum belirleme ve navigasyon sağlarlar. Mart 2021 tarihi itibari ile uydularda sayı artışı olarak 31 GPS uydusu faaliyet göstermektedir. (Yurdakul 2021).

Şu anda, GPS L1 (1575.42 MHz) bandında üç farklı sinyal bulunmaktadır: C/A Kodu, P (Y) Kodu ve M Kodu. C/A Kodu genellikle sivil kullanım için kullanılırken, P (Y) Kodu ve M Kodu askeri kullanıma yöneliktir. Gelecekte ise L1C adı verilen yeni bir sivil sinyal de yayınlanması planlanıyor. Bu sinyal, uluslararası konumlama sistemlerinin bir arada çalışmasını sağlamak amacıyla geliştirilmektedir. L2 (1227 MHz) andında ise L2C adı verilen modern bir sivil sinyal bulunmaktadır. Bu sinyal, GPS'in ticari ihtiyaçlara yönelik özel olarak tasarlanmış ikinci sivil sinyalidir. L2C sinyali, daha yüksek güçte yayın yapma imkanına sahiptir ve ağaçların altında veya kapalı mekanlarda bile daha kolay kullanım sağlar. GPS L5 (1176.45 MHz) sinyali ise daha yüksek bir frekansta yayınlanır ve özellikle yüksek performanslı uygulamalar için geliştirilmiştir. Havacılık güvenliği hizmetleri için ayrılmış bir radyo frekansından iletilen bu sinyal, GPS'in üçüncü sivil sinyalidir. ABD Hava Kuvvetleri, eski GPS uydularını değiştirerek yeni sivil sinyalleri kademeli olarak kullanıma sunmaktadır. Ancak, tam kapasiteyle kullanılabilmeleri için belirli bir sayıda uydunun yayına başlaması gerekmektedir. Tasarlanan yeni sivil sinyallerin kullanılabilmesi için kullanıcıların alıcılarını güncellemesi gerekecektir. Bu güncelleme, daha yüksek doğruluk, güvenilirlik ve geniş bir çalışma aralığı sağlayacaktır (Koca 2019).

Sonuç olarak, GPS teknolojisi sürekli olarak geliştirilmekte ve yeni sinyaller eklenmektedir. Bu sinyallerin kullanılması, konum belirleme sistemlerinin daha da hassas hale gelmesini sağlayacaktır. Günümüzde GPS ölçümleri ile belirlenen noktaların konum doğrulukları oldukça yüksek olmakla beraber bunun yanı sıra X ve Y koordinatlarının hassas bir şekilde belirlenmesinde başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Ancak, GPS ile ölçüm yapılırken kullanılan sinyallerin gücü düşük olduğundan, bazı durumlarda olumsuz etkiler gözlemlenebilmektedir. Özellikle kapalı alanlar, yansıtıcı yüzeyler,

yoğun ağaçlık alanlar, şiddetli yağış, yüksek anten yoğunluğu olan bölgeler, şehir merkezleri, tüneller ve su altı gibi ortamlarda GPS ölçümleri zorlaşabilir ve istenilmekte olan hassasiyete ulaşılamayabilir hatta bazen hiç ölçüm yapılamayabilmektedir. Bu gibi durumlarda GPS kullanımının tavsiye edilmemektedir. GPS ile elde edilen koordinatlar WGS-84 datumunda olduğundan, uygulanacak işlemlerde yerel datum dönüşümü yapılması gerekmektedir. Aynı şekilde, GPS ile belirlenen yükseklik bilgisinin elipsoidal yükseklik olduğunu ve bu nedenle uygun dönüşümlere dikkat edilmesi gerektiğini unutmamak önemlidir (Şafak 2019).



Resim 3.2 Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System – GPS) (İnt.Kyn.10).

GPS uyduları, kod bölmeli çoklu erişim (Code Division Multiple Access - CDMA) tekniğini kullanarak navigasyon sinyallerini oluşturmaktadır. Bu teknikte, her bir uydu için aynı taşıyıcı frekans kullanılır ve bu frekansta standart navigasyon sinyalleri modülasyon edilmektedir. CDMA yöntemi, her bir GPS uydusu tarafından iletilen farklı kod setlerini kullanarak alıcıların uydular arasında ayırım yapmasını sağlamaktadır. Bu sayede, aynı frekans bandında birçok uydunun sinyali aynı anda iletilmekte ve alınmaktadır. GPS navigasyon sinyalleri, temel bir frekans olan 10.23 MHz'ye çeşitli katsayılarla çarpılarak modülasyon edilmektedir. Bu katsayılar, her bir uydunun özel bir kodlama seti sağlayarak, alıcılara hangi uydudan gelen sinyali izlediklerini belirleme yeteneği vermektedir. Bu CDMA tekniği, GPS sistemlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırırken, birden fazla uydu sinyalini aynı anda alabilme yeteneğiyle daha

kesin konum tespiti sağlamaktadır (Farhan 2021).

3.2 Global Navigation Satellite System (GLONASS) Uydu Teknolojisi

GLONASS sistemi, Sovyet Askeri Kuvvetlerinin balistik füzelerinin konumunu, hızını ve hedeflemesini gerçek zamanlı olarak belirleme amacıyla tasarlanmıştır. 1970'li yıllarda başlatılan bir proje olan GLONASS, ABD'nin GPS sistemine alternatif olarak geliştirilmiş ve 1983 yılında resmen duyurulmuştur. İlk olarak 1993 yılında 12 uyduyla askeri alanda hizmete girmiş ve 1995 yılında 24 uyduya ulaşarak tam operasyonel kapasiteye erişmiştir. Ancak, 1990'ların sonunda Rus ekonomisinin zorlukları nedeniyle GLONASS'a yapılan yatırımlar durmuş ve uyduların modernizasyonu aksamıştır. Bu durum, 2001 yılında aktif uydu sayısının 7'ye kadar düşmesine neden olmuştur. Ancak, 2001'den itibaren Rusya, sistemi tekrar devreye almak için yatırımlarını artırmış ve 2011 yılında 24 uyduyu devreye alarak küresel ölçekte etkin hale getirmiştir (Koca 2019, Yurdakul 2021).

GLONASS, dünya üzerinde yüksek doğrulukla konum belirlemek için kullanılan bir uydu konumlandırma sistemidir. Sovyet ordusunun ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilen bu sistem, ikinci nesil bir konumlandırma çözümü olarak Tsiklon sistemlerinin yerini almıştır. Tsiklon, öncül bir konumlandırma sistemi olup, bölgesel ölçekte çalışan ve yönlendirilebilen uydulardan oluşmaktadır. GLONASS'ın ilk uydusu COSMOS, 12 Ekim 1982'de uzaya fırlatılmıştır. Bu sistem, GPS'e benzer özelliklere sahip birimlerden oluşmaktadır (Koca 2019).

GLONASS sistemi, ilk uydusunun 12 Ekim 1982'de yörüngeye oturtulmasıyla devreye girmiştir. 2021 Mart’tan itibaren, 23 operasyonel uydusu bulunan sistemde toplamda 27 MEO uydusu bulunmaktadır. Her yörünge düzleminde 8 uydu bulunmakta olup, bu uydular homojen bir şekilde konumlandırılmıştır. Uydular, 120°'lik farklarla üç yörünge düzlemine yerleştirilmiş ve yörünge eğiklik açısı 64,8°'dir. Uyduların konumlarını belirlemek için slot numaraları atanmıştır; birinci yörünge düzleminde 1-8, ikinci yörünge düzleminde 9-16 ve üçüncü yörünge düzleminde 17-24 slot numaraları bulunmaktadır. GLONASS uyduları, yörünge eğiklik açısından dolayı 64,8° kuzey ve 64,8° güney enlemleri arasında dalgalı bir hareket yaparak yer izi çizmektedirler. Aynı yörüngede

dönen uydular, sırayla aynı yer izi üzerinde hareket etmektedirler. Bir uydunun yeryüzünde çizdiği yer izi her 17 turda bir tekrar eder ve bu döngü 8 gün sürmektedir. Yani her sekiz günde bir uydu, Dünya yüzeyinde aynı noktadan geçmektedir. (İçen 2018).

GLONASS sistemi, kullanıcılarına hizmetlerini L1 ve L2 sinyalleri aracılığıyla sunmaktadır. L1 sinyalleri 1598,0625 – 1605,375 MHz aralığında, L2 sinyalleri ise 1242,9375 – 1248,625 MHz aralığında yayınlanmaktadır. Her bir bantta, 14 taşıyıcı frekans bulunmaktadır, bu da sistemin geniş bir kullanıcı kitlesine hizmet verebilmesine olanak tanımaktadır. Ancak, L1 sinyallerinin hidroksil radikaliyle karıştığı tespit edilmiş ve bu durum frekansların değiştirilmesini gerektirmiştir. 1998'de, frekans tahsisleri değiştirilerek negatif kanallar tanıtılmış ve bu düzenlemeyle ters modlu uydulara kanal ataması yapılmıştır, sistemin daha verimli çalışması sağlanmıştır. GLONASS sistemi, L1 ve L2 sinyalleri üzerinden C/A kod ile açık hizmet ve P kod ile güvenli hizmet sunmaktadır. Bu, kullanıcılara farklı gereksinimlerine uygun çeşitli hizmet seçenekleri sunar. GLONASS zaman sistemi, dünya çapında kabul görmüş UTC (SU) ile uyumludur ve jeodezik datumu olarak PZ-90 referans sistemini kullanır. Rusya, entegrasyonu kolaylaştırmak ve sistem performansını artırmak için PZ-90 datumunu güncelleyerek PZ-90.11 datumunu kullanmaya başlamıştır. (Yurdakul 2021).

Resim 3.3 Global Navigation Satellite System (GLONASS) Uydu Teknolojisi (İnt.Kyn.11).

3.3 GALILEO Teknolojisi

Galileo, Avrupa Birliği'nin kontrolündeki küresel bir uydu tabanlı navigasyon sistemidir. GPS ve GLONASS'a alternatif olarak tasarlanmıştır ve 30 uydudan oluşacak şekilde planlanmıştır. İlk uydusu 2005 yılında uzaya gönderilmiştir. GPS'in aksine, Galileo'nun kontrolü Avrupa Birliği veya Avrupa Uzay Ajansı tarafından sağlanacak ve askeri operasyonlarda uyduların yerini değiştirme yetkisi bulunmayacaktır. Sistemin tasarısı 1999 yılında Almanya, Fransa, İtalya ve İngiltere'den gelen dört farklı tasarı önerisinin değerlendirilmesiyle başlamış ve 2003 yılında Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı tarafından resmi olarak üstlenilmiştir. Galileo'nun operasyon merkezleri İtalya Fucino ve Almanya Münih yakınlarında bulunmaktadır. İlk operasyonel uydular 2011 yılında devreye alınmış ve 2013 yılında ilk konum belirlenmiştir. Galileo, benzersiz bir küresel arama ve kurtarma işlevi sunacak şekilde tasarlanmıştır, bu da GPS ve GLONASS sistemlerinden önemli bir gelişmedir (Koca 2019).

Galileo'nun küresel konumlama sistemi, toplamda 30 orta yörüngeli uydudan oluşur, bunların 24'ü ana ve 6'sı yedek uydulardır. Başlangıçta planlanan 27 aktif ve 3 yedek uydunun yerine, daha sonra 24 aktif ve 6 yedek uydunun kullanılması kararlaştırılmıştır. Uydular, homojen bir şekilde 3 farklı yörünge düzlemine dağıtılmıştır. Her bir yörünge düzlemindeki 8 uydu, 45 derece eşit açısal aralıklarla yerleştirilmiştir. Yedek uydular, ana uydu takımını oluşturan iki uydu arasına yerleştirilmiştir. Galileo'nun hizmet verdiği başlıca 3 farklı frekans bandı E1, E5 ve E6'dır. E1 bandı Kamu Hizmeti için E1 ve E2 sinyallerini içerirken, 1575,42MHz frekanslı L1 sinyali Açık Hizmet, Hayat Güvenliği ve Ticari Hizmet için kullanılmaktadır. E6 bandı ise E6a ve E6b adında iki farklı sinyal sunar ve kamu hizmeti ile ticari hizmeti desteklemektedir. E5 bandı ise E5a ve E5b olmak üzere iki farklı sinyal üzerinden hizmet vermektedir. Galileo uyduları ayrıca Cospas-Sarsat sistemi kapsamında 1544,5 MHz frekansında L6 sinyali üzerinden aşağı yönlü arama kurtarma hizmeti sağlamaktadır. Bu, acil durum ve kurtarma operasyonlarında kullanılan önemli bir özelliktir. (İçen 2018).

Galileo sistemi, kullanıcıların daha iyi bir konum belirleme ve navigasyon hizmeti alabilmesi için tasarlanmış bir uydu konumlandırma sistemidir. Bu sistem, kullanıcıların GPS sinyallerine ek olarak Galileo E5 ve E2-L1-E1 sinyallerini kullanarak daha yüksek

doğruluk ve güvenilirlik sağlar. Özellikle hassas uygulamalarda, bu sinyallerin birleştirilmesiyle daha kesin sonuçlar elde edilebilir. Galileo'nun kullanımı için referans koordinat sistemi olarak WGS84 yerine Galileo Terrestrial Reference Frame (GTRF) kullanılması dikkate değerdir. Bu, Galileo'nun kendi referans sistemine dayanarak daha tutarlı sonuçlar elde etmesini sağlar. GTRF ile WGS84 arasındaki fark genellikle sadece birkaç santimetre düzeyindedir, bu da genellikle çoğu uygulama için önemsizdir. Ancak, çok hassas uygulamalarda bu fark önemli olabilir. Galileo sistemi, referans zamanı olarak Galileo System Time (GST) kullanır. GPS zamanı ile GST arasında nanosaniyeler mertebesinde farklılıklar gözlemlense de, genellikle her ikisi de aynı kabul edilir. Bu, Galileo'nun zaman hassasiyetinin ve koordinat doğruluğunun yeterince iyi olduğunu gösterir (Kaplan vd. 2006).

3.4 BEIDOU Teknolojisi

Çin ülkesinin ürettiği BeiDou Uydu Navigasyon Sistemi, 35 uydudan oluşan bir takımyıldızla dünya çapında kullanıcılarına hizmet vermektedir. Bu takımyıldızda, 5 Geostationary Earth Orbit (GEO) uydusu, 3 Inclined Geosynchronous Satellite Orbit (IGSO) uydusu ve 27 Medium Earth Orbit (MEO) uydusu bulunmaktadır. Sistemin sinyal iletimi, kod bölmeli çoklu erişim (Code Division Multiple Access - CDMA) tekniği ile gerçekleşir ve hem açık hem de kısıtlı (askeri) seviyelerde konum belirleme hizmeti sunmaktadır (İçen 2018).

BeiDou'nun gelişimi, ilk aşaması olan BeiDou navigasyon sistemi (BDS-1)'nin 2003 yılında başlatılmasıyla başlamıştır. Bu aşamada, başlangıçta iki sabit yörünge uydusu (GEO) konumlandırılmış ve daha sonra 2003 yılında yedek için ek bir GEO uydusu eklenmiştir. Daha sonra, 2012 yılında, BeiDou bölgesel navigasyon uydu sistemi (BDS-2) geliştirilmiştir. BDS-2, 14 uydudan oluşan teknolojiyle 5 GEO uydusu, 5 IGSO uydusu ve 4 MEO uydusundan oluşmuştur. BDS-2'nin hizmet alanı Asya-Pasifik bölgesinin %94,6'sını kapsamaktadır ve GPS sistemi ile karşılaştırıldığında Asya-Pasifik bölgesindeki konumlama performansı benzemektedir. BeiDou sistemi, Çin Jeodezi Koordinat Sistemi 2000'e (CGCS 2000) uyumlu bir koordinat sistemine sahiptir. Bu koordinat sistemi, WGS 84, PZ-90.02 veya GTRF'e dönüştürmektedir. BeiDou zamanı (BDT), GPS ve Galileo'nun zaman sistemine benzeyen bir hafta uygulaması ile

tanımlanmakta olup sıfır noktası 1 Ocak 2006 UTC 00:00'dır. BDT, entegrasyon için UTC'ye veya diğer zaman sistemlerine dönüştürülebilmektedir. Genel olarak, BeiDou sistemi, CDMA tekniğinden ulaşılan navigasyon sinyallerini kullanarak uzay, yer kontrol ve kullanıcı bölümlerinden oluşan bir GNSS (BDS-3) sistemi geliştirmektedir. Bu sistem, küresel navigasyon hizmeti sağlar ve diğer GNSS sistemlerine benzer şekilde işlemektedir (Farhan 2021).

3.5 Diğer Konumlama Sistemleri

QZSS, Japonya'nın geliştirdiği bir sistemdir ve ilk uydusu 11 Eylül 2010'da uzaya fırlatılmıştır. Sistem, Eylül 2013 itibariyle aktif olan 3 uydusuyla hizmet vermektedir. Bu uydular, L1C, L2C ve L5 sinyallerini içermekte olup, Japonya'nın kentsel alanlarında GPS uydularının daha kesin sonuçlar vermesini sağlamak, GPS tabanlı uygulamaların hassasiyetini, güvenilirliğini artırmak ve verimliliğini geliştirmek gibi temel amaçlarla tasarlanmıştır (İçen 2018).

QZSS uyduları, GPS'in L1C/A sinyalleriyle uyumlu olmanın yanı sıra, geliştirilmiş L1C, L2C ve L5 sinyalleriyle de uyumlu iletim yapmaktadır. Bu sayede, kullanıcılar daha doğru konum belirleme ve zaman senkronizasyonu sağlayabilir. QZSS, özellikle Japonya'nın yüksek binalarla çevrili şehirlerinde ve dar vadilerde GPS sinyallerinin alınmasını zorlaştıran ortamlarda daha etkili bir şekilde kullanılması hedeflenmiştir. Bu da Japonya'da yerel ve ulusal çapta birçok uygulamanın daha güvenilir ve hassas hale gelmesini sağlar (Solak 2015).

IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System), Hindistan Uzay Araştırmaları Kurumu (ISRO) tarafından geliştirilmiş olan bölgesel uydu navigasyon sistemine verilen isimdir. Toplamda dokuz uydudan oluşan bu sistem, Hindistan'ın çevresindeki 1500 kilometrelik bir alanda etkin olmayı hedefler. Nisan 2016'da son uydunun fırlatılmasıyla birlikte IRNSS, Hindistan Başbakanı Narendra Modi tarafından Navigation Indian Constellation (NAVIC) olarak yeniden isim değişikliğe uğramıştır. IRNSS, tamamlandığında, GEO (Geosynchronous Orbit) yörüngesinde üç uydudan ve GSO (Geostationary Orbit) yörüngesinde dört uydudan oluşacak şekilde planlanmıştır. Bu uydular, yeryüzünden yaklaşık 36.000 km yükseklikte konumlanacak ve bölgesel

navigasyon hizmeti sunacaktır.Projenin yapımına Mayıs 2006'da başlanmıştır. İlk uydu IRNSS-1A, 1 Temmuz 2013'te fırlatılmıştır ve diğer uydular da zamanla gönderilmiştir. Yedek uyduların 2017’de uzaya gönderilmesi amaçlanmıştır. IRNSS sistemi, Hindistan ve çevresindeki ülkelerde 10 m'nin altında konum doğruluğu sağlamayı hedeflerken, Hint Okyanusu Bölgesi'nde ise 20 m'lik bir konum doğruluğu öngörülmektedir. Bu sistem, özellikle bölgesel navigasyon ihtiyaçlarını karşılamak ve Hindistan'ın bağımsız bir navigasyon altyapısına sahip olmasını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir (Koca ve Ceylan 2018).

4. TÜRKİYE'DE KULLANILAN TEMEL JEODEZİK AĞLAR

Ülke temel jeodezik ağları, bir ülkenin coğrafi bilgisini belirli aralıklarla işaretlenen ve koordinatları belirlenmiş noktalar aracılığıyla temsil eden sistemlerdir. Bu ağlar, ülkenin geniş alanlarını kapsayacak şekilde düzenlenir ve genellikle ülkenin her bölgesinden erişilebilir olacak şekilde dağıtılır. Bu ağların oluşturulması ve yönetilmesi, genellikle devlet kurumları veya ilgili otoriteler tarafından yapılır. İstasyonlar arasındaki mesafe ve konum, jeodezik ve coğrafi gereksinimler doğrultusunda belirlenir. Her istasyonda, belirli aralıklarla GNSS (Global Navigation Satellite System) alıcıları bulunur ve bu alıcılar aracılığıyla sürekli olarak konum verileri toplanır. Toplanan veriler, jeodezik hesaplamalar ve analizlerle işlenir. Bu analizler, levha tektoniği, yer kabuğu hareketleri ve diğer jeolojik faktörlerin etkilerini belirlemek için kullanılmaktadır (Sevindi 2005).

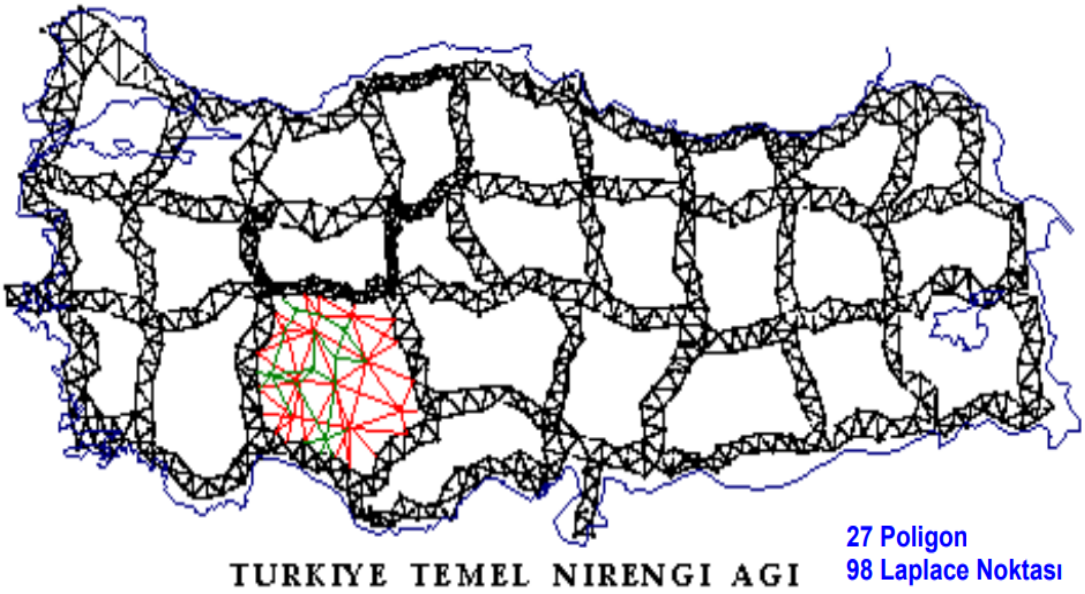
Ülke temel jeodezik ağları, askeri, ekonomik, altyapı ve diğer stratejik alanlarda kullanılmak üzere tasarlanır. Örneğin, askeri navigasyon, coğrafi bilgi sistemleri, mühendislik projeleri ve afet yönetimi gibi alanlarda bu ağlardan faydalanılır. Sonuç olarak, ülke temel jeodezik ağları, bir ülkenin coğrafi bilgi altyapısının temelini oluşturur ve çeşitli sektörlerde önemli bir rol oynar.

Çizelge 4.1 Türkiye Ulusal Datumu 1954 (TUD54) sisteminin özellikleri (TUD54) sisteminin özellikleri.

Özellik	**Açıklama**
Dengeleme senesi	1954
Elipsoidi	Uluslararası Hayford
Datumu	ED50
Avrupa ağı ile ortak nokta sayısı	8
Astronomik nokta sayısı	99
I. Derece poligon sayısı	27
I. ile II. Derece nokta sayısı	904+3320
I. ile II. Derece nokta sıklığı	185 km^2/nokta
III. 24 Derece nokta sayısı	yaklaşık 55000
I. , II. ile III. Derece nokta sıklığı	13 km^2/noktadır

4.1 Ülke Temel Yatay Kontrol Ağı

Ülkemizde ulusal kontrol ağı kurma çalışmaları, jeodezik ağların oluşturulması ve ülke savunması için harita ve planların yapılması amacıyla 1925 yılında çıkarılan bir yasa ile Harita Genel Komutanlığına verilmiştir. Bu kapsamda, 1942 yılında ülke genelinde ulusal kontrol ağı kurulması çalışmalarına başlanmıştır. 1953 yılına kadar süren bu süreçte, 1. derece nirengi ağı ve zincirleri oluşturulmuştur.



Şekil 4.1 Türkiye Ulusal Yatay Kontrol Ağı (İnt. Kyn.12).

1.derece nirengi ağı kurma sürecinde, toplamda 3538 doğrultu ölçümü yapılmıştır. 98 Laplace noktasında astronomik ölçüm gerçekleştirilmiş ve 40 baz ölçümü alınmıştır. Bu kapsamlı ölçümlerle birlikte, ağın dengelemesi A.B.D. Ordu Harita Servisi'nde titizlikle gerçekleştirilmiş ve Lambert Konformal Konik projeksiyonunda düzlem koordinatlarına dönüştürülmüştür. Ağın temel noktası olarak Meşedağ noktası belirlenmiş ve bu noktanın astronomik koordinatları, Laplace noktalarındaki astronomik ölçüler ve baz ölçüleri için sıkı koşullar uygulanmıştır. Baz ölçüleri astronomik ölçülere göre yüksek hassasiyette alınmış ve baz genişletme ağlarında dahi baz hatası 5 ppm'in altında olmuştur. Dengeleme sonucunda birim ağırlıklı ölçünün ortalama hatası 0.681" olarak bulunmuştur. 1954 yılındaki dengeleme çalışmaları sırasında, 786 noktadan oluşan TUD-54 hesaplanmıştır. İlk dengelemeden sonra daha alt dereceli noktaların sıklaştırılması çalışmaları başlamıştır. (Aktuğ vd. 2012).

Günümüzde Türkiye Ulusal Yatay Kontrol Ağı, 27 poligon zinciri halinde dengelendikten sonra 904 adet 1. Derece ve hiyerarşik olarak üretilmiş 3311 adet 2. Derece, 95000 adet 3. Derece ve 350000 adet 4. Derece noktadan oluşmaktadır (Aktuğ vd. 2012).

4.2 Türkiye'de Kadastral Çalışmalar ve Mevzuat

Kadastro sistemi, Türkiye'de uzun bir tarihe dayanan ve çeşitli evrelerden geçen bir süreçtir. Cumhuriyetin ilanından sonra vergi/yazım kadastrosu ve hukuki kadastro olmak üzere farklı dönemlerde uygulanmıştır. Bu süreçte kadastro faaliyetlerinde çeşitli adlandırmalar ve metotlar kullanılmıştır. Çeşitli amaçlarla yapılan kadastro türleri arasında genel kadastro, ilk tesis kadastro, tapulama (köylerde), kadastro (kentlerde), orman kadastrosu, 2/B kadastrosu, tespit dışı yerlerin kadastrosu, mera kadastrosu, afet kadastrosu, ihaleli kadastro, öncelikli kadastro, imar affı uygulamaları, yenileme çalışmaları, klasik kadastro, fotogrametrik kadastro ve sayısal kadastro yer almaktadır (İnt. Kyn. 13).

Türkiye'deki kadastro faaliyetleri, 1912'de Emvali Gayrimenkulenin Tahdit ve Tahriri Hakkındaki Muvakkat Kanun ile başlamış ancak 1. Dünya Savaşı nedeniyle ara verilmiştir. Cumhuriyetin ilanından sonra 1924'te 474 sayılı Kanunla kadastro niteliğinde çalışmalar yapılmış, fakat harita düzenlenmediği için tapu tahriri niteliğinde kabul edilmiştir. 1925'te Tapu Umum Müdürlüğü (şimdiki Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü) kurulmuş ve 1925 tarihli 658 sayılı Kadastro Kanunu ile Ankara, İstanbul, İzmir, Bursa ve Konya'da mülkiyet kadastrosu çalışmalarına başlanmıştır. Harita Genel Müdürlüğü 1925-1936 arasında planlar üreterek kadastro çalışmalarına destek olmuştur. 1926'da yürürlüğe giren Medeni Kanun'un ardından düzenli bir kadastro sistemine geçilmesi gerektiği anlaşılınca yeni yasal düzenlemeler yapılmıştır (İnt. Kyn. 14).

15 Aralık 1934 tarihli ve 2613 sayılı Kadastro ve Tapu Tahriri Kanunu'nun yürürlüğe girmesiyle, ülke genelinde kadastro faaliyetleri başlatıldı. Bu kanun, köy ve kent ayrımı yapmadan tüm ülke genelinde kadastro çalışmalarının yürütülmesini öngörmüştür. Ancak, zamanla bu sistemin uygulanmasının uzun zaman aldığı, sınırlandırma, ölçü ve tespit işlevlerinin farklı ekipler tarafından yapılmasının gerektiği ve askı ilan süresinin

uzun olması gibi nedenlerle, ülke genelinde kadastro çalışmalarının istenilen hızda ilerleyemeyeceği düşüncesi oluşmuştur. Bu nedenle, kentlerde Kadastro Kanunu'na uygun olarak devam edilirken, köylerde farklı bir yasa modeliyle kadastro çalışmaları yapılması kararı alınmıştır. Kadastro çalışmalarının yavaş ilerlemesinin sadece yasa modeline bağlı olmadığı, diğer faktörlerin de etkili olduğu belirtilmiştir. Bu faktörler arasında, teknolojik altyapının yetersizliği, personel yetersizliği, fon eksikliği, idari sorunlar ve mevzuat karmaşası gibi etkenlerin bulunduğu ifade edilmektedir. Bu nedenle, kadastro çalışmalarının hızlandırılması için sadece yasal düzenlemelerin yeterli olmayabileceği, bu faktörlerin de dikkate alınarak kapsamlı bir strateji oluşturulması gerektiği vurgulanmaktadır (Toker 2015).

Bu dönemde kadastro çalışmalarının hızını etkileyen faktörler arasında ekonomik düzey, kültürel yapı, coğrafik yapının engelleyici etkileri, iklim şartları, ulaşım imkanları, kalifiye eleman sayısı ve teknik donanım gibi unsurlar önemli rol oynamıştır. Bu sebeplerle, kadastro sürecinde değişiklikler yapılması gereği ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, köylerdeki taşınmazların kadastro çalışmalarının hızlandırılması amacıyla 16 Mart 1950 tarihli ve 5602 sayılı Tapulama Kanunu yürürlüğe konulmuştur. 1950 yılından itibaren, şehirlerde genel kadastro çalışmaları için 2613 sayılı Kanun uygulanırken, köylerde arazi kadastrosu için 5602 sayılı Kanun kullanılmıştır. Bu dönemde, ülkede kadastro faaliyetleri "Kadastro" ve "Tapulama" isimleri altında iki ayrı yasa çerçevesinde sürdürülmüştür. Ayrıca, orman alanlarının kadastrosuyla ilgili olarak, Orman Genel Müdürlüğü tarafından 18 Şubat 1937 tarihli 3116 sayılı Orman Kanunu'nun yürürlüğe konulmasıyla birlikte orman alanlarının kadastrosu için özel düzenlemeler yapılmıştır. Ancak, bu durum, orman ve orman dışı alanlar için farklı kadastro süreçlerinin oluşturulmasına neden olmuştur. Bu durum, zaman zaman harita üretimi ve teknik yetersizlikler gibi sorunlara yol açmıştır. Son olarak, afete maruz kalan yerlerde, 15 Mayıs 1959 tarihli ve 7269 sayılı Kanun gereği, ilgili idarelerin talebi üzerine tapu-kadastro idaresince afet kadastrosu yapılması öngörülmüştür. Bu kadastro türü, genel kadastrodan farklı olarak özel yasal kurallara tabi bir süreci içermektedir. 1966 yılında yürürlüğe giren 766 sayılı Tapulama Kanunu, 5602 sayılı Kanunun aksamalarını gidermek amacıyla çıkarılmıştır. Bu kanun, tarıma elverişli olmayan ve sahipsiz yerler ile orman niteliğindeki alanların tapulamaya tabi tutulmamasını öngörmüştür. Bu

düzenleme, ülkedeki kalkınma planları çerçevesinde öncelikli olarak meskun alanlar ile verimli arazilerin kadastro edilmesi gerektiği düşüncesinden kaynaklanmıştır (Toker 2015).

766 sayılı Kanun ile birlikte, itirazların askı ilanında kadastro/tapulama komisyonlarına yapılması ve komisyon kararlarına karşı mahkemede dava açılabilmesi gibi süreçler belirlenmiştir. Ancak, zamanla bu süreçlerde yoğunluk yaşanmış ve kararların beklemesi ve intikaller nedeniyle tebliğ edilecek karar sayılarının artması gibi sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu sorunların çözümü için 2005 yılında yapılan düzenleme ile kararların tebliği yerine askı ilanı ile duyurulması uygulamasına geçilmiştir. Bu sayede işlemlerin hızlanması ve mali açıdan tasarruf sağlanmıştır. Ayrıca, 1984 yılında çıkarılan 2981 sayılı Kanun ile imar mevzuatına aykırı olarak inşa edilmiş toplu binaların bulunduğu arazilerde hak sahiplerinin tespiti veya yeniden belirlenmesi amacıyla "Tapu Tahsis Belgesi" uygulamaları yapılmıştır (Toker 2015).

Bu düzenlemelerle, kadastro sistemi üzerinde yapılan değişiklikler ve güncellemeler, özellikle kadastronun amacı ve kapsamı açısından önemliydi. 3402 sayılı Kadastro Kanunu'nda yapılan değişiklikler arasında şunlar bulunmaktaydı:

- Kadastro, ülke koordinat sistemiyle uyumlu haritalar üzerinde taşınmaz malların sınırlarını belirleyerek tapu sicilini oluşturmayı ve mekânsal bilgi sisteminin alt yapısını oluşturmayı amaçlıyordu.
- Köy-kent ayrımı yapılmaksızın, her yerde tek bir yasa ile tesis kadastrosu çalışmaları yapılması öngörülüyordu.
- Önceki uygulamalarda kadastroya tabi tutulmayan alanların, ekonomik değer taşıyabilecek veya tarım yapılabilecek yerlerin kadastroya alınması hedefleniyordu.
- Ormanların, kesinleştirilmemiş sınırlandırma belgelerine veya tapu-kadastro idaresince belirlenen sınırlandırmalara göre tesis kadastrosu ile birlikte askı ilanına alınması planlanıyordu.
- Kadastro sırası gelmeyen yerlerde, yatırım yapılacağı gerekçesiyle kadastro giderinin idareye ödenerek öncelikli kadastro, özel kadastro veya "kısmi kadastro" yapılması sağlanıyordu.
- Askı ilanında komisyona itiraz etme uygulamasından vazgeçilerek mahkemeye dava

açılması, ancak askı ilanı öncesinde komisyona itiraz etme hakkı tanınıyordu.

- Kadastro çalışmaları esnasında yapılan sınırlandırma ve tespitlerin gerçek ve tüzel kişilere sunulması, hataların düzeltilmesi için 15 gün süreyle "bilgilendirme ilanı" yapılması öngörülüyordu.

- Mera, yaylak, kışlak gibi kamu orta mallarının kadastrosunun mera komisyonları tarafından yapılması veya belirlenen süre içinde yapılmaması durumunda tapu-kadastro idaresince yapılması gerekiyordu.

2005 yılında 3402 sayılı Kadastro Kanunu'nda yapılan reform niteliğindeki değişikliklerle, kadastro sistemi üzerinde önemli iyileştirmeler ve güncellemeler yapıldı. Bu değişiklikler arasında öne çıkanlar şunlardı:

- Orman alanlarının kadastro süreci: Orman alanlarının tapu-kadastro idaresince, orman mühendisleri ve ziraat mühendislerinin katılımıyla yapılması kararlaştırıldı. Bu sayede, orman kadastrosunun daha etkin ve doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi hedeflendi.

- İhaleli kadastro uygulaması: Kadastro işlemlerinin özel sektör eliyle ihaleli olarak yapılması kararlaştırıldı. Bu sayede, kadastro çalışmalarının hızlandırılması ve daha verimli bir şekilde tamamlanması amaçlandı.

- Kadastro süreçlerinin hızlandırılması: Kadastro işlemlerinin uzun süreler alması ve bürokratik engellerle karşılaşılması sorununa çözüm olarak, kadastro süreçlerinin hızlandırılması ve daha etkin bir şekilde yönetilmesi için düzenlemeler yapıldı.

- Orman kadastrosu ve tesis kadastrosunun birleştirilmesi: Orman kadastrosunun tesis kadastrosu ile birlikte tek elden yapılmasına yönelik adımlar atılarak, kadastro sistemi daha verimli hale getirildi.

Bu değişikliklerle, kadastro süreçlerinin daha hızlı ve etkin bir şekilde tamamlanması hedeflendi. Ayrıca, kadastro sisteminin daha verimli hale getirilerek, ülke genelinde kadastro çalışmalarının daha etkin bir şekilde yönetilmesi amaçlandı.

Haritacılık faaliyetlerinde kullanılan yönetmelikler ve standartlar, harita ve harita bilgilerinin düzenli ve standart bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla önemlidir. 1971 tarihli Harita ve Planlara ait İşaretlerin Korunması Hakkındaki Kanun ve 1994 tarihli Harita ve Harita Bilgilerinin Temin ve Kullanma Yönetmeliği gibi düzenlemelerin yanı sıra, 1988 tarihli Büyük Ölçekli Harita Yapım Yönetmeliği ve daha sonraki yönetmelikler haritacılık faaliyetlerini düzenlemektedir.

Özellikle, 2005 tarihli Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği,

haritacılık faaliyetleri kapsamında yer kontrol noktaları ve jeodezik çalışmalar için standartlar getirmiştir. Bu yönetmelikle, uzay ve uydu teknikleri kullanılarak oluşturulan noktalar A, B ve C dereceleri olmak üzere üç grupta sınıflandırılmıştır.

- A dereceli noktalar, küresel veya bölgesel bazda üretilen noktalardır.
- B dereceli noktalar, A dereceli ağ ve noktalara dayalı olarak üretilen Ülke bazlı TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarıdır.
- C dereceli noktalar, B derece noktaların sıkıştırılması sonucu elde edilen noktalardır ve C1, C2, C3 ve C4 olmak üzere 4 gruba ayrılırlar (Toker 2015).

4.2.1 C1 Dereceli Ağ ile Noktalar

TUTGA/TUSAGA-Aktif ile sıkıştırma alanındaki noktalar arasında bağlantıyı sağlayan C1 derece Ana GNSS ağı, sıkıştırma alanına 30 km'den yakın, her durumda en az iki TUTGA/TUSAGA-Aktif noktası ile diğerleri önceden tesis edilmiş C1 noktalarından olmak üzere en az üç noktadan ve en fazla 30 km uzunluğundaki bağımsız bazlardan oluşturulur. C1 noktaları aşağıdaki kriterlere uygun olmalıdır: Bulunduğu 1/1000000 ölçekli paftanın numarasından sonra 4. rakamı 1 olarak 0001'den başlayıp nokta numarası alır. GNSS sinyallerine etkide bulunacak GSM istasyonu, yüksek gerilim hattı, radyo-TV vericisi ve radar istasyonu bulunmamalıdır. Araç ile ulaşılması kolay olmalıdır. Ufku minimum 15 derecelik bir açıyla görmelidir. Minimum 2 frekanslı aynı anda 6 uydudan kayıtlar alabilen GNSS alıcısıyla minimum 120 dakika süreyle ölçü yapılmalıdır ve kayıt aralığı 15 saniye veya daha az olmalıdır. Ölçü sırasında minimum beş tane uydu olmalıdır ve uydunun yüksekliği 10 derece olmalıdır. Anten yüksekliği ölçmeden önce ve sonraki 3 değişik noktadan mm hassasiyetinde minimum 2 kez ölçülmelidir. Komşu istasyonlar arasında planlanmış olan oturumlarda minimum 2 komşu nokta ya da 1 baz ortak alınmaktadır. Pilye tesisatı bulunmayan ve TUREF koordinatları bilinmeyen noktalarda tüm oturumlarda anten yüksekliği minimum 10 cm'den farklı olacak biçimde 2 oturumlu ölçü gerçekleştirilmelidir (BÖHHBÜY 2018).

4.2.2 C2 Dereceli Ağ ile Noktalar

C2 dereceli GNSS noktaları, genellikle sıkıştırma alanına en fazla 15 kilometre uzaklıkta bulunur ve daha üst dereceli ağların sıkıştırma sürecinde meydana gelir. Bu noktalar,

1/1000000 ölçekli harita paftasının numarasının dördüncü rakamının 2 olmasıyla belirlenen bir numaralandırma sistemine tabi tutulur ve 0001'den başlayarak sıralanır. Tesis edildikleri yerlerde, GNSS sinyallerini etkileyebilecek GSM istasyonları, yüksek gerilim hatları, radyo-TV vericileri ve radar istasyonları bulunmamalıdır. Ayrıca, kolay erişilebilirlik sağlanmalı ve ufuk minimum 15 derecelik bir açıyla görülmelidir. Ölçüm sürecinde, en az 60 dakika boyunca, aynı anda altı uydudan kayıt alabilen bir GNSS alıcısı kullanılmalı ve kayıt aralığı 15 saniye veya daha az olmalıdır. Eğer GNSS tek frekanslı ise ölçü süresi 90 dakika olmalıdır. Ölçüm sırasında en az 5 uydu sinyali alınmalı ve bu uyduların yüksekliği en az 10 derece olmalıdır. Anten yüksekliği ölçülmeden önce mm hassasiyetinde en az 2 kez ölçüm yapılmalıdır. Planlanan oturumlar arasında, minimum 1 baz veya 2 komşu nokta ortak alınmalıdır. Pilye tesislerinin bulunmadığı ve TUREF koordinatlarının bilinmediği yerlerde, tek frekanslı cihazlarla 45 dakika, çift frekanslı cihazlarla ise 30 dakikalık çift oturumlu ölçü yapılmalıdır. Her iki ölçümde de anten yüksekliği arasında en az 10 cm fark olmalıdır. Bu ayrıntılar, C2 dereceli GNSS noktalarının kurulumu ve ölçüm sürecinin gereksinimlerini daha açık bir şekilde belirtmektedir (BÖHHBÜY 2018).

4.2.3 C3 Dereceli Ağ ile Noktalar

C3 dereceli GNSS noktaları, genellikle daha büyük bir ağın parçası olarak kullanılan ve en fazla 10 kilometrelik bir baz uzunluğuna sahip olan özel noktalardır. Bu noktalar, genellikle C1, C2 ve C3 gibi daha düşük dereceli noktalara görüş sağlayabilir ve poligon dizilerine çıkış verebilme yeteneğine sahiptir. Bunlar, harita paftalarında 1/1000000 ölçeğinin kullanıldığı bölgelerde dördüncü rakamı 3 olacak şekilde numaralandırılır. Tespit edildikleri konumda, çevresel etkilerden mümkün olduğunca az etkilenmeleri için, GNSS sinyallerini engelleyebilecek yapılardan uzakta olmaları gerekir. Ayrıca, erişimin kolay olması, ölçümlerin yapıldığı alanın rahatlıkla ulaşılabilir olması da önemlidir. Ölçümlerin yapılacağı noktadan ufuk minimum 15 derecelik bir açıyla görülmelidir, bu da ölçümün doğruluğunu artırır. Baz uzunluğu 5 kilometreye kadar olan durumlarda, çift frekanslı alıcılarla 20 dakika kayıt yapılırken, 5 kilometreden büyük olduğu durumlarda ise her bir kilometre için çift frekanslı alıcılarla 3 dakika, tek frekanslı alıcılarla ise 5 dakika ilave kayıt yapılması gerekebilir. Ölçüm öncesi ve sonrası anten yüksekliği mm hassasiyetinde iki defa ölçülür, bu da ölçümün doğruluğunu sağlar. Kullanılacak cihazın,

minimum 6 uydudan eş zamanlı kayıt yapabilen jeodezik amaçlı GNSS olması önemlidir, çünkü bu, ölçümün doğruluğunu ve güvenilirliğini artırır (BÖHHBÜY 2018).

4.2.4 GNSS Cihazları ile Poligon Ölçmeleri

Poligon noktalarının koordinatlarını belirleme süreci, çok çeşitli parametreleri ve hassas adımları içerir. Statik ve hızlı statik gözlemlerle başlayarak, en az beş uydu kullanılarak gerçekleştirilir ve her bir uydu için minimum 10° uydu yükseklik açısı sağlanır. Bu, uydu sinyallerinin alınmasını ve işlenmesini güvence altına alarak doğruluk seviyesini artırır. Veri toplama aralığı, ölçümlerin hassasiyetini maksimize etmek için 10 saniyeden daha kısa olmalıdır ve bu, hareketli nesnelerin etkilerini minimize etmeye yardımcı olur. Ayrıca, baz uzunluğu en fazla 5 kilometreyle sınırlıdır, bu da ölçüm sürecindeki baz hattının kontrolünü sağlar. Ölçüm süresi, istikrarlı ve güvenilir sonuçlar elde etmek için minimum 10 dakika olarak belirlenmiştir, bu süre boyunca uygun referans noktaları üzerinden ölçümler yapılır. Her bir noktanın konum doğruluğu, yatayda ve düşeyde ±8 cm (dahil)'den daha iyi olmalıdır, bu da elde edilen verilerin güvenilirliğini ve doğruluğunu belirler. Tüm bu detaylar, poligon noktalarının kesin koordinatlarını belirleme sürecinde dikkatlice izlenmesi gereken kritik adımları ve parametreleri temsil eder. Bu adımların dikkatle takip edilmesi sonuçların güvenirliğini ve doğruluğunu sağlar (BÖHHBÜY 2018).

4.2.5 Tusaga-Aktif Cors İle Yer Kontrol Noktalarının Üretilmesi

1992 yılından itibaren devam eden araştırmaların sonucunda Türkiye Ulusal Sürekli Aktif GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif) istasyonları faaliyete geçirilmiş ve kullanıma açılmıştır. Bu istasyonlar, farklı baz uzunluklarına bakılmaksızın C1, C2, C3 ve C4 dereceli noktaların üretimini sağlar. Özellikle, C1, C2 ve C3 noktaları, belirli ölçüm süreleri içinde kayıt alınarak oluşturulabilir. TUSAGA-Aktif istasyonlarında kaydedilen güncel koordinat değerleri, istasyondaki güncel nokta hızlarının referans epoğuna göre ayarlanarak nokta koordinatları belirlenir. Bu süreç, son derece hassas ve doğru nokta koordinatları sağlamak için özenle tasarlanmıştır. TUSAGA-Aktif'in bu noktaları üretme yeteneği, coğrafi bilgi sistemleri, jeodezi, harita yapımı ve diğer alanlarda kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamak için önemli bir kaynak oluşturur. Bu sayede, ülke genelinde

coğrafi veri altyapısının güvenilirliği ve hassasiyeti artırılmıştır (Çınar 2021).

Bu yöntemde, her bir poligon noktası için en az iki oturum GNSS ölçümü yapılmalıdır. Her oturumda, uydu sayısı en az beş olmalı ve uydu yükseklik açısı minimum 10° olmalıdır. Ayrıca, veri toplama aralığı 5 saniye veya daha az olmalıdır; bu, daha yüksek bir ölçüm hassasiyeti sağlar. Ölçüm süresi her bir nokta için en az 10 epok olmalıdır. Bu süre boyunca, istikrarlı ve güvenilir veriler elde edilir. Oturumlar arası zaman en az bir saat olmalıdır; bu da, ölçümler arasındaki zaman farklarının dikkate alınmasını sağlar. Her iki oturumdan elde edilen izdüşüm koordinatları ve elipsoit yükseklikleri arasındaki farklar ±7 cm'den fazla olmamalıdır (BÖHHBÜY 2018).

4.2.6 C1 ve C2 Noktalarının Datum Dönüşümü ve Hız Alanlarının Üretilmesi

Hız kavramı, temelde bir nesnenin belirli bir zaman diliminde aldığı yolun, bu süre zarfında geçen süreye oranı olarak tanımlanmaktadır. Tektonik hareketler bağlamında, hız levhaların birbirlerine göre olan hareket hızını ifade eder. Levhalar arasındaki bu hareket genellikle milimetre veya santimetre cinsinden ifade edilir ve yıllık bazda ölçülmektedir. Ölçülen bu hareketler, coğrafi özelliklerin oluşumunu ve değişimini derinden etkilemektedir. Örneğin, levhalar arasındaki yavaş ve sürekli hareket, kıta sürüklenmeleri, dağ oluşumları, volkanik aktiviteler ve depremler gibi büyük jeolojik olaylara neden olabilmektedir.

Yerküre, kendi ekseni etrafında dönmesi ve güneşin çekim etkisi altında olmasının yanı sıra, kendi içindeki tektonik aktiviteler ve diğer gök cisimlerinin çekim etkisi nedeniyle sürekli hareket halindedir. Bu hareketler sonucunda yeryüzünde birçok plakanın kayması ve deformasyonu meydana gelmektedir. Dolayısıyla, belirli bir noktanın koordinatları zaman içinde değişir. Örneğin, GPS istasyonlarının koordinatları, levhaların hareketi ve diğer etmenlerin etkisiyle zamanla değişebilmektedir (Aktuğ vd. 2011).

Bu nedenle, istasyonun koordinatları ancak kendisine ait hızla anlam kazanır. Yani, istasyonun hareketi ve hızı, koordinatlarının zamanla nasıl değiştiğini belirlemektedir. Bu bilgi, jeodezi ve coğrafi bilgi sistemleri gibi alanlarda önemlidir çünkü doğru konum bilgisine dayanan birçok uygulama bu hareketlerin etkilerini göz önünde

bulundurmalıdır. Bu durum, yerkürenin dinamik doğasını ve jeolojik süreçlerin karmaşıklığını vurgular. Ayrıca, bu tür analizler ve bilgiler, deprem risklerinin değerlendirilmesi, kıta sürüklenmelerinin izlenmesi ve jeolojik olayların tahmin edilmesi gibi alanlarda da kullanılabilmektedir (Kaya vd. 2019).

Jeodezik ölçümler, yerin şeklinin ve yer hareketlerinin belirlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu ölçümler, genellikle GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) gibi modern yer belirleme teknolojileri kullanılarak gerçekleştirmektedir. Jeodezik ağlar oluşturarak dünya üzerindeki noktaların koordinatlarını belirleyerek, yeryüzünün geometrisi ve deformasyonları hakkında kapsamlı bilgiler sağlamaktadır. Jeodezik ölçümler, yerin jeodezik özelliklerini anlamak için kullanılır. Yeryüzünün şekli ve yüzey özellikleri, jeodezik ölçümler sayesinde belirlenir ve bu bilgi, coğrafi araştırmalarda ve yer bilimlerinde temel bir referans noktası sağlar. Bu veriler, yerin jeodezik özelliklerini anlamak, yer hareketlerini izlemek ve haritalama çalışmalarında kullanılmaktadır.

TUTGA-99A ise ITRF96'ya dayalı olarak üretilmiş ve koordinat ve hız alanı da ITRF96'ya göre tanımlanmıştır. Ancak, bu durumun ITRF96 ile daha sonra üretilen ITRF2000 ve ITRF2005 arasındaki ilişkilerin sabit olmadığı ve zamanla değişebileceği belirtilmiştir. Bu nedenle, gelecekte daha güncel bir ITRS gerçekleşimi ile yapılacak çözümlerin aynı referans sisteminde ifade edilmesi için 4 boyutlu bir referans sisteminin tanımlanması gerekliliği vurgulanmıştır (Çınar 2021).

TUREF, TUTGA-99A ile çakışık bir referans sistemi olarak tanımlanmıştır. TUTGA-99A'nın Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi içinde özellikle önemli projelerde temel oluşturduğu belirtilmiştir. Diğer yandan, yeni tanımlanacak bir referans çerçevesinin TUTGA-99A ile çakışık bir referans sistemi olması gerekliliği üzerinde durulmuştur (Aktuğ vd. 2011).

Referans çerçevesinin 2005.0 epokunda tanımlanmasının esas sebebi, 1999 Marmara Depremleri'nin ardından birçok noktanın tekrar ölçülememiş olmasıdır. Bu durum, ölçülecek tüm noktalarda deprem etkisinin yeniden değerlendirilmesini gerektirir. Ancak, Marmara Depremleri'nin etkisinin her yerde detaylı bir şekilde belirlenmesi mümkün

değildir. Bu sebeple, referans epoğunun deprem öncesi bir döneme dayandırılması, özellikle Marmara bölgesinde distorsiyonlara yol açabilir. (Aktuğ vd. 2011).

Son olarak, ITRS'in en güncel sürümü, bünyesinde en fazla sayıda nokta ve ölçü içerdiğinden, IGS noktalarının koordinat ve hız bilgileri en yüksek hassasiyetle en güncel sürümde yer alacaktır. Tüm çözüm, ITRF-2005 temel alınarak gerçekleştirilmiş ve sonrasında TUREF'e dönüştürülmüştür. TUREF, ITRF-96 ile uyumlu ve koordinatlarının 2005.0 epoğunda tanımlandığı bir referans çerçevesidir. Dolayısıyla, TUREF, ITRF-96 ile 2005.0 epoğunda örtüşen bir referans çerçevesi oluşturur. (Aktuğ vd. 2011).

C1 ve TUTGA noktalarının T0 (TUREF referans epoğu = 2005.0) epoğundaki koordinatları, değerlendirme için T ölçme epoğuna kaydırılarak kullanılır. C1 noktasının hızı, TUSAGA-Aktif hızlarından yeniden hesaplanır. Epok kaydırma işlemi için BÖHHBÜYY'ye göre aşağıdaki eşitlik kullanılır. Burada T, ölçme epoğunu temsil eder. Vx, Vy ve Vz ise noktanın TUSAGA-Aktif istasyonundan hesaplanan son hızlarını ifade eder.

$$\begin{bmatrix} X(T) \\ Y(T) \\ Z(T) \end{bmatrix}_{TUTGA} = \begin{bmatrix} X(T_0) \\ Y(T_0) \\ Z(T_0) \end{bmatrix}_{TUTGA} + (T-T_0) \, . \begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix}_{TUTGA} \qquad (4.1)$$

C1 ile C2 derece noktaların referans epoğundaki koordinatlarının hesaplanmasında, C1 ile C2 derece noktaların hızları TUTGA ve TUSAGA-Aktif istasyonlarından hesaplanan hızların enterpolasyonuyla elde edilir. Bu hesaplamalar sonucunda referans epoğundaki (T0 = 2005.0) koordinatlara ulaşılır. Bu işlem için BÖHHBÜYY'ye göre aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$\begin{bmatrix} X(T_0) \\ Y(T_0) \\ Z(T_0) \end{bmatrix}_{TUREF} = \begin{bmatrix} X(T) \\ Y(T) \\ Z(T) \end{bmatrix}_{TUREF} + (T-T_0) \, . \begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix}_{TUREF} \qquad (4.2)$$

Güncel TUTGA ve TUSAGA-Aktif nokta hızlarından yola çıkarak, en az üç noktadan oluşan bir set kullanılarak enterpolasyon yöntemiyle yeni bir noktanın hızı hesaplanır. Bu

hesaplama genellikle mesafeyle ters orantılı bir şekilde yapılır. Bu metotta, koordinatları ve hızları bilinen noktaların, yeni noktaya olan uzaklıklarından yararlanılır.

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

Her üç noktanın P'ye olan uzaklığı bulunmasıyla, P'nin hızı enterpolasyon yöntemiyle aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanır.

$$V_X p = ((Vx_1/S_1) + (Vx_2/S_2) + (Vx_3/S_3)) / ((1/S_1) + (1/S_2) + (1/S_3)) \quad (4.4)$$

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

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

P noktasının enterpolasyon yöntemiyle belirlenen Vx, Vy ve Vz hızları, burada hesaplanan hızlardır.

4.3 TUTGA- Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı

Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı genel tanımı, ITRF (Uluslararası Yersel Referans Koordinat Sistemi) koordinat sisteminde 1 ila 3 cm doğruluğunda üç boyutlu koordinatları (X, Y, Z) ve bu koordinatların zamanla değişimini (hızları; Vx, Vy, Vz) izleyen, uygun bir yükseklik sisteminde yükseklik (H) ve jeoid yüksekliği (N) bilinen 694 noktadan oluşan bir ağdır. Bu noktaların aralığı genellikle 25-50 km'dir, ancak jeoidin hızlı değişim gösterdiği bölgelerde bu aralık 15 km'ye kadar düşürülebilir. Bu homojen dağılımlı ağ, coğrafi referans çerçevesini güçlendirmek ve yerel ölçümlerin uluslararası standartlara uyumunu sağlamak için önemlidir (Aktuğ vd. 2002).

Türkiye'de jeodezik ağların tarihçesi, 1932'de I nci Derece Yatay Kontrol Ağı'nın kurulmasıyla başladı. Ancak, başlangıçta sistemdeki eksiklikler ve belirsizlikler nedeniyle TUD-54'te bozulmalar yaşanmış ve ED-50 ile dönüşümlerde sistemik sorunlar ortaya çıkmıştır. Türkiye'nin jeodezik ağları, coğrafi konumu nedeniyle etkileyici yerkabuğu hareketlerine tabidir. GPS ölçümleri, intersismik tektonik plaka hareketlerinin nokta konumlarında önemli değişikliklere neden olduğunu göstermektedir (Aktuğ vd. 2002).

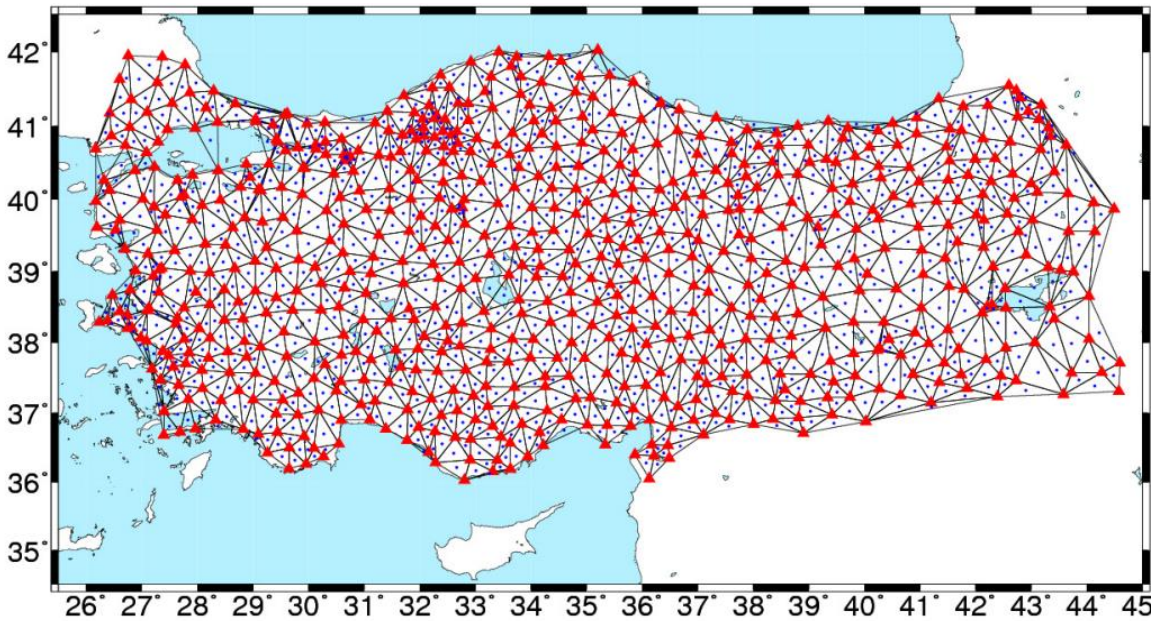
Bu durum, mevcut Ulusal Temel Yatay Kontrol Ağı'nın yerel ve bölgesel düzeyde yetersiz kaldığı ve pratik kullanım ihtiyaçlarını karşılamadığı anlamına gelmektedir. Bu nedenle, 1970'ler ve 1980'lerde Harita Genel Komutanlığı tarafından GPS' in jeodezik alanda yaygın olarak kullanılmasıyla birlikte, mevcut ağın yeniden düzenlenmesi gerektiği kararı verilmiştir (Aktuğ vd. 2002).

Bu ihtiyaç doğrultusunda, 1997-1999 yıllarında tamamlanan çalışmalar sonucunda Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı 1999 (TUTGA-99) oluşturuldu. TUTGA-99, uluslararası referans sistemlerine dayalı, üç boyutlu koordinat sistemlerini içeren ve Türkiye'nin jeodezik ihtiyaçlarını karşılayan bir yapıya sahiptir. TUTGA-99, GPS ağı, hız alanı, koordinat dönüşümü, düşey kontrol ağı ve jeoidi içermektedir. Bu ağ, jeodezik konum belirleme, navigasyon ve jeodinamik amaçlar için kullanılmaktadır (Aktuğ vd. 2002).

TUTGA ile ED-50 arasındaki koordinat dönüşümü, öncelikle depremler sonrası gerçekleştirilen GPS ölçü kampanyaları ve çeşitli projeler kapsamında I ve II. derece yatay kontrol noktalarında yapılan GPS ölçümlerinin incelenmesiyle başlar. Bu ölçümler, belirli bir zaman dilimindeki coğrafi konumları belirlemek için kullanılır. Daha sonra, bu ölçümlerle belirlenen noktalar arasında TUTGA ve ED-50 arasındaki koordinat dönüşümü gerçekleştirilir. Bu dönüşümde, her iki koordinat sistemindeki noktalar arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir dönüşüm modeli kullanılır. Bu model, genellikle üç boyutlu benzerlik dönüşümü olarak bilinir ve noktalar arasındaki dönüşüm parametrelerini belirler. TUTGA koordinatları, belirli bir epok (zaman) için geçerli olan TUTGA referans çerçevesine dönüştürülür. Ayrıca, Marmara Bölgesi'nde meydana gelen depremlerin neden olduğu yer değişiklikleri gibi yerel etkenler de dikkate alınır. Sonuç olarak, bu detaylı süreç sonucunda, TUTGA ve ED-50 arasındaki koordinat dönüşümü hassas ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirilir (İnt.Kyn.15).

Türkiye'nin coğrafi konumu, jeolojik yapısı ve tektonik aktiviteleri, jeodezik analizlerin ve GPS verilerinin önemini artırmaktadır. Bu nedenle, Türkiye genelinde yer alan çeşitli GPS istasyonlarının sürekli izlenmesi ve zaman serilerinin detaylı incelenmesi büyük bir önem taşımaktadır. GPS istasyonlarının hassas koordinatları ve zamanla olan değişimleri, modern jeodezik teknikler kullanılarak belirlenmiş ve uluslararası referans sistemlerine

(ITRF2005) göre analiz edilmiştir. Bu kapsamlı analiz süreci, Türkiye'nin jeodezik ağının güncel durumunun ve hareketlerinin ayrıntılı bir biçimde incelenmesine olanak sağlamaktadır. (İnt.Kyn.15).



Şekil 4.2 TUTGA- Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (Aktuğ ve Lenk 2010)

4.4 Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif)

İstanbul Kültür Üniversitesi liderliğinde, Harita Genel Komutanlığı ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün ortak çalışmasıyla hayata geçirilen "Sürekli Gözlem Yapan GNSS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (TUSAGA-Aktif / CORS-TR)" 8 Mayıs 2006 ’da başlamış ve 2008 yılında tamamlanarak aktif hale gelmiştir. Bu proje kapsamında, Türkiye'nin çeşitli bölgelerine dağılmış GNSS istasyonları kurulmuş ve bu istasyonlar aracılığıyla gerçek zamanlı olarak yüksek hassasiyetli jeodezik veriler toplanmıştır. Projenin amacı, Türkiye'nin jeodezik referans çerçevesini modernize etmek ve ulusal datum dönüşümünü sağlamak için bir altyapı oluşturmaktır. Bu kapsamda, GNSS istasyonları aracılığıyla elde edilen veriler, kontrol ve analiz merkezlerinde işlenir ve düzeltme parametreleri hesaplanır. Bu düzeltme parametreleri, kullanıcıların coğrafi verilerini daha doğru bir şekilde belirlemelerine olanak tanır. GNSS istasyonlarının yer seçimi, zemin yapısı, elektrik, telefon, internet ve güvenlik gibi faktörler dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonları,

üniversiteler, belediyeler ve kamu kurumlarına ait bina ve araziler, bu istasyonların yerleştirilmesinde tercih edilmiştir. Proje kapsamında kurulan istasyonlarda her biri GPS ve GLONASS uydu sistemlerini destekleyen GNSS alıcıları ve jeodezik GNSS antenleri bulunmaktadır (Yıldırım vd. 2011).

TUSAGA - Aktif projesi, iki ana hedefi gözeterek tasarlanmıştır. İlk olarak, gerçek zamanlı kinematik prensiplerle çalışan sabit GPS istasyonlarının kurulması ve bu istasyonların ağ prensiplerine dayalı olarak işletilerek gerçek zamanlı konum düzeltmesinin sağlanması amaçlanmıştır. İkinci hedef ise Türkiye'nin jeodezik referans sistemlerini, özellikle Avrupa Datumu 1950 (ED50) ve Uluslararası Yersel Referans Ağı (ITRF) arasındaki dönüşüm parametrelerinin belirlenmesiyle güçlendirmektir. Bu proje, ülkenin jeodezik altyapısını güçlendirerek hassas coğrafi bilgi sağlama kapasitesini artırmayı amaçlamaktadır (Solak 2015).

Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif), Türkiye'nin çeşitli bölgelerine yayılmış 168 sabit GNSS istasyonundan oluşan bir ağdır. Bu istasyonlar, yaklaşık olarak 70 ila 90 kilometre arasında homojen bir dağılıma sahiptir (Int. Kyn. 19). Harita Genel Komutanlığı, bu ağdan elde edilen verileri ayrıntılı bir şekilde inceleyerek Türkiye'nin hız alanlarının belirlenmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Bu analiz süreci, Türkiye'nin farklı bölgelerindeki yer kabuğu hareketlerinin zaman içindeki değişimlerini anlamak için önemli bir araçtır. Ayrıca, GNSS istasyonlarından günlük olarak toplanan veriler, levha tektoniği, yer kabuğu deformasyonu ve diğer etkenler nedeniyle meydana gelen konumsal değişimleri belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Harita Genel Komutanlığı, TUSAGA-Aktif verilerini inceleyerek Türkiye'nin hız alanlarının belirlenmesine önemli katkıda bulunmaktadır (Cingöz vd. 2020).

Ulusal CORS-TR projesinin ana hedefleri aşağıdaki gibidir:

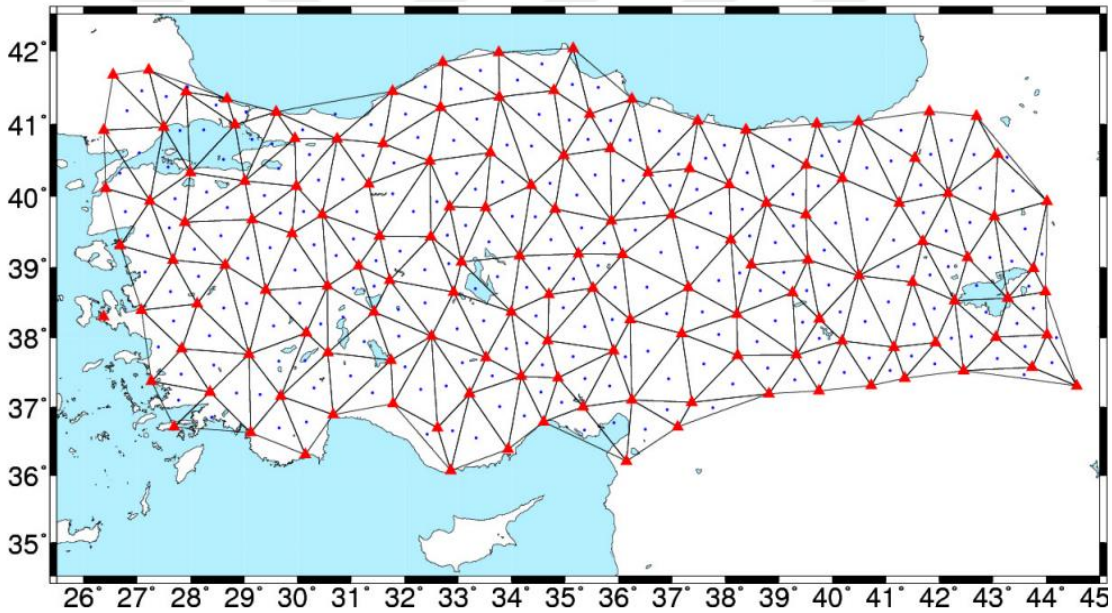
1. Türkiye'nin tüm bölgelerindeki coğrafi konumların 24 saat gerçek zamanlı olarak (RTK) ve sonradan hesaplamalarla santimetre hassasiyetinde hızlı, ekonomik ve güvenilir bir şekilde belirlenmesi.
2. Hava, deniz ve karada santimetre hassasiyetinde navigasyonun sağlanması.
3. ED50-ITRFyy arasındaki ulusal hücresel dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi ve bu

sayede harita ve harita bilgisi üreten kurumların temel datum dönüşümü sorununun çözülmesi. Bu, ED50 datumundaki harita ve kadastro ölçülerinin ITRFyy datumuna aktarılmasını sağlar.

4. Türkiye'nin bulunduğu bölgedeki atmosferi ve iyonosferi modellemek ve daha sağlıklı meteorolojik tahminler ile sinyal ve iletişim konuları başta olmak üzere birçok bilimsel çalışmaya olanak ve katkı sağlamak.

5. Türkiye'de tektonik plaka hareketlerinin duyarlı ve sürekli olarak izlenmesi, deformasyon miktarlarının milimetre hassasiyetinde belirlenmesi. Bu, depremlerin önceden belirlenmesi ve erken uyarı çalışmalarına katkıda bulunur.

6. Ülkedeki AR-GE çalışmalarına ve uzay araştırmalarına katkı sağlamak (Uzel vd. 2011).



Şekil 4.3 TUSAGA AKTİF (CORS-TR) sabit istasyon dağılımı (Aktuğ ve Lenk 2010)

Her GNSS istasyonundan günlük olarak toplanan veriler, Harita Genel Komutanlığı'nda incelenir ve bu verilerden koordinat zaman serileri oluşturulur. Bu zaman serileri, levha tektoniği, yer kabuğu hareketleri ve diğer faktörlerin etkisiyle oluşan deformasyonları ve konumsal değişimleri belirlemek amacıyla detaylı bir şekilde analiz edilir. TUSAGA-Aktif verileri genellikle 30 saniyelik aralıklarla toplanırken, sistemden 1 saniyelik veri almak ve bu verileri değerlendirmek de mümkündür. Bu verilerin anlık analizi, özellikle deprem anlarında meydana gelen yüzey yırtılmasının yönünü ve miktarını hızlıca

belirleme olanağı sağlar. Bu şekilde, jeodezik verilerin hızlı analizi, acil durumlarda toprak hareketlerini izlemek ve olası hasarları tahmin etmek için önemli bir araç olmaktadır (TUJK 2016).

4.5 Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı Güncel Koordinat ve Hızlarının Hesaplanması

Ülkedeki GPS sistemini kullanarak üç boyutta konum belirleme imkanı sağlamak amacıyla kurulan Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999 (TUTGA-99), 1999-2000 yıllarındaki büyük depremler, ağdaki noktaların konumlarında önemli değişikliklere yol açmıştır. Bu değişikliklerin belirlenmesi ve ağın güncellenmesi için 2000 ve 2001 yıllarında GPS gözlemleri ve geometrik nivelman ölçümleri yapılmıştır. Bu gözlemler ve ölçümler, ağdaki noktaların güncel konumlarını belirlemek ve depremlerin neden olduğu değişiklikleri tespit etmek için kullanılmıştır. Böylece, TUTGA-99 ağındaki referans noktalarının konumları güncellenmiş ve depremlerin etkileri dikkate alınarak jeodezik altyapı daha sağlam hale getirilmiştir. (TUJK 2016).

TUTGA-99A'nın koordinatlarının güncellenmesi ve zamanla nasıl değiştiğinin belirlenmesi amacıyla yapılan GPS kampanyaları değerlendirilmiş ve Türkiye ve çevresine ait koordinat ve hız alanı hesaplanmıştır. Bu çalışmalar, ağın kampanya çözümlerinin değerlendirilmesini, birleştirilmesini, depremler nedeniyle oluşacak değişimlerin modellenmesini, nokta koordinat ve hızlarının hesaplanmasını ve yayınlanmasını içermektedir. Elde edilen sonuçlar önceki çözümlerle karşılaştırılmıştır (Aktuğ vd. 2002).

4.6 TUSAGA ve TUSAGA-Aktif İstasyonlarının Hassas Koordinat ve Hızlarının Hesaplanması

Son 20 yılda, GNSS teknolojisi sadece konum belirleme alanında değil, aynı zamanda farklı uygulamalarda da yaygın olarak kullanılmıştır. Türkiye'de, intersismik ve postsismik deformasyonlar ile periyodik GNSS gözlemleri ile incelenmektedir. Ayrıca, belirli bölgelerdeki sürekli kabuk deformasyonunu izlemek için özel sGNSS ağları kurulmuştur. Bu ağların hız alanı ve zaman serisi analizleri, deformasyonla sismik tehlike sahaları arasındaki ilişkiyi aydınlatmaktadır. Jeodezik ölçümlerin yüzeydeki yer değişimlerinin hesaplanmasında yaygın olarak kullanıldığı gibi, jeofizik çalışmalarda da

kullanılabilmesi için jeodezik parametrelerin yanı sıra belirsizliklerin de yüksek doğrulukla belirlenmesi gerekmektedir (Balaban 2022).

GNSS gözlemlerinden elde edilen gürültü, genellikle beyaz (korelasyonsuz) gürültü olarak kabul edilmektedir. Yapılan araştırmalar, gerçek dünyada gürültünün tamamen beyaz olmadığını ve zaman içinde belirli bir korelasyona sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle tesadüfi yürüyüş tipi zaman korelasyonu, ölçümlerdeki belirsizliği etkileyebilir ve özellikle uzun süreli analizlerde dikkate alınması gereken bir faktördür. GNSS verilerinin işlenmesi ve hız belirsizliği tahminlerinin yapılması sırasında önemli bir etkiye sahiptir. (Blewitt ve Lavalle, 2002).

GNSS teknolojisindeki ilerlemelerle birlikte, GNSS veri değerlendirme stratejilerinde de önemli değişiklikler yaşanmıştır. Bu değişiklikler, yanlış modellenen veya modellenmeyen durumların sonuçlarının fark edilmesiyle ortaya çıkmıştır. GNSS verilerinin sürekli olarak yeni tekniklerle değerlendirilmesi gerekliliği önem kazanmıştır. Özellikle, GNSS zaman serilerinin kısa olduğu durumlarda, yıllık sinyaller istasyon hızlarının yanıltıcı bir şekilde tahmin edilmesine neden olabilir. Ancak, zaman serileri 4.5 yıldan fazla olduğunda, hız yanılgısı ihmal edilebilir düzeylere düşmektedir. Bu durumun kaynağı, kısa zaman serilerinin istasyon hızlarını yanıltıcı bir şekilde tahmin etmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, GNSS veri değerlendirme stratejileri, zaman serilerinin uzunluğuna ve doğru bir şekilde modellenmesine önem verilmesi gereklidir. (Blewitt ve Lavalle, 2002).

4.7 Türkiyedeki Depremlerin Koordinat Sistemlerine Etkileri

Türkiye'nin jeolojik yapısı, Avrupa, Asya ve Afrika plakalarının kesişme noktasında bulunması sebebiyle oldukça karmaşıktır. Bu bölgede yüzyıllardır devam eden yerkabuğu hareketleri, büyük depremlere ve tektonik aktiviteye neden olmuştur. Özellikle 1999'daki depremler, Marmara Denizi'nin altındaki fay hatlarında yoğun gerilim birikimine yol açmıştır, bu da bölgedeki depremselliği artırmıştır. Türkiye'nin jeolojik ve tektonik özelliklerinin daha geniş bir perspektiften değerlendirilmesi, son depremlerin öğrettikleri arasındadır. Artık, sadece bölgesel veya fiziksel yeryüzünün katı bölümleriyle sınırlı kalmamakla birlikte, Türkiye'nin depremsellik açısından global bir bakış açısıyla ele

alınması gerektiği anlaşılmaktadır.

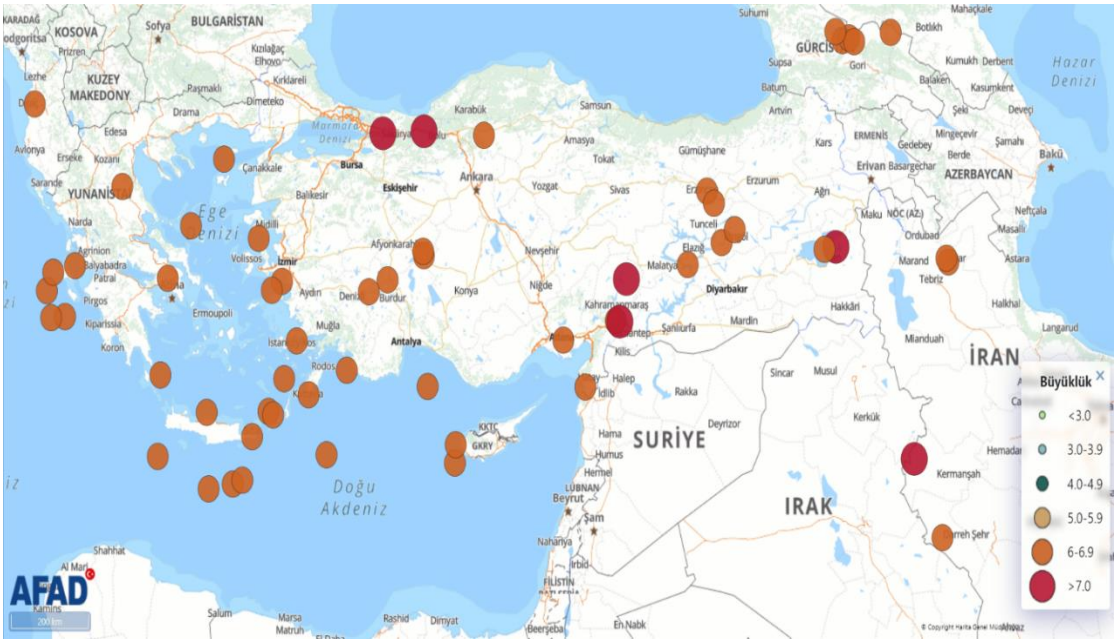
Büyük depremlerin Türkiye'ye etkisi genellikle jeolojik ve coğrafi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Türkiye, dünyanın farklı tektonik plakalarının birleştiği karmaşık bir bölgede yer aldığından, sık sık depremlerle karşılaşabilir. Türkiye'nin etkilendiği büyük depremlerin ana nedenleri arasında Kuzey Anadolu Fay Hattı, Doğu Anadolu Fay Hattı ve diğer fay hatları bulunmaktadır. Bu fay hatları, plakaların birbirine sürtünmesi veya ayrılması sonucu enerji birikmesine neden olur. Bu birikmiş enerjinin aniden serbest kalmasıyla depremler meydana gelir. Türkiye'nin büyük depremlerle sık sık karşılaşmasının nedenlerinden biri de, bu fay hatlarının etkinliği ve karmaşıklığıdır (Atalı 2012).

Türkiye'nin coğrafi konumu ve tektonik yapısı, ülkeyi büyük depremlere karşı özellikle hassas hale getirmektedir. Büyük depremlerin etkisi çeşitli olabilir ve bunlar arasında binaların hasar görmesi, altyapının zarar görmesi, can kaybı ve yaralanmalar yer alabilir. Bu etkiler, depremin büyüklüğüne, derinliğine, yakınlığına ve yapılaşmanın kalitesine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bilimsel açıdan bakıldığında, Türkiye'nin jeolojik yapısı, deprem riskinin her zaman yüksek olduğunu göstermektedir. Son 30 yıl içinde Türkiye, birçok yıkıcı depremle karşı karşıya kalmıştır. Bu depremler, hem can kayıplarına hem de maddi zararlara neden olmuştur. Bu nedenle, deprem risklerinin azaltılması için yapılaşmanın güçlendirilmesi, altyapının güçlendirilmesi ve deformasyonun etkilerini izlemek ve önlem almak için hayati öneme sahiptir.

Çizelge 4.2 Türkiye'de Son 30 Yılda 6'dan Büyük Meydana Gelen Depremler

TARİH	YER	ENLEM	BOYLAM	BÜYÜKLÜK
13 Mart 1992	Erzincan	39.70	39.69	6.8 M_S
6 Kasım 1992	Seferihisar, İzmir	38.11	26.95	6.0 M_W
1 Ekim 1995	Dinar, Afyonkarahisar	38.06	30.13	6.1 M_S
27 Haziran 1998	Ceyhan, Adana	36.88	35.31	6.2 M_S
17 Ağustos 1999	Gölcük, Kocaeli	40.77	30	7.8 M_w
12 Kasım 1999	Düzce	40.75	31.16	7.5 M_w
6 Haziran 2000	Orta, Çankırı	40.63	33.03	6.0 M_w
3 Şubat 2002	Sultandağı, Afyonkarahisar	38.573	31.271	6.5 M_w
27 Ocak 2003	Pülümür, Tunceli	39.46	39.79	6.1 M_w USGS)
1 Mayıs 2003	Bingöl	39.01	40.46	6.4 M_w
8 Mart 2010	Karakoçan, Elazığ	38.87	39.99	6.1 M_w

23Ekim 2011	Tabanlı, Van	38.7578	43.3602	7.2 M_w
10 Haziran 2012	Fethiye, Muğla	36.4542	28.9047	6.0 M_w
8 Ocak 2013	Ege Denizi (Çanakkale açıkları)	39.646	25.483	6.2 M_w
24 Mayıs 2014	Ege Denizi (Gökçeada açıkları)	40.305	25.453	6.9 M_w
12 Haziran 2017	Ege Denizi (Karaburun açıkları)	38.8497	26.2600	6.3 M_w (AFAD)
21Temmuz 2017	Ege Denizi (Bodrum açıkları)	36.9620	27.4053	6.6 M_w
8 Ağustos 2019	Denizli, Bozkurt	37.851	29.584	6.0 M_w (AFAD)
24 Ocak 2020	Sivrice, Elazığ	38.4980	39.1210	6.8 M_w (Kandilli)
23 Şubat 2020	İran-Türkiye sınırı,Batı Azerbaycan Eyaleti	38.3943	44.3405	5.8 M_w 6.0 M_w
30 Ekim 2020	Ege Denizi	37.9020	26.7942	7.0 M_w (USGS) 6.9 M_w (Kandilli) 6.6 M_w (AFAD)
23 Kasım 2022	Gölyaka, Düzce	36.1133	36.0820	6.0M_w (Kandilli)
6 Şubat 2023	Pazarcık, Kahramanmaraş	37.1123	37.1195	7.8 M_w (EMSC) 7.8 M_w (USGS) 7.7 M_w (Kandilli)
6 Şubat 2023	Elbistan, Kahramanmaraş	38.0717	41.158	7.5 M_w (EMSC) 7.5 M_w (USGS) 7.6M_w (Kandilli)
20 Şubat 2023	Hatay, Samandağ	36.1133	36.0820	6.4M_w (Kandilli) (AFAD) 6.6 (USGS)



Şekil 4.4 Türkiye'de Son 30 Yılda 6'dan Büyük Meydana Gelen Depremler Dağılımı (IntKyn.20)

Depremler sadece can ve mal kaybına yol açmazlar. Özellikle mw:6.0 büyük depremler bölgedeki jeodezil alt yapıda (koordinat sistemlerine) önemli tahribatlar yapar. Özellikle jeodezik atlyapıda meydana gelen bu değişimler deprem sonrası yapılacak çalışmalar için önem arz etmektir. Depremler, jeodezik altyapıda (koordinat sistemlerinde) önemli değişimlere neden olabilir. Bu değişimler, yer kabuğunun hareketi sonucunda sabit referans noktalarının konumlarında meydana gelen değişikliklerdir ve genellikle deformasyon adı verilen bir sürecin sonucudur. Bu deformasyonlar, özellikle büyük depremlerde daha belirgindir ve jeodezik altyapıyı önemli ölçüde etkileyebilir. Ülkemizde depremler sonrası jeodezik altyapının güncellenmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. Bu depremlerde bazılarına ait bilgiler aşağıda verilmiştir. Bunlardan ilki 1999 İzmit depremidir.

17 Ağustos 1999'da İzmit, 12 Kasım 1999'da Düzce ve 6 Haziran 2000'de Çerkeş'te meydana gelen depremler, jeodezik noktaların koordinatlarında önemli değişikliklere yol açmıştır. Özellikle, Sismik Moment Büyüklüğü (Mw) 6.0'dan büyük olan depremler, nokta koordinatlarında belirgin değişiklikler yapmaktadır. Bölgedeki tüm noktaların yeniden ölçülmesi olanaksız olsa da, yerkabuğunun elastik davranışı sayesinde depremlerin etkileri hesaplanabilir. Fay düzlemi geometrisi ve yer değiştirmeleri bilindiğinde, depremin neden olduğu yüzey yer değiştirmeleri elastik yarı-uzay modelleriyle hesaplanabilir. GPS veya benzeri yöntemlerle ölçülmeyen noktalardaki ko-sismik etkilerin hesaplanması incelenmiştir. Özellikle ulusal datumda devam eden haritacılık ve mühendislik çalışmalarında, farklı ölçüm epoklarındaki koordinatlardan ko-sismik/post-sismik etkilerin giderilmesinin doğrudan bir yöntemi bulunmamaktadır. Bu nedenle, ulusal sistemde ve TUTGA sisteminde yeterli sayıda ve kalitede noktalar içeren karma ağların kurulması önerilmiştir. Marmara Bölgesi'nde, ulusal sistemdeki noktaların 1940'lardan itibaren birçok depreme maruz kaldığı ve bazılarının aletsel döneme denk geldiği belirtilmiştir. Ancak, düşük hassasiyetli yersel gözlemlerle tesis edilmiş yatay kontrol noktalarının ayrı ayrı değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu nedenle, InSAR ve GPS verilerinin yanı sıra tekrarlı nivelman ölçümlerinin kullanılmasının daha sağlıklı sonuçlar verebileceği düşünülmektedir. Son olarak, elastik yarı-uzay modellerinin sadece fay düzlemi dislokasyonları için değil, uygun derinlik ve sınır değerleri tanımlandığında intersismik hız alanının dinamik olarak tahmin edilmesinde de

kullanılabileceği değerlendirilmiştir. Bu modellerin, noktasal dislokasyon kaynakları içeren volkanik deformasyonlar ve maden çökmesi gibi çalışmalarda da yararlı olabileceği ifade edilmiştir (Aktuğ vd. 2002).

Jeodezik verilerin analizi Düzce depreminin fay düzlemi geometrisinin dikey olmadığını belirlemiştir. Bu veriler, depremin kinematiği üzerine jeodezik verilerin sismolojik çalışmalarla uyumlu olduğunu göstermektedir. Ayrıca, depremin Mw 7.14-7.17 aralığında olduğunu gösteren M0 5.1-5.7 x 10^{19} Nm aralığında bir deprem momenti tahmini vermektedir. Teleseismik veri analizleri, 54°-65° kuzey eğimli bir nodal düzlemi desteklediğini ve aftershockların çoğunlukla kuzeyde, yanal duvara doğru olduğunu gözlemledi. Bunlar, kuzeye doğru normal faylanma bileşenini desteklemektedir. Depremin yüzeydeki kayma dağılımı, jeodezik verilere dayalı olarak modellenmiş ve genellikle tek bir geniş yanal kayma maksimumunu göstermektedir. Jeodezik verilere dayalı modeller, dik kaymanın genellikle üst 10 km ile sınırlı olduğunu göstermektedir. GPS ve InSAR verileri, depremin karakteristiklerinde tutarlılık göstermektedir, ancak belirgin farklılıklar da mevcuttur. Bu farklılıkların nedenleri arasında veri setlerindeki hatalar, gözlemlerin farklı dağılımı ve deformasyonun doğrudan deprem kaynaklı olmayan kısımlarına yapılan düzeltmeler yer almaktadır. Deprem sonrası deformasyon analizleri, yörünge hatası bilgisinin doğruluğundaki hataları hesaba katan iki serbest parametreli bir modelleme kullanmaktadır. Jeodezik verilere dayalı modeller, deprem kaynaklı deformasyonları başarıyla belirlemekte ve yörünge hatalarının etkisini göstermektedir. Çalışma, Düzce fayının kinematiğinin karmaşık bir oblik-normal faylanma olduğunu göstermektedir ve gelecekteki araştırmaların bu karmaşıklığı daha iyi anlamak için yapılması gerektiğini vurgulamaktadır (Burgmann vd. 2002).

Deprem öncesi ve sonrasına ait GPS ölçümleri, sismolojik ve jeolojik verilerle uyum içinde normal bir fay üzerinde düşey atımı işaret etmektedir. Ancak, farklı çalışmalarda sağ ve sol yanlı atım gözlemlenmektedir. Bölgedeki önceki büyük depremlerin sağ yanlı atım içermesi ve Akşehir Fay Zonunun sağ yanlı doğrultu atım bileşenine sahip olması, sağ yanlı doğrultu bileşenin daha olası olduğunu düşündürmektedir. Fay mekanizması çözümleri geometrik yakınsamalar içermekte olup, fay düzleminin kusursuz bir düzlem olmadığı ancak elde edilen parametrelerin uyumu, yakınsamanın kabul edilebilir

olduğunu göstermektedir. Fay düzleminin doğrultusu için yapılan çözümler, fayın güneyde Akşehir Fay Zonunu izlemediğini ve Eber Gölünün güneyine kadar devam ettiğini göstermektedir. Fay düzlemindeki kayma değerleri, sol yanlı bileşeni olan verev atımlı bir normal faylanma özelliği göstermektedir. Fay düzleminde hesaplanan atım değerlerinin yüzeyde daha küçük olduğu bilinmektedir. Bu sonuçlar, bölgedeki fay mekanizmaları ve deprem aktivitesi hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. İzmit depreminin kaynak mekanizması için farklı modeller incelenmiştir. Bu modellerden biri iki parçalı, diğeri ise beş parçalıdır. Her iki model de GPS ölçümleriyle uyumlu bulunmuştur. Ancak, diğer modellerin ve geliştirilen modellerin ölçülerle uyumu sayısal ve grafik olarak gösterilmiş, geliştirilen modellerin İzmit Depremi kaynak mekanizmasını GPS ölçüleri ile en uyumlu modeller olduğu değerlendirilmiştir. Beş parçalı modeller arasında incelenen en uyumlu model, Karadere parçasının beklenenden çok daha kuzeyde olduğu ve Sapanca parçasının ise doğu-batı ve güneydoğu-batı doğrultusunda bulunduğu belirlenmiştir. İzmit Depremi yüzey kırıklarına tam olarak uymamasına rağmen, verilerle olağanüstü bir uyum gösterdiği için ayrıca incelenmesi önerilmiştir. Elde edilen deprem kaynak parametrelerinin gerçek parametreler olmadığı, belirli bir veri grubuna en iyi uyan parametreler olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, geliştirilen her iki modelde de Hersek deltası ve Karadere parçasına doğru azalan, ancak merkezde 4-5 metreye ulaşan kayma değerleri verildiği ifade edilmiştir. Bu durum, çeşitli kaynaklarda verilen fay düzlemi kayma miktarlarının olması gerekenden daha küçük olduğu iddialarını yeniden ele almayı gerektirebilir. Çalışma, iki ve üç boyutlu ters çözümlerin, düşey hareketlerin modellenmesinde güvenilir bir yöntem olduğunu göstermiştir. Ayrıca, İzmit Depreminin etki alanındaki düşey yer değiştirmelerin yataylara göre dağınık olduğu ve bu dağınıklığın yerel etkenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuç olarak, farklı modellerin incelenmesi ve çeşitli verilerin bir arada değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. 3 Şubat 2002 tarihinde Çay (Afyon)'da meydana gelen Mw6.5 büyüklüğündeki depremin kaynak mekanizması için gerçekleştirilmiştir. Başlangıç model değerleri için sismolojik ve jeolojik veriler kullanılmıştır. Bu çalışma, jeodezik veriler ile elde edilen başka bir fay mekanizması modelinin olmadığı için önemli bir sonuç ortaya koymaktadır. Jeodezik verilerin ters modellemesi sırasında 5-35 km olarak verilen fay uzunluğu, jeolojik verilerle uyumlu olarak 33.26 km olarak bulunmuştur. Fay düzleminin alt noktasının derinliği GPS ölçüleri ile 11.7 km olarak belirlenmiştir. Ayrıca, fay düzleminin

doğrultusu 400-1300 arasında sınır değerleri kullanılmış olmasına rağmen, 900.37 olarak bulunmuştur. Bu durum, fay düzleminin güneyde Akşehir Fay Zonunu izlemediğini, Eber Gölünün güneyine kadar devam ettiğini göstermektedir. Çalışma, fay geometrisi ve dislokasyon değerleri ile yüzey yer değiştirmeleri arasındaki ilişkinin bilinen parametre tahmin ve optimizasyon yöntemlerinin yetersiz kaldığını ve daha gelişkin yöntemlere ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır. Bu tür çalışmaların, jeodezinin diğer yer bilimleriyle ilişkisini geliştireceği ve çok-disiplinli çalışmalara katılımını artıracağı düşünülmektedir (Aktuğ vd. 2010).

2017 yılının 21 Temmuz'unda gerçekleşen Mw6,6 büyüklüğündeki depremin ardından, bölgedeki kadastro noktalarındaki deformasyonlar belirlenmiştir. İncelemeler sonucunda, depremin merkez üssüne yakın olan Bodrum Yarımadası'nın doğu tarafında, Gökova Fay Zonu'nun Kos Adası'nın güney yönüne doğru açıldığı Yalıçiftlik Mahallesi'nde kuzey yönlü 12-13 cm atımların olduğu, ancak doğu veya batı yönlü atımların bulunmadığı gözlemlenmiştir. Yarımada'nın kuzey tarafında bulunan Torba, Göl ve Türkbükü yerleşim birimlerinde kuzey yönlü atımların 10-11 cm civarında olduğu ve Torba'dan batıya doğru Göl-Türkbükü yönlü 2-3 cm civarında batı yönlü atımların olduğu tespit edilmiştir. Yarımada'nın kuzeydoğu yönünde kalan Mumcular Mahallesi ve çevresinde kuzey yönlü atımların 7-8 cm'ye kadar düştüğü ve doğu yönlü 1-2 cm civarında atımlar olduğu gözlemlenmiştir. Yarımada'nın batı yönünde bulunan Turgutreis ve Gümüşlük Mahallelerinde ise kuzey yönlü atımların 5-6 cm'ye kadar düştüğü ve bu bölgelerde 2-3 cm civarlarında batı yönlü atımların olduğu tespit edilmiştir (Çınar 2021).

30 Ekim 2020'de Sisam'da meydana gelen Mw:6.9 büyüklüğündeki depremin ardından bölgedeki koordinat değişimlerini belirlenmiştir. Deprem sonrası yapılan ölçümlerle depremin koseismik etkisi hesaplanmıştır. Deprem öncesi ve sonrası noktalarında yapılan ölçümlerle depremin 1 gün öncesine kadar olan taşımalar hesaplanmıştır. Buna göre, SIGA ve DMRC istasyonlarında en yakın noktalarda kuzey yönlü yaklaşık 130 mm doğu yönlü 25 mm koordinat değişimleri gözlemlenmiştir. Deprem merkezinden uzaklaştıkça koordinat değişiminin miktarlarında azalma görülmüştür. Genel olarak, yukarı değerlerde 5-90 mm, sağa değerlerde ise 1-65 mm arasında değişimler gözlemlenmiştir. Depremin hemen sonrasındaki yıllarda, bileşenlerde doğu 53 ve kuzey 45 mm kadar farklar

hesaplanmıştır. Benzer şekilde, sonraki yıllarda da benzer koordinat farkları gözlemlenmiştir. Büyük depremler sonrası yapılacak kadastral çalışmalarda post sismik dönemde sabit noktaların koordinatlarının belirli periyotlarda kontrol edilmesinin önemini vurgulamaktadır (Yenice 2023).

06.02.2023 tarihinde gerçekleşen Sofalaca-Şehitkamil Gaziantep (Mw=7.7) ve Ekinözü Kahramanmaraş (Mw=7.6) depremlerinin jeodezik analizi, 72 TUSAGA-Aktif istasyonunun verileri kullanılarak GAMIT/GLOBK yazılımı ile yapılmıştır. En büyük yer değiştirmeler EKZ1 istasyonunda gözlemlenmiştir. Sofalaca-Şehitkamil depreminde kuzey ve doğu bileşenlerinde sırasıyla yaklaşık 20 cm ve 23.3 cm yer değiştirme kaydedilirken, Ekinözü depreminde bu değerler sırasıyla yaklaşık 69.6 cm ve 440.44 cm olarak ölçülmüştür. Statik çözümler incelendiğinde, Sofalaca-Şehitkamil depreminde ANTE istasyonunda doğu bileşeninde 23.4 cm, kuzey bileşeninde ise 30.9 cm yer değiştirme tespit edilmiştir. Ekinözü depreminde ise doğu bileşeninde 440.4 cm, kuzey bileşeninde 69.6 cm ile en yüksek yer değiştirme EKZ1 istasyonunda kaydedilmiştir. Kinematik değerlendirmelerde, CSRS-PPP ve PRIDE PPP-AR yazılımları kullanılarak deprem anındaki koordinat ve hız değişiklikleri incelenmiştir. Her iki depremin ana şoklarından sonra meydana gelen Mw>6 büyüklüğündeki artçı depremlerin etkileri de analiz edilmiştir. Sofalaca-Şehitkamil depreminden sonra en yüksek hız, MLY1 istasyonunda doğu bileşeninde 12.5 cm/sn, kuzey bileşeninde ise ONIY istasyonunda 37.7 cm/sn olarak hesaplanmıştır. Ekinözü depreminde ise doğu bileşeninde 20.5 cm/sn ile ADN2 istasyonunda, kuzey bileşeninde ise 20.1 cm/sn ile TUF1 istasyonunda en yüksek hızlar belirlenmiştir. Tüm istasyonlarda yapılan kinematik çözümler incelendiğinde, Sofalaca depremi için doğu bileşeninde 3.3-12.5 cm/sn, kuzey bileşeninde ise 3.8-37.7 cm/sn arasında hızlar elde edilirken, Ekinözü depremi için doğu bileşeninde 3.7-20.5 cm/sn, kuzey bileşeninde ise 4.1-20.1 cm/sn arasında hızlar hesaplanmıştır (Tiryakioğlu vd. 2023) .

5. UYGULAMALAR

Ülkemizdeki C1 ve C2 noktalarının hızları, geçmiş yıllarda belirlenen hızlarla enterpolasyon yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama sürecinde, Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından sağlanan TUTGA ve TUSAGA-Aktif verileri kullanılmıştır. HGM TUTGA ve TUSAGA-Aktif verilerinde kampanya sayısının artması ve ülkemizdeki depremler nedeniyle zaman bağlı olarak değişen hızları gözlemlenmiştir. Ülkemizdeki aktif tektonik kuşaklar üzerinde meydana gelen depremler, noktaların koordinatlarında ve hızlarında değişikliklere yol açmaktadır. Depremlerin etkileri, depremin büyüklüğüne bağlı olarak farklılık göstermektedir; bazen etkiler 1-2 ay sürerken bazen de 5-15 yıl kadar uzun sürebilir. (Tiryakioğlu vd. 2017). Bu süre zarfında noktaların hızları ve koordinatlarının güncellenmesi önemlidir. Hızları etkileyen bir diğer faktör ise yeterli parametrelerin bulunmamasıdır. Bu çalışmada, Tüm Türkiye'de farklı bölgelerde seçilen C1 ve C2 noktalarının tesis edildikleri dönemde enterpolasyonlardan elde edilen hızları ile TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarının güncel hızlarından hesaplanan yeni hız değerleri karşılaştırılmıştır.

5.1 Çalışma Alanı ve Verilerin Elde Edilmesi

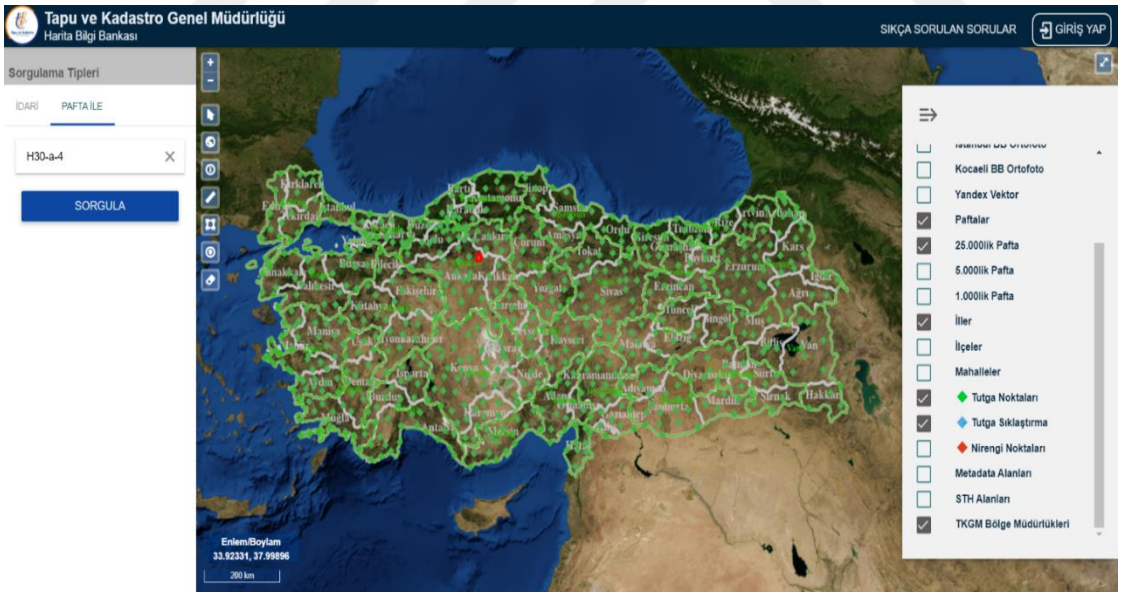
Çalışma alanı, olarak tüm Türkiye'yi kapsayacak şekilde noktalar seçilmiştir. Toplamda 482 adet C1-C2 noktasıbelirlenmiştir. Nokta seçiminde TKGM nün Harita Bilgi Bankası (HBB) portalı kullanılmıştır. HBB Portalı, harita yapımıyla ilgili kuruluşların gelişen teknolojiden faydalanmasını sağlayan ve ülke genelinde büyük ölçekli mekânsal bilgi sistemlerinin oluşturulmasını hedefleyen bir mekânsal bilgi sistemidir. Bu sistem, haritalara ait bilgi ve belgelerin ilgili kurumlar tarafından girişine, güncellenmesine ve internet üzerinden sunumuna olanak tanımaktadır. Bu şekilde mükerrer harita üretimi ve kaynak israfı önlenirken, harita üretimi süreci daha verimli hale getirmektedir.

HBB Portalı'nın kuruluş amacı; haritayla ilgili her türlü bilgiyi çeşitli kaynaklardan toplayarak kullanıcılara tek bir çatı altında ve portal yapısında sunmaktır. Projenin tamamlanması ve 07.07.2008 tarihinde ilgili kamu kurum ve kuruluşlarına duyurulup web adreslerinde online hizmete sunulmasıyla birlikte;

- Kamu kurum ve kuruluşlarının tekrar tekrar harita üretmesinin önüne geçilmiştir.

- Yer kontrol noktası son numaraları merkezi birimden verilmeye başlanmıştır. Böylece, tekrarlayan nokta numaralarının ve jeodezik nokta tesisinin gereksiz tekrarlanmasının önüne geçilmiştir.
- Saha çalışması yapmak isteyenler, sahaya gitmeden önce jeodezik nokta analizi yapabilir, yaklaşık koordinatları görebilir ve planlarını buna göre yapabilir.
- Herhangi bir 1/5000 ölçekli haritanın üretilip üretilmediği, üretilmişse hangi kurum tarafından üretildiği sorgulanabilir.
- Herhangi bir kurumun ne zaman, nerede ve ne tür bir harita ürettiği öğrenilebilir, detaylı açıklamalara erişilebilir.
- İlgililer, tüm bu bilgilere ve hizmetlere erişmek için kurumumuza gelmek zorunda kalmadan zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaktadırlar.

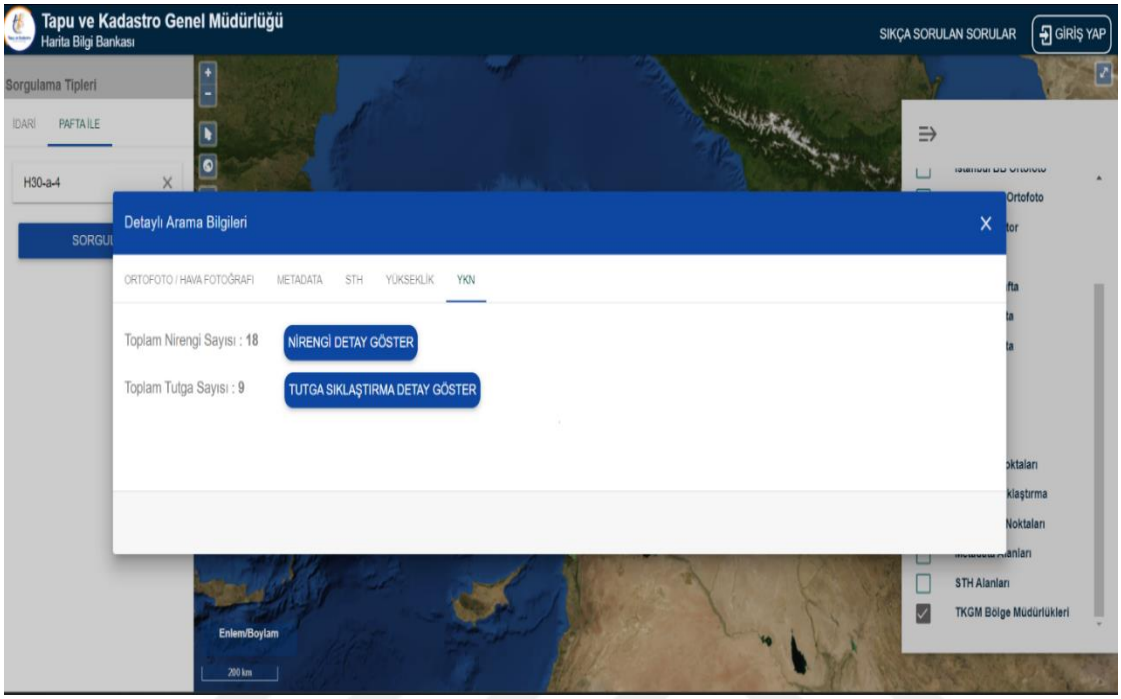
Portaldan 1/25000 ölçekli pafta bazında da sorgulama yapılabilmektedir. Harita Bilgi Bankası (HBB) Metadata Portalı web sitesinde sol üst köşede bulunan sorgulama seçeneklerinden "Pafta Adı" seçilir ve ardından pafta adı girilerek istenen sorgulamalar gerçekleştirilebilir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Harita Bilgi Bankası Web Sitesinden Pafta Adı İle Sorgulama Görüntüsü

Sorgulama ekranında, detaylı arama bilgileri kısmında bulunan Yer Kontrol Noktaları (YKN) seçeneği, Toplam nirengi sayısı ve Toplam TUTGA sayısı gibi bilgilere erişim sağlar. Aynı ekran üzerinde, sorgulama yapılan pafta ismindeki tüm C1, C2, C3 noktalarının detaylı bilgilerine ise "TUTGA sıklaştırma detayları" butonundan

ulaşılabilmektedir. Bu özellikler, kullanıcıların aradıkları bilgilere daha hızlı ve kolay bir şekilde erişmelerine olanak tanımaktadır (Şekil 5.2).

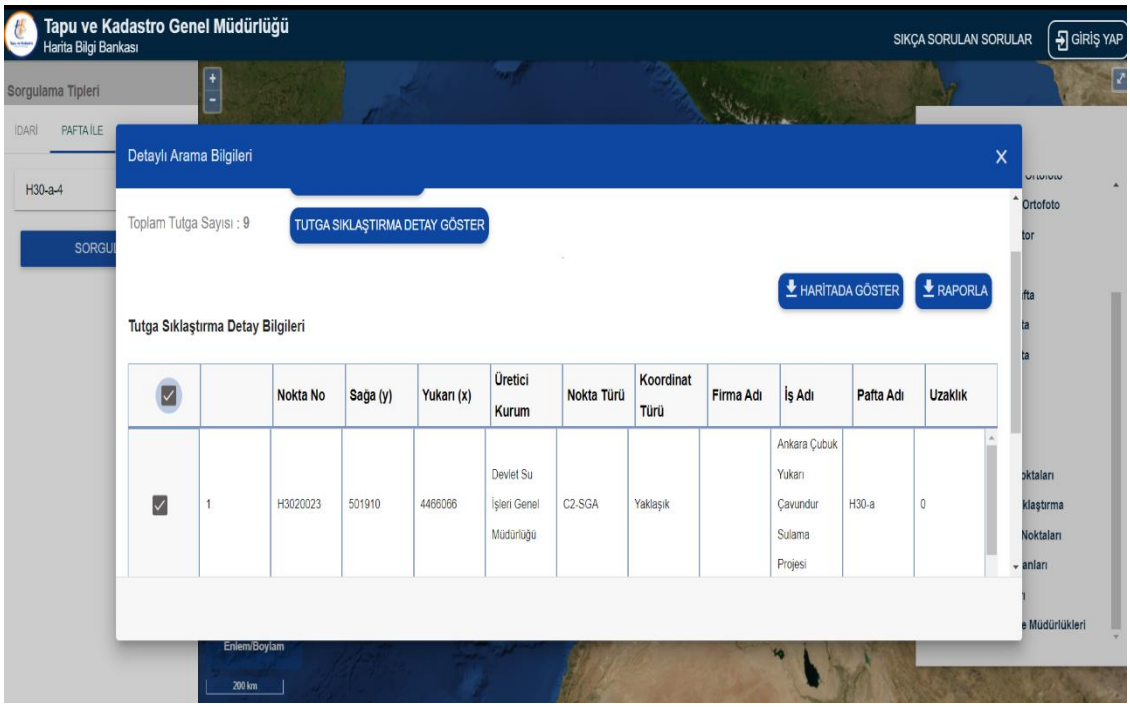


Şekil 5.2 Sorgulanan Pafta İsminin Yer Kontrol Noktaları (Nirengi Sayısı, TUTGA Sayısı) Bilgileri Sorgulama Görüntüsü

TUTGA sıklaştırma detay bilgileri penceresi, aranan C1, C2, C3 noktalarının farklı bilgilerine erişim sağlamaktadır. Bu bilgiler arasında nokta numaraları, sağa değerleri (y), yukarı değerleri (x), üretici kurum, nokta türleri, koordinat türü, firma adı, iş adı, pafta adı ve uzaklık bilgileri bulunmaktadır. TUTGA sıklaştırma detay bilgileri penceresi, kullanıcıların C1 ve C2 noktalarını işaretleyerek raporlama komutunu kullanmalarına olanak tanır. Bu işlem sonucunda, seçilen noktalar hakkında detaylı bilgilere ulaşmak mümkündür. Noktaların konumu, özellikleri ve ilişkili olduğu diğer bilgiler hakkında ayrıntılı bilgi edinmek, mühendislik, haritacılık ve coğrafi bilgi sistemleri (GIS) çalışmaları için büyük bir avantaj sağlar. Bu bilgiler, saha çalışmalarının planlanması, altyapının yönetilmesi ve coğrafi analizlerin yapılması için kritik öneme sahiptir. (Şekil 5.3).

Seçilen C1 ve C2 noktalarının detaylı bilgileri raporla seçeneğiyle Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığı'nın sağladığı

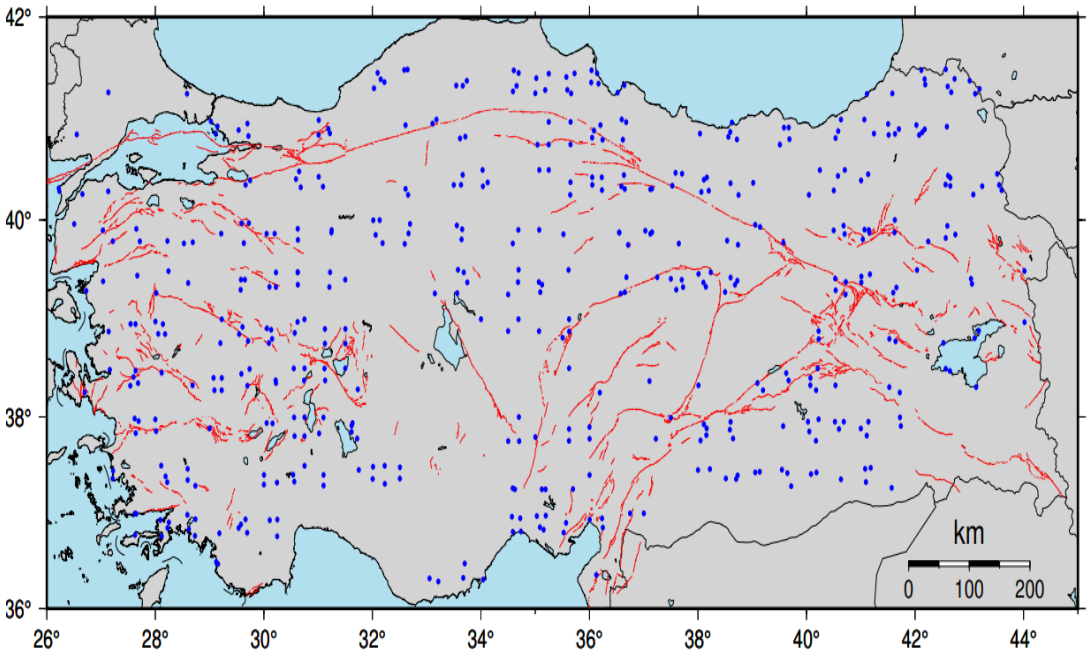
verilerden listelenmektedir. Bu bilgiler arasında nokta numarası, koordinat türü, pafta adı, X, Y, Z koordinat bilgileri, X sigma, Y sigma, Z sigma değerleri, H ortometrik yüksekliği, elipsoid yüksekliği, enlem ve boylam bilgileri, tesis türü, Vx, Vy, Vz hızları, noktaların üretim yılı, tesis yılları ve referans epokları bulunmaktadır. Bu detaylı bilgiler, kullanıcıların C1 ve C2 noktaları hakkında kapsamlı bir bilgi sahibi olmasını sağlar. Kullanıcılar, bu veriler sayesinde noktaların konumları, hareketleri ve çeşitli özellikleri hakkında derinlemesine analizler yapabilir, projelerini daha doğru ve güvenilir bir şekilde planlayabilirler.



Şekil 5.3 Yer Kontrol Noktaları (YKN) TUTGA Sıklaştırma Detay Bilgileri Sorgulama, Seçme Ve Raporlama Ekran Görüntüsü.

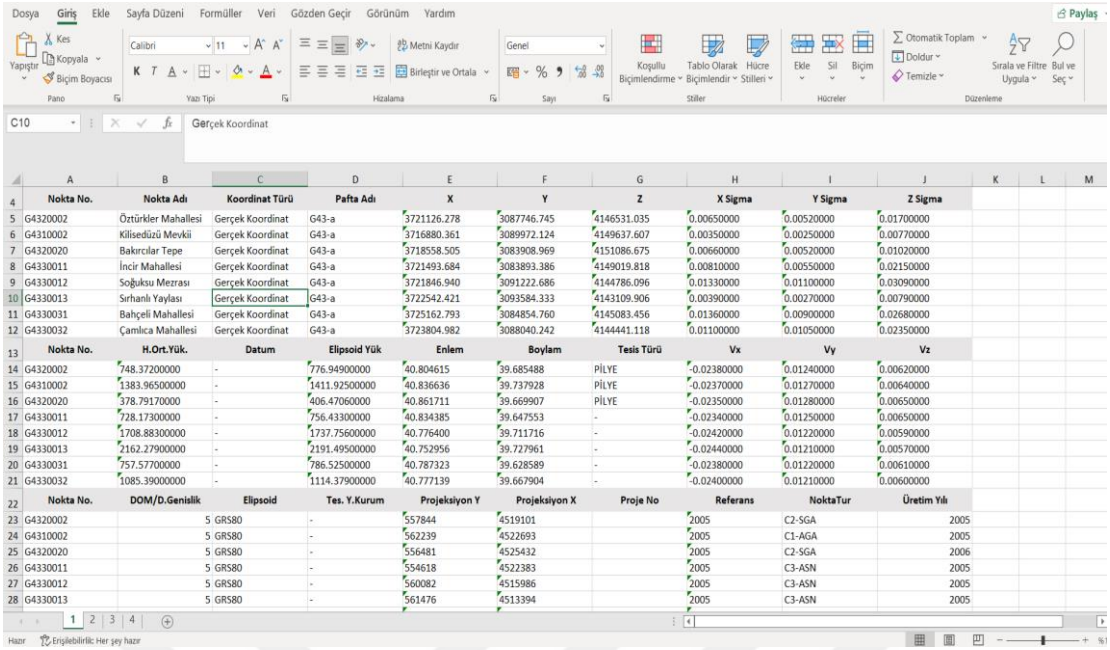
Çalışma kapsamında Türkiye'de bulunan 1/25.000 ölçekli toplam 1360 pafta incelenmiştir. Bu paftalardan elde edilen veriler doğrultusunda, ülke genelinde toplam 12.380 nokta tespit edilmiştir. Verilerin analiz edilmesi sürecinde, verilerin seyrekleştirilmesi amacıyla birbirine yakın noktalarda hesaplanan hızlar arasında önemli farklılıklar olmayacağı varsayılmıştır. Bu sebeple, 1/25.000 ölçekli paftalara bölünmüş olan alanda sadece "a" bölümü içindeki paftalar göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca, verilerin seçiminde belirli kriterler öncelikli olarak tercih edilmiştir. Bu kriterlerden biri referans yılının 2005 olmasıdır. 2005 yılı, verilerin güncel ve güvenilir olmasını sağlamak

amacıyla referans yılı olarak alınmıştır. Diğer bir kriter ise, tesisi pilye olan noktaların tercih edilmesidir. Bu kriterlere göre yapılan seçimler sonucunda, 482 adet nokta belirlenmiştir. Bu noktaların seçilmesi, çalışmanın güvenilirliğini ve doğruluğunu artırmak için önemlidir. Belirlenen kriterlere uygun olarak seçilen noktalar, analiz sürecinde daha tutarlı ve güvenilir veriler elde edilmesine olanak sağlamıştır. Bu doğrultuda, çalışma kapsamında elde edilen veriler, ülke genelindeki çeşitli bölgelerin analiz edilmesi ve değerlendirilmesi açısından önemli bir kaynak teşkil etmektedir. Sonuç olarak, ülke genelinde yapılan bu kapsamlı çalışma, belirlenen kriterlere uygun olarak seçilen noktalar sayesinde daha sağlıklı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamıştır. Bu çalışma, gelecekte yapılacak benzer çalışmalar için de önemli bir referans niteliği taşımaktadır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Noktaların Türkiye Haritası Üzerindeki Konumları

Bu noktaların koordinatları tesis yılları ve o dönemde enterpolasyonla hesaplanan hızları bir Excel dosyasında toplanmıştır.

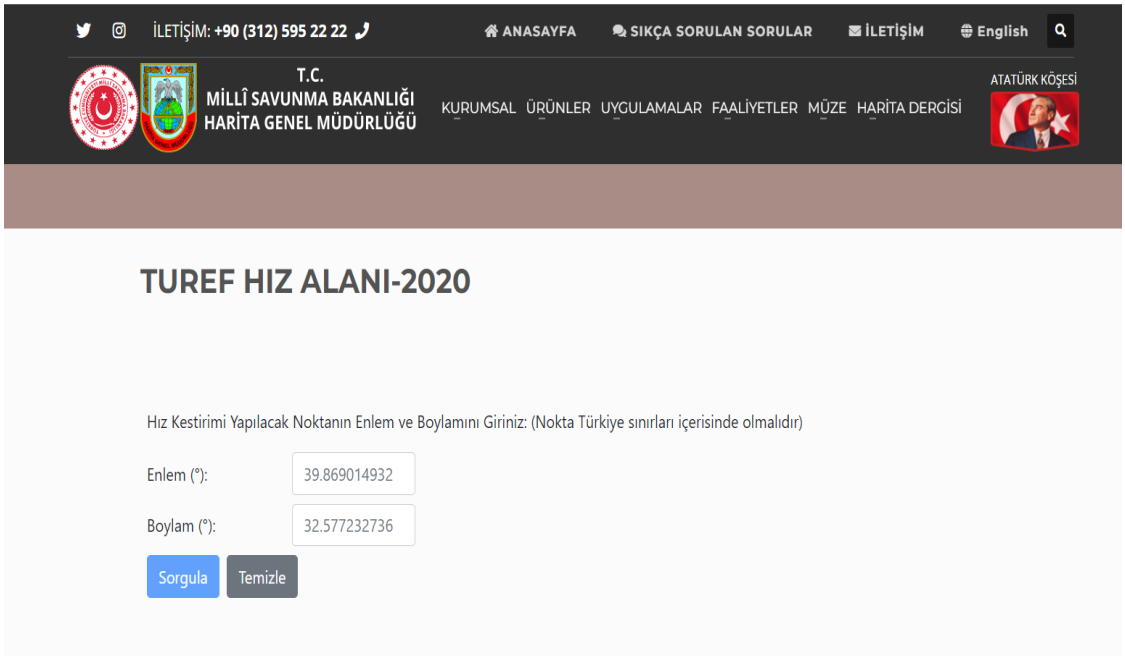


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4	Nokta No.	Nokta Adı	Koordinat Türü	Pafta Adı	X	Y	Z	X Sigma	Y Sigma	Z Sigma
5	G4320002	Öztürkler Mahallesi	Gerçek Koordinat	G43-a	3721126.278	3087746.745	4146531.035	0.00650000	0.00520000	0.01700000
6	G4310002	Kilisedüzü Mevkii	Gerçek Koordinat	G43-a	3716880.361	3089972.124	4149637.607	0.00350000	0.00250000	0.00770000
7	G4320020	Bakırcılar Tepe	Gerçek Koordinat	G43-a	3718558.505	3083908.969	4151086.675	0.00660000	0.00520000	0.01020000
8	G4330011	İncir Mahallesi	Gerçek Koordinat	G43-a	3721493.684	3083893.386	4149019.818	0.00810000	0.00550000	0.02150000
9	G4330012	Soğuksu Mezrası	Gerçek Koordinat	G43-a	3721846.940	3091222.686	4144786.096	0.01330000	0.01100000	0.03090000
10	G4330013	Sırhanlı Yaylası	Gerçek Koordinat	G43-a	3722542.421	3093584.333	4143109.906	0.00390000	0.00270000	0.00790000
11	G4330031	Bahçeli Mahallesi	Gerçek Koordinat	G43-a	3725162.793	3084854.760	4145083.456	0.01360000	0.00900000	0.02680000
12	G4330032	Çamlıca Mahallesi	Gerçek Koordinat	G43-a	3723804.982	3088040.242	4144441.118	0.01100000	0.01050000	0.02350000
13	Nokta No.	H.Ort.Yük.	Datum	Elipsoid Yük	Enlem	Boylam	Tesis Türü	Vx	Vy	Vz
14	G4320002	748.37200000	-	776.94900000	40.804615	39.685488	PİLYE	-0.02380000	0.01240000	0.00620000
15	G4310002	1383.96500000	-	1411.92500000	40.836636	39.737928	PİLYE	-0.02370000	0.01270000	0.00640000
16	G4320020	378.79170000	-	406.47060000	40.861711	39.669907	PİLYE	-0.02350000	0.01280000	0.00650000
17	G4330011	728.17300000	-	756.43300000	40.834385	39.647553	-	-0.02340000	0.01250000	0.00650000
18	G4330012	1708.88300000	-	1737.75600000	40.776400	39.711716	-	-0.02420000	0.01220000	0.00590000
19	G4330013	2162.27900000	-	2191.49500000	40.752956	39.727961	-	-0.02440000	0.01210000	0.00570000
20	G4330031	757.57700000	-	786.52500000	40.787323	39.628589	-	-0.02380000	0.01220000	0.00610000
21	G4330032	1085.39000000	-	1114.37900000	40.777139	39.667904	-	-0.02400000	0.01210000	0.00600000
22	Nokta No.	DOM/D.Genislik	Elipsoid	Tes. Y.Kurum	Projeksiyon Y	Projeksiyon X	Proje No	Referans	NoktaTur	Üretim Yılı
23	G4320002	5	GRS80	-	557844	4519101		2005	C2-SGA	2005
24	G4310002	5	GRS80	-	562239	4522693		2005	C1-AGA	2005
25	G4320020	5	GRS80	-	556481	4525432		2005	C2-SGA	2006
26	G4330011	5	GRS80	-	554618	4522383		2005	C3-ASN	2005
27	G4330012	5	GRS80	-	560082	4515986		2005	C3-ASN	2005
28	G4330013	5	GRS80	-	561476	4513394		2005	C3-ASN	2005

Şekil 5.5 Yer Kontrol Noktaları (Ykn) Tutga Sıklaştırma Detay Bilgileri Sorgulama, Seçme Ve Raporlama Ekran Görüntüsü

Daha sonra bu noktaların güncel hızlarının hesaplanması işlemini geçilmiştir. Bu amaçla Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından gerçekleştirilen değerlendirmelerle TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarının GNSS ölçümlerine dayalı olarak 1992-2021 yılları arasındaki hız verileri hesaplanmıştır. Bu hız verileri, 2023 yılı itibariyle Harita Genel Müdürlüğü'nün resmi sitesi üzerinde Türkiye Ulusal Hız Alanı (TUREF Hız Alanı) platformunda kullanıcıların erişimine sunulmuştur (Int. Kyn. 16).

Bu platform, kullanıcıların belirli bir noktanın enlem ve boylam koordinatlarını girerek TUREF Datumu-ITRF 96 hızlarını (Vx, Vy, Vz) sorgulamalarına imkan tanımaktadır. Bu uygulama, kullanıcıların belirli bir noktanın hareket hızını kolaylıkla ve hızlı bir şekilde öğrenmesine imkan tanımaktadır. Böylelikle, jeodezik verilere daha kolay erişim sağlanarak, coğrafi bilgi sistemlerinin geliştirilmesi ve jeodezik analizlerin yapılması için kullanıcı dostu bir araç sunulmaktadır. Bu web sitesinde tez çalışması için daha önce Harita Bilgi Bankası'ndan seçilen 482 noktanın enlem ve boylam konum bilgisine dayalı olarak en güncel TUREF Datumu-ITRF 96 hızları (Vx, Vy, Vz) sorgulamaları yapılmıştır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 HGM web sitesinde hız kestirimi arayüzü

5.2 Hız Farklarının Hesaplanması ve Bulgular

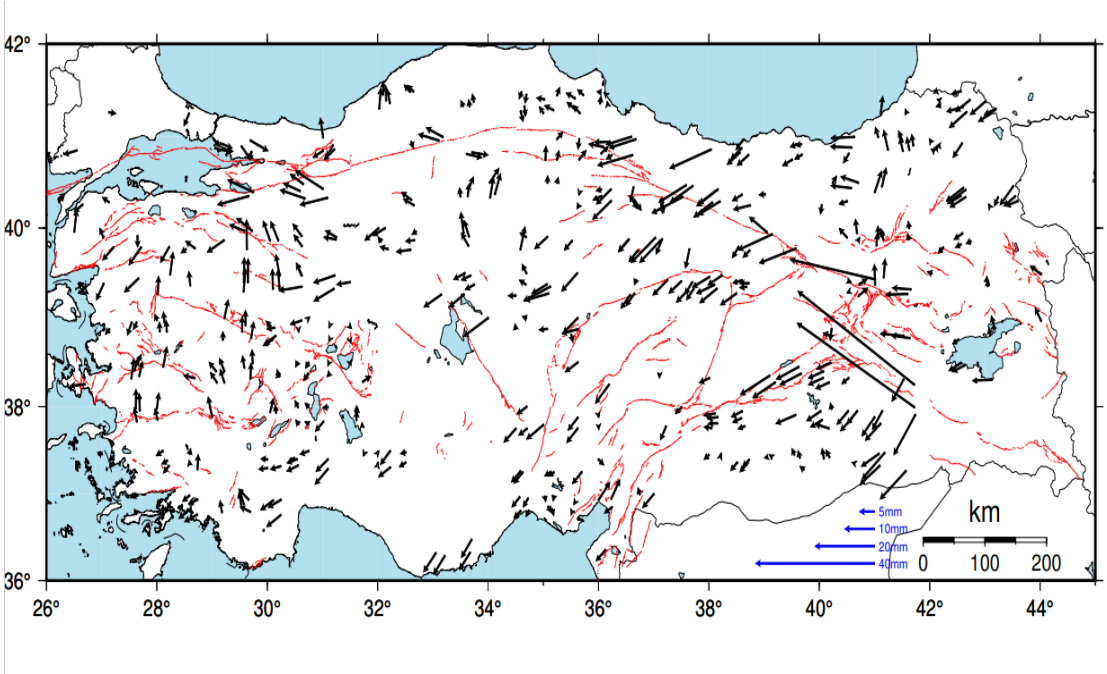
Yukarıdaki bölümlerde de anlatıldığı gibi, seçilen 482 noktanın geçmiş dönem hızları Harita Bilgi Bankası'ndan (HBB) elde edilmiştir. Daha sonra, bu noktaların güncel hızları Harita Genel Müdürlüğü (HGM) Hız Kestirim Portalı üzerinden belirlenmiştir. Her iki dönemde de noktaların hızları, ITRF-96 2005 epokuna göre seçilmiştir. ITRF-96 (Uluslararası Yer Referans Çerçevesi), küresel jeodezi ve haritacılık çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir koordinat sistemidir. 2005 epoku, bu noktaların hızlarının belirlenmesinde referans alınan zaman dilimini temsil etmektedir.

Noktaların hızları, üç boyutlu uzaydaki konum değişimlerini zamanla nasıl değiştirdiğini gösteren kritik verilerdir. Geçmiş ve güncel hızları elde edilen noktaların hız bileşenleri, X, Y ve Z yönlerinde hesaplanmıştır. Bu bileşenler, her bir noktanın doğu-batı, kuzey-güney ve yukarı-aşağı yönlerindeki hareketlerini gösterir. Her iki dönem için de elde edilen hız verileri, ITRF-96 2005 epokuna göre uyumlu hale getirilmiştir, böylece verilerin tutarlılığı ve karşılaştırılabilirliği sağlanmıştır.

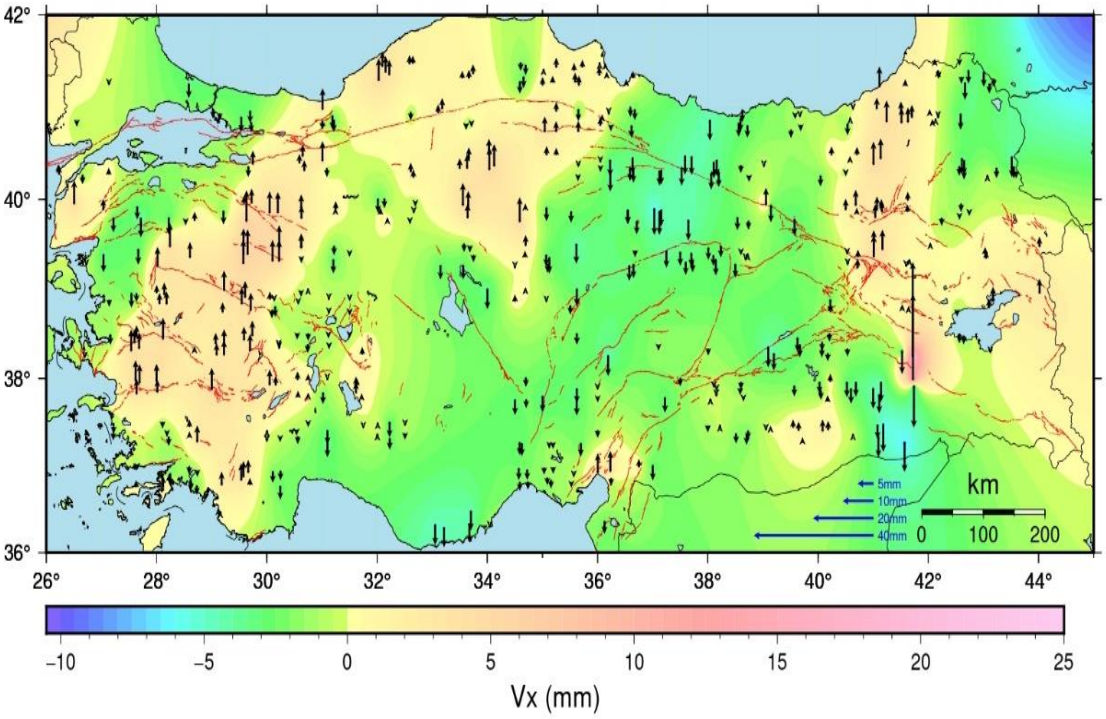
Geçmiş ve güncel hızlar arasındaki farklar, tüm bileşenler bazında hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar, her bir noktanın üç boyutlu hareketinin zaman içinde nasıl değiştiğini anlamak için önemli olduğu düşünülmektedir. X, Y ve Z bileşenlerindeki hız farkları ayrı ayrı değerlendirilmiş ve bu farklar çeşitli yöntemlerle yorumlanmıştır.

Yapılan hesaplamalar ve analizler sonucunda, hız farklarının bölgesel dağılımı da incelenmiştir. Bu dağılım, farklı coğrafi bölgelerdeki jeodezik hareketlerin karşılaştırılmasını sağlamaktadır. Hız farklarının analizi, ayrıca uzun vadeli yer kabuğu deformasyonlarının anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Bu bilgiler, jeodezi ve haritacılık alanlarında yapılan bilimsel araştırmaların yanı sıra, mühendislik ve altyapı projelerinde de kullanılmaktadır.

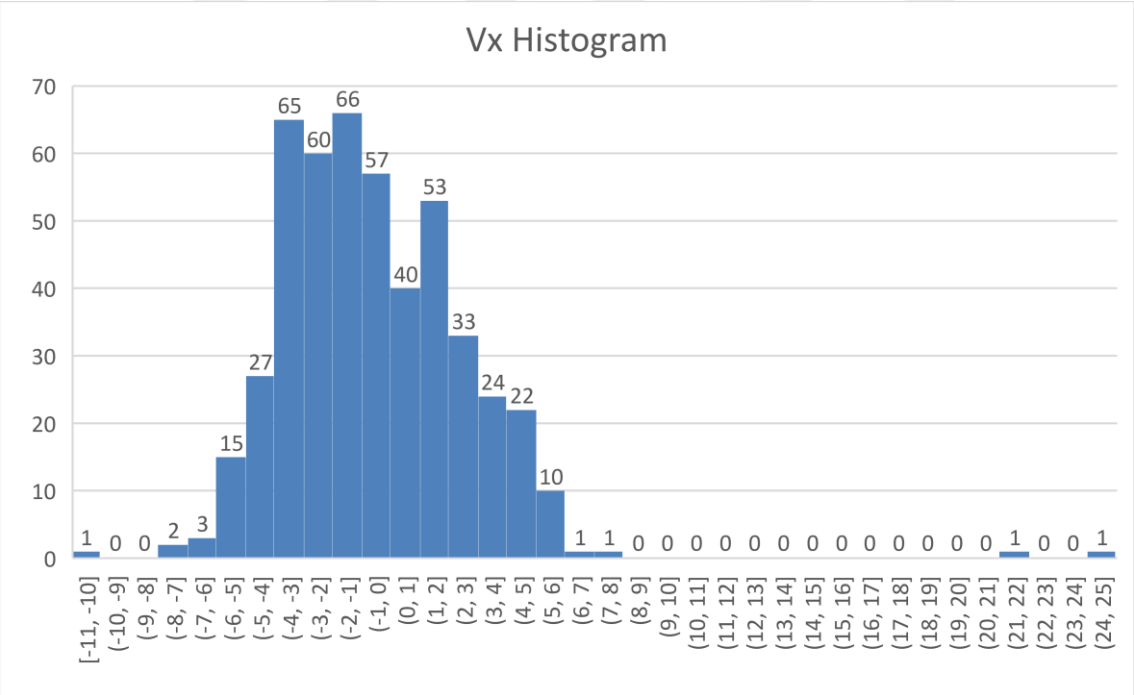
Sonuç olarak, HBB ve HGM Hız Kestirim Portalı üzerinden elde edilen geçmiş ve güncel hız verilerinin karşılaştırılması, seçilen 482 noktanın jeodezik hareketlerinin zaman içindeki değişimini anlamak için önemli bir çalışmadır. Bu analizler, yer kabuğu dinamiklerini anlamak ve bu bilgileri çeşitli uygulamalarda kullanmak için gerekli verileri sağlanacağı düşünülmektedir.



Şekil 5.7 XY Bileşenindeki Hız Farkları Grafiği



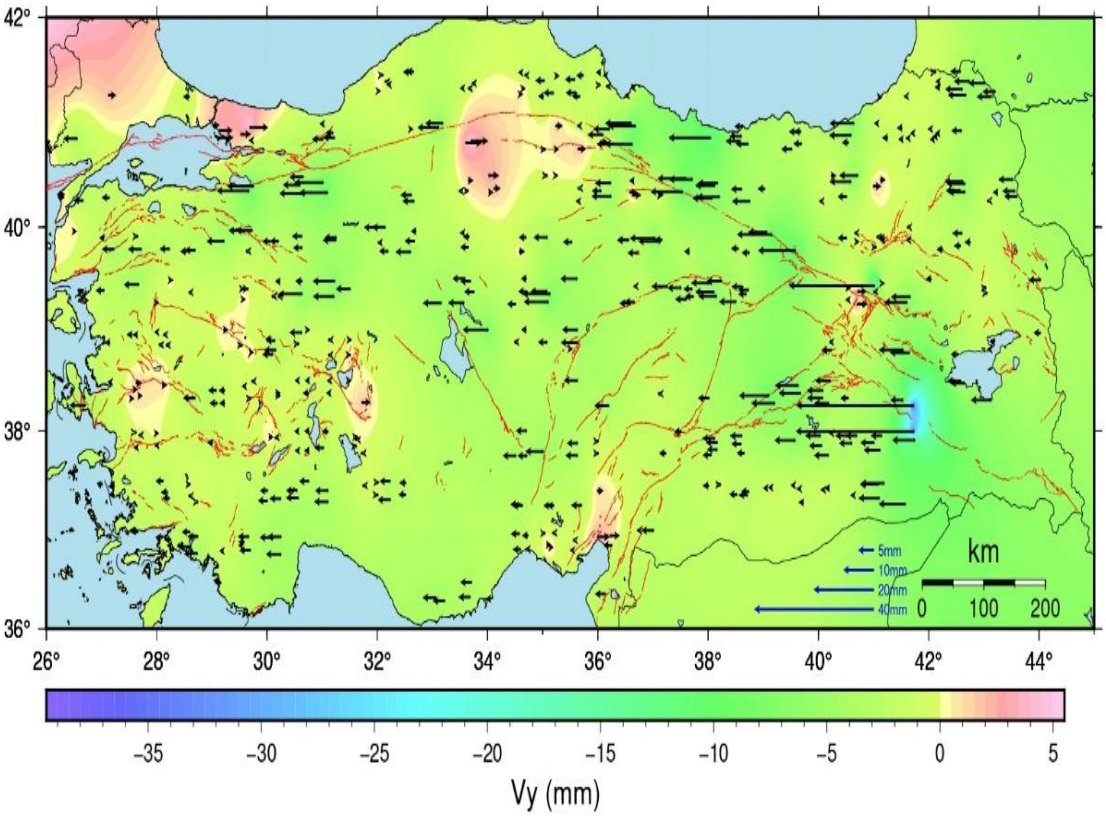
Şekil 5.8 X Bileşenindeki Hız Farkları Grafiği



Şekil 5.9 Vx Histogram Grafiği

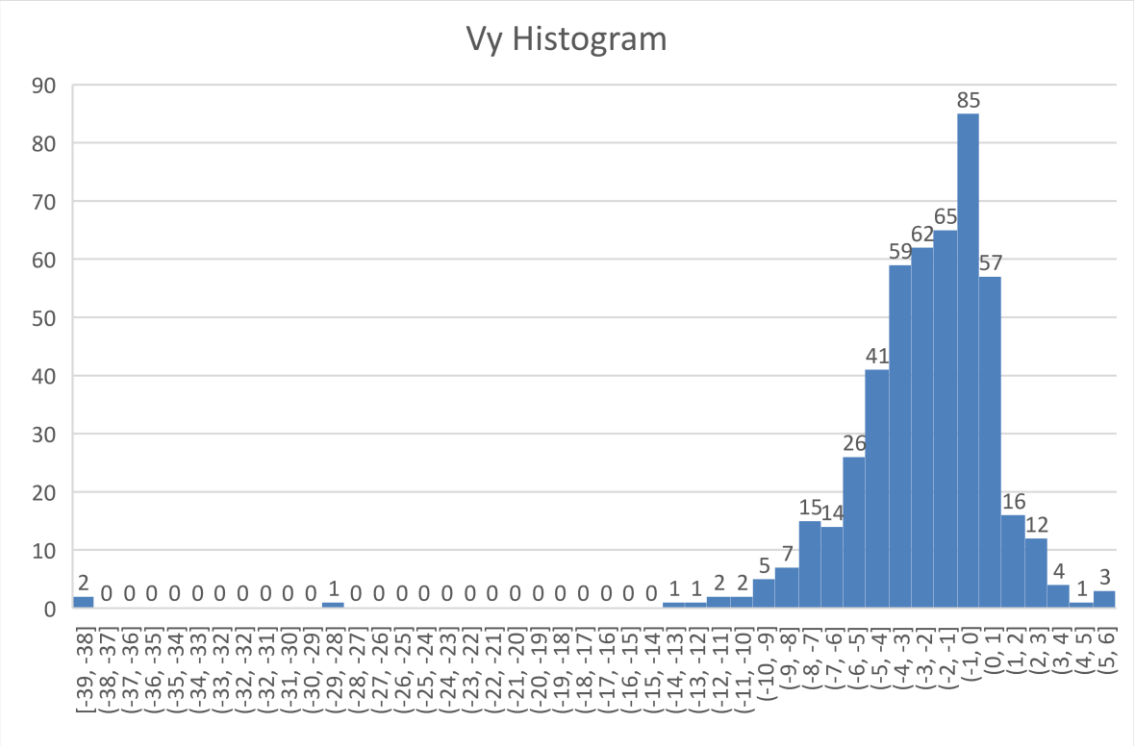
Şekil 5.8 X bileşenindeki hız farkları değerlendirildiğinde, bu hız farklarının güney yönünde -10.59 mm/yıl ile kuzey yönünde 24.83 mm/yıl arasında değiştiği

gözlenmektedir. En büyük hız farkının bölgesinde Batman ili içerisinde olduğu görülmektedir. Bu noktaların tesis yılları incelendiğinde 2006 yılları olduğu görülmektedir. X bileşenindeki hız farkları genel olarak incelendiğinde özellikle Güneydoğu bölgesinde diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

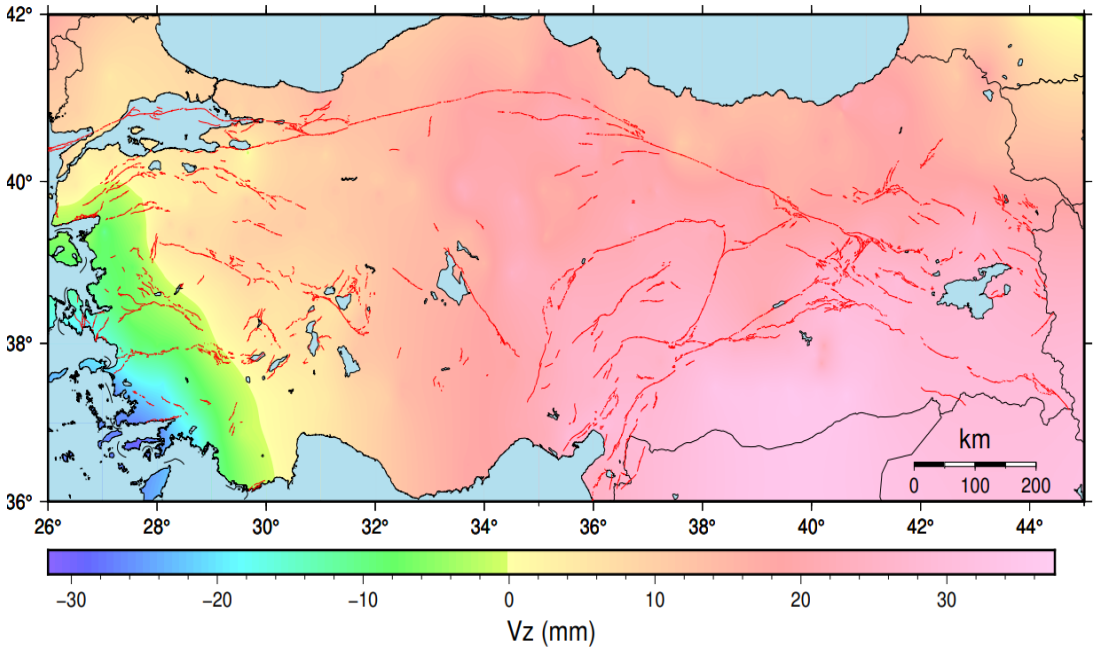


Şekil 5.10 Y Bileşenindeki Hız Farkları Grafiği

Şekil 5.10 Y bileşenindeki hız farkları grafiği değerlendirildiğinde, Marmara, Karadeniz ve Güneydoğu bölgelerinin sonuçlarının diğer bölgelerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu hız farklarının batı yönünde -39.38 mm/yıl ile doğu yönünde 5.86 mm/yıl arasında değiştiği gözlenmektedir. En büyük hız farklarının Marmara bölgesinde İstanbul ili içerisinde tesis yılının 2007 olduğu görülmekte, Karadeniz bölgesinde Çorum ili içerisinde tesis yılının 2007 olduğu görülmekte, Güneydoğu bölgesinde Siirt ili içerisinde tesis yılının 2006 olduğu görülmektedir ve Ege bölgesinde de Muğla ili içerisinde tesis yılının 2013 olduğu görülmektedir. Bu bölgelerin diğer bölgelere göre farklarının yüksek olduğu görülmektedir.

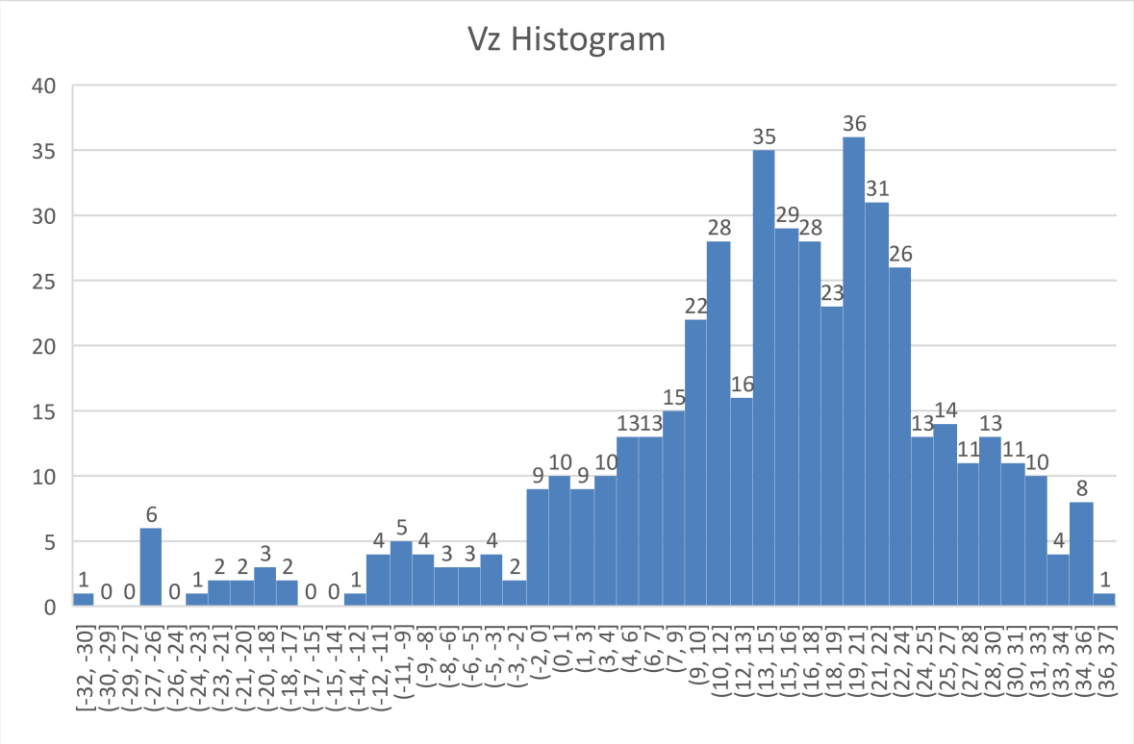


Şekil 5.11 Vy Histogram Grafiği



Şekil 5.12 Z Bileşenindeki Hız Farkları Grafiği

Şekil 5.12 Z bileşenindeki hız farkları grafiği değerlendirildiğinde, En büyük hız farklarının batı yönünde Muğla ili içerisinde olduğu görülmektedir. Bu noktaların tesis yılları incelendiğinde 2007 yılları olduğu görülmektedir. Doğu yönünde ise en büyük hız farkının Mardin ili içerisinde olduğu görülmektedir. Bu noktaların tesis yılları incelendiğinde 2020 yılları olduğu görülmektedir. Z bileşenindeki hız farkları genel olarak incelendiğinde özellikle Doğu yönünde daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 5.13 Vz Histogram Grafiği

6. TARTIŞMALAR ve SONUÇ

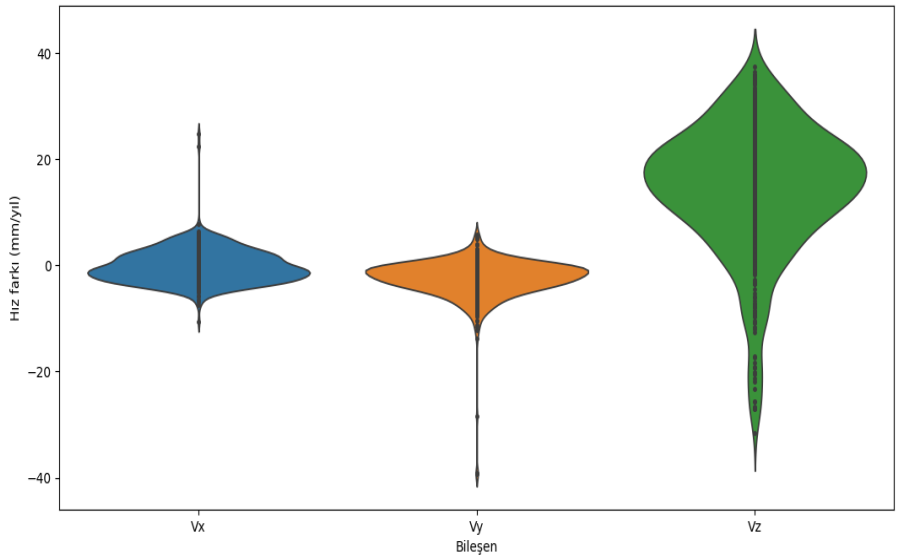
Türkiye genelindeki C1 ve C2 Harita Bilgi Bankası'ndan elde edilen Vx, Vy ve Vz hızları ile Harita Genel Müdürlüğü'nden alınan GNSS hızları arasındaki farklarını inceleyen bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla C1 ve C2 noktalarının koordinat bilgileri ve GNSS hızları ilgili kurumların online servislerinden temin edilmiş ve bu veriler kullanılarak hız kestirimi yapılacak noktaların TUREF Datumu-ITRF 96 hızlarına ilişkin verilerin enterpolasyon yoluyla elde edilmiştir . Toplamda 482 noktanın hızları incelenmiş olup enlem ve boylam bilgileri kullanılarak TUREF Datumu-ITRF 96 hızları (Vx, Vy, Vz) belirlenmiş ve tablo haline getirilmiştir. Ayrıca, hesaplanan hızların doğruluğunu belirlemek amacıyla Harita Bilgi Bankası (HBB) web sitesinde pafta numaraları kullanılarak noktaların 1/25000 ölçekli haritada sorgulanmıştır. Her bir pafta sınırları içinde bulunan noktaların numaraları, türleri, enlem ve boylam bilgileri, enterpolasyon yöntemiyle hesaplanan hızları, üretim ve referans yılları gibi bilgiler listelenmiş ve tablo haline getirilmiştir. Bu uygulama sürecinde, noktaların referans yıllarının 2005 ve sonrasında olmasına özellikle dikkate edilmiştir. İki hız alanından elde edilen bilgiler kullanılarak noktaların TUREF hızları (Vx, Vy, Vz) bileşenlerinin karşılaştırılmış ve bileşen bazında fark haritalarının oluşturulmuştur. Bu çalışma, Türkiye'nin jeodezik ağının güncellenmesinin ve jeodezik ağlarda deprem kaynaklı meydana gelecek deformasyonların belirlenmesinin öneminin vurgulanması için önemli bir adımdır.

Türkiye'nin geneline yayılmış GPS istasyonlarının zaman serileri ve tektonik uyumları, ülkenin ve çevresindeki depremlerin karmaşık etkileri altında ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir. Bu araştırma, Türkiye'nin jeodezik ağının sürekliliğini güvence altına almak ve deprem etkilerini daha kapsamlı bir şekilde anlamak için kritik bir öneme sahiptir. Yapılan analiz, jeodezik ve deprem araştırmalarında büyük bir ilerleme sağlamaktadır. Özellikle, Türkiye gibi deprem riski yüksek bölgelerde, GPS verilerinin doğru bir şekilde yorumlanması ve deprem risklerinin doğru bir şekilde belirlenmesi yaşamsal bir öneme sahiptir. Bu araştırma, gelecekteki deprem risklerine karşı daha iyi hazırlanmamızı ve toplumsal korunmayı artırmamızı sağlayacaktır. Bu sayede, altyapı geliştirme, afet yönetimi ve acil durum müdahale stratejilerinin etkinliği artırılabilir.

Harita Bilgi Bankası'ndan elde edilen hızlar ile Harita Genel Müdürlüğü 'den elde edilen hızlar arasındaki farklar bileşen bazında incelenmiştir. X bileşeni için hız farkları 482 noktanın 472'sinde ±6 mm/yıl arasındadır. Bu noktaların 216'sında ise hız farkları ±2 mm/yıl arasındadır. X bileşeni için diğer noktalardaki hız farkları ise ±7-25 mm/yıl arasında değişmektedir. Maksimum hız farkı, Siirt ili sınırları içerisinde yer almaktadır ve 2006 yılında tesis edilmiştir. Bu bölgede yapılan jeodezik çalışmalar incelendiğinde, Siirt çevresinde Aktuğ (2011) tarafından hesaplanan hız farklarının maksimum seviyede olduğu görülmüştür. Bu durum, Kurt vd. (2020) tarafından yayımlanan çalışmada da benzer şekilde devam etmektedir. Türkiye'de C1-C2 hızları TUTGA noktalarından iteratif olarak elde edildiği için, maksimum hız farkının olduğu noktada Aktuğ (2011) tarafından hesaplanan TUTGA verilerinin kullanıldığı değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, tesis yılı olan 2006 yılına kadar TUTGA noktalarında yapılan GNSS kampanya sayısının azlığı nedeniyle, bu farkların oluşabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde X bileşeni için maksimum farkların yer aldığı Kütahya-Bursa bölgesi de Kurt vd. (2020)'de farkların en yüksek olduğu bölgelerden biri olarak gösterilmiştir.

Y bileşeni için hız farklarının 482 noktanın 466'sında -9 mm/yıl ile +3 mm/yıl arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu noktaların 246'sında ise hız farklarının ±2 mm/yıl arasında olduğu tespit edilmiştir. Ancak, Y bileşeni için diğer noktalardaki hız farkları ise ±5 mm/yıl ile 39 mm/yıl arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Özellikle maksimum hız farkı, Siirt ili sınırları içerisinde yer almakta olup, bu fark 2006 yılında tesis edilmiştir. Bu bölgede yapılan jeodezik çalışmaların analizi, Aktuğ (2011) tarafından rapor edilen maksimum hız farklarının dikkat çekici bir şekilde arttığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, Kurt vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da doğrulanmıştır.

Z bileşeni için hız farklarının 482 noktanın 438'inde -1 mm/yıl ile +35 mm/yıl arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu noktaların 245'inde ise hız farklarının ±10 mm/yıl ile 23 mm/yıl arasında olduğu tespit edilmiştir. Diğer noktalardaki hız farkları ise ±32 mm/yıl ile 37 mm/yıl arasında değişmektedir. Z bileşeninde maksimum hız farkı, Doğu tarafında Siirt ili ve çevresi ile batı tarafında Muğla ili çevresinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.1 Vx, Vy ve Vz Hız Farkları Violin Gösterimi

Ülkemiz, aktif deprem kuşaklarının bulunduğu bir bölgede yer almaktadır. Son 30 yıl içerisinde 6'dan büyük şiddette 25 adet deprem olmuştur. Depremler sonrasında faylarda meydana gelen postsismik (deprem sonrası) hareketler, deprem öncesi hareketlerden farklılık göstermektedir. Bu nedenle depremler sonrası yeni nokta tesis edilmesinde deprem öncesi hızların kullanılması kaynaklı epok taşıma hataları meydana gelebilmektedir. Diğer yandan, Anadolu plakası üzerinde farklı karakterlere sahip mikro plakalar (bloklar) bulunmaktadır. Bu mikro plakaların hızlarının değişkenlik göstermesi sebebiyle, yeni tesis edilecek hızları enterpolasyonla hesaplanacak noktalar için kullanılacak olan TUTGA ve TUSAGA-Aktif gibi noktaların mümkün olduğunca aynı bloklar üzerinden seçilmesi gerekmektedir. Bu sayede, hızların homojen bir şekilde hesaplanması ve daha doğru sonuçlar elde edilmesi sağlanabilir. Ancak, özellikle kampanya sayısı az olan ve hız değerlerinin standart sapmalarının yüksek olduğu TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarının hızları kullanılmamalıdır. Bu noktaların hızları, güvenilir olmadığından ve hesaplama hatalarına yol açabileceğinden, analizlerde dikkate alınmamalıdır.

7. KAYNAKLAR

Akıncıtürk N 2003, Yapı Tasarımında Mimarın Deprem Bilinci, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 8(1), 189-201, Bursa.

Aktuğ B, Ayhan M E, Demir C, Fırat O, Kılıçoğlu A, Lenk O, vd., 2002, Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı 1999A (TUTGA-99A), Harita Genel Müdürlüğü, Harita Dergisi, Özel Sayı 16, Ankara.

Aktuğ B, Kaypak B, Çelik R N, 2010, Source parameters for the Mw = 6.6, 03 February 2002, Çay Earthquake (Turkey) and aftershocks from GPS,Southwestern Turkey. J Seismol, 14, 445-456.

Aktuğ B, Lenk O, 2010, Yeni Gelişmeler Işığında Ağ Hiyerarşisi, Ölçü Süreleri ve Duyarlık Ölçütlerinin İncelenmesi. Harita Dergisi, 144, 40-50.

Aktuğ B, Kılıçoğlu A, Lenk O, Özdemir S, Sezer S, 2011, Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı Güncel Koordinat ve Hızlarının Hesaplanması, Harita Genel Komutanlığı, Harita Dergisi, 145, Ankara.

Aktuğ B, Kurt M, Lenk O, Özdemir S, Parmaksız E, Seymen S, vd., 2011, ED-50 (European Datum-1950) ile TUREF (Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi) Arasında Datum Dönüşümü, Harita Genel Komutanlığı, Harita Dergisi, 146,Ankara.

Ayhan M.E, Demir C, Lenk O, Kılıçoğlu A, Aktuğ B, Açıkgöz M, vd., 2002, Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999A (TUTGA-99A), Harita Dergisi Özel Sayı, No.16, Ankara.

Balaban H, 2022, Enterpolasyon Yöntemiyle Elde Edilen GNSS Hızlarının Doğruluklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 76s, Afyonkarahisar.

Bezcioğlu M, 2022, Tek GNSS alıcısı ile yapı sağlığı izlemelerinde farklı GNSS algoritmalarının test edilmesi ve karşılaştırılması, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 208s, Kocaeli.

Blewitt G, Lavallee D, 2002, Effect of Annual Signals on Geodetic Velocity, Journal of Geophysical Research.

Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY), 2018, Resmi Gazete, 26 Haziran 2018, 30460.

Cingöz A, Kurt A İ, Özel Ö, Özdemir S, Peker S, Simav M, 2020, Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA) Güncel Koordinat ve Hızlarının GNSS Verilerinin Yeniden Değerlendirilmesi Kapsamında Hesaplanması, Harita Genel Müdürlüğü, Harita Dergisi, 164, 1-17, Ankara.

Çınar F, 2021, 21.07.2017 Bodrum-Kos Depremi Sonrası Bölgedeki GNSS Nokta Koordinatlarının Güncellenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 51s, Afyonkarahisar

Demirkol E Ö, Yıldırım A, Gürdal M A, 2002, Avrupa Datumu 1950 (ED-50) ile Dünya Jeodezik Sistemi 1984 (World Geodetic System 1984: WGS84) Arasında Datum Dönüşümü ve Askeri Uygulamaları, Harita Genel Komutanlığı, 15s, Ankara.

Demirtaş M Ü, 2006, Bölgesel Koordinat Dönüşümleri, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 138s, İstanbul.

Duman T Y(Ed.), Emre Ö, Özalp S, Çan T, Olgun Ş, Elmacı H, vd., 2017, Türkiye ve Yakın Çevresindeki Diri Faylar ve Özellikleri. Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi 34, 12 s, Ankara.

Ergünay O, 2007, Türkiye'nin Afet Profili, TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 5, 1-14.

Farhan H T, 2021, Farklı Analiz Merkezlerinden Yayınlanan Rapid Ve Ultra-Rapid Ürünlerinin Hassas Nokta Konumlama (Ppp) Performansının Analizi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 52s, Konya.

İçen E, 2018, Küresel Ve Bölgesel Konumlama Sistemleri, Teknolojileri Ve Uygulamaları, Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Uzmanlığı Tezi, Ulaştırma, Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı, Personel ve Eğitim Dairesi Başkanlığı,175s, Ankara.

İlvan A, 2014, Mersin İli Toroslar İlçesi Örneğinde Lokal Datum Dönüşüm Parametrelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 67s, İstanbul.

Kaplan D E, Hegarty C J, 2006, Understanding GPS Principles and Application. Artech House,723 p, Boston.

Kaya F, Özdemir A, Özdemir D, Doğan, 2019, GNSS Gözlem Süresine Bağlı Deformasyon Parametrelerinin Kestirimi, Geomatik Dergisi, 4 (3), 227-238, Mersin.

Koca B ve Ceylan A, 2018, Uydu Konum Belirleme Sistemlerindeki (GNSS) Güncel Durum ve Son Gelişmeler, Geomatik, 3, 1, 63-73.

Koca B, 2019, GNSS Sistemlerindeki Güncel Durum ve Son Gelişmelerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 118s, Konya.

Kopar Y E, 2021, ED-50 İle ITRF96 Arasında Ki Dönüşüm Parametrelerinin Belirlenmesi: Kahramanmaraş Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 54s, Afyonkarahisar.

KÜ, 2010, TUSAGA-AKTİF (CORS-TR) Projesi, Sonuç Raporu, TÜBİTAK Proje No: 105G017

Mustafa M, 2017, Duhok Bölgesi İçin Koordinat Dönüşümü Parametre ve Yöntemlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.

Okur M, 2022, İki Boyutlu Koordinat Dönüşüm Parametrelerinin Belirlenmesi: Bursa İli Örneği, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 44s, Afyonkarahisar.

Burgmann R , Ayhan M E, Fielding E J, Wright T J, McClusky S, Aktuğ B, vd., 2002 , Deformation during the 12 November 1999 Duzce, Turkey, earthquake, from GPS and InSAR data, Bulletın Of The Seısmologıcal Socıety Of Amerıca, 92(1), 161-171.

Sevindi C, 2005, Küresel Konum Belirleme Sistemi (Gps) Ve Coğrafya Araştırmalarında Kullanımı, Coğrafi Bilimler Dergisi, 3(1), 101-112.

Solak H İ, 2015, GNSS Hızları İle Güneybatı Anadolu'daki Gerinim Alanlarının Zamansal Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 95s, Afyonkarahisar.

Şafak Ş, 2019, GNSS Hız Doğruluklarına Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99s,Afyonkarahisar.

Tiryakioğlu İ, 2012, GNSS Ölçüleri İle Güneybatı Anadolu' daki Blok Hareketleri ve Gerilim Alanlarının Belirlenmesi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 110s, İstanbul.

Tiryakioğlu İ, Özkaymak Ç, Baybura T, Sözbilir H, Uysal M, 2018, Comparison of Palaeostress Analysis, Geodetic Strain Rates and Seismic Data in the Western Part of The Sultandağı Fault in Turkey, Annals of Geophysics, 61(3), 1-14.

Tiryakioğlu İ, Aktuğ B, Yiğit C Ö, Yavaşoğlu H H, Sözbilir H, Özkaymak Ç, vd., 2018, Slip distribution and source parameters of the 20 July 2017 Bodrum-Kos earthquake (Mw6. 6) from GPS observations, Geodinamica Acta, 30, 1-14.

Tiryakioğlu İ, Eyübagil E E, Yaşar Şafak Ş, Çakanşimşek B E, Duman H, Solak H İ, vd.. 2023, 6 Şubat 2023 Sofalaca-Şehitkamil Gaziantep (Mw:7.7) ve Ekinözü Kahramanmaraş (Mw:7.6) Depremlerinin GNSS Gözlemlerine Bağlı Öncül Sonuçları, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23(1), 160-176.

Toker K, Türkiye'de Çeşitlerine Göre Kadastro Süreçlerinin Analizi, Prooceeding of the World Cadastre Summit 2015, İstanbul.

Toydemir T, 2019, Sultandağı fayında Jeodezik Gerinim (Strain) ile İstatistiksel Depremsellik Verilerinin İlişkilendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 73s, Afyonkarahisar.

Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu, 2016, Türkiye Ulusal Jeodezi Programı, Ankara. Uzel T, Eren K, Gülal E, Dindar A A, Tiryakioğlu İ, Yılmaz H, 2011, Tusaga Aktif (Cors-Tr) Verileri İle Tektonik Plaka Hareketlerinin İzlenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

Yenice E, 2023, 30 Ekim 2020 (Mw= 6.9) Sisam Depremi Sonrası İzmir Bölgesi Kadastral Nokta Koordinat Değişimlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 63s, Afyonkarahisar.

Yıldırım Ö, Mekik Ç, Bakıcı S, 2011, TUSAGA-AKTİF(CORS-TR) Sisteminin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Katkıları, Hkm Jeodezi, Jeoinformasyon Ve Arazi Yönetimi Dergisi, Özel Sayı 2, Ankara.

İnternet Kaynakları

1- https://www.tusaga-aktif.gov.tr/Web/SSS_Teknik.html, 20.12.2023

2- https://tr.wikipedia.org/wiki/Koordinat_sistemi, 22.12.2023

3- https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCresel_koordinat_sistemi, 18.01.2024

4- https://jeodezi.bogazici.edu.tr/sites/jeodezi.boun.edu.tr/files/dosyalar/files/JEODEZI_BUKRDAE_GED.pdf, 17.01.2024

5- https://docplayer.biz.tr/62754331-Yildiz-teknik-universitesi-insaat-fakultesi-harita-muhendisligi-bolumu-topografya-hrt3351-yrd-doc-dr-ercenk-ata.html, 17.01.2024

6- https://obs.hkmo.org.tr/show-media/resimler/ekler/RTS9_f16c818875d9fcb_ek.pdf, 20.12.2023

7- file:///C:/Users/Sena%C3%B6zlem/Downloads/GIS%201%20-%20EK%20-%20PROJEKS%C4%B0YON%20KOORD%C4%B0NAT%20S%C4%B0STEMLER%C4%B0%20VE%20CO%C4%9ERAF%C4%B0%20B%C4%B0LG%C4%B0%20S%C4%B0STEM%C4%B0%20ORTAMINDA%20KULLANIMI%20(3).pdf, 22.12.2023

8- https://www.harita.gov.tr/uploads/files/articles/ulke-temel-jeodezik-aglari-nedir-ne-icindir-ve-nasil-olmalidir-1259.pdf, 21.12.2023

9- https://sellugsk.live/product_details/4903561.html, 08.01.2024

10-https://www.odysseus-contest.eu/de/bibliothek/galileo/, 30.12.2023

11-https://www.mercekdergisi.ktugipak.com/kuresel-konumlama-sistemi-gps-kullanim-alanlari/, 05.01.2024

12-https://www.harita.gov.tr/uploads/files-folder/76a77077b53444d.pdf, 25.01.2024

13-https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=3402&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5, 27.01.2024

14-https://www.tkgm.gov.tr/tarihce-ve-gorevler, 24.12.2023

15-https://www.harita.gov.tr/uploads/files-folder/78631a4bb5303be.pdf, 05.01.2024

16-https://turefhizalani.harita.gov.tr/, 15.12.2024

17-https://hbb.tkgm.gov.tr/home, 24.01.2024

18-https://www.harita.gov.tr/public/sunum/, 13.01.2024

19-https://www.tusaga-aktif.gov.tr/, 17.12.2024

20-https://www.afad.gov.tr/, 11.12.2023