



TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİ KOMİSYONU (TUJK)
2021 YILI BİLİMSEL TOPLANTISI
"Yapay Zekâ Çağında Jeodezi"
25-27 KASIM 2021



Semi-Kinematic Reference Frame Realization in Turkey and Determination of an Improved Velocity Field Model

**Ali İhsan KURT⁽¹⁾, Ali Değer ÖZBAKIR⁽²⁾, Ayhan CİNGÖZ⁽¹⁾,
Semih ERGİNTAV⁽²⁾, Uğur DOĞAN⁽³⁾**

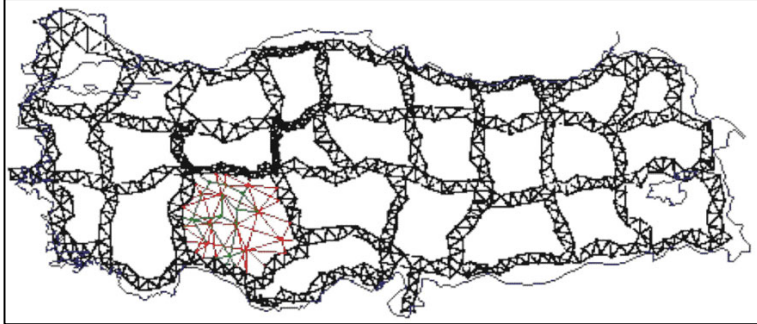
(1) General Directorate of Mapping

(2) Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute

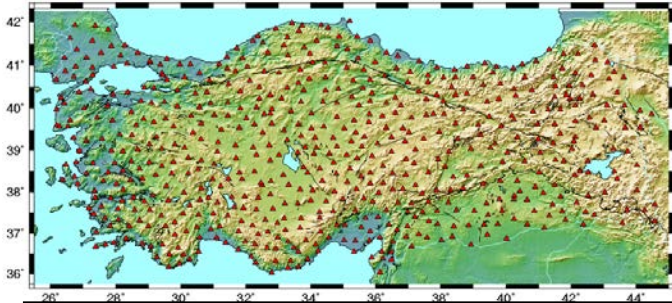
(3) Yıldız Technical University



GEODETIC DATUM EVOLUTION IN TURKEY



Classical Triangulation Datum: ED 50
Realized by observations to and from
8 sites in Bulgaria and Greece



In 2001: ED50 => TUREF (Turkish Reference Frame)

TUREF: ITRF96 Epoch 2005 (Formal ITRF release at that time)





Turkish Reference Frame (ITRF96 Epoch 2005.0)

$$T \text{ (Öteleme Matrisi)} = \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix}, \quad R \text{ (Dönüklük Matrisi)} = \begin{bmatrix} 0 & -R_Z & R_Y \\ R_Z & 0 & -R_X \\ -R_Y & R_X & 0 \end{bmatrix}$$

$$X_a \text{ (Konum Vektörü)} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} X_{\text{ITRF96}} &= X_{\text{ITRF14}} + T + D \cdot X_{\text{ITRF14}} + R \cdot X_{\text{ITRF14}} \\ V_{\text{XITRF96}} &= V_{\text{XITRF14}} + V_T + V_D \cdot X_{\text{ITRF14}} + V_R \cdot X_{\text{ITRF14}} \end{aligned}$$

ITRF2014 → ITRF96 transformation parameters
(https://itrf.ign.fr/doc_ITRF/Transfo-ITRF2014_ITRFs.txt)

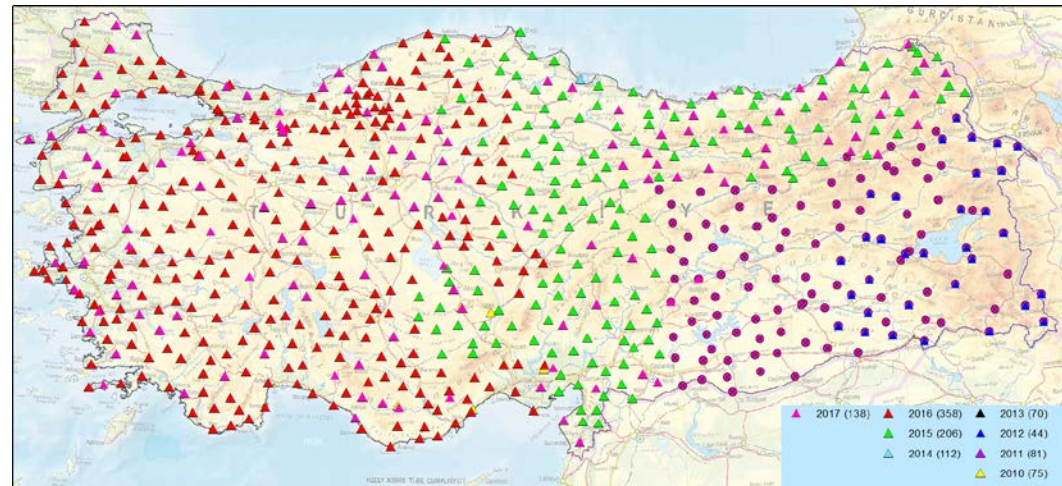
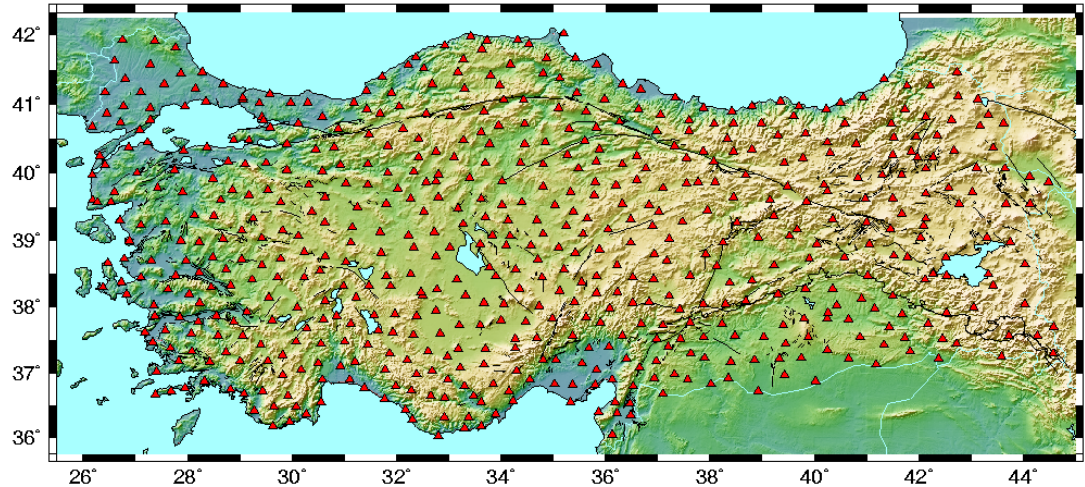
	Tx (mm)	Ty (mm)	Tz (mm)	D ppb	Rx .001"	Ry .001"	Rz .001"	EPOCH
Param.	7.4	-0.5	-62.8	3.80	0.00	0.00	0.26	2010.0
Hızları	VTx mm/yıl	VTy mm/yıl	VTz mm/yıl	VD ppb/yıl	VRx .001"/yıl	VRy .001"/yıl	VRz .001"/yıl	
	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	

Altamimi, Z., P. Rebischung, L. Métivier ve X. Collilieux (2016). ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions. *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 121, 6109–6131. doi:10.1002/2016JB013098.



TURKISH NATIONAL FUNDAMENTAL GNSS NETWORK-TNFGN (TUTGA)

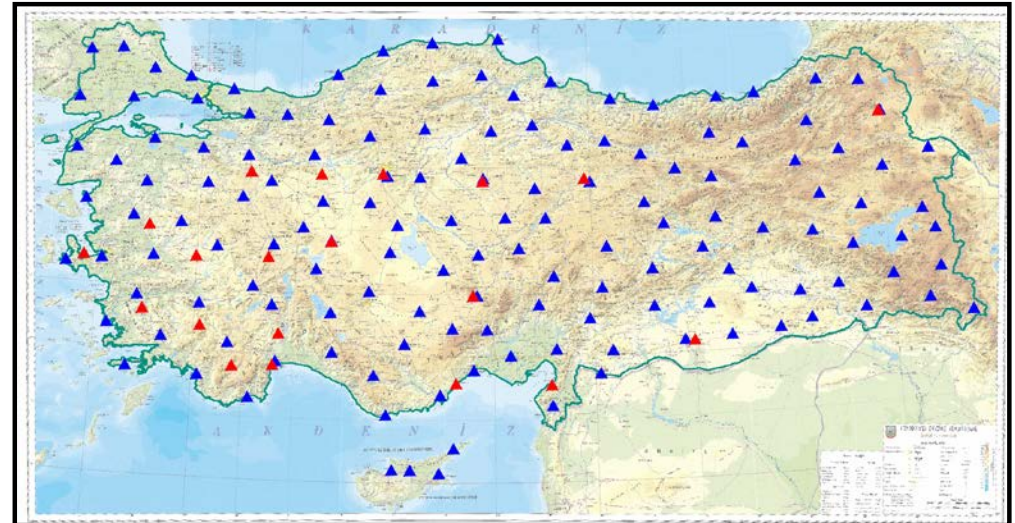
- First fundamental geodetic network based on GPS technology
- 594 sites established through campaign type GPS surveys between 1997 and 1999
- 677 sites at the moment
- Revision surveys are done annually (~200 sites / year) and after the main earthquakes
- GPS data processings are done with the latest ITRF version and then coordinates and velocities are transformed to TUREF to provide unification.





TURKISH NATIONAL PERMANENT GPS (TUSAGA) AND CORS-TR NETWORKS

- TUSAGA: Established particularly to monitor geodynamical activities in the country and to serve as a reference network. (2002-2006)
- In this network, ANKR (Ankara) GNSS station continues to send its hourly and daily data to IGS and EPN while no real-time data streaming at the moment. Also ISTA GPS (Istanbul Technical University) and TUBI GPS (TUBITAK Marmara Research Center) are in operational as well.
- TUSAGA-Active or CORS-TR: RTK network consisting of 158 sites to serve real-time positioning information for a variety of applications such as mapping, GIS and cadastral applications.

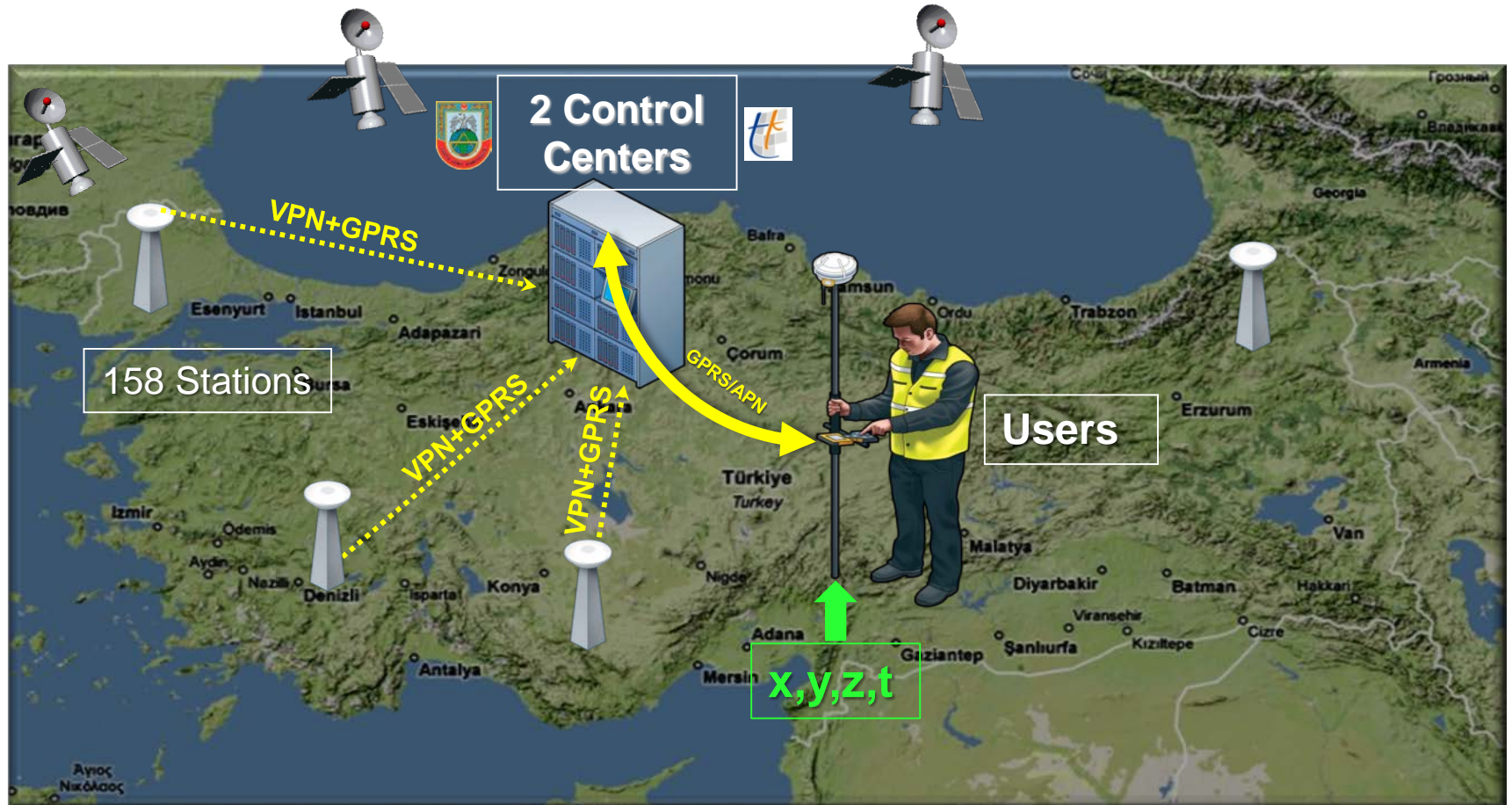


▲ TUSAGA-Active Stations (158)

▲ TUSAGA Stations (21)



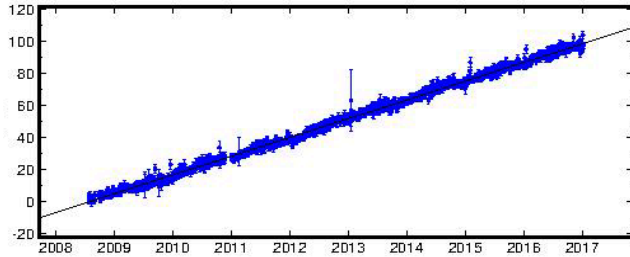
Structure of CORS-TR NETWORK



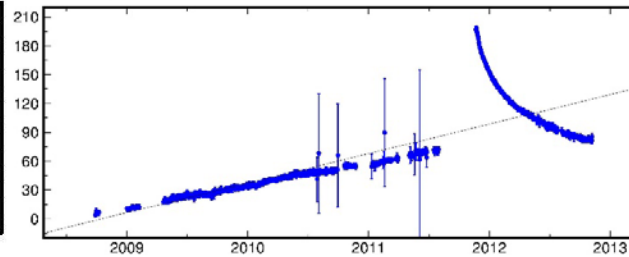


Daily GPS Processings and Time Series Analysis

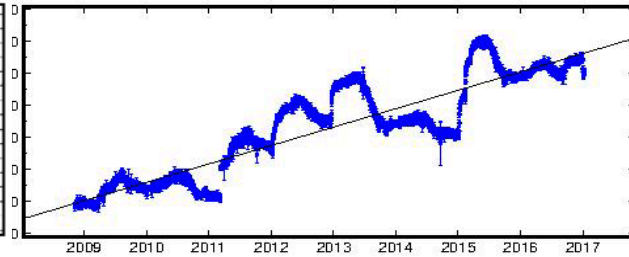
IZMT North Offset 4542055.515 m
rate(mm/yr)= 11.70 ± 0.01 nrms= 0.75 wrms= 1.3 mm # 2686



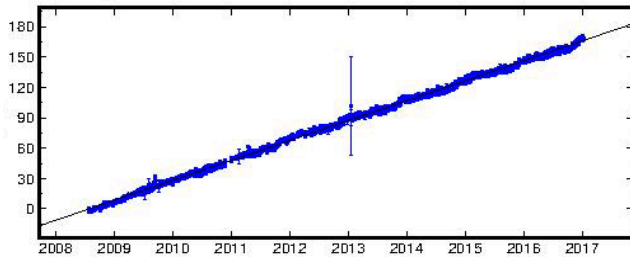
VAAN North Offset 4293075.347 m
rate(mm/yr)= 30.67 ± 0.06 nrms= 10.16 wrms= 22.9 mm # 1011



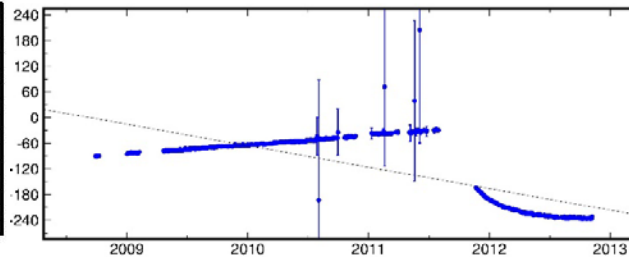
ADAN North Offset 4119210.767 m
rate(mm/yr)= 11.50 ± 0.02 nrms= 6.79 wrms= 13.2 mm # 2658



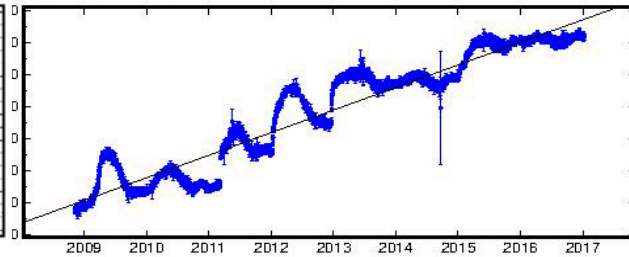
IZMT East Offset 2523801.182 m
rate(mm/yr)= 19.69 ± 0.01 nrms= 1.17 wrms= 1.9 mm # 2686



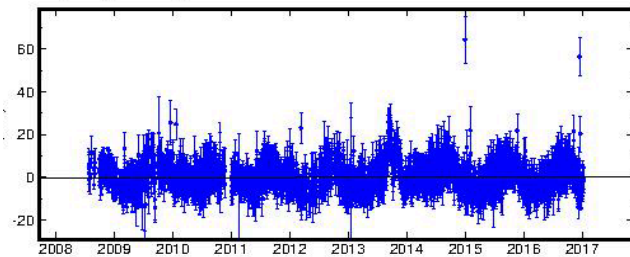
VAAN East Offset 3767352.310 m
rate(mm/yr)= -50.21 ± 0.05 nrms= 22.95 wrms= 46.0 mm # 1011



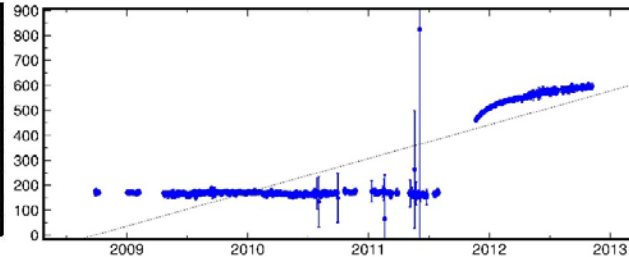
ADAN East Offset 3142010.459 m
rate(mm/yr)= 14.11 ± 0.01 nrms= 5.49 wrms= 10.1 mm # 2658



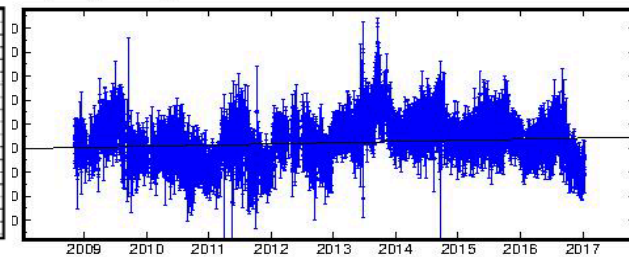
IZMT Up Offset 326.089 m
rate(mm/yr)= 0.04 ± 0.05 nrms= 0.86 wrms= 5.4 mm # 2686



VAAN Up Offset 1695.754 m
rate(mm/yr)= 135.15 ± 0.22 nrms= 10.68 wrms= 87.1 mm # 1011



ADAN Up Offset 60.528 m
rate(mm/yr)= 0.49 ± 0.06 nrms= 0.98 wrms= 7.2 mm # 2658



2017 Feb 09 14:35:09

p: 134

2018 Mar 30 13:33:48

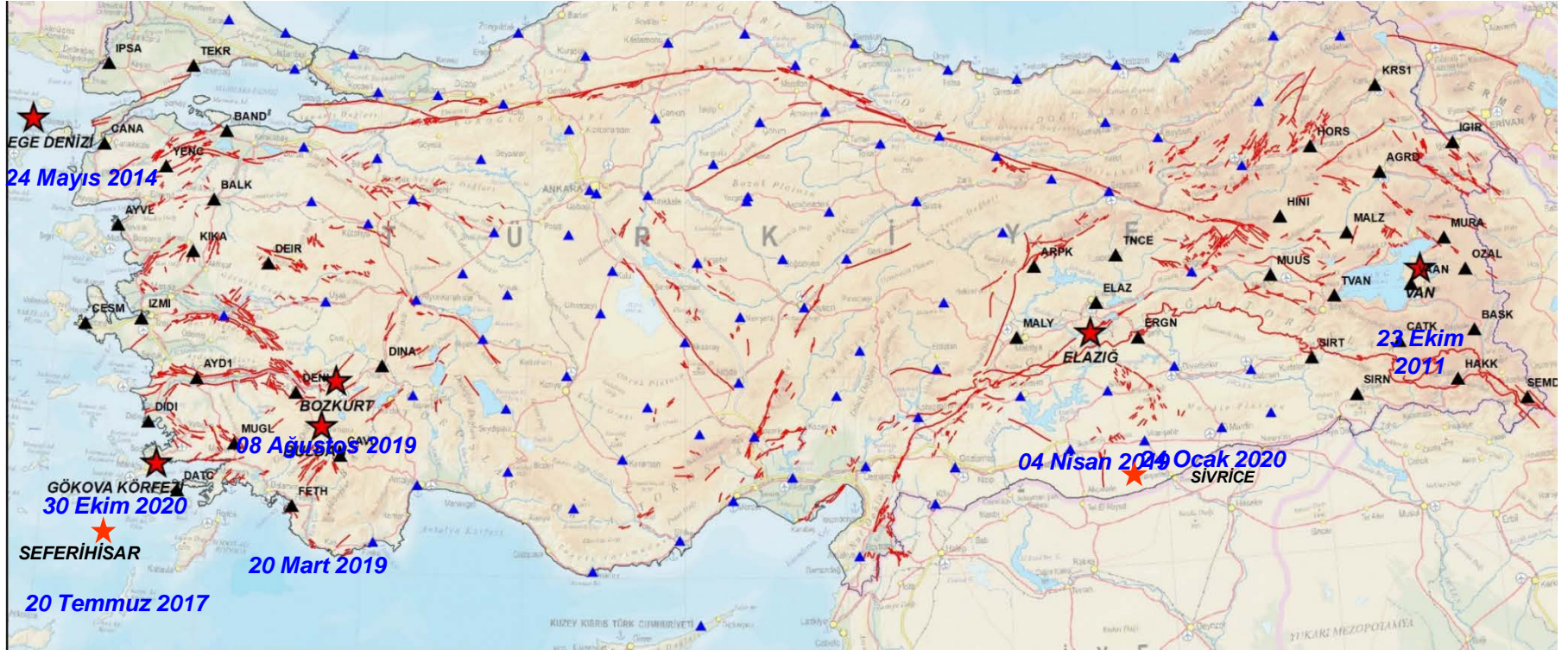
p: 224

7 Feb 09 14:32:05

p: 1



We provide 1 Hz static data after the main earthquakes for geophysical studies



<https://www.tusaga-aktif.gov.tr/Web/DepremVerileri.aspx>

TUSAGA-Aktif Yürütme Kurulu'nun 11.04.2018 tarihli toplantısında alınan karar gereği;
Ülkemizde yaşanan şiddeti 5 ve üzerinde olan depremin meydana geldiği tarihte,
deprem bölgesinde bulunan TUSAGA-Aktif Sabit GNSS İstasyonlarına ait 1 saniyelik veriler

04.04.2019 - Elazığ deprem verilerini indirmek için tıklayınız.

20.03.2019 - Denizli deprem verilerini indirmek için tıklayınız.



TUSAGA and CORS-TR

The screenshot shows the website of the Harita Genel Komutanlığı (General Directorate of Mapping). The header includes the organization's name and logo. Below the header, there is a navigation menu with categories: Faaliyetler, Ürünler/Hizmetler, Jeodezik Ağlar, Devam Eden Projeler, and Üye Olunan Uluslararası ve Ulusal Kuruluşlar. The main content area is titled 'Ürünler/Hizmetler' and lists several products. The first product, 'TUSAGA ve TUSAGA-Aktif İstasyonlarının Hassas Koordinat ve Hızları Açıklamalar', is highlighted with a red box. Other products include 'Kartezyen Koordinatlar ve Hızlar', 'Coğrafi Koordinatlar ve Toposentrik Hızlar', and '2016 Yılı Astronomik Almanak'. A yellow text box on the right side of the screenshot states: 'Coordinates and velocities of all stations are reprocessed and published at the GDM web site.' The Windows taskbar at the bottom shows the system tray with icons for TUJK_2016, Microsoft PowerPoint, and Harita Genel Komutan...

Coordinates and velocities of all stations are reprocessed and published at the GDM web site.



New IGS Sites from Turkey



IZMI :
MultiGNSS

KRS1 :
GPS+GLO

MERS :
GPS+GLO

ANKR :
Replaced with
MultiGNSS

[IGSMail-7518] New IGS Stations: IZMI, KRS1, MERS

(06 September 2017)

IZMI and KRS1 receivers will be upgraded to MultiGNSS (Receivers are ready)

We will have the chance that these sites will be included in the next ITRF solutions for datum definition.



Contribution to EUREF Working Groups

- EPN Densification Working Group (2015 - now): [Charter](#), [Web page](#) - Chaired by A. Kenyeres
- European Dense Velocities Working Group (2017-now): [Charter](#), [Web page](#) - Chaired by E. Brockmann
- Deformation Models Working Group (2012-now): [Charter](#), [Web page](#) - Chaired by M. Lidberg
- Multi-GNSS Working Group (2012-now): [Charter](#) - Chaired by E. Brockmann
- EPN Reprocessing Working Group (2009 - now): [Charter](#), [Web page](#) - Chaired by C. Voelksen
- EPN Real-Time Analysis Project (2008 - now): [Charter](#), [Web page](#) - Chaired by W. Soehne

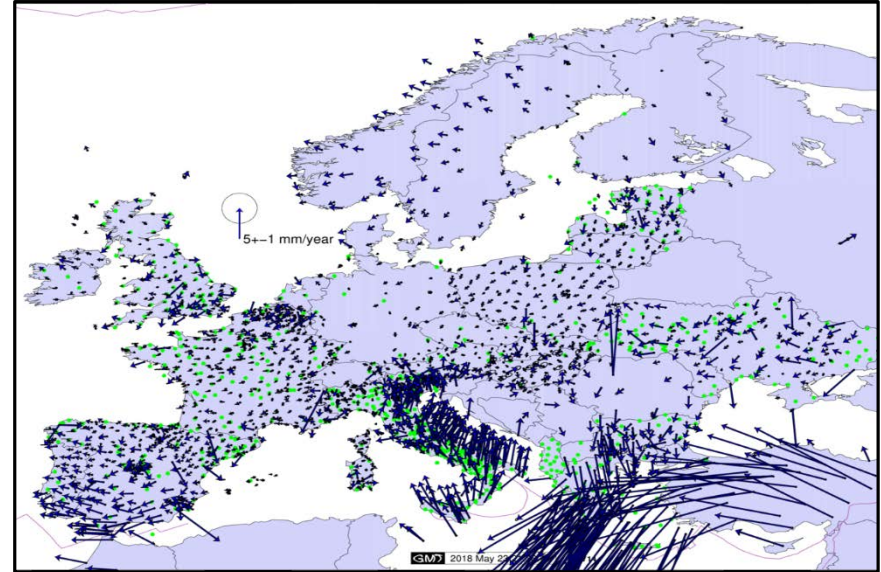
GDM is the national representative for EUREF



EPN Densification WG

- EPN Densification WG will provide a unique control option for the national network operators to crosscheck their ITRFyy/ETRS89 coordinates, not only at the EPN sites but for all stations for which solutions have been submitted to EUREF
- The estimated station velocities will be the basis for the generation of a continental velocity model. This velocity model is especially relevant in countries, where the ETRS89 coordinates, due to tectonic activity, change with more than 3-5 mm/year.

~12.5 years of weekly sinex files (2009-2021) were supplied to EUREF.

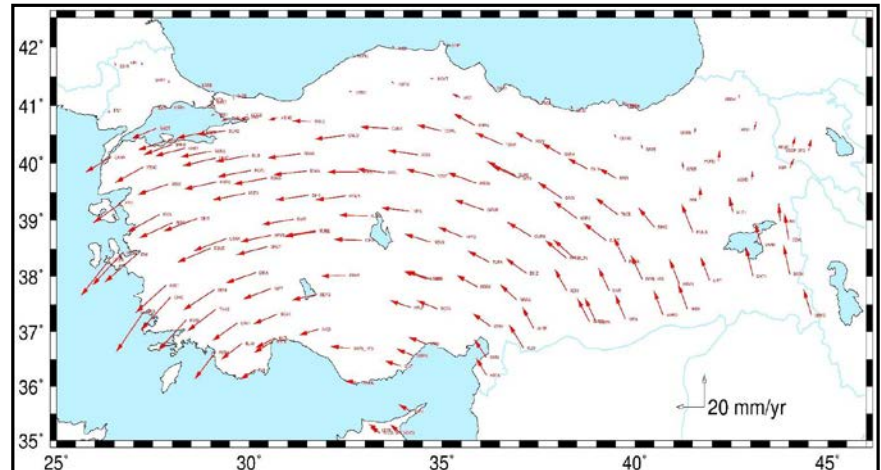
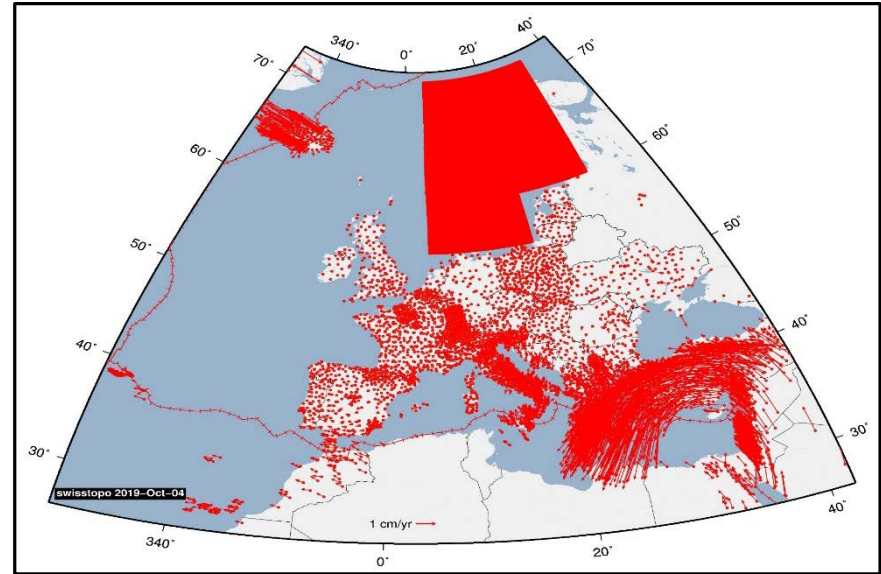




European Dense Velocities Working Group

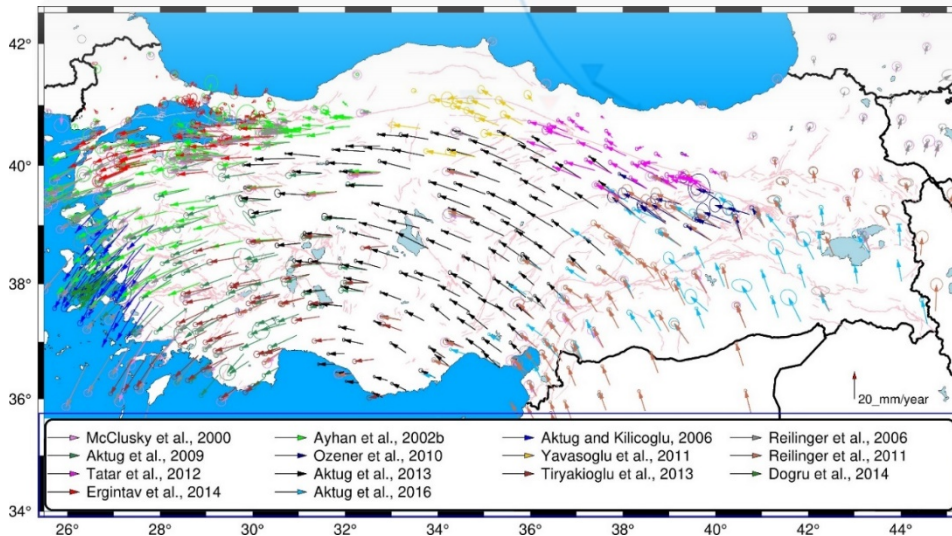
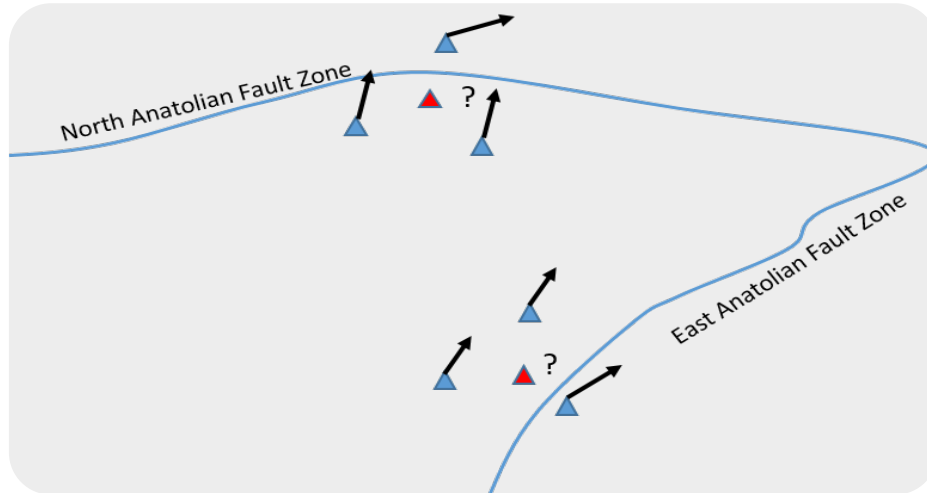
" EUREF Technical Note 1: Relationship and Transformation between the International and the European Terrestrial Reference Systems" Page 9, Table 3.

- ✓ ETRF2000 Velocities of 164 stations are sent to the WG by using the transformation parameters given above document.
- ✓ The level of agreement with the combination is based on 55 sites and the rms is one of the best! (Elmar Brockmann)





Velocity Field Modelling for Turkey



Motivations:

- Presenting a standard velocity field for users as necessitated by Large Scale Mapping and Geospatial Data Production Directive of Turkey
- Determination of a homogenous velocity field for tectonic studies



Geodetic Velocity Field Modelling Project

STEPS

- Re-processing of all campaigns and permanent stations with modern strategies and products
- Rigorous Inspection of time series that will be used for velocities
- Cross validation of velocities for incompatible site velocities
- Determination of blocks using cluster analysis described by Simpson et al. and adding geophysical interpretation to the solutions
- Block modelling for strain analysis
- Determining a deformation model based on the pre-defined blocks
- Publishing this velocity model to users and use this in the CORS-TR system
- Users will have velocity of the points along with coordinates



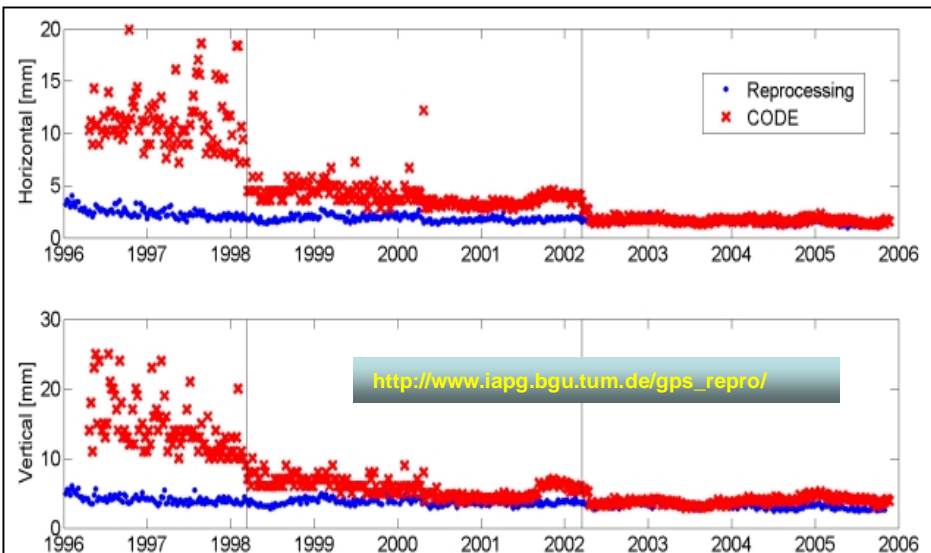
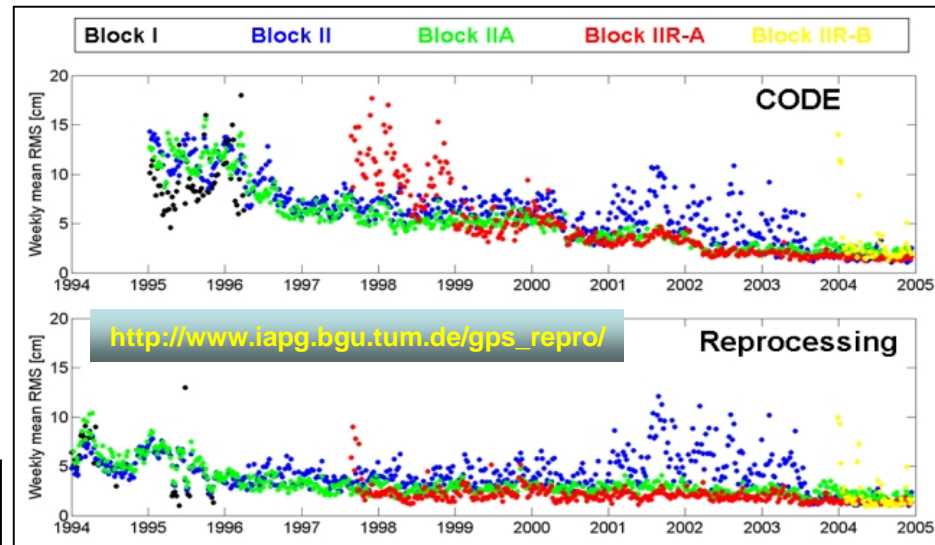
Protocol signed with Yıldız Technical University
(05 October 2017)





Reprocessing of all Historical GPS Data

- Homogeneous processing strategy and unique software: Previously daily solutions were done by BERNESE and sinexes were combined with globk and glorg
- Using improved products (repro orbits and erp)



- Improved models (Viennas, higher order ionos)
- Expecting consistency between solutions
- More stable time series and velocities



GAMIT Daily Data Analysis Strategies Used

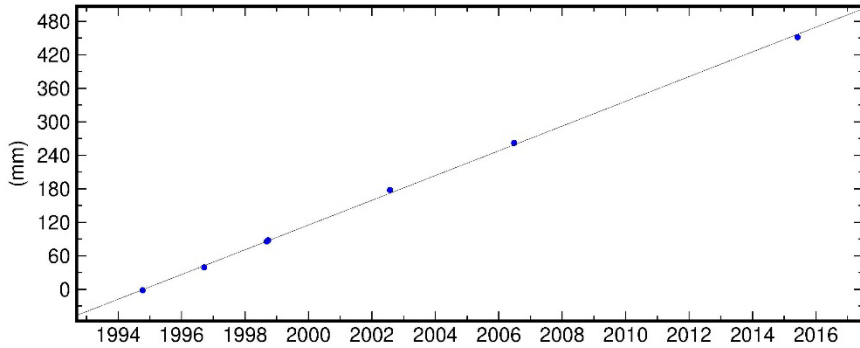
Software Version	Version 10.70
Modelled Observables	Double-differences
Elevation angle cutoff	3 degrees, Sites collect at 0 degrees
Orbits and ERPs	IGS Final orbit and ERP (sp3), Bull B
Ocean Loading Corrections	From OSO for stations
IGS Sites	33 Sites are included to the Daily process
Troposphere	Vienna Mapping Function (VMF1) for dry and wet
Met obs source	Global Pressure and Temperature (GPT 50)
Number of Troposphere par.	ZPD at 2 hours intervals
Antenna Phase Center Corrections	Absolute APC corrections based on IGS08 model
Apriori coordinates	ITRF2014
Ionospheric Corrections	2nd and 3rd Order, IGRF12



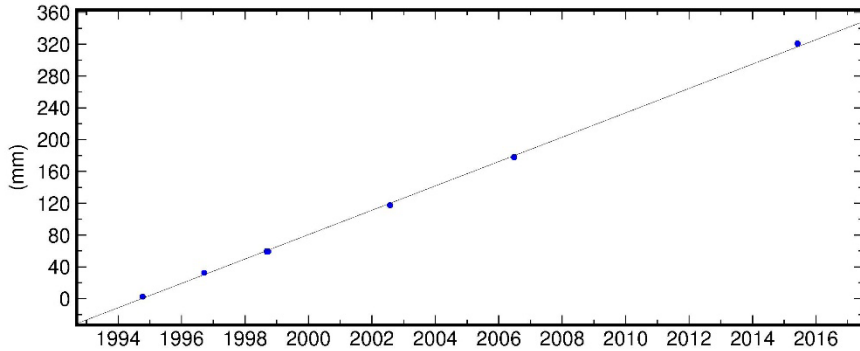
Reference Frame Realization

Software Module	glorg
Renames	Earthquake definition file
Stabilization	Regional
Number of IGS Sites Used	33 Stations
Transformation	6 Parameters 3 Tranlations, 3 Rotations
Reference Frame	ITRF2014
National Datum	TUREF (ITRF96 Epoch 2005.0)
Solutions	Daily (TS, noise analysis, monitoring stations)
	Monthly (For combination with campaigns and estimating velocity field)
	Weekly (For EUREF)

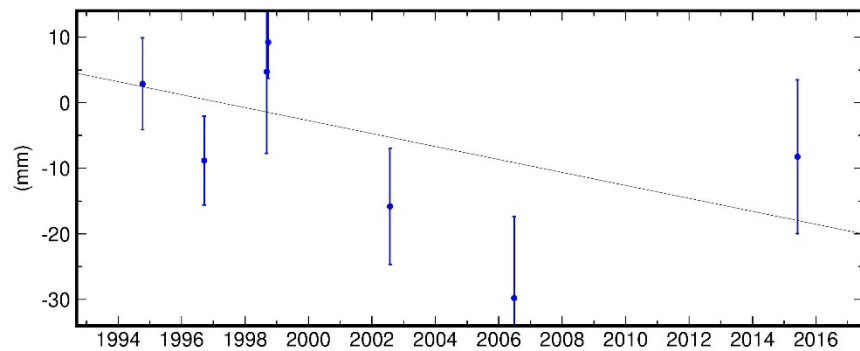
MARS North Offset 4176886.460 m
rate(mm/yr)= 22.15 ± 0.15 nrms= 1.74 wrms= 3.7 mm # 7



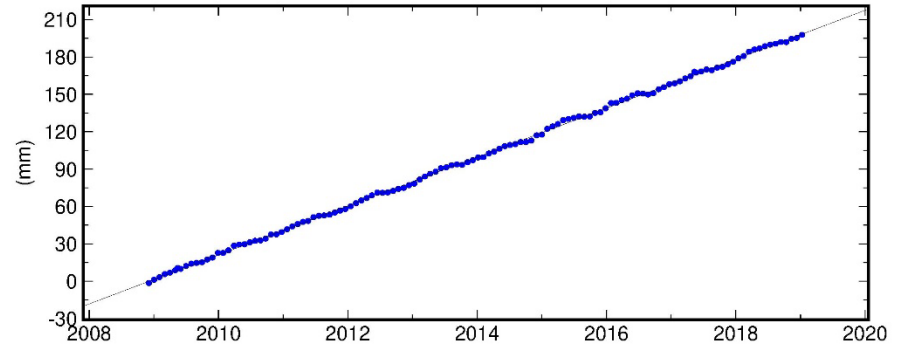
MARS East Offset 3266325.207 m
rate(mm/yr)= 15.32 ± 0.14 nrms= 1.40 wrms= 2.7 mm # 7



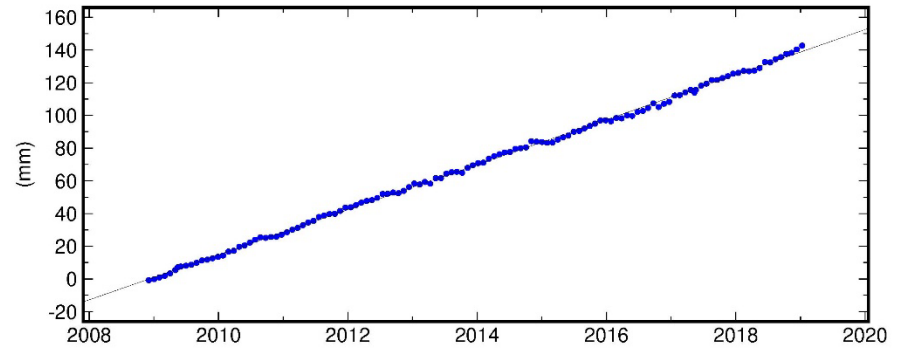
MARS Up Offset 604.805 m
rate(mm/yr)= -0.99 ± 0.58 nrms= 1.47 wrms= 11.8 mm # 7



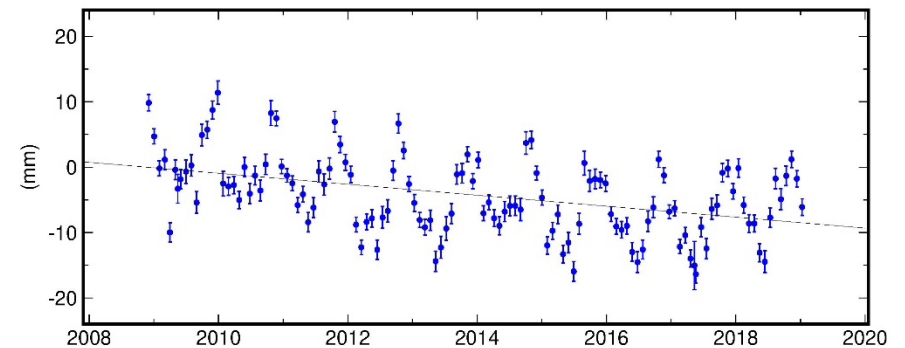
ONLY North Offset 4130197.289 m
rate(mm/yr)= 19.64 ± 0.01 nrms= 3.57 wrms= 1.3 mm # 126



ONLY East Offset 3218787.091 m
rate(mm/yr)= 13.77 ± 0.01 nrms= 3.79 wrms= 1.3 mm # 126

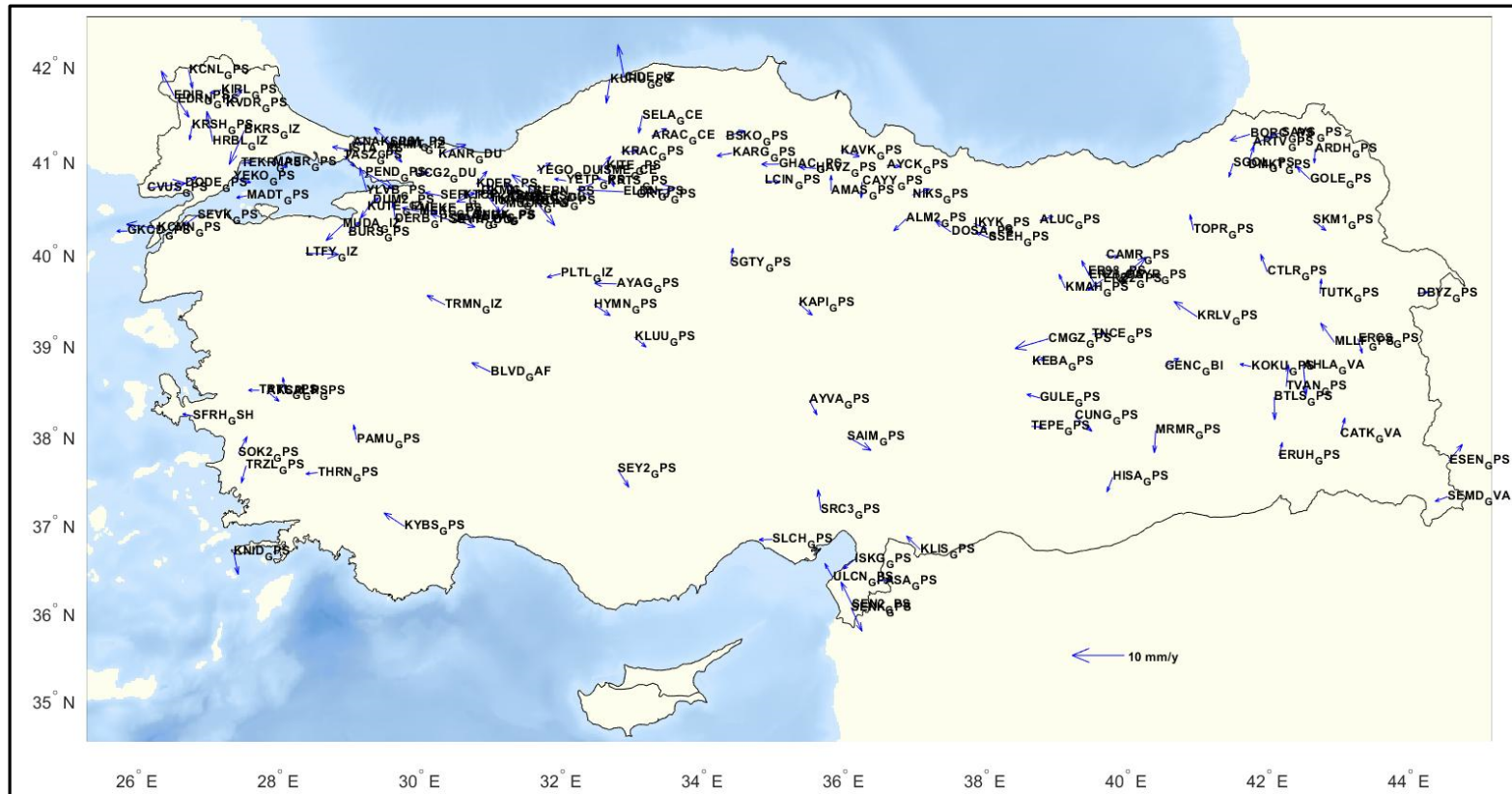


ONLY Up Offset 127.202 m
rate(mm/yr)= -0.84 ± 0.04 nrms= 3.79 wrms= 5.2 mm # 126



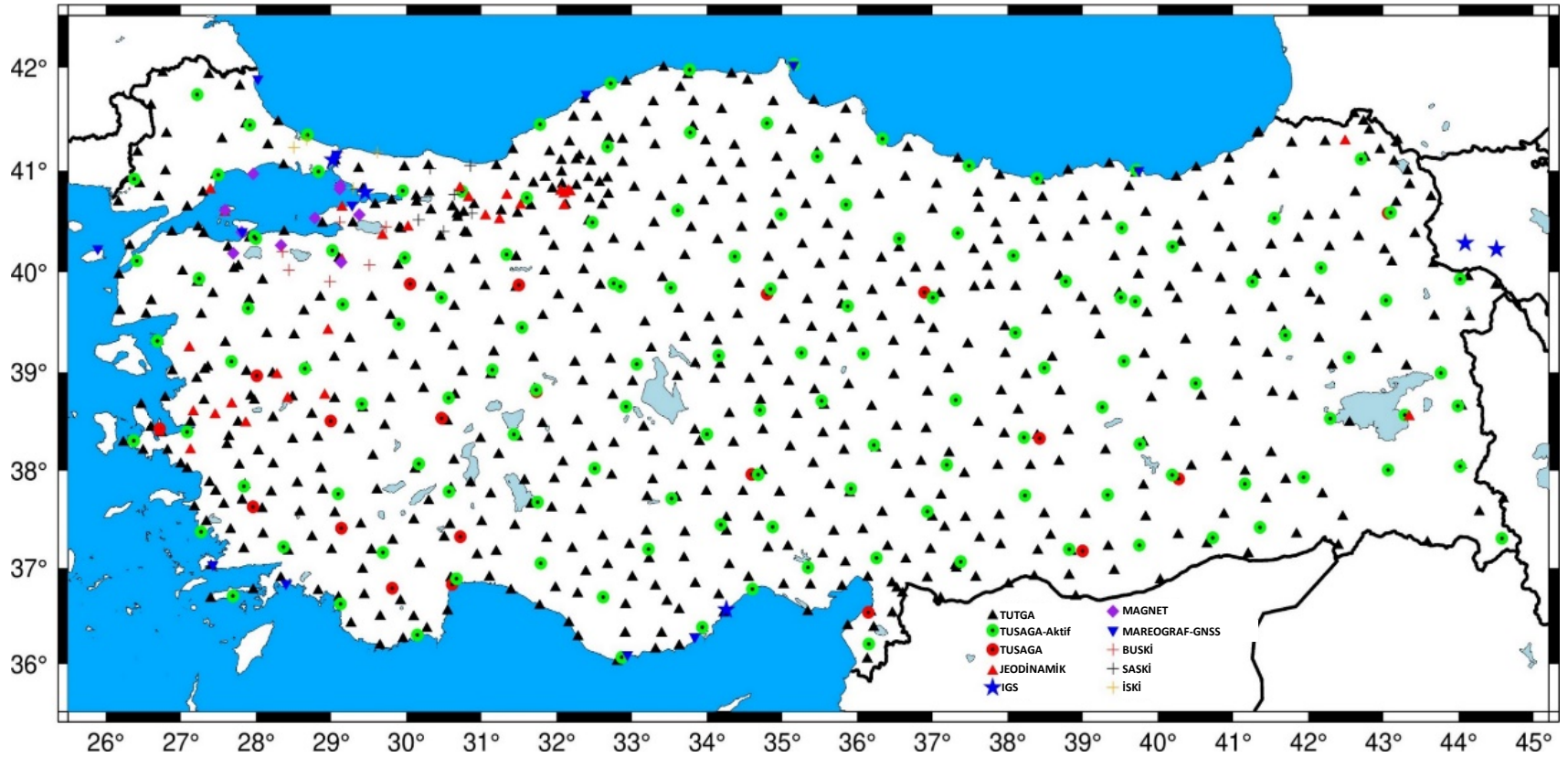


Cross Validation of Velocities





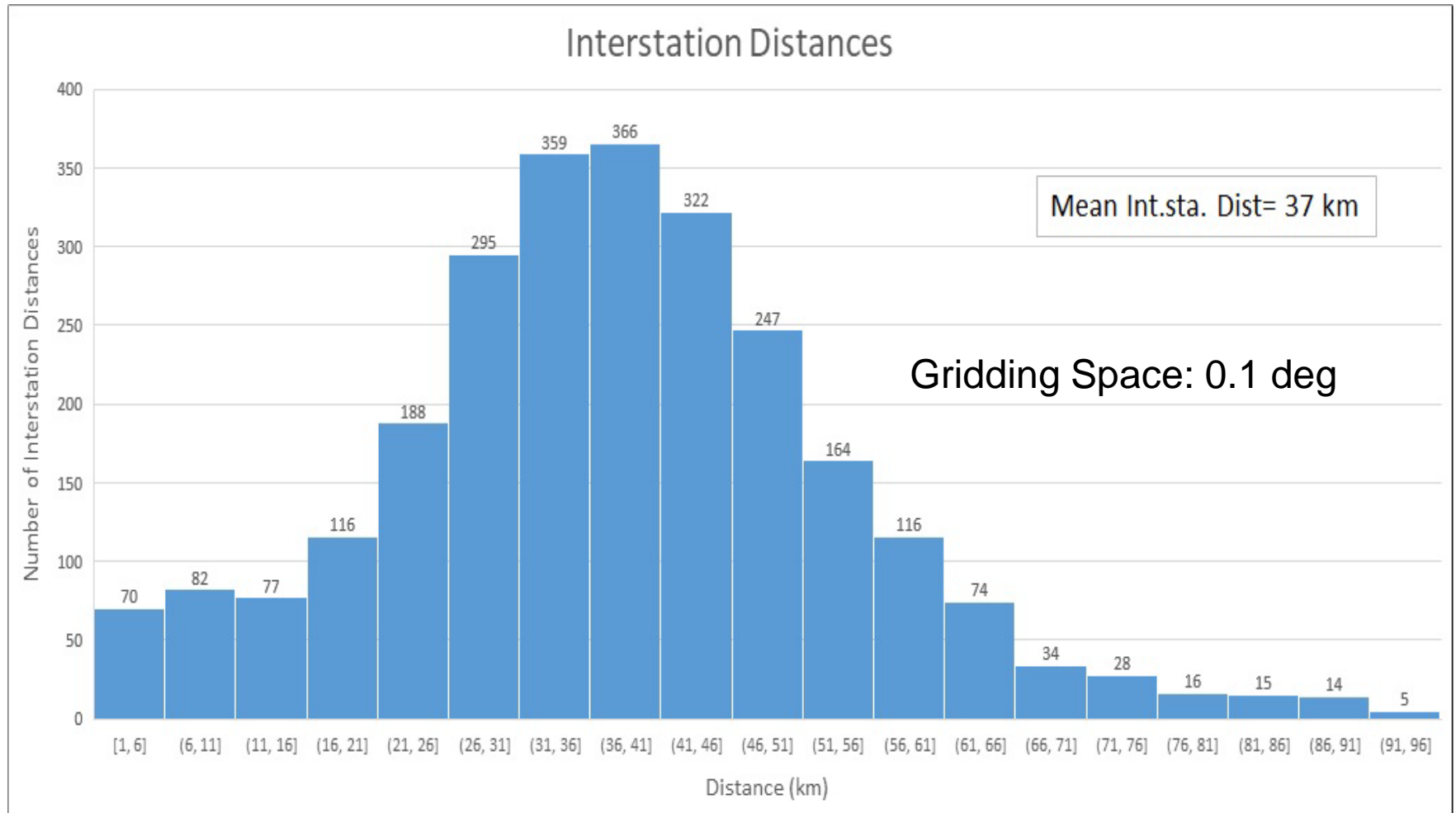
Final Data Set Used



1328 Sites → 836 Sites



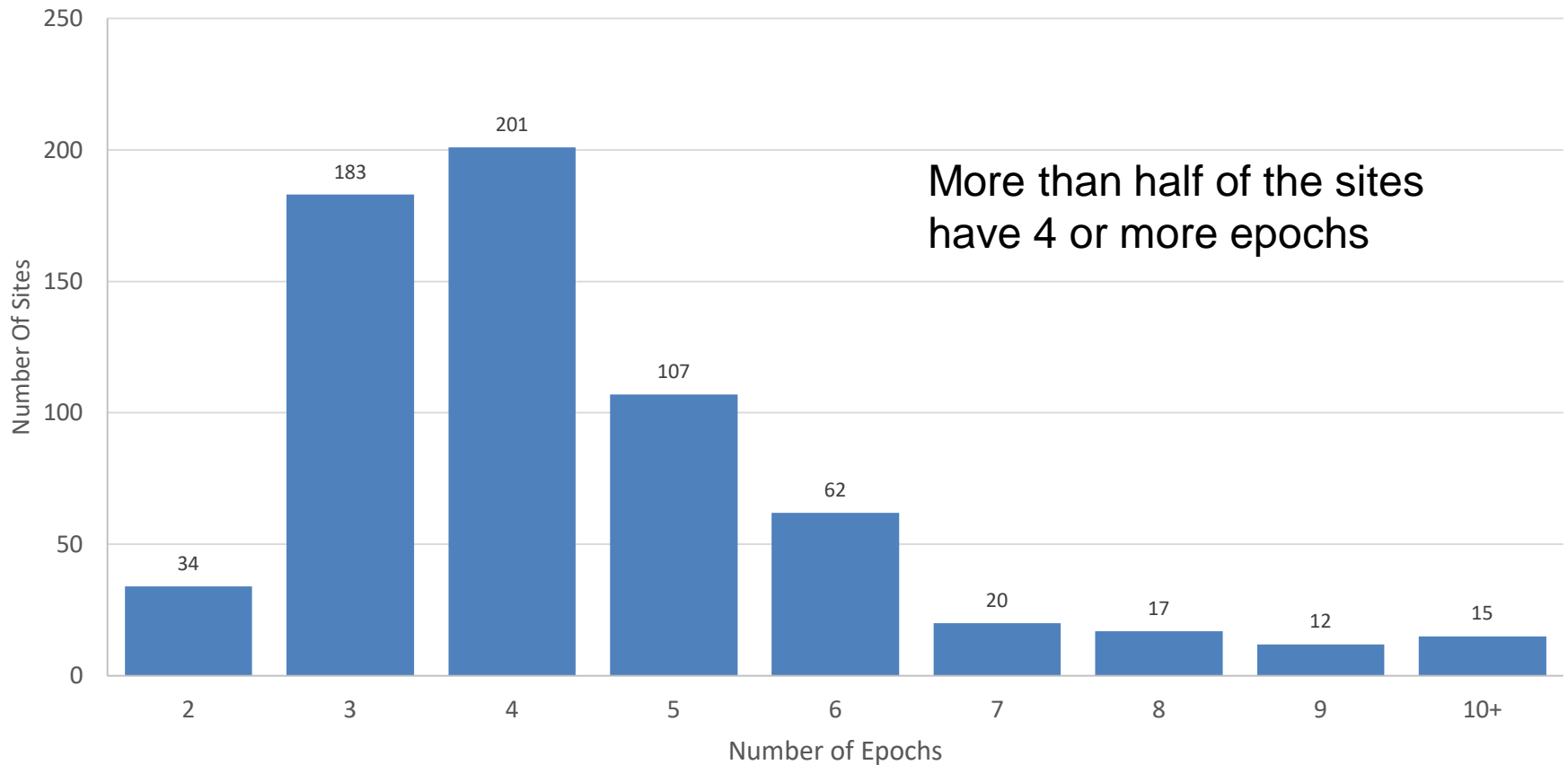
Histogram of Interstation Distances





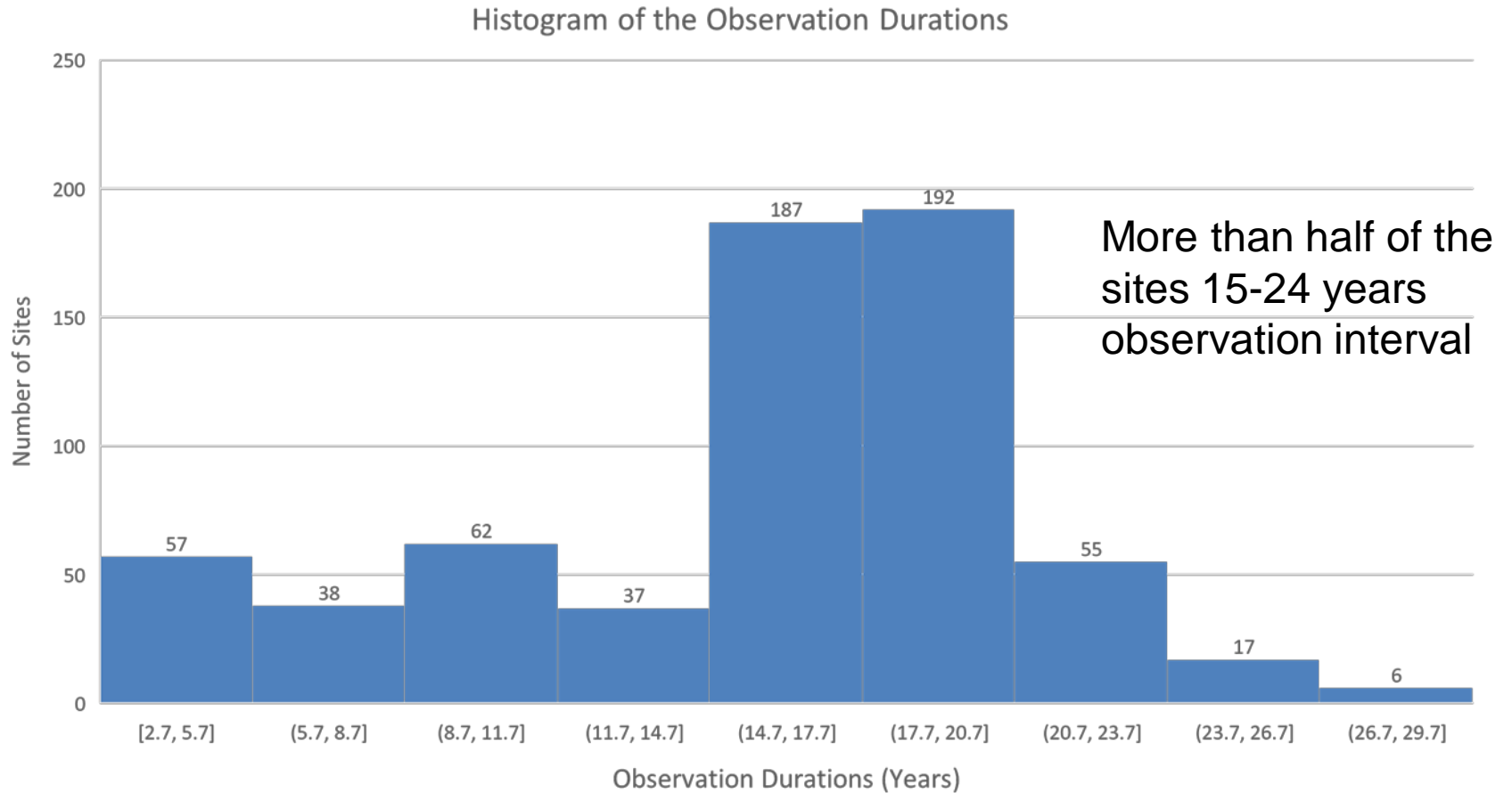
Distribution of Epoch Numbers

Distribution of Epoch Numbers



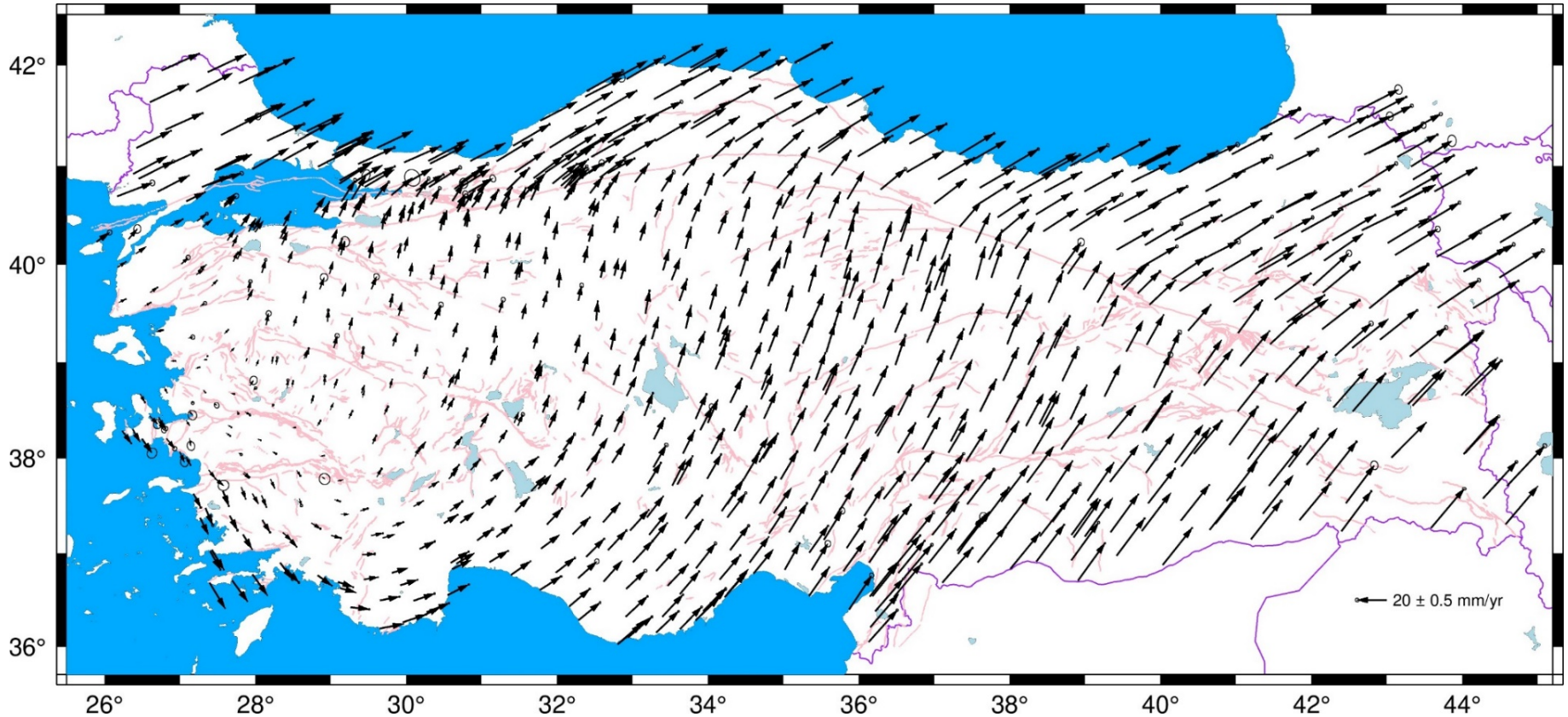


Histogram of Observation Intervals



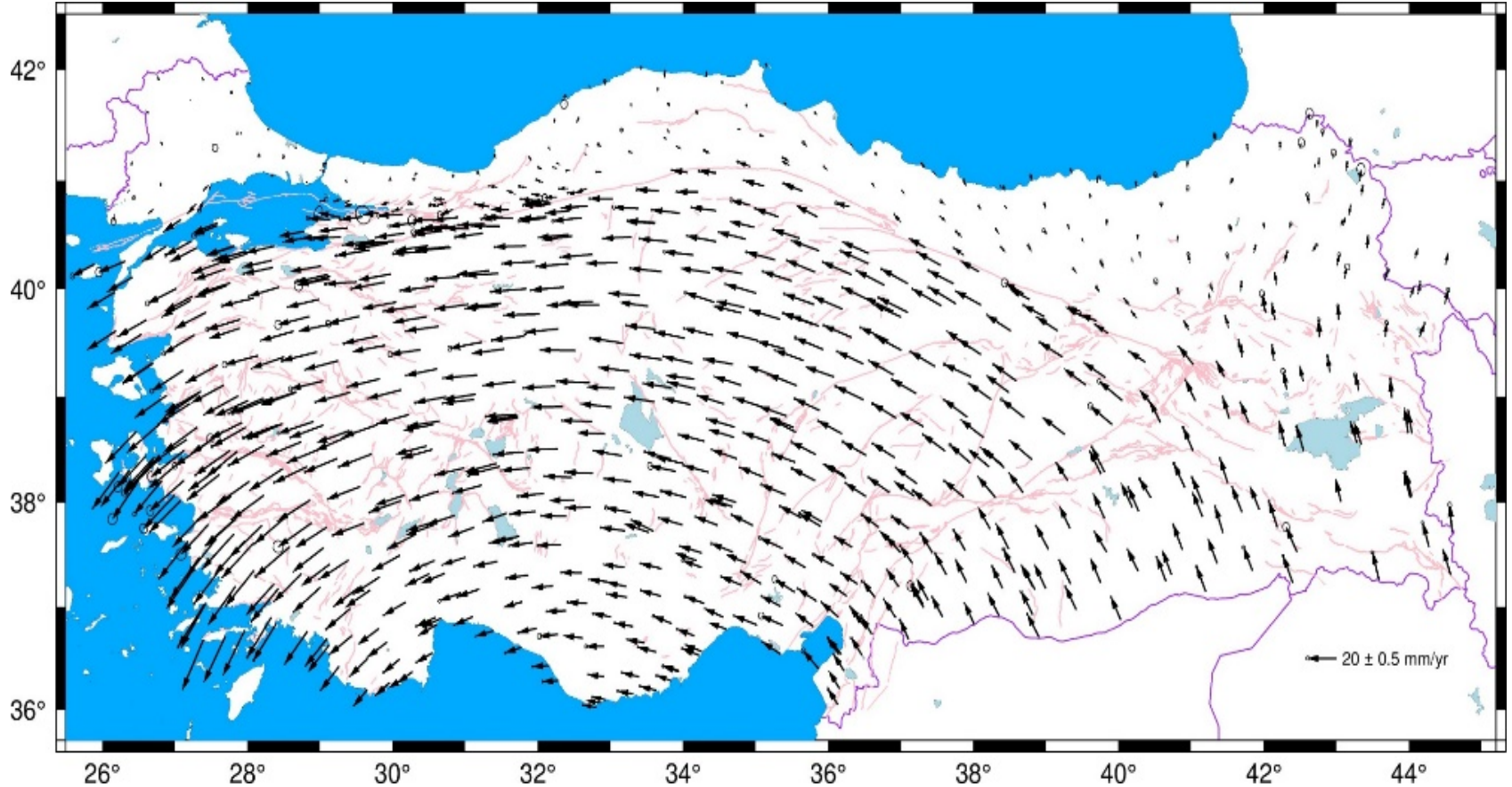


Velocity Field in TUREF (ITRF96) Datum for Gridding





Velocity Field wrt Eurasia

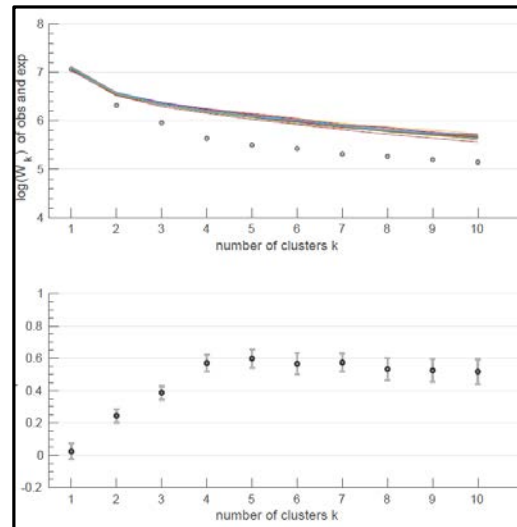
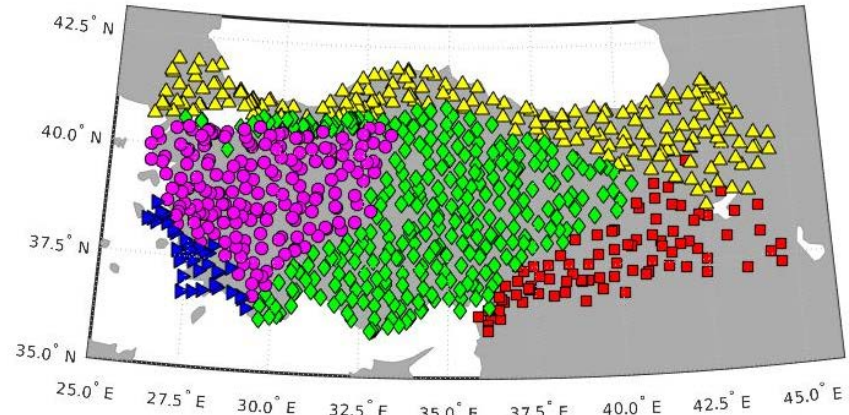
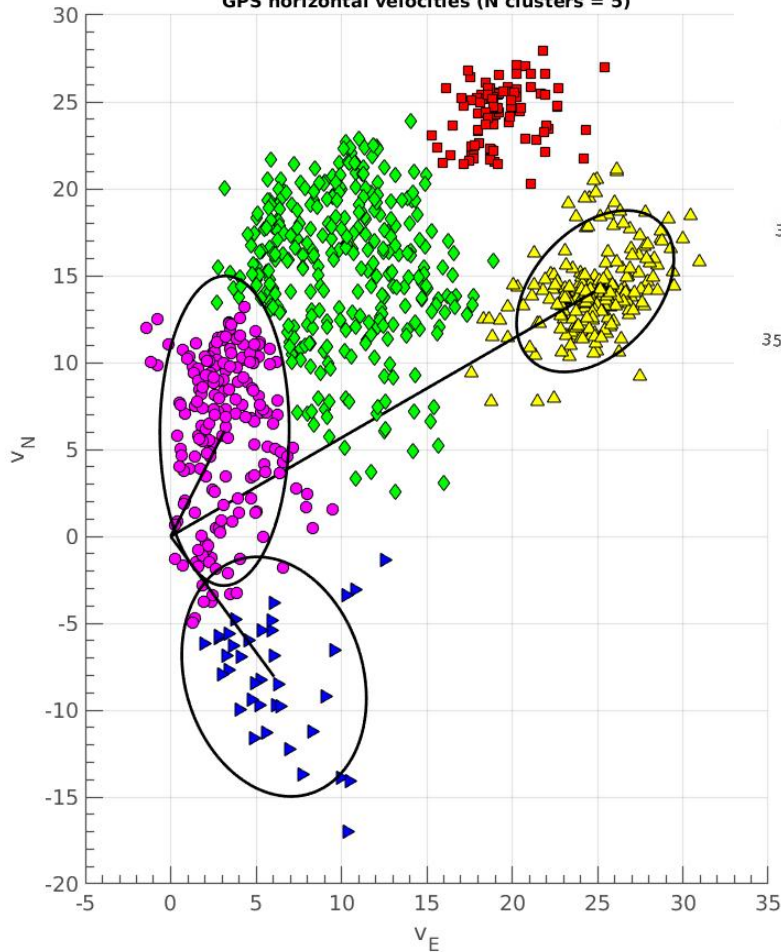


ITRF2014 Plate Motion Model described in Altamimi et al., 2017 is used.



Cluster Analysis

GPS horizontal velocities (N clusters = 5)



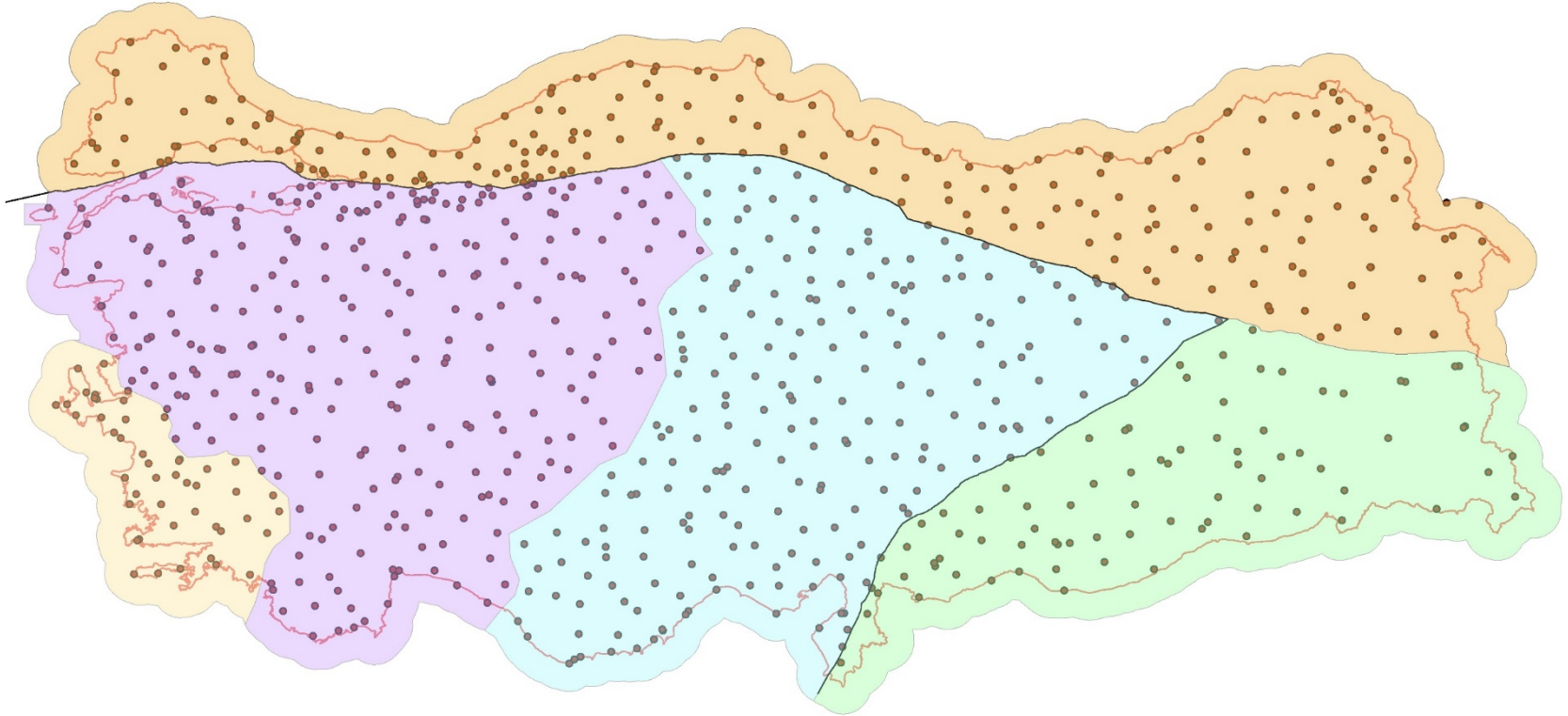
Optimum cluster number is found using GAP statistic

Hierarchical Agglomerative Clustering

* Kümeleme analizleri Ali Değer ÖZBAKIR tarafından yapılmıştır.

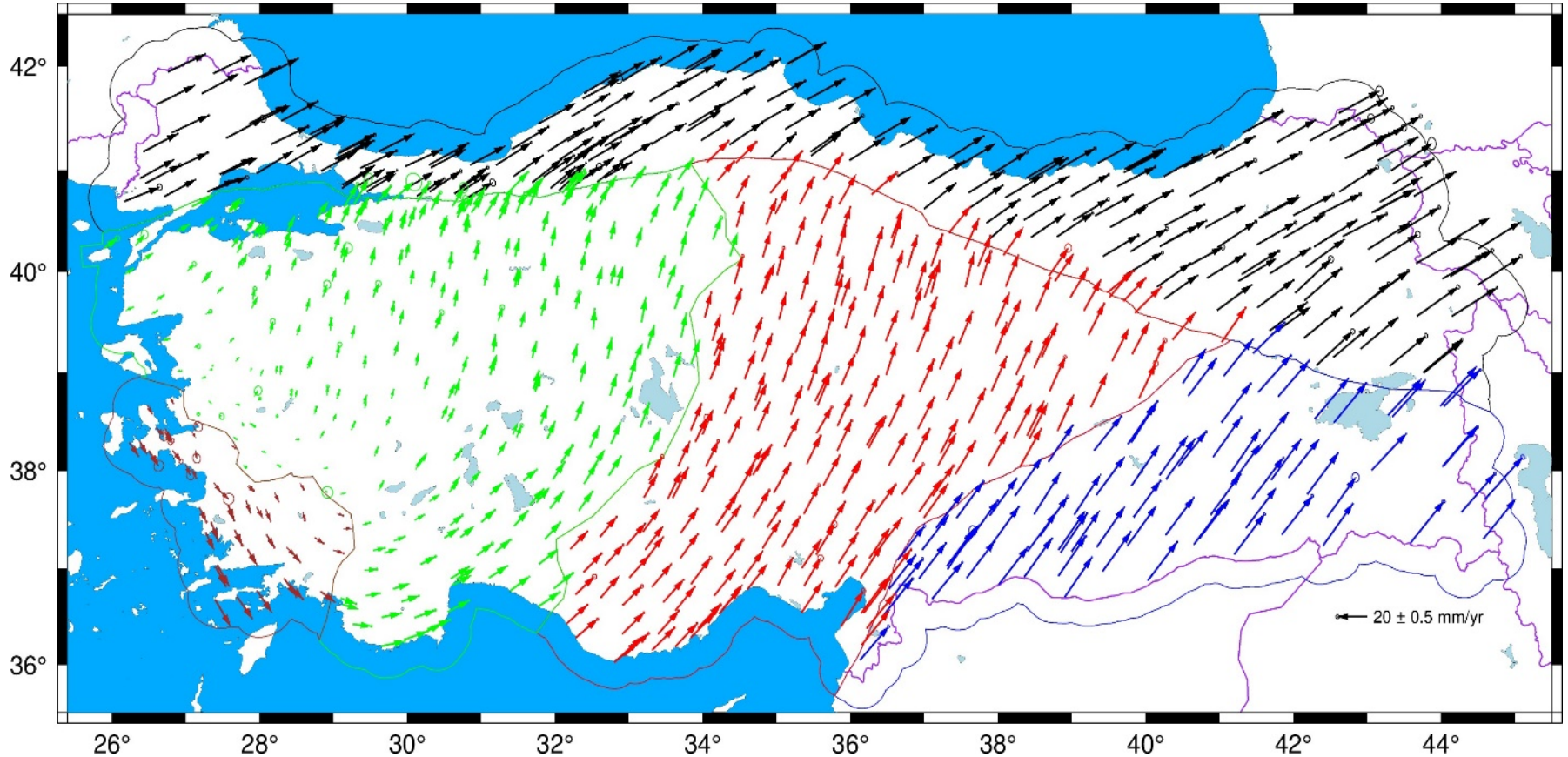


Definition of Regions after Cluster Analysis





Gridding of Clusters for bilinear interpolation





Implementation of Web Application for Test Purposes

https://www.harita.gov.tr/TUREFHIZALANI

Calibrations EUREF Analysis Centre... Tureng - Türkçe İngiliz... Harita Genel Müdürlü... EUREF Permanent GN... Türkiye İş Bankası İnt... Yerbilimleri Harita Gör... ClientSide 2020 UNAVCO Short C... EPN Densification Wor...

İLETİŞİM: +90 (312) 595 22 22 ANASAYFA SIKÇA SORULAN SORULAR İLETİŞİM English

T.C. MİLLÎ SAVUNMA BAKANLIĞI HARİTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ KURUMSAL ÜRÜNLER UYGULAMALAR FAALİYETLER MÜZE HARİTA DERGİSİ ATATÜRK KOŞESİ

TUREF HIZ ALANI-2020

Hız Kestirimi Yapılacak Noktanın Enlem ve Boylamını Giriniz: (Nokta Türkiye sınırları içerisinde olmalıdır)

Enlem (°):

Boylam (°):

Sonuçlar (TUREF Datumu-ITRF96 Hızları) :

Vx (m/yıl):	-0.01151
Vy (m/yıl):	-0.00107
Vz (m/yıl):	0.00907

Bilgilendirme Dokümanına ulaşmak için [tıklayınız](#).
Uygulama ile ilgili geri bildirimlerinizi jeodezi@harita.gov.tr adresine gönderebilirsiniz.

<https://harita.gov.tr/TUREFHIZALANI>

Geri bildirimler için jeodezi@harita.gov.tr



Results and Future Outlook

- **TUREF Velocity Field: For interpolation**
- **Eurasia Velocity Field: For tectonic studies**

- **Updating of the Large Scale Mapping Directive is ongoing**

- **Publication preparation of the Eurasia velocities is ongoing. We aim to publish on the Aykut Barka Special Edition of Turkish Journal of Earth Sciences.**

- **Future Outlook: We plan to include neighbouring countries' station data for avoiding extrapolation at the borders and to include other stations operated by universities and municipalities for better spatial resolution.**



General Directorate of Mapping

National Mapping Agency

Thank you for your attention



Güncel TUREF Hız Alanı Modelinin Uzun Dönemli GNSS Verilerinin Yeniden Değerlendirilmesiyle Oluşturulması

**Ali İhsan KURT⁽¹⁾, Ali Değer ÖZBAKIR⁽²⁾, Ayhan CİNGÖZ⁽¹⁾,
Semih ERGİNTAV⁽²⁾, Uğur DOĞAN⁽³⁾**

(1) Harita Genel Müdürlüğü

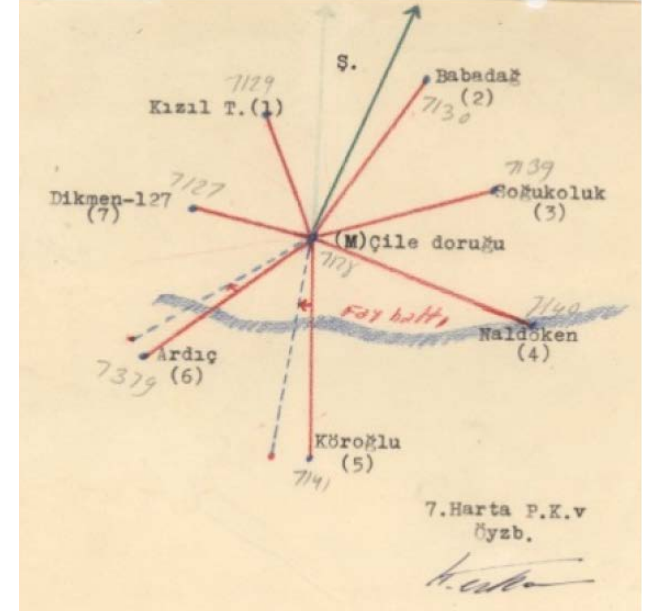
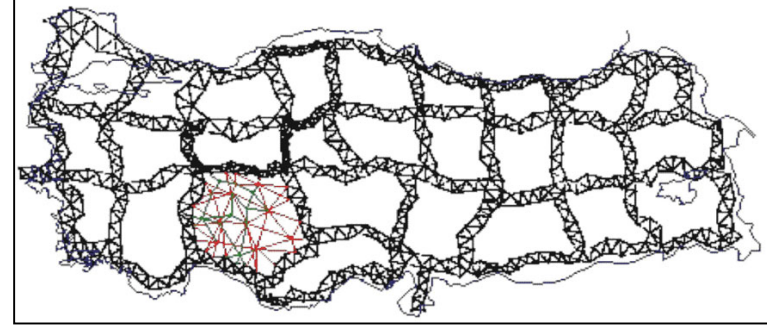
(2) Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü

(3) Yıldız Teknik Üniversitesi



Türkiye Yatay Kontrol Ağı (Klasik Ağ)

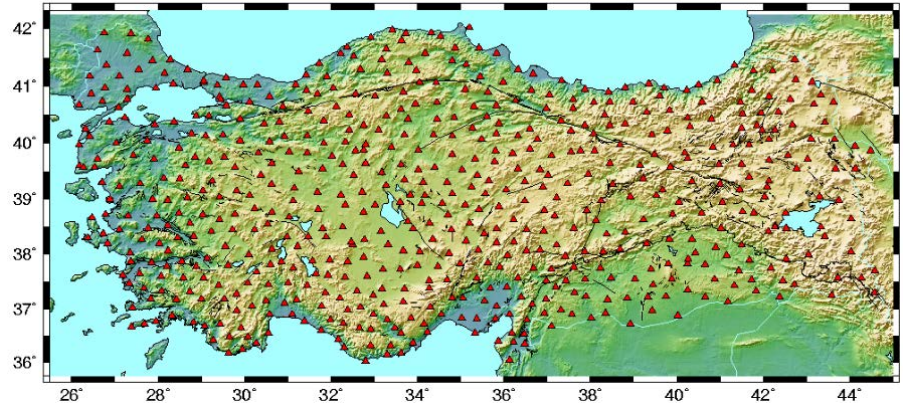
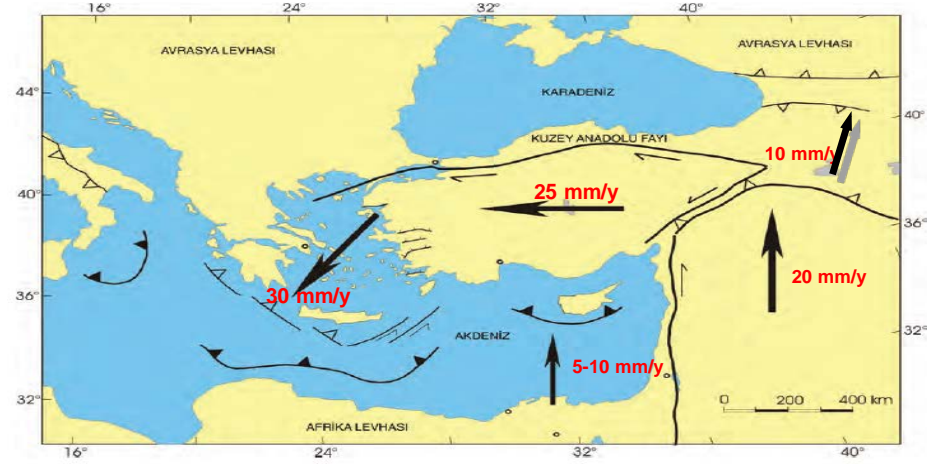
- Türkiye Ulusal Datumu (TUD-54) (1932-1953)
 - 3538 adet doğrultu ölçüsü
 - 98 adet Laplace noktasında astronomi ölçüsü
 - 40 adet baz ölçüsü
- Bulgaristan ve Yunanistan'da yer alan 8 noktadan bağlantı ölçüleri TUD-54 → ED-50
- Deformasyon ölçüleri kısıtlı: 1944 Bolu Depremi
- Aktif deformasyonun yoğun olduğu bölgelerde referans sistemlerinin iyileştirilmesi kaçınılmazdır.





Uydu Ölçmeleri Tabanlı Modern Jeodezik Ağ

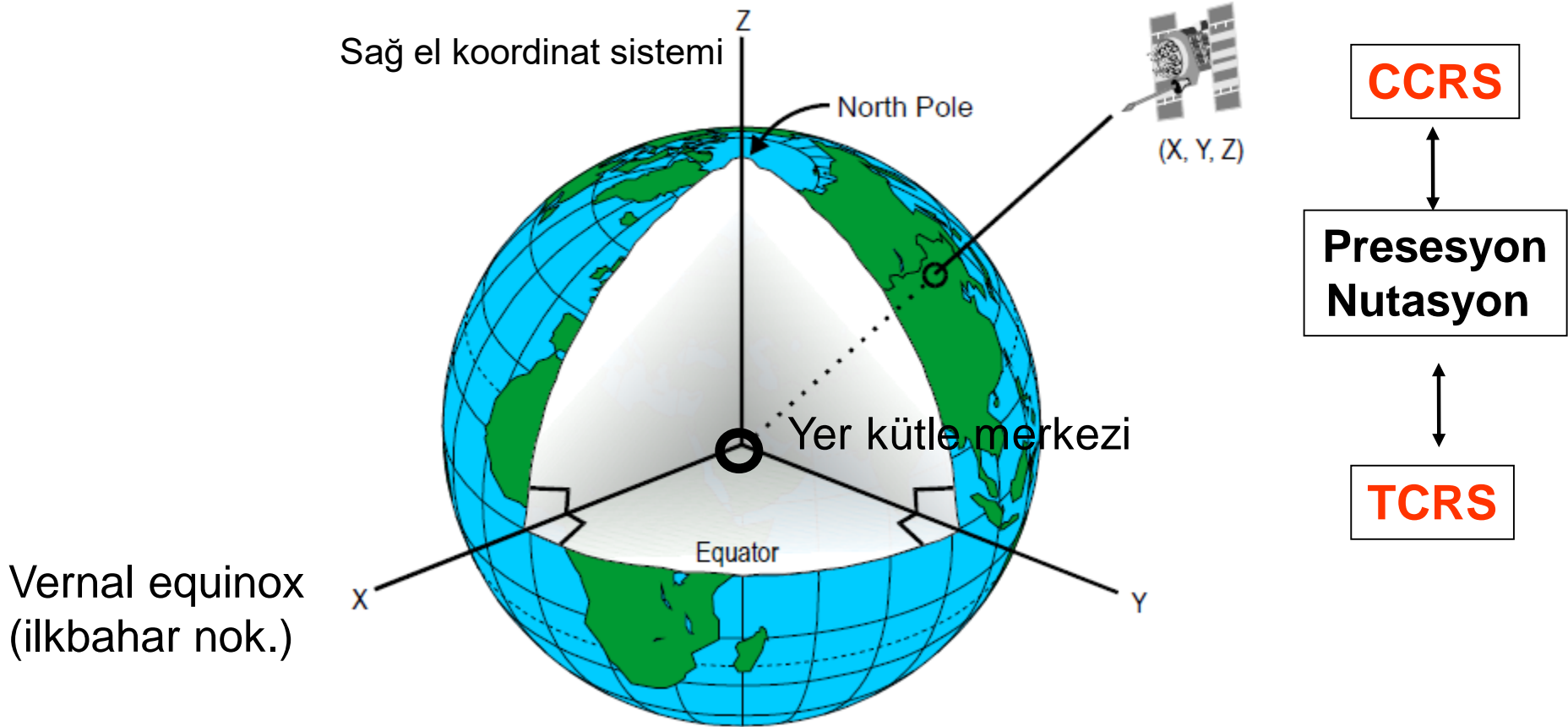
- Uzay teknikleri ile konum belirleme çalışmalarının hassasiyeti hızların dikkate alınmasını gerektirmektedir.
- Ana fay zonlarının kesişiminde yer alan ülkemizde TUTGA ve diğer modern jeodezik ağlar 4 Boyutlu olarak tanımlanmıştır (X,Y,Z,t)
- 2001: ED50 → TUREF (Türkiye)
- 2005 yılında Yönetmeliğe hız konusu dahil edilmiştir.
- TUREF: ITRF96 Epok 2005
- Yarı-kinematik bir referans sistemi





YER-MERKEZLİ İNERSİYAL (ECI/CCRS)

Yıldızlara göre sabit (non-rotating).



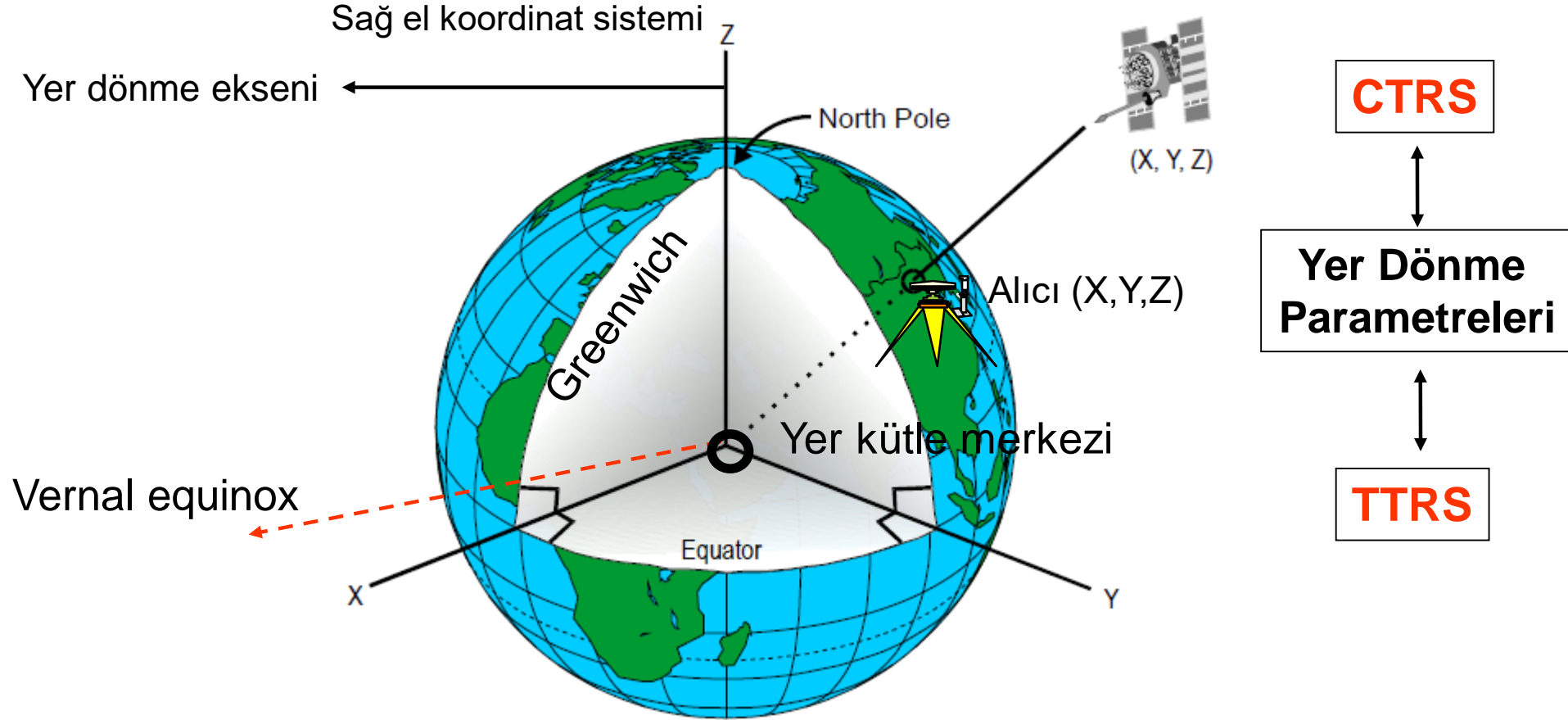
MCRS/CCRS: J2000.0 epoğunda ortalama ekvator ve ortalama ekinox ile çakışık

TCRS: Gözlem anı için, anlık/gerçek.



YER-MERKEZLİ YER SABİT (ECEF/CTRS)

Eksenler Yer ile birlikte döner.



CTRS: Ortalama Yer dönme eksenini (1900-1905) ve ortalama Greenwich

TTRS: Gözlem anındaki Yer dönme eksenini, gerçek ekvator



CTRS = ITRS (IUGG Resolution No.2, Vienna 1991, IERS)

- **Orijin:** Yer kitle merkezi (Atmosfer ve okyanusları dahil).
- **Birim uzunluk:** SI metresi.
- **Zaman ölçeği:** Yersel eş güdümlü zaman (Geocentric Coordinate Time).
- **Dönüklük:** BIH 1984.0 yönündedir. Zamanla değişimi için “*no-net rotation*” koşulu.
- **Z eksen:** IERS Referans Kutbu.
- **X eksen:** IERS Referans Meridyeni ile Z eksenine orijinde dik olan düzlemin kesişim noktası yönünde.
- **Y eksen:** Diğer eksenlere sağ el koordinat sistemi oluşturacak şekilde diktir.

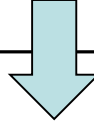
<http://itrf.ign.fr/general.php>

<https://www.iers.org/ IERS/EN/Publications/TechnicalNotes/tn36.html>

<https://www.iers.org/ IERS/EN/Science/ITRS/ITRS.html>



ITRS



Gerçekleşimi (realization)

ITRF solutions

ITRF solutions available here variance/covariance matrices. Parameters (EOPs) have simlut (yy) following the designation iz processing. For more details, ple

ITRF solutions :

- ▷ ITRF2020
- ▷ ITRF2014
- ▷ ITRF2008
- ▷ ITRF2005
- ▷ ITRF2000
- ▷ ITRF97
- ▷ ITRF96
- ▷ ITRF94
- ▷ ITRF93
- ▷ ITRF92

CONVENTIONAL TERRESTRIAL REFERENCE FRAME

CTRF

(GNSS, VLBI, SLR, LLR, DORIS)

INTERNATIONAL TERRESTRIAL REFERENCE FRAME

$(ITRF_{x,y,z}) \rightarrow (\varphi, \lambda, h)_{GRS80}$

$a = 6378137.0 \text{ m,}$
 $f = 1/298.257222101)$

CTRS'nin uygulamadaki adı CTRF'dir. CTRF, yeryüzünde tesis edilmiş ve sabit (referans) fiziksel nokta olarak bilinen çok sayıda yer kontrol noktasında yapılan ölçüler sonucu belirlenmiş Yer merkezli (jeosentrik) koordinatlar (X,Y,Z) ile tanımlanmıştır.



Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi (TUREF) (ITRF96 Epok 2005.0)

$$T \text{ (Öteleme Matrisi)} = \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix}, \quad R \text{ (Dönüklük Matrisi)} = \begin{bmatrix} 0 & -R_Z & R_Y \\ R_Z & 0 & -R_X \\ -R_Y & R_X & 0 \end{bmatrix}$$

$$X_a \text{ (Konum Vektörü)} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} X_{ITRF96} &= X_{ITRF14} + T + D \cdot X_{ITRF14} + R \cdot X_{ITRF14} \\ V_{XITRF96} &= V_{XITRF14} + V_T + V_D \cdot X_{ITRF14} + V_R \cdot X_{ITRF14} \end{aligned}$$

	Tx (mm)	Ty (mm)	Tz (mm)	D ppb	Rx .001"	Ry .001"	Rz .001"	EPOK
Param.	7.4	-0.5	-62.8	3.80	0.00	0.00	0.26	2010.0
Hızları	VTx mm/yıl	VTy mm/yıl	VTz mm/yıl	VD ppb/yıl	VRx .001"/yıl	VRy .001"/yıl	VRz .001"/yıl	
	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	

Altamimi, Z., P. Rebischung, L. Métivier ve X. Collilieux (2016). ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions. *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 121, 6109–6131. doi:10.1002/2016JB013098.

ITRF2014'den ITRF96'ya Datum Dönüşüm Parametreleri:
(https://itrf.ign.fr/doc_ITRF/Transfo-ITRF2014_ITRFs.txt)



Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi (TUREF) (ITRF96 Epok 2005.0)

Dönüşüm Parametrelerinin,
hızlarını kullanarak hesap
epoğuna getirilmesi

	Tx (mm)	Ty (mm)	Tz (mm)	D ppb	Rx .001"	Ry .001"	Rz .001"	EPOK
Param.	7.4	-0.5	-62.8	3.80	0.00	0.00	0.26	2010.0
Hızları	V_{Tx} mm/yıl	V_{Ty} mm/yıl	V_{Tz} mm/yıl	V_D ppb/yıl	V_{Rx} .001"/yıl	V_{Ry} .001"/yıl	V_{Rz} .001"/yıl	
	0.1	-0.5	-3.3	0.12	0.00	0.00	0.02	

Hesap Epoğuna getirilen
dönüşüm parametreleri
kullanılarak ITRF2014
koordinatlarının ITRF96
koordinatlarına dönüştürülmesi

ITRF2014 hızlarının ITRF96
hızlarına dönüştürülmesi

Hesap Epoğunda belirlenen ITRF96 koordinatlarının ITRF96
hızları kullanarak referans epoğu olan 2005.0'a getirilmesi.



Türkiye için Hız Alanı Belirleme Çalışmaları

Temel Motivasyonlar:

- **Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY) kapsamında kullanıcılara standart hız bilgisi sağlamak**
- **Tektonik çalışmalar için ülke çapında homojen bir hız alanı sunmak**

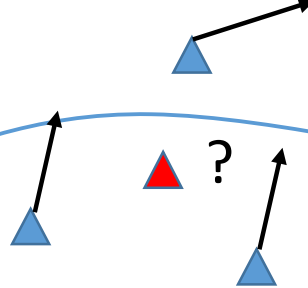
Diğer:

- Listelenen ürün ve süreçlerdeki iyileştirmeleri mevcut hız alanına yansıtmak
- Veri değerlendirme stratejilerindeki gelişmeler
- Global jeodezik parametrelerin belirlenmesindeki iyileşmeler
- Yörüngelerin iyileştirilmesi ve yeniden değerlendirilmesi
- Yer dönme parametrelerinin iyileştirilmesi
- Eski çözümlerde farklı stratejiler
- Yeni çözümler GAMIT + SGNSS istasyonları GAMIT
- Çözümlerde standardı sağlamak
- repro2 ürünler



BÖHHBÜY Kapsamında Yaşanan Sıkıntılar

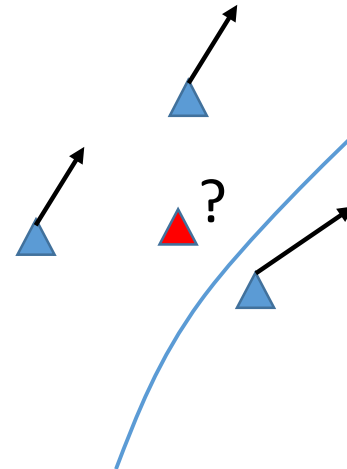
Kuzey Anadolu Fayı



MADDE 21- C1 ve C2 nokta koordinatlarının referans epoğunda hesaplanması

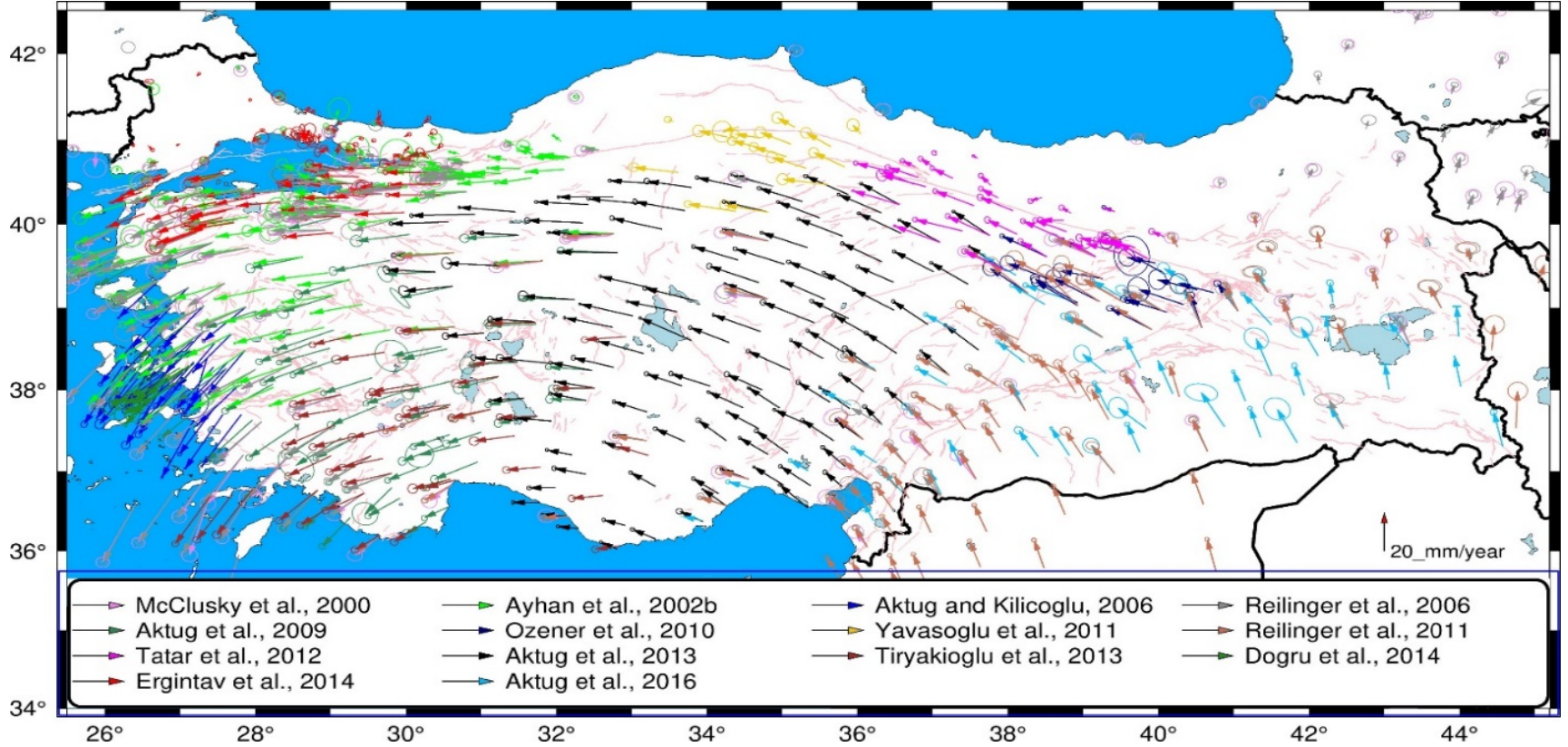
(1) C1 ve C2 noktalarının T ölçü epoğundaki koordinatları, referans epoğuna (2005.0) kaydırılır. Bunun için C1 ve C2 nokta hızları, güncel TUTGA/TUSAGA-Aktif nokta hızlarından idare tarafından belirlenen enterpolasyon yöntemiyle hesaplanır.

Doğu Anadolu Fayı





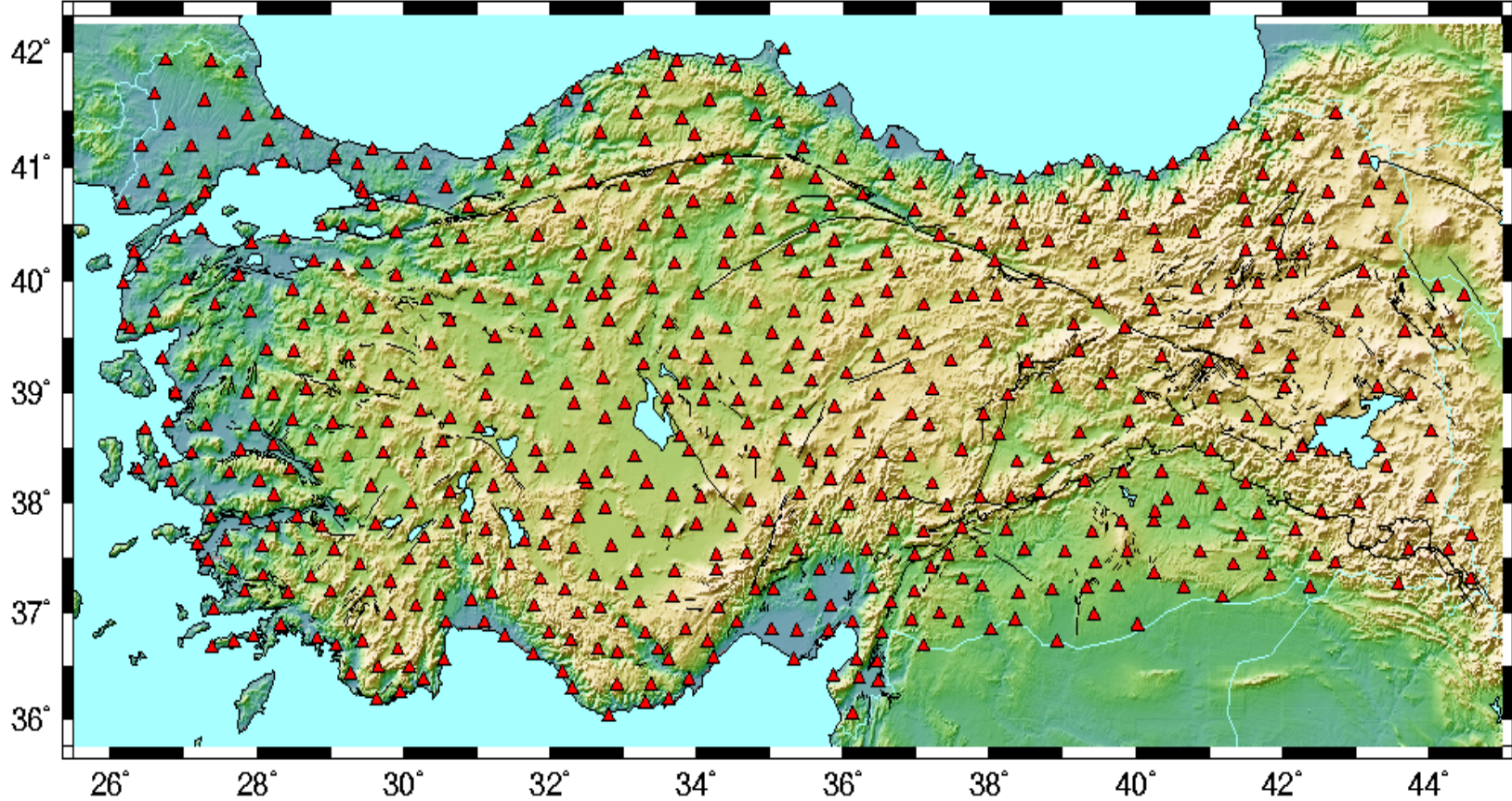
Tektonik Kapsamdaki Çalışmalar



- Farklı dönemlerdeki çalışmalarda görülen hız farklılıklarının sebepleri:
 - Levha-sabit referans sisteminin farklı yöntemlerle belirlenmesi
 - Kullanılan veri aralıklarının aynı olmaması
- Kendi içinde tutarlılık
- Uygun dönüşümlerin yapılması



TÜRKİYE ULUSAL TEMEL GNSS AĞI (TUTGA)



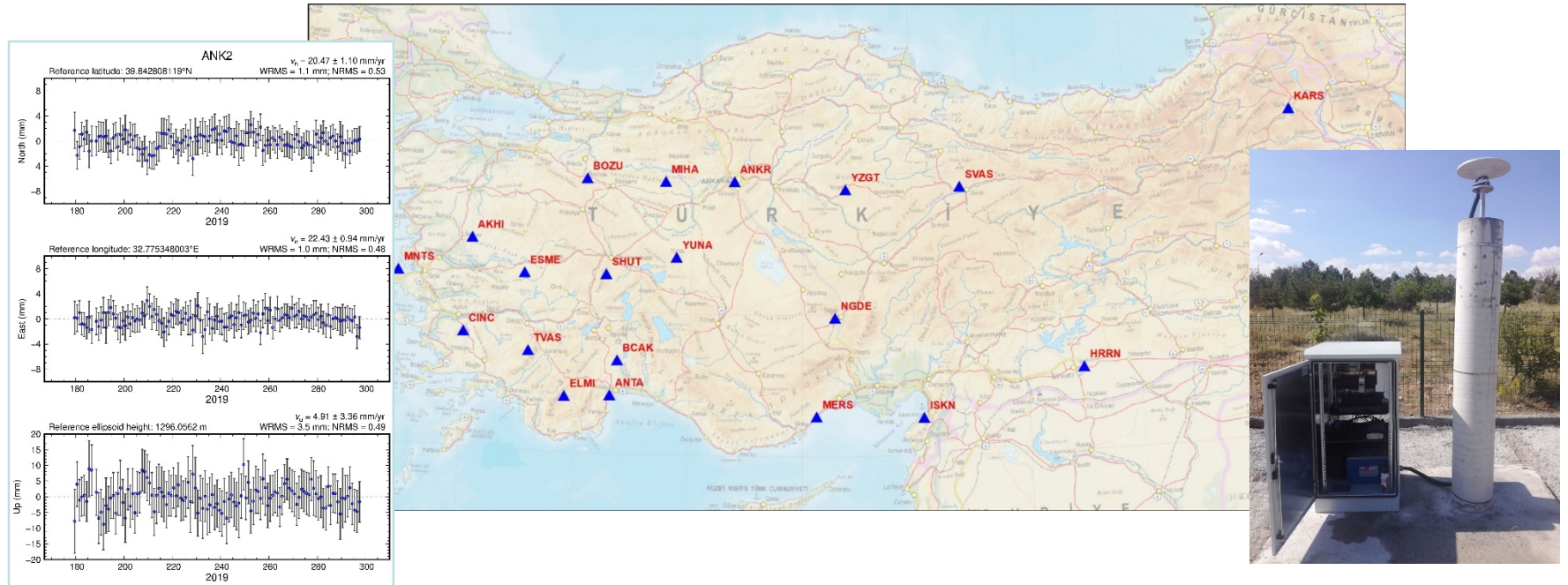
- 1997-1999 yılları arasında uydu teknikleri ile kurulan ilk temel ağ. (677 Nokta)
- Güncelleme çalışmaları: Yıllık ~200 nokta + Büyük depremlerden (6.0) sonra.
- 3B koordinatlar: Güncel ITRF datumunda (ITRF2014) → ITRF-96 epok 2005



TUSAGA

TUSAGA (21 istasyon)

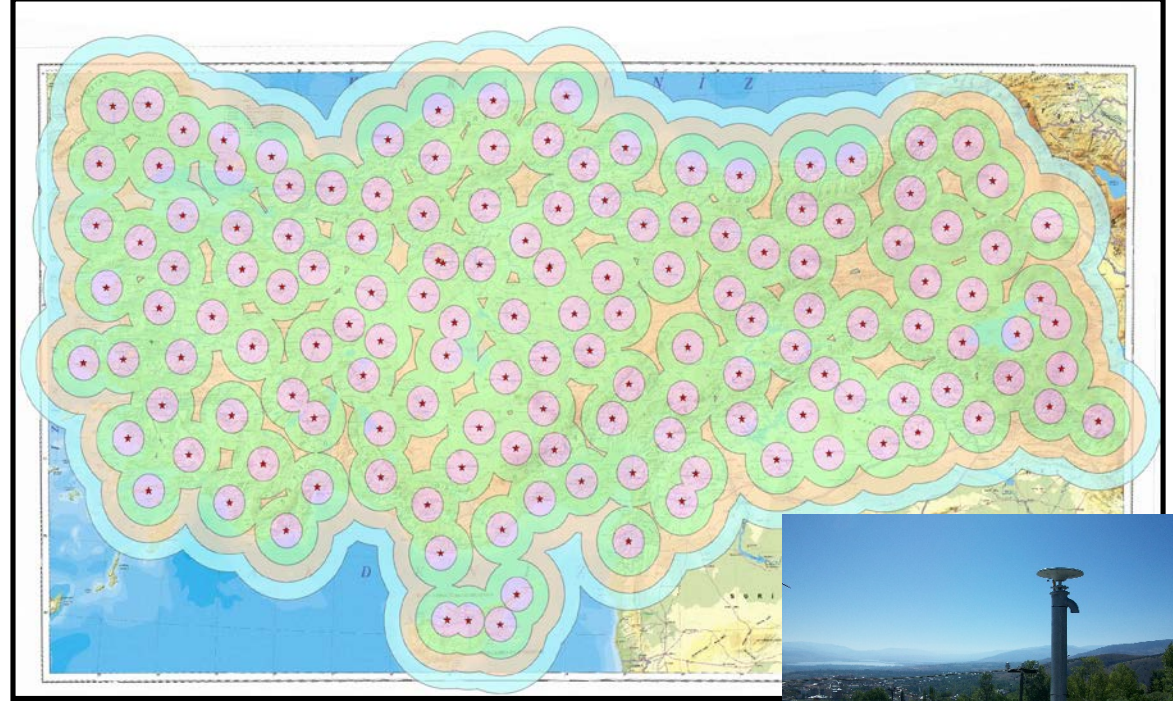
- Tüm istasyonlar çoklu GNSS gözlemi yapabilen yeni nesil alıcılarla değiştirildi.





TUSAGA-Aktif

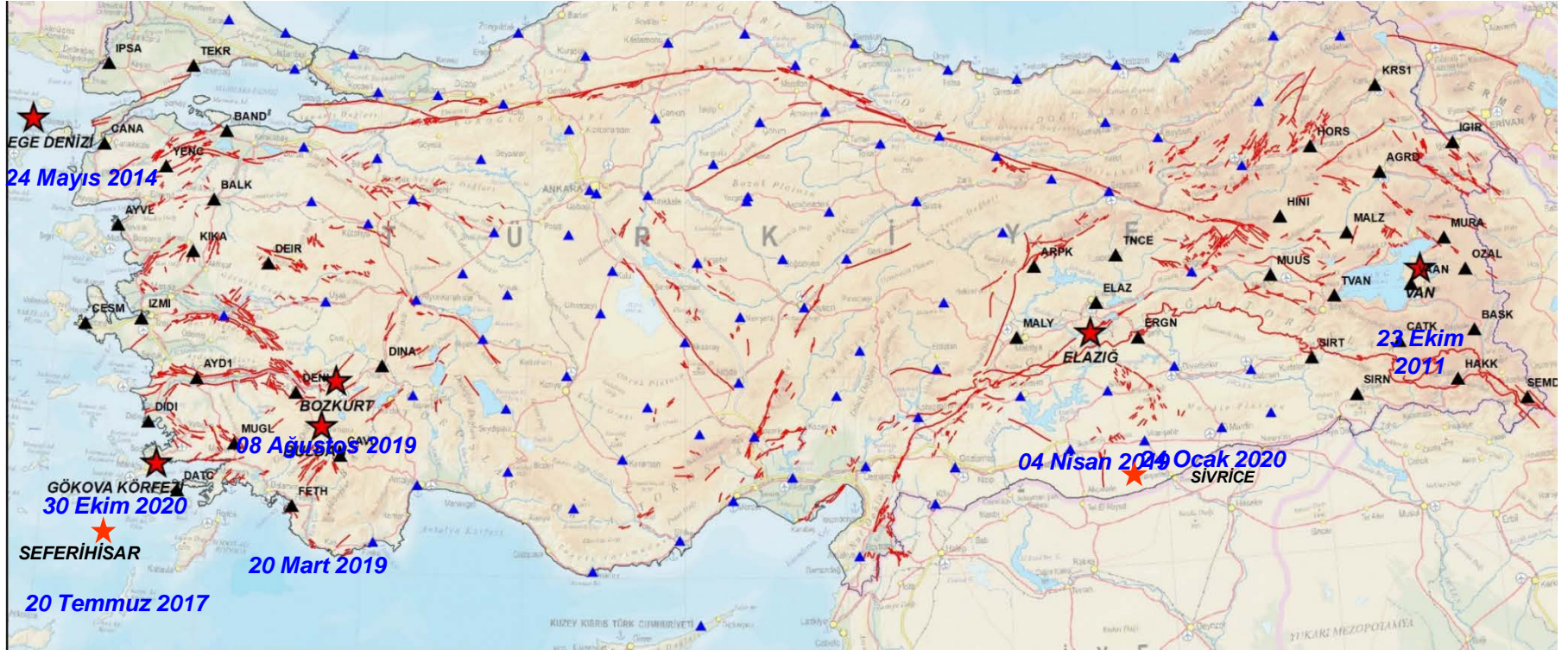
158 İstasyondan oluşan RTK Ağı,
Bütçe: TÜBİTAK
Yürütücü: İKÜ
Proje Paydaşları: HGM ve TKGM



- Tamamıyla operasyonel
- Büyük ölçekli çalışmalar, CBS uygulamaları, kadastral ölçmeler
- Ülke temel referans ağı, kabuk hareketlerinin izlenmesi
- Ağ-RTK tabanlı
- Günlük zaman serileri analizi- istasyonların performansının takibi



TUSAGA-Aktif Saniyelik Verilerin Açıldığı Depremler



<https://www.tusaga-aktif.gov.tr/Web/DepremVerileri.aspx>

TUSAGA-Aktif Yürütme Kurulu'nun 11.04.2018 tarihli toplantısında alınan karar gereği;
Ülkemizde yaşanan şiddeti 5 ve üzerinde olan depremin meydana geldiği tarihte,
deprem bölgesinde bulunan TUSAGA-Aktif Sabit GNSS İstasyonlarına ait 1 saniyelik veriler

04.04.2019 - Elazığ deprem verilerini indirmek için tıklayınız.

20.03.2019 - Denizli deprem verilerini indirmek için tıklayınız.



“GNSS HIZLARINA KÜME ANALİZİ YÖNTEMİ UYGULAYARAK BELİRLENECEK TEKTONİK BÖLGELERDEN YARARLANARAK TÜRKİYE İÇİN YATAY HIZ ALANI MODELİNİN OLUŞTURULMASI” (05 Ekim 2017)

HARİTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Müh.Alb.Ali İhsan KURT

Müh.Alb.Ayhan CİNGÖZ

ÜNİVERSİTELER

Prof.Dr. Uğur DOĞAN (YTÜ)

Prof.Dr. Semih ERGİNTAV (BÜ KRDAE)

Dr. Ali Değer ÖZBAKIR (BÜ KRDAE)

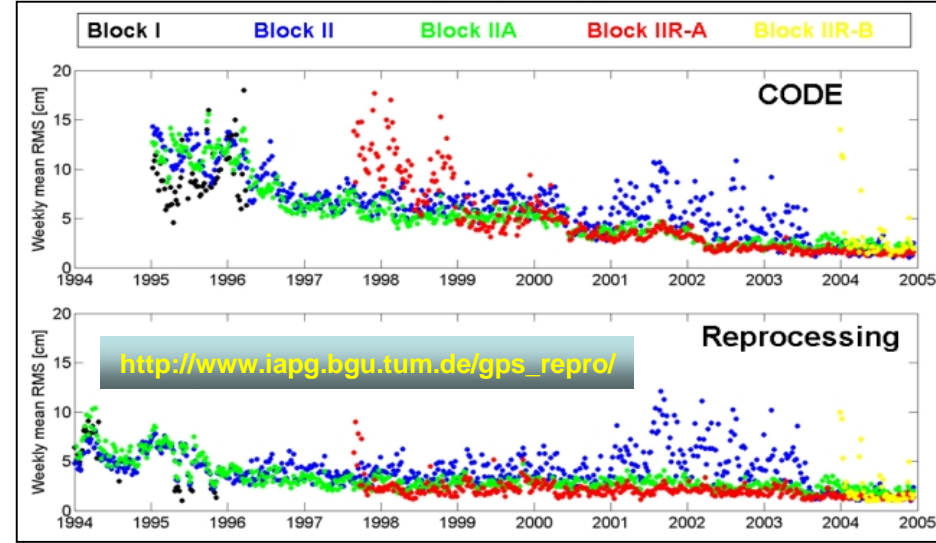
- ❖ GNSS Verilerinin Yeniden Değerlendirilmesi (Reprocess)
- ❖ TUTGA-2019'un kullanıcılara sunulması
- ❖ Uyuşumlu hız kümesinin elde edilmesi (İterasyon)
 - Strain analizi
 - Zaman serilerinin incelenmesi
- ❖ Kümeleme analizi ile blokların belirlenmesi (+Jeofizik yorumlar)
- ❖ Belirlenen bloklara göre hızların enterpole edilerek hız alanının tüm Türkiye için belirlenmesi
- ❖ **Hız alanı modelinin kullanıcılara sunulması (BÖHHBÜY güncelleme)**



GNSS Verilerinin Yeniden Değerlendirilmesi

Amaç:

Tarihsel tüm GNSS verilerinin homojen bir veri değerlendirme stratejisi ve güncellenen uydu yörüngeleri ve yer dönme parametreleri kullanılarak yeniden değerlendirilmesiyle daha tutarlı zaman serilerinin ve hızların elde edilmesi.

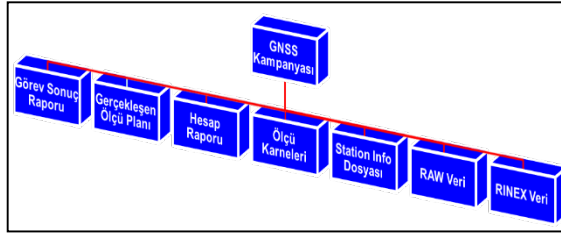


Kurt, A.İ., Cingöz, A., Özdemir, S., Peker, S., Özel, Ö., Simav, M. (2020). Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA) Güncel Koordinat ve Hızlarının GNSS Verilerinin Yeniden Değerlendirilmesi Kapsamında Hesaplanması. *Harita Dergisi*, 164, 1-17.



GNSS Verilerinin Yeniden Değerlendirilmesi Aşamaları

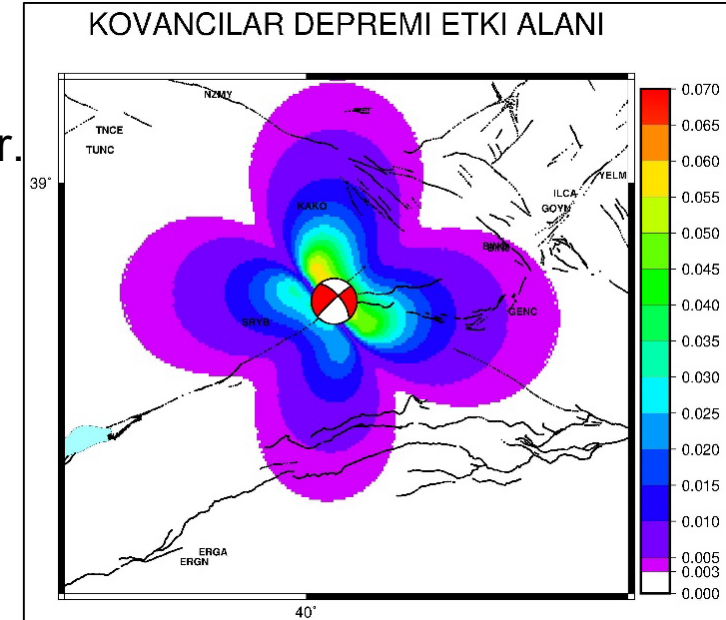
- Tüm kampanyaların verilerinin ve ölçü karnelerinin tek tek kontrol edilerek değerlendirmeye hazır hale getirilmesi.



- Coğrafi veritabanına aktarılabilmesi
- İstenilen şekilde sorgulama yapılarak veri sunumunun daha işlevsel bir hale dönüşmesi
- Kampanyaların yeniden değerlendirilmesinde kolaylık
- Ölçü karnelerinin taranarak sayısal ortama aktarılması

- ✓ Toplamda ~6000 satır [station.info](#) dosyası.
- ✓ Yeni reprocess'ler için veriler ve metaveriler hazır.
- ✓ Anten yüksekliği hatalarının giderilmesi

- 1992-2020 arasındaki 5.0 ve üzeri depremler etki alanları ile konuldu ve break konularak zaman serileri kesilecek noktalar incelendi.
- Okada Fay Modellemesi (O92UTIL)

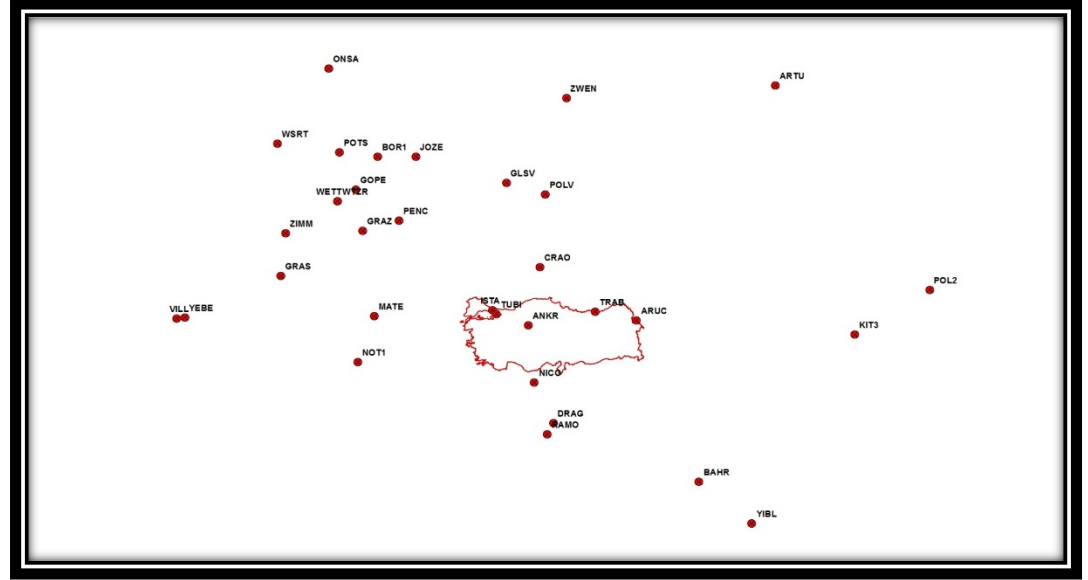




GNSS Verilerinin Yeniden Değerlendirilmesi

Temel Farklılıklar:

- TUTGA Kampanyaları dışında ölçülen noktaların dahil edilmesi.
- TUSAGA ve T-Aktif istasyonlarının aylık zaman serilerinin çözüme dahil edilmesi. Önceki çözümlerde kampanya bazlı SGNSS'ler var.
- Mareograf kampanyalarının çözüme dahil edilmesi
- Kampanyaların 15 günlük birleştirilmesi
- Dikkatli bir seçimle daha fazla IGS istasyonu kullanıyoruz (33). Önceki çözümlerde daha az istasyon.



- Troposfer için Vienna Mapping Functions (VMF1)
- Çok daha fazla epok. Neredeyse tüm noktalarda en az 2-3 epok ölçü.
- Epoklar arasında daha fazla zaman aralığı



GAMIT Günlük Veri Analiz Stratejileri

Yazılım	GAMIT 10.70
Modellenen Gözlemler	Çiftli Farklar
Veri Değerlendirme UY Açısı	3° (İstasyonlar 0° veri toplamakta)
Uydu Yörüngeleri ve YDP	IGS Sonuç Ürünleri
Troposferik İndirgeme Fonk.	VMF1 (Kuru ve ıslak bileşenler için)
Troposferik öncül veri kaynağı	gpt2_5.grd (global basınç sıcaklık)
Troposferik par. kestirimi aralığı	2 saat
Okyanus Yükleme Düzeltmesi	OSO İstasyonları grid dosyası
Atmosferik Yükleme Etkisi	atmfilt_cm.YYYY (grid dosya)
İyonosferik Düzeltme	2. ve 3. derece, IGRF12 manyetik modeli
IGS İstasyonu	33 İstasyon
Anten Faz Merkezi Düzeltmeleri	Mutlak (IGSyy model)
Öncül Koordinatlar	ITRF2014 (igs14_comb.apr)



Referans Sistemi (Datum) Tanımlama

Yazılım/Modül	GLOBK/glorg
İst. İsim Değişiklikleri	Earthquake definition file
Stabilizasyon	Bölgesel
Kullanılan IGS İstasyonu	33 İstasyon
Dönüşüm	6 Parametrelili 3 Kayıklık, 3 Dönüklük
Reference Frame	ITRF2014
Ulusal Datum	TUREF (ITRF96 Epoch 2005.0)
Çözüm Sonuçları	Günlük (Zaman Serileri ile istasyonların izlenmesi, Gürültü Analizleri) Haftalık (EUREF Çalışma Grupları için) Aylık (Kampanyalarla birleştirme ve hız alanı tahminlerinde)

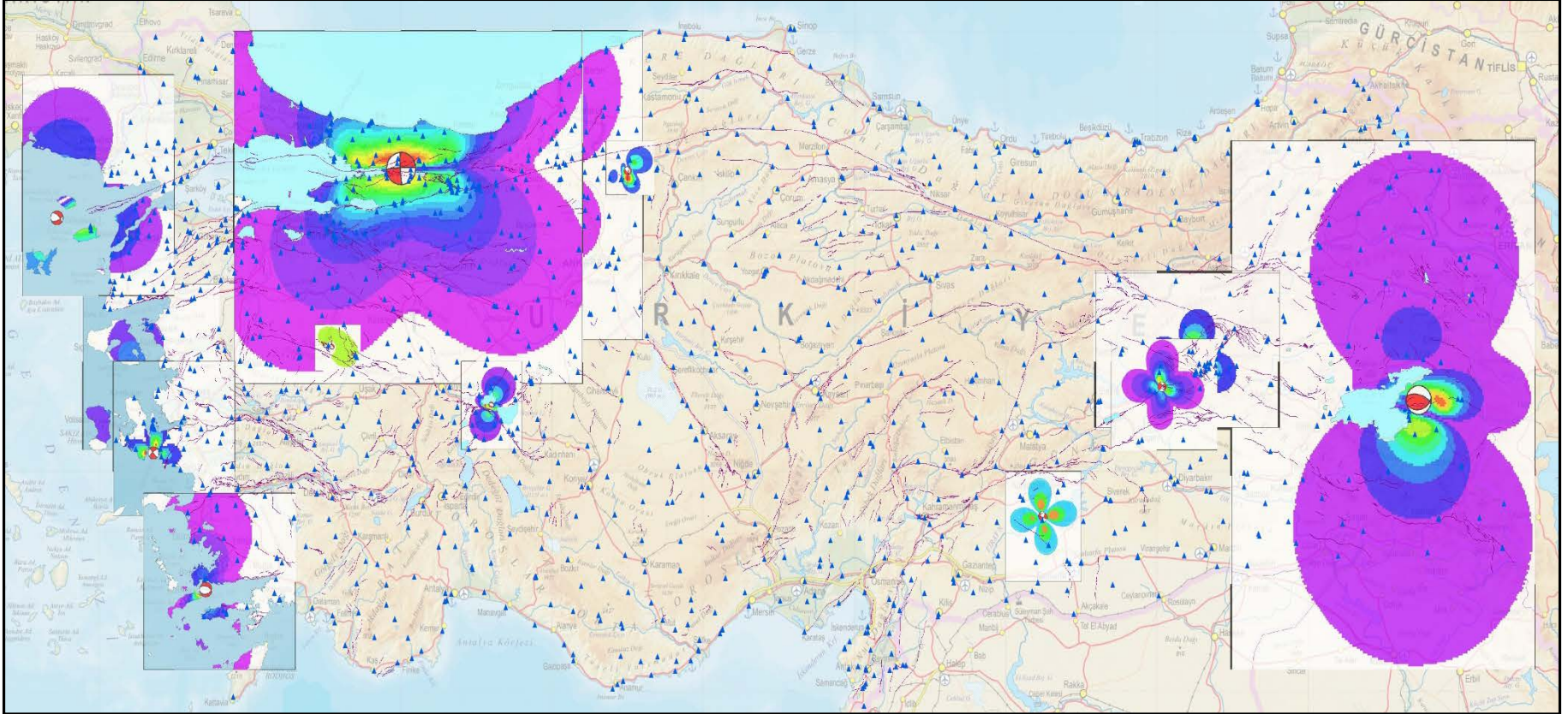


Hız Hesaplamalarında Göz Önüne Alınan Depremler

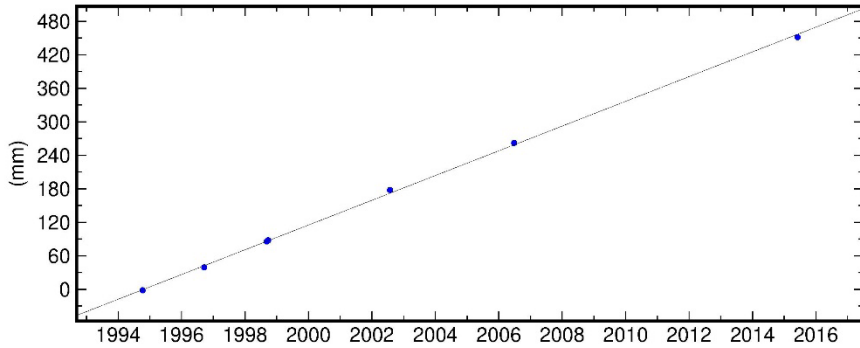
- # IZMIT Depreminden Etkilenen Noktalar (17 Agustos 1999 00:01:38 M=7.4) İki karakter kodu:IZ
- # DUZCE Depreminden Etkilenen Noktalar (12 Kasim 1999 16:57:21 M=7.2) İki karakter kodu:DU
- # HACILAR-CERKES (CANKIRI) Depreminden Etkilenen Noktalar (06 Haziran 2000 02:41:49) İki karakter kodu:CE
- # EBER-CAY Depreminden Etkilenen Noktalar (15 Aralik 2000 16:44:44 M=5.8) İki karakter kodu:CY
- # SEFERIHISAR Depreminden Etkilenen Noktalar (10 Nisan 2003 00:40:15 M=5.9) İki karakter kodu:SH
- # BINGOL Depreminden Etkilenen Noktalar (01 Mayıs 2003 00:27:04 M=6.4) İki karakter kodu:BI
- # ZEYTINELI-URLA Depreminden Etkilenen Noktalar (17 Ekim 2005 05:45:16 M=5.7) İki karakter kodu:UR
- # KOVANCILAR Depreminden Etkilenen Noktalar (08 Mart 2010 02:32:31 M=6.1) İki karakter kodu:KO
- # SOGUT-SIMAV Depreminden Etkilenen Noktalar (19 Mayıs 2011 20:15:12 M=5.8) İki karakter kodu:SI
- # VAN-YEMLICE Depreminden Etkilenen Noktalar (23 Ekim 2011 10:41:21 M=7.2) İki karakter kodu:VA
- # CANAKKALE Depreminden Etkilenen Noktalar (24 Mayıs 2014 09:25:01 M=6.8) İki karakter kodu:CA
- # EGE DENIZI Depreminden Etkilenen Noktalar (12 Haziren 2017 12:28:37 M=6.3) İki karakter kodu:EG
- # GOKOVA KORFEZI Depreminden Etkilenen Noktalar (20 Temmuz 2017 22:31:12 M=6.6) İki karakter kodu:GK
- # KIRMACIK-SAMSAT (ADIYAMAN) Depreminden Etkilenen Noktalar (24 Nisan 2018 00:34:29 M=5.4) İki karakter kodu:KS



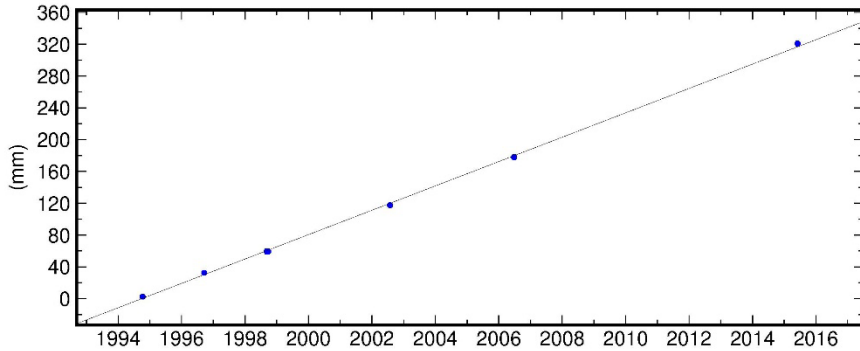
Hız Hesaplamalarında Göz Önüne Alınan Depremler



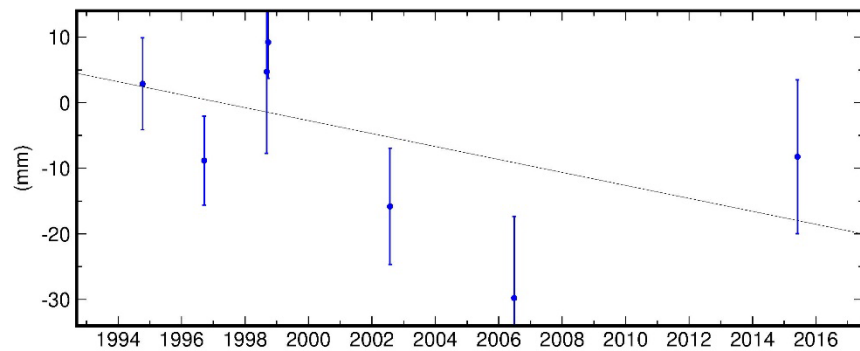
MARS North Offset 4176886.460 m
rate(mm/yr)= 22.15 ± 0.15 nrms= 1.74 wrms= 3.7 mm # 7



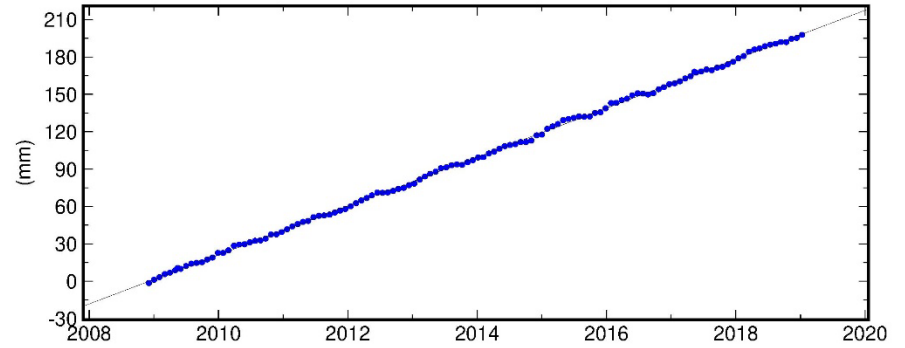
MARS East Offset 3266325.207 m
rate(mm/yr)= 15.32 ± 0.14 nrms= 1.40 wrms= 2.7 mm # 7



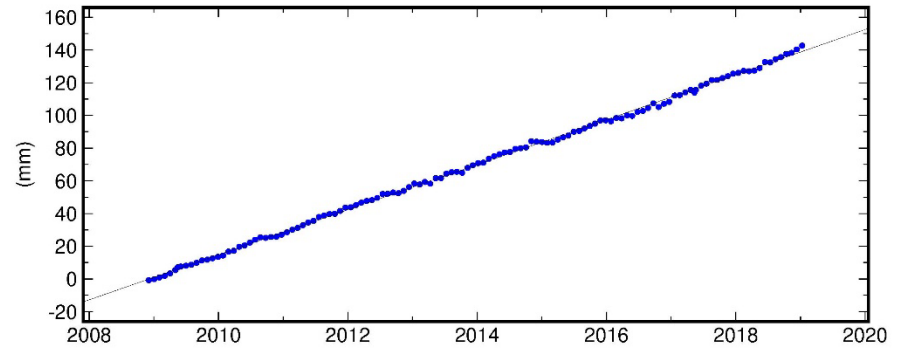
MARS Up Offset 604.805 m
rate(mm/yr)= -0.99 ± 0.58 nrms= 1.47 wrms= 11.8 mm # 7



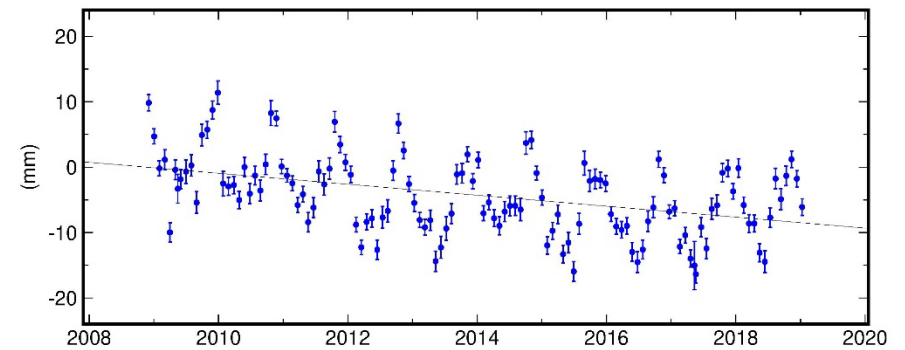
ONIY North Offset 4130197.289 m
rate(mm/yr)= 19.64 ± 0.01 nrms= 3.57 wrms= 1.3 mm # 126



ONIY East Offset 3218787.091 m
rate(mm/yr)= 13.77 ± 0.01 nrms= 3.79 wrms= 1.3 mm # 126



ONIY Up Offset 127.202 m
rate(mm/yr)= -0.84 ± 0.04 nrms= 3.79 wrms= 5.2 mm # 126



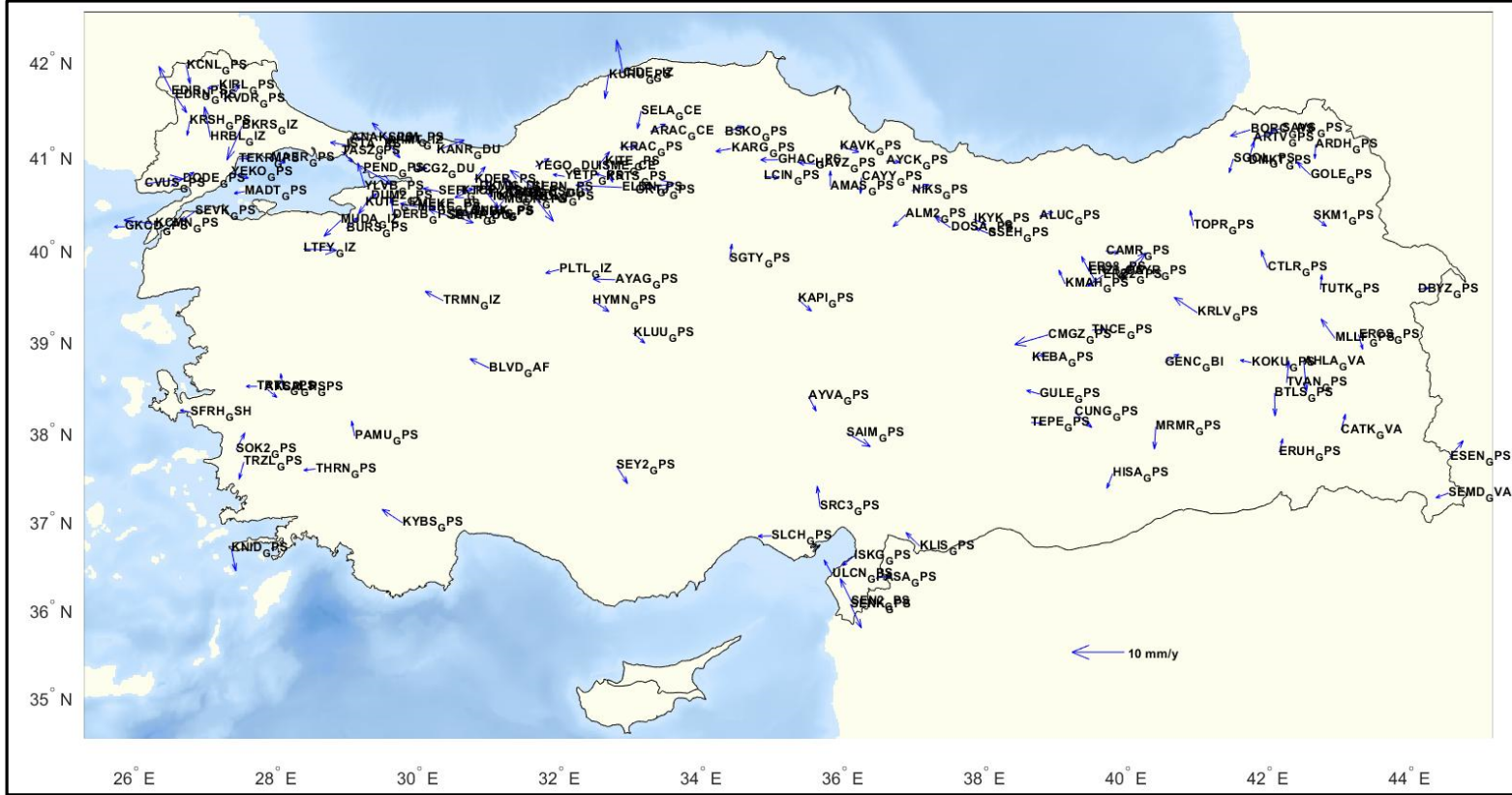


YENİDEN VERİ DEĞERLENDİRME ÇÖZÜMLERİ

		TUTGA-2009	TUTGA-2019
Konum İstatistikleri (WRMS- mm)	K	1.87	1.26
	D	2.65	0.90
	Y	10.67	4.20
Hız İstatistikleri (WRMS- mm/yıl)	V_K	0.64	0.21
	V_D	1.26	0.20
	V_Y	0.98	0.53
Ref.İst. Koordinatlarının Dengeleme Sonrası KOH (mm)		1.73	2.19
Ref.İst. Hızlarının Dengeleme Sonrası KOH (mm/yıl)		0.61	0.59
Dış Kontrol Sonuçları		Referans istasyonları koordinat farkları 1 cm'nin altında; hız farkları ise ~1 mm düzeyinde.	$dX=2.8$ mm $dV_x=0.3$ mm/y $dY=1.9$ mm $dV_y=0.4$ mm/y $dZ=2.0$ mm $dV_z=0.5$ mm/y (Farkların mutlak değerlerinin ortalamaları)



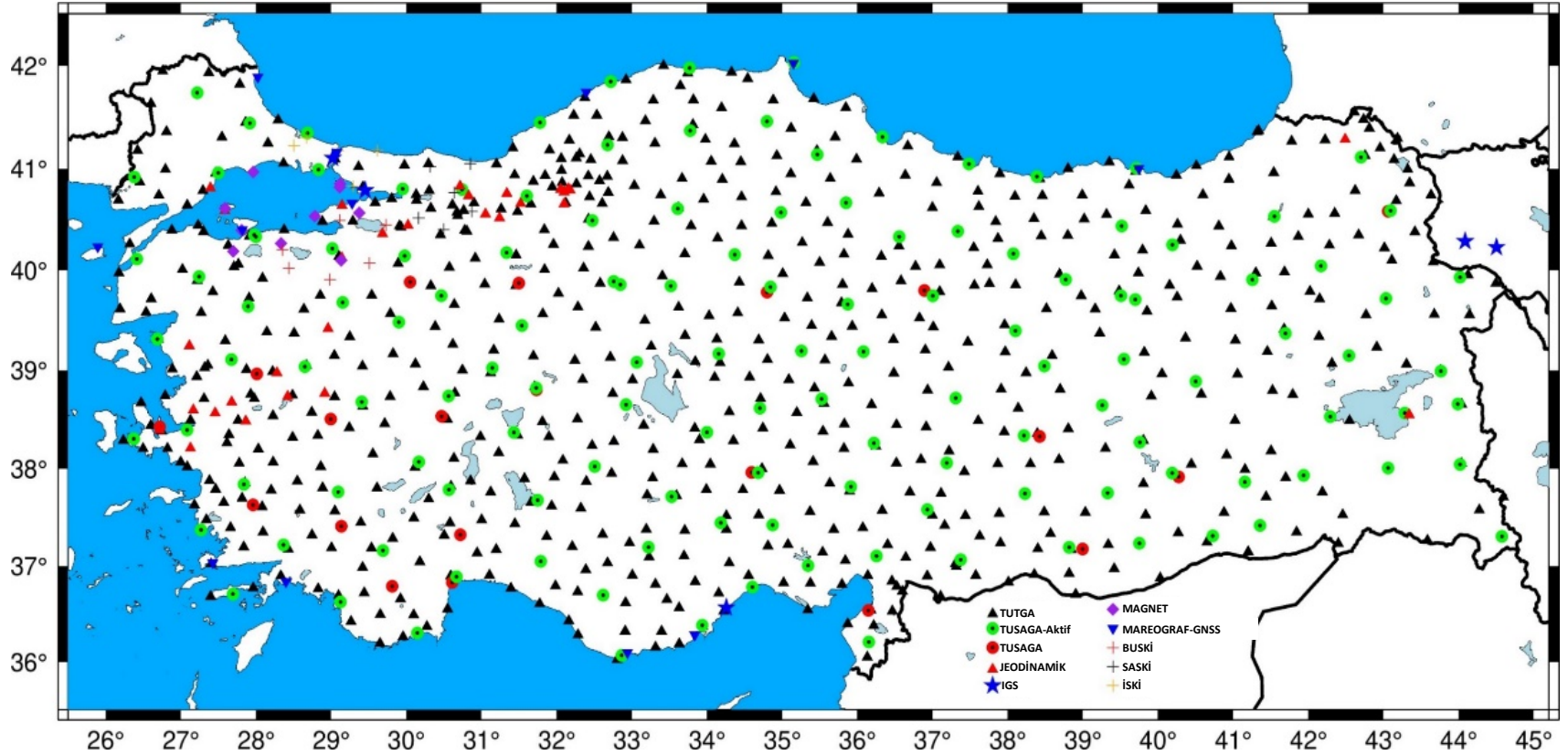
Çapraz Doğrulama Analizi



Çapraz doğrulama tekniğinin özelliği gereği her nokta için o noktayı çözümden çıkararak çevresindeki noktalarla o noktada bir hız kestirimi yapılmaktadır.



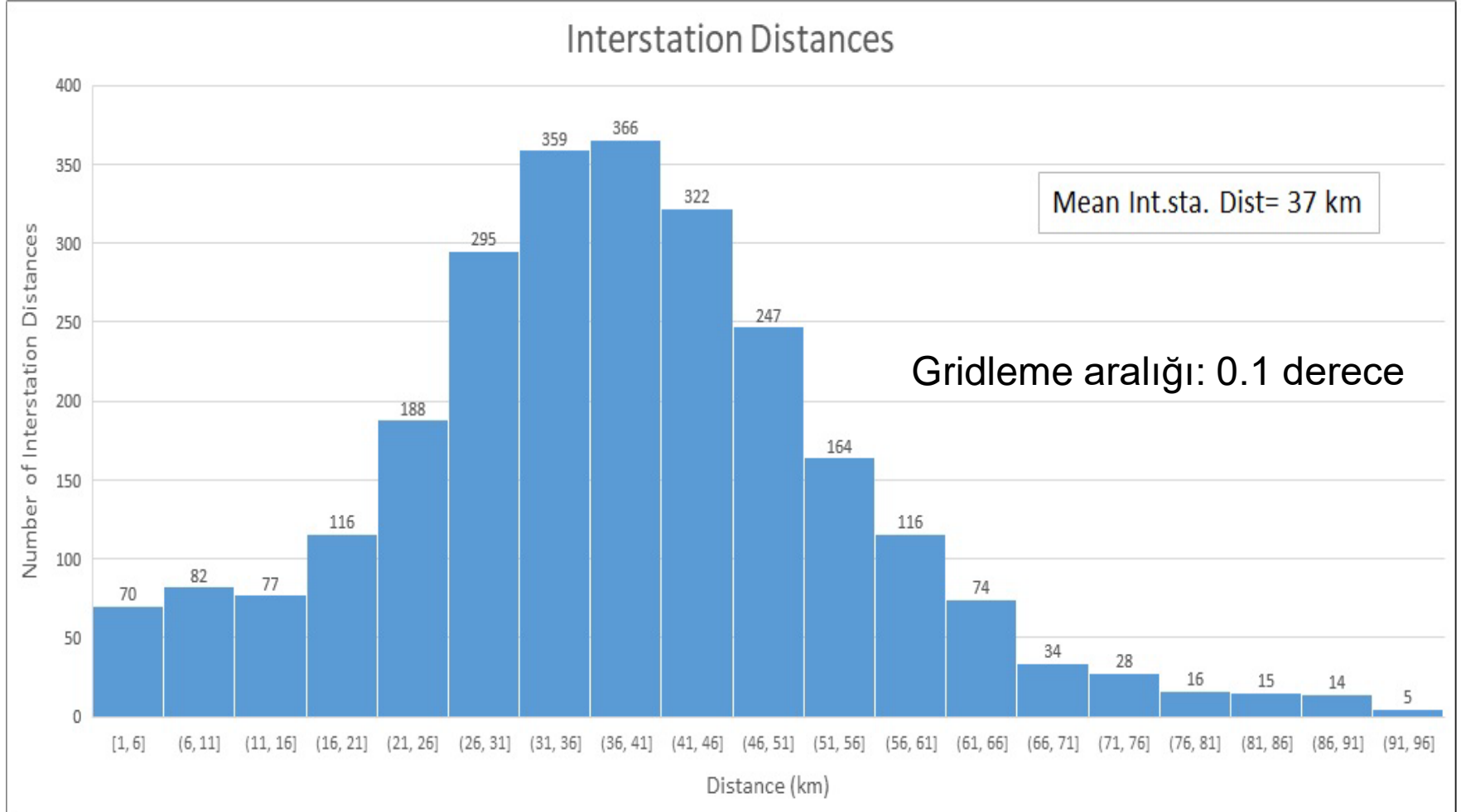
Projede Kullanılan Veri Seti



1328 Nokta → 836 Nokta



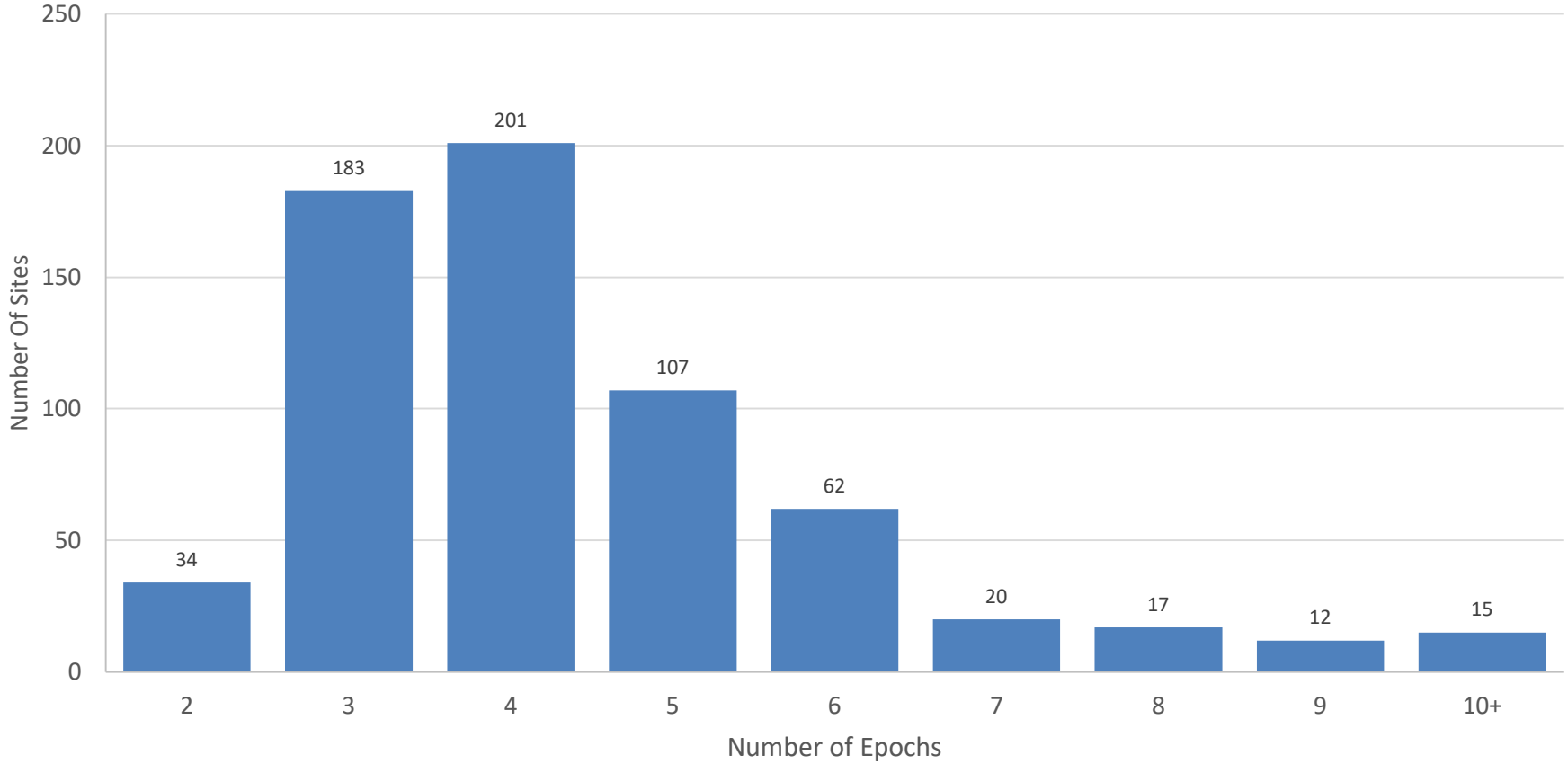
Noktalar Arası Mesafelerin Dağılımı





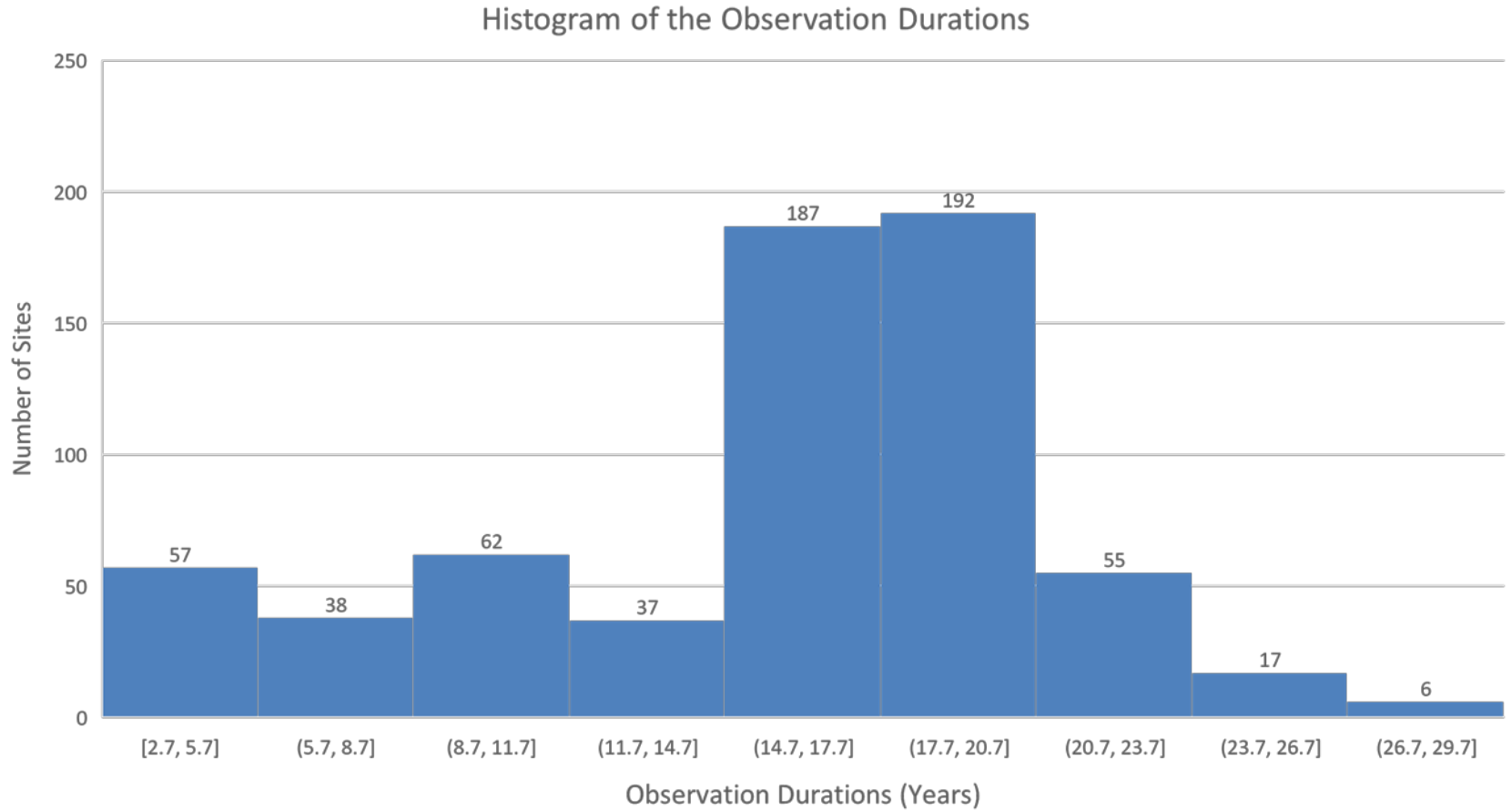
Epok Sayılarının Histogramı

Distribution of Epoch Numbers



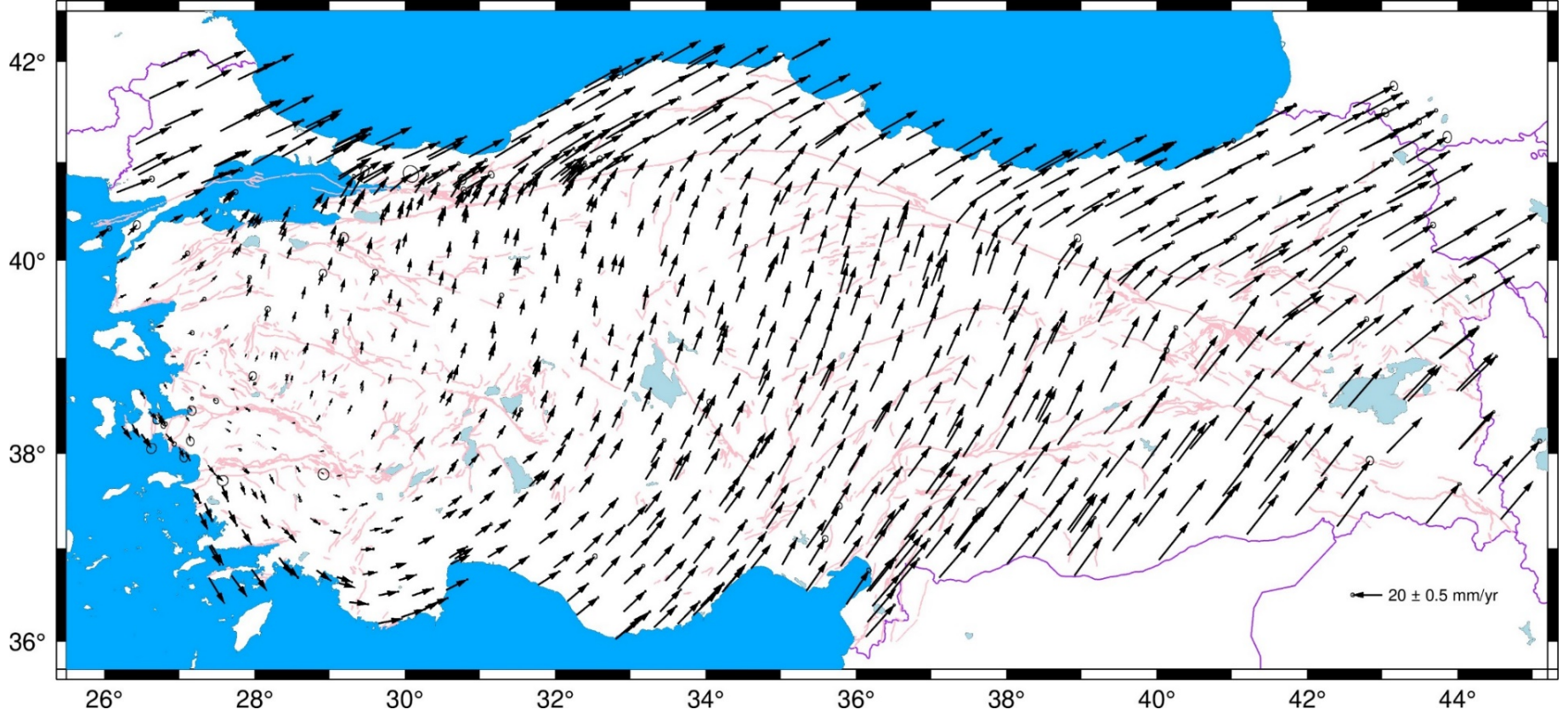


Gözlem Aralıklarının Histogramı



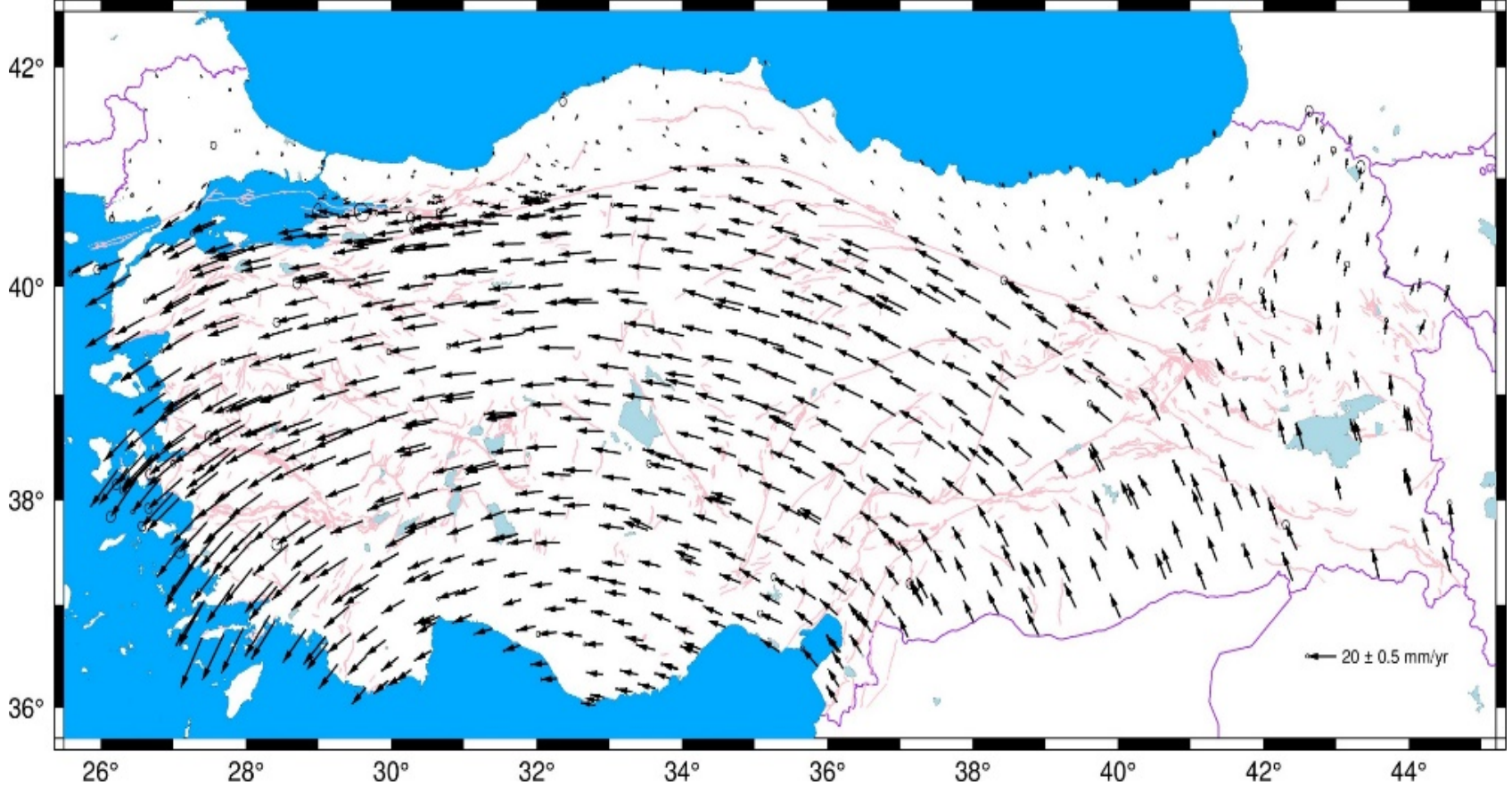


ITRF Datumunda Nokta Hızları





AVRASYA SABİT SİSTEMDE NOKTA HIZLARI

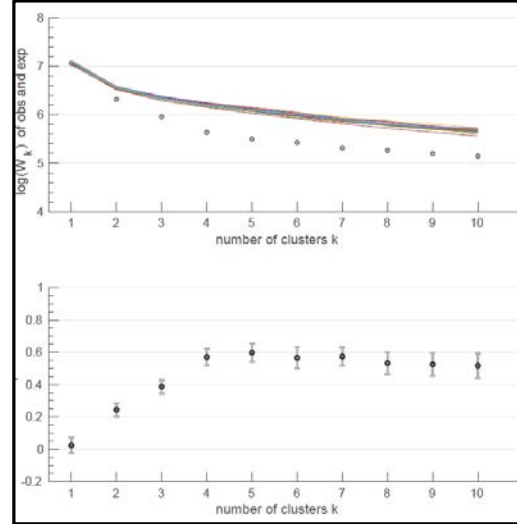
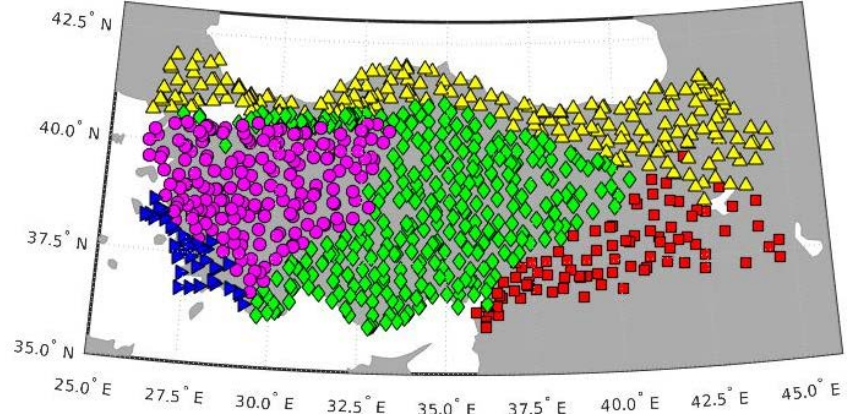
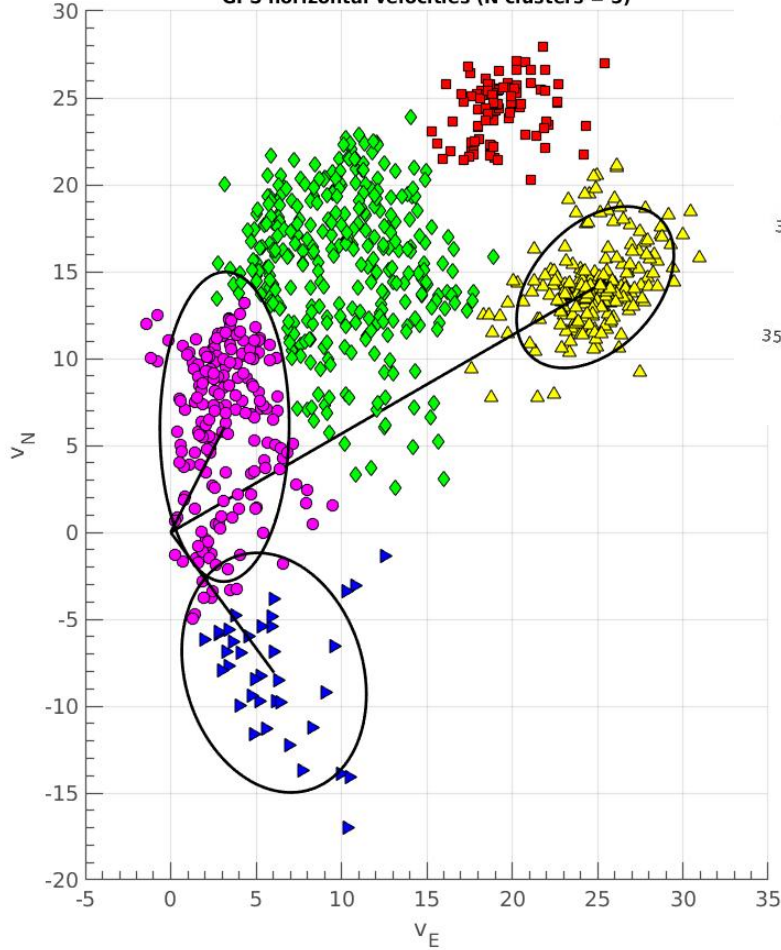


ITRF2014 Levha Hız Modeli (Altamimi ve diğ., 2017) referans alınarak tanımlanan Avrasya sabit datumunda nokta hızları.



KÜMELEME ANALİZİ

GPS horizontal velocities (N clusters = 5)



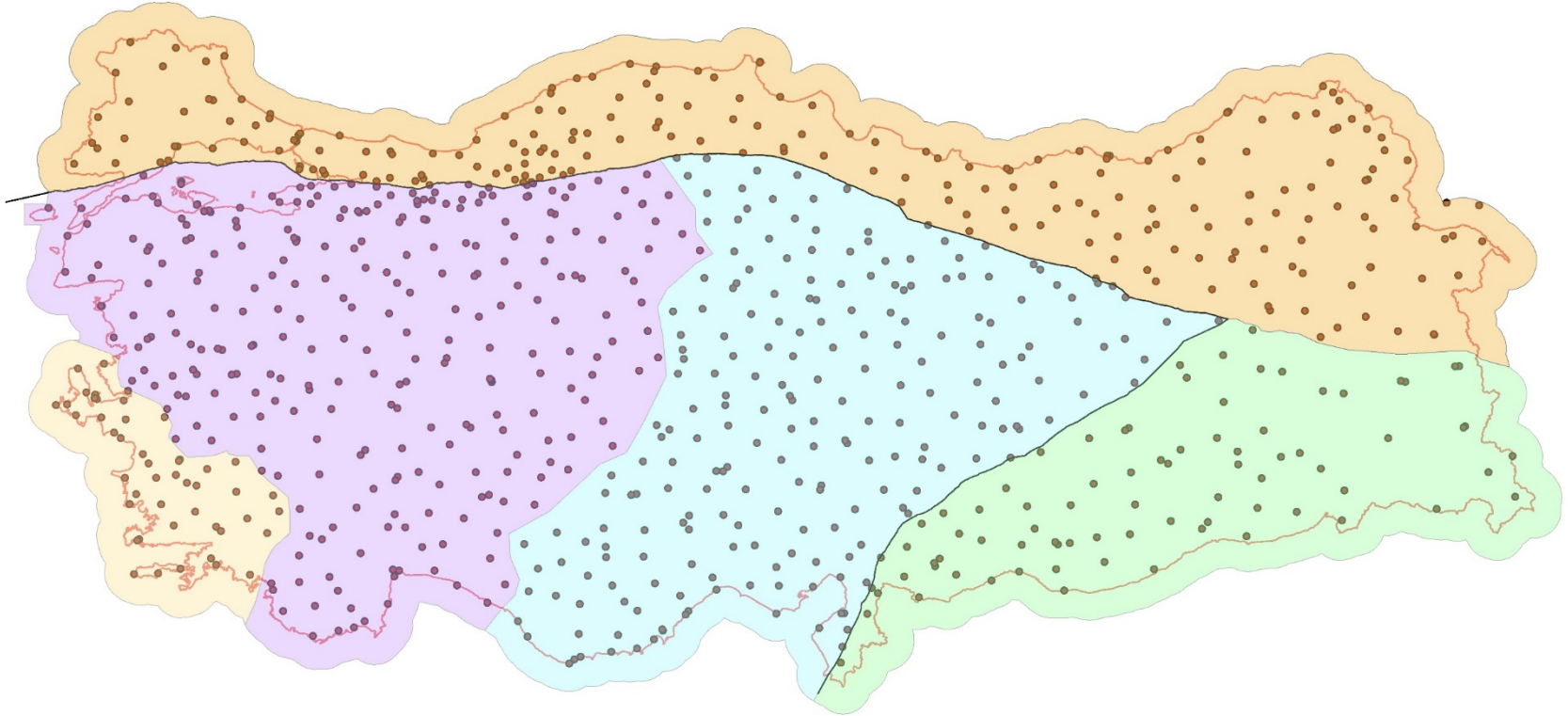
GAP İstatistiği ile optimum küme sayısı bulunmuştur.

Hiyerarşik Yığımsal Kümeleme Analizi

* Kümeleme analizleri Ali Değer ÖZBAKIR tarafından yapılmıştır.

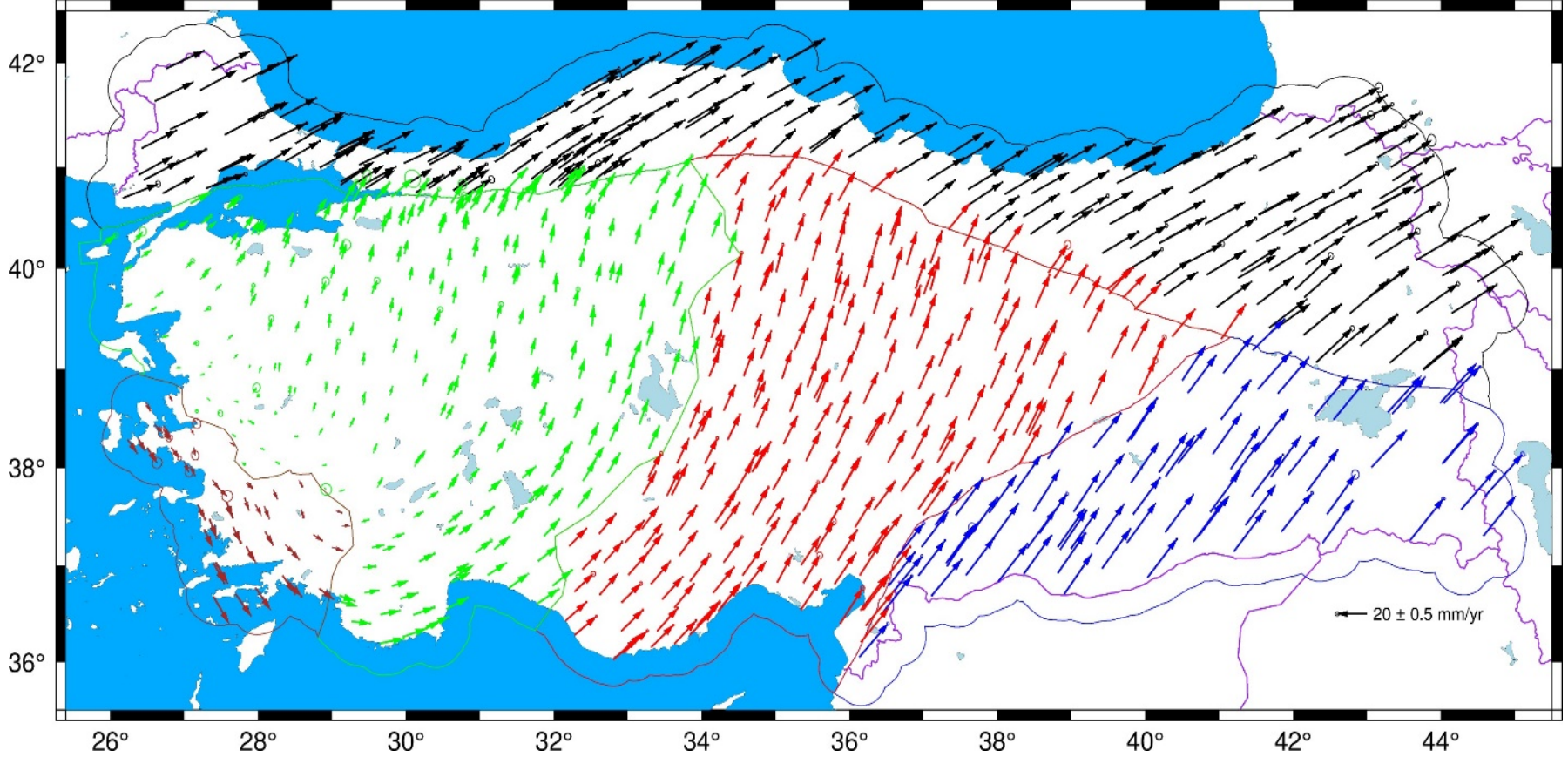


Kümeleme Analizi Sonrası Bölgelerin Belirlenmesi





Hızların Bölgelere Göre Kümelenmesi ve Grid Dosyaları





Web Uygulamasının Oluşturulması

https://www.harita.gov.tr/TUREFHIZALANI

Calibrations EUREF Analysis Centre... Tureng - Türkçe İngiliz... Harita Genel Müdürlü... EUREF Permanent GN... Türkiye İş Bankası İnt... Yerbilimleri Harita Gör... ClientSide 2020 UNAVCO Short C... EPN Densification Wor...

İLETİŞİM: +90 (312) 595 22 22 ANASAYFA SIKÇA SORULAN SORULAR İLETİŞİM English

T.C. MİLLÎ SAVUNMA BAKANLIĞI HARİTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ KURUMSAL ÜRÜNLER UYGULAMALAR FAALİYETLER MÜZE HARİTA DERGİSİ ATATÜRK KOŞESİ

TUREF HIZ ALANI-2020

Hız Kestirimi Yapılacak Noktanın Enlem ve Boylamını Giriniz: (Nokta Türkiye sınırları içerisinde olmalıdır)

Enlem (*):

Boylam (*):

Sonuçlar (TUREF Datumu-ITRF96 Hızları) :

Vx (m/yıl): -0.01151

Vy (m/yıl): -0.00107

Vz (m/yıl): 0.00907

Bilgilendirme Dokümanına ulaşmak için [tıklayınız](#).
Uygulamaya ile ilgili geri bildirimlerinizi jeodezi@harita.gov.tr adresine gönderebilirsiniz.

<https://harita.gov.tr/TUREFHIZALANI>

Geri bildirimler için jeodezi@harita.gov.tr



Sonuçlar ve Planlanan Çalışmalar

- **Hız Alanı Belirleme Çalışmasında TUTGA ve T-Aktif'lerden daha fazla nokta kullanılmıştır. Jeodinamik noktalar, mareograf GNSS noktaları, Belediyelerin kurdukları istasyonlar, MAGNET ağı istasyonları, sınır dışındaki IGS istasyonları.**
- **Güncel ve kümelere ayrılmış, tüm kullanıcılar için standart bir hız alanı test amacıyla yayına başlamıştır. Yönetmelikler Komisyonunca konunun ele alınması ve Türkiye Hız Alanının kullanımının mevzuata dahil edilmesi.**
- **Tektonik çalışmalar için Avrasya Sabit Datumda hızların sunulması ile ilgili yayın çalışması devam ediyor. TÜBİTAK TJES Aykut Barka özel sayısı**
- **Önümüzdeki dönemde: Sınır dışındaki verilerin ve ülkedeki diğer ölçü noktalarının/ağların dahil edilerek hız alanının iyileştirilmesi planlanmaktadır.**



Harita Genel Müdürlüğü

Ulusal Haritacılık Kurumu

İlginiz ve sabrınız için teşekkürler...

Referanslar:

Altamimi Z, Métivier L, Rebischung P, Rouby H, Collilieux X (2017). ITRF2014 plate motion model, *Geophysical Journal International*, Volume 209, Issue 3, Pages 1906–1912, [doi:10.1093/gji/ggx136](https://doi.org/10.1093/gji/ggx136).

Kurt Aİ, Cingöz A, Özdemir S, Peker S, Özel Ö, Simav M (2020). Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA) Güncel Koordinat ve Hızlarının GNSS Verilerinin Yeniden Değerlendirilmesi Kapsamında Hesaplanması (Estimation of the Updated Coordinates and Velocities of Turkish National Fundamental GNSS Network within the Context of GNSS Data Reprocessing). *Harita Dergisi*, 164, 1-17 (in Turkish).