



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ANLIK ŞİDDETLİ YAĞIŞLARIN GPS  
KONUM DOĞRULUĞUNA ETKİSİ ÜZERİNE  
BİR ÇALIŞMA**

**Mahmut ATALAY**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ağustos - 2018  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Mahmut ATALAY tarafından hazırlanan “ANLIK ŞİDDETLİ YAĞIŞLARIN GPS KONUM DOĞRULUĞUNA ETKİSİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA” adlı tez çalışması 01/08/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Doç.Dr. Tamer BAYBURA

.....

#### Danışman

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI

.....

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ahmet AVCI  
FBE Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Mahmut ATALAY

Tarih:

**ÖZET****YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ANLIK ŞİDDETLİ YAĞIŞLARIN GPS KONUM DOĞRULUĞUNA ETKİSİ  
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA****Mahmut ATALAY****Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Prof. Dr. İbrahim KALAYCI  
2018, 63, Sayfa****Jüri****Prof. Dr. İbrahim KALAYCI  
Doç. Dr. Tamer BAYBURA  
Dr. Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK**

Bu tez çalışması ülkemizde sürekli yayın yapan Tusaga-Aktif (CORS-tr) sisteminin anlık konum doğruluğuna getirilen Troposferik gecikme etkisinin şiddetli hava olaylarındaki düzeltilmesini incelemektedir. Ölçümler için referans alınan noktalar Türkiye’de 2017-2018 yılında yaşanan şiddetli hava olaylarının geçtiği illerdeki Tusaga-Aktif noktaları seçilmiştir. Bunlar İstanbul, Rize ve Ankara illeridir. Alıcılardan 1 saniye ve 30 saniyelik yağışın olduğu günlere ait RINEX verileri kullanılmıştır. Veriler Canadian Spatial Reference System-Precise Point Positioning (CSRS-PPP) akademik yazılımında Hassas Nokta Konumlama tekniğinde (PPP) değerlendirilmiştir. PPP-kinematik konum değerleri PPP-Statik konum sonuçlara göre kıyaslanmıştır. Meteoroloji 9. Bölge müdürlüğünden temin edilen OMGİ ölçümleri şiddetli yağış raporları da incelendiğinde seçtiğimiz tarihlerde kayıt altına alınan şiddetli yağışların olduğu tespit edilmiştir. Yapılan ölçümlerin anlık kinematik konum değerleri Up, North, East olarak incelendiğinde yağışsız günlere göre yoğun yağış saatlerinde İstanbul için farklı tarihlerde 5 cm – 30 cm arasında, Rize’de 5 cm – 12 cm arasında, Ankara’da 5 cm – 12 cm arasında değiştiği gözlemlenmektedir. Bu incelenen değerler 1 cm – 6 cm arasında olan standart sapmaların çok üzerinde olduğu bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Cors, Kinematik, OMGİ, Statik, Tusaga-Aktif,

**ABSTRACT****MS THESIS****A STUDY ON THE EFFECTS OF VERIFIED OILS ON GPS POSITION  
VERIFICATION****Mahmut ATALAY****THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY  
IN GEOMATIC ENGINEERING****Advisor: Prof. Dr. İbrahim KALAYCI  
2018, 63, Pages****Jury****Prof. Dr. İbrahim KALAYCI  
Assoc.Prof.Dr. Tamer BAYBURA  
Asst.Prof.Dr. Abdullah VARLIK**

This thesis study examines the effect of the Tropospheric delay effect on the instantaneous position accuracy of the Tusaga-Aktif (cors-tr) system, which continuously broadcasts in our country, on severe weather events. The reference points for measuring TUSAGA-aktif points late in the provinces where the severe weather events in the years 2017-2018 in Turkey were selected. These are Istanbul, Rize and Ankara. RINEX data for 1 second and 30 second rain days were used. The data were evaluated in the Precision Point Positioning (CSRS-PPP) academic software in the Canadian Spatial Reference System (PPP). The PPP-kinematic position values are compared with the PPP-Static position results. Meteorology OMGI measurements obtained from the 9th Regional Directorate have been found to have heavy rainfall recorded on selected dates when the heavy precipitation reports are examined. When the instantaneous kinematic position values of the measurements are examined as Up, North, East, it is observed that between 5 cm - 30 cm in different dates, between 5 cm - 12 cm in Rize and between 5 cm - 12 cm in Ankara in heavy precipitation hours compared to no precipitation days . These values were found to be well above standard deviations from 1 cm to 6 cm.

**Keywords:** Cors, Kinematics, OMGI, Static, Tusaga-Aktif

## ÖNSÖZ

Çalışmamın her aşamasında benden yardımını, sabrını esirgemeyen ve her türlü desteği veren başta danışman hocam Prof. Dr. İbrahim KALAYCI olmak üzere, Arş. Gör. Dr. Salih Sermet ÖĞÜTÇÜ, hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan Annem, Babam ve sevgisiyle benim kuvvetimi diri tutan, hayata sınıksız sarılmama sağlayan oğlum Ertuğrul ATALAY' a teşekkür ederim.

Mahmut ATALAY  
KONYA-2018



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>3</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>4</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>6</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>8</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>10</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>12</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>16</b>
<b>4. GNSS VE GNSS METEOROLOJİSİ</b> .....	<b>17</b>
4.1 GNSS .....	17
4.1.1 Hassas Nokta Konumlama PPP Tekniği.....	20
4.2. GNSS Meteorolojisi .....	22
4.2.1 İyonosferik Gecikme.....	22
4.2.2 Troposferik Gecikme .....	24
4.2.3 Yağışa Dönüştürülebilir Su Buharı (PWV).....	27
<b>5. UYGULAMA</b> .....	<b>29</b>
5.1 Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning .....	30
5.1.2 CSRS-PPP’ den Gelen Verilerin İşlenmesi .....	34
5.2 Uygulama Grafikleri .....	35
5.2.1 İstanbul 18 Temmuz 2017.....	35
5.2.2 İstanbul 27 Eylül 2017 .....	42
5.2.3 Rize 28 Eylül 2017.....	49
5.2.4 Ankara 5 Mayıs 2018.....	52
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....	<b>55</b>
6.1 Sonuçlar .....	55
6.1.1 İstanbul 18 Temmuz 2017.....	55
6.1.2 İstanbul 27 Eylül 2017 .....	55
6.1.3 Rize 28 Eylül 2017.....	56
6.1.4 Ankara 5 Mayıs 2018.....	56
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>58</b>

<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>63</b>
----------------------	-----------



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

<i>dtrop</i>	Troposferik düzeltme
<i>N</i>	Faz başlangıç belirsizliği
<i>zpd</i>	Zenit yolu gecikmesi (zenit path delay)
<i>dkuruz</i>	Zenit yolu gecikmesi için kuru bileşen
<i>dıslakz</i>	Zenit yolu gecikmesi için ıslak bileşen
$\delta L$	uydu zenit açısına ve nokta yüksekliğine bağlı olarak tablodan alınacak olan düzeltme değeri (m.)
<i>Map</i>	Oransal fonksiyon/katsayı (mapping function).

### Kısaltmalar

CORS	Continously Operating Reference Station
CSRS-PPP	Canadian Spatial Reference System-Precise Point Positioning
GLONASS	Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (GLObal Navigation Satellite System)
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
IGS	International GNSS Service (Uluslararası GNSS Servisi)
IRNSS	Indian Regional Navigational Satellite Sysyem
PPP	Precise Point Positioning (Hassas Nokta Konumlama)
PPP-RTK	Precise Point Positioning-Real Time Kinematic
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
RMS	Root Mean Square
RTK	Real Time Kinematic
SBAS	Satellite Based Augmentation System
TKGM	Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
TUSAGA	Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı
WAAS	Wide Area Augmentation System (Geniş Alan Güçlendirme Sistemi)
WGS-84	World Geodetic System 1984 (Dünya Jeodezik Sistemi 1984)
ZTD	Zenit Troposferik Gecikme

ZHD Zenit Islak Gecikme  
ZWD Zenit Kuru Gecikme



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1 GNSS Uyduları .....	17
Şekil 4.2 Tusaga-Aktif Sistemi .....	19
Şekil 4.3 İnternet Tabanlı PPP Servislerinin Çalışma Sistemi.....	21
Şekil 4.4 İyonosferik Gecikme Etkisi .....	23
Şekil 4.5 Troposfer Ve İyonosfer Gecikme Etkisi.....	25
Şekil 5.1 Şiddetli Yağış Gözlenen İller.....	29
Şekil 5.2 Tusaga-Aktif Rinex İndirme Giriş adımları (URL-3, 2018).....	30
Şekil 5.3 CSRS-PPP Giriş Adımları .....	31
Şekil 5.4 CSRS-PPP Giriş Sayfası.....	32
Şekil 5.5 CSRS-PPP Dosya Yükleme Sayfası.....	33
Şekil 5.6 '.sum' Dosyasında Bulunan ITRF Koordiant Bölümü .....	33
Şekil 5.7 MathWorks Yazılımında Coğrafi-ECEF Dönüşümü.....	34
Şekil 5.8 MathWorks Yazılımında ECEF-Toposentrik Dönüşümü.....	34
Şekil 5.9 Sarıyer/17061 İstasyonuna Ait Saatlik Toplam Yağış (mm=kg/m <sup>2</sup> ) ....	35
Şekil 5.10 18 Temmuz İSTN İstasyonu Up Değer Grafiği.....	36
Şekil 5.11 18 Temmuz ISTN İstasyonu North, East Değer Grafiği .....	36
Şekil 5.12 1 Haziran ISTN İstasyonu Up Değer Grafiği .....	37
Şekil 5.13 1 Haziran ISTN İstasyonu North, East Değer Grafiği.....	37
Şekil 5.14 18 Temmuz KARB İstasyonu Up Değer Grafiği.....	38
Şekil 5.15 18 Temmuz KARB İstasyon North, East Değer Grafiği .....	38
Şekil 5.16 1 Haziran KARB İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği .....	39
Şekil 5.17 1 Haziran KARB İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği.....	39
Şekil 5.18 18 Temmuz SLEE İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği .....	40
Şekil 5.19 18 Temmuz SLEE İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği.....	40
Şekil 5.20 1 Haziran SLEE İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği.....	41
Şekil 5.21 1 Haziran SLEE İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği .....	41
Şekil 5.22 Sarıyer/17061 İstasyonuna Ait Saatlik Toplam Yağış (mm=kg/m <sup>2</sup> ) ...	42
Şekil 5.23 27 Eylül ISTN İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği .....	43
Şekil 5.24 27 Eylül ISTN İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği.....	43
Şekil 5.25 1 Haziran ISTN İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği .....	44
Şekil 5.26 1 Haziran ISTN İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği .....	44
Şekil 5.27 27 Eylül KARB İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği .....	45
Şekil 5.28 27 Eylül KARB İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği.....	45
Şekil 5.29 1 Haziran KARB İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği .....	46
Şekil 5.30 1 Haziran KARB İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği.....	46
Şekil 5.31 27 Eylül SLEE İstasyonuna Ait UP Değer Grafiği.....	47
Şekil 5.32 27 Eylül SLEE İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği .....	47
Şekil 5.33 1 Haziran SLEE İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği.....	48
Şekil 5.34 1 Haziran SLEE İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği .....	48
Şekil 5.35 Rize/17040 İstasyonuna Ait Saatlik Toplam Yağış (mm=kg/m <sup>2</sup> ).....	49
Şekil 5.36 28 Eylül RZE İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği.....	50
Şekil 5.37 28 Eylül RZE İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği .....	50
Şekil 5.38 1 Haziran RZE İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği.....	51
Şekil 5.39 1 Haziran RZE İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği .....	51
Şekil 5.40 Ankara İstasyonuna Ait Saatlik Toplam Yağış (mm=kg/m <sup>2</sup> ) .....	52
Şekil 5.41 5 Mayıs ANRK İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği.....	53
Şekil 5.42 5 Mayıs ANRK İstasyonuna ait North, East Değer Grafiği .....	53

Şekil 5.43 1 Haziran ANRK İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği.....	54
Şekil 5.44 1 Haziran ANRK İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği.....	54



## 1. GİRİŞ

Başlangıçta navigasyon amaçlı kullanım için tasarlanan ve zamanla geliştirilen küresel konumlama sistemi (GPS), anlık konum belirlemede uydudan çıkan sinyalin uzay boşluğundan geçerek atmosferin katmanlarından alıcıya ulaşmasından yol, zaman, hız denkleminde geriden kestirmeyle nokta konumunun hesabı yapılabilmektedir. Atmosfere girdiğinde sinyal çeşitli etkilere maruz kalmaktadır. Atmosferin katmanlarından iyonosfer ve troposfer bu etkiye sahip tabakalardır. Atmosferde, bazıları endüstriyel etkinlikler sonucu, bazıları da doğal olarak bir çok sera gazı bulunmaktadır (Perler, 2011). İyonosferik etkiyi ortadan kaldırmak için çift frekanslı gözlemler birleştirilebilir. Nötr atmosferik gecikmeyle ilgili olarak, "troposferik gecikme" terimi, troposfer ve stratosfer gecikmesini kapsar, çünkü troposfer, nötr atmosferin kütlesinin çoğunu ve pratik olarak su buharının tümünü kapsar. GPS sinyallerinin zirveden ufukta troposferik gecikmesi yaklaşık 2-20 m'dir ve çift frekanslı gözlemlerle düzeltilemez. Böylece, toplam troposferik gecikme etkisi (ZTD) navigasyon ve konum bilgisi için dikkatle düşünülmelidir (Chen ve ark., 2011).

Hava tahminlerinde bulunabilmek için hava bilimi çeşitli yöntemler geliştirmiş ve bunlardan biriside havaya bağımsız sensör bağlı balonlar uçurmak mahiyetiyle yapılan radyosonde gözlemleridir. Gözlemlerin temel amacı troposferdeki su buharının tahmini ve kestirimi ile ilgili uğraştır. Bununla birlikte GPS ile gelişmelerde görülmüştür ki; Troposferik su buharı miktarının, kısa ve uzun periyotlarda, düşük maliyetle, doğru ve devamlı olarak sürekli GPS istasyonlarındaki verilerle elde edilebileceği gerçeği, sürekli GPS ağlarından yararlanarak iklim ve meteorolojik araştırmaları güncelleştirmiştir (Gürbüz ve ark., 2014).

GPS meteorolojisinde su buharına dönüştürülen temel büyüklük “troposferik zenit gecikmesi”dir (ZTD). Bir istasyon noktasındaki toplam zenit gecikmesi; bu istasyondaki ve çevresinde uygun dağılmış istasyon noktalarındaki GPS gözlemlerinden, öncül troposferik model, izdüşüm fonksiyonu kullanılarak kestirilir. Elde edilen büyüklük, istasyonun zenit doğrultusunda, troposferde uydu-alıcı arasındaki optik ve geometrik yollar arasındaki farktır ( Mekik ve ark., 2016 ). Zenit troposferik gecikme (ZTD); Zenit kuru gecikme (ZHD) ve Zenit ıslak gecikme (ZWD) olmak üzere iki bileşene ayrılır. Kuru bileşen atmosferik basınca bağlıdır ve istasyon noktasındaki basınç değeri kullanılarak doğrudan yüksek doğrulukla elde edilir. Islak bileşen (ZWD) ise, troposferik gecikme (ZTD)'den kuru gecikme (ZHD) çıkarılarak da elde edilebilir ve yoğunlaşabilir su

buharına (PWV) dönüştürülür. Yoğuşabilir su buharı bilindiğinde, troposferik zenit gecikmesi hesaplanabilir (Hogg, 1981). Bunun tersi olarak, Zenit ıslak gecikme (ZWD) bilindiğinde de; mikrodalgalar için troposferik kırılma indisi eşitliğinden yoğuşabilir su buharı (PWV) çıkarılmaktadır (Askne ve Nordius, 1987).

Bu yönde yapılan araştırmalar sonucu kullanılan modellemeler ile troposferik gecikmenin nokta konumlarının belirlenmesinde giderilmesi için CORS ağı olan sabit gnss ağı TUSAGA - Aktif de kullanıldığını bilmekteyiz. Nokta konumlarına etkisini elde edilen veriler sonucu belirlenen ısı, basınç, vb. değerlerin profil analizleri kullanılmaktadır. Fakat ölçümler esnasında ani hava değişimleri olabilmekte ve alışılmışın dışında orajlar meydana gelebilmektedir. Troposferde su buharından kaynaklı meydana gelen bu şiddetli hava olayları, TUSAGA - Aktif in gerçek zamanlı kinematik konum belirlemede referans istasyonlarının konumlarının elde edilmesi için troposferik gecikme olarak ne kadar anlık etki yaptığının bulguları var olmamaktadır.

Bu çalışmada ülkemizde meydana gelen şiddetli hava olayları (afet) diye nitelendirdiğimiz ve nisbi nem kaynaklı hava olaylarında TUSAGA – Aktif referans istasyonlarının gerçek zamanlı kinematik ve statik konum doğruluğundaki bozulmaları bulmayı hedeflemekte ve aynı zamanda oluşabilecek ani şiddetli hava değişimlerindeki troposferik gecikme etkisinin hesaplanabilirliğini incelemekteyiz.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yağışa dönüşebilir su buharı miktarının hesaplanması ve konum doğruluğuna ilişkin çalışmalarda Troposferik ıslak gecikmenin (ZWD) araştırılması ile ilgili önceki çalışmalar şöyledir;

Nahvi, 1988, geliştirdiği modele konum veya zaman için herhangi bir parametre ayarlaması gerektirmeyen, farklı coğrafi ve iklim koşullarına sahip 70 dünya istasyonunda 1981'den 1983'e kadar yaklaşık 110.000 radyo-santral girişinin verisini uygulamış ve sinoptik verilerin tabakalanması yoluyla troposfer aralığı hatasının tahmini geliştirilebilir olduğunu şu anki çalışmalar baz alındığında öngörmüştür.

Bevis ve ark. 1992, Küresel konumlandırma sistemine (GPS) dayalı olarak su buharının uzaktan algılanması için yeni bir yaklaşım sunmuş ve GPS alıcısındaki yüzey sıcaklığı ve basınç değerleri göz önüne alındığında, geri alınan ZWD ( ıslak zenit gecikmesi), bu alıcı üzerinde yer alan entegre su buharının (IWV) bir tahminine çok az ek belirsizlik ile dönüştürülebileceğini belirtmiştir. GPS ağlarından gelen veriler, gezegen ölçeğinde atmosferi karakterize etmek için düşük uydu yörüngesindeki GPS alıcıları tarafından yapılan GPS uydularının gözlemleri ile uyumlu olarak analiz edilebileceğini ortaya koymuştur.

Troller ve ark. 2004, Büyük Hawaii adasının yüksek yoğunluklu GPS ağına özel bir ölçüm kampanyası sırasında toplanan gerçek veriler ile İncelenen yöntemlerin potansiyel ve limitlerini karşılaştırmak için, bağımsız veriler kullanarak İsviçre bölgesinde kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yüksek bir mekansal dağılımda ve saatlik olarak yedi günlük veriler incelenmiştir. Sonuç olarak, troposferdeki tümleşik su buharı miktarının belirlenmesinin başarıyla gerçekleştirildiği söylenebileceğini ve jeodezik uygulama için, GPS ölçümlerinin düzeltilmesi, uzun vadeli GPS faz gözlemleri mevcut olması şartıyla GPS işleminde yol gecikmeleri tahmini önermişlerdir.

Saha ve ark. 2007, Tropikal ortamdaki mikrodalga yayılımının troposferik gecikmeye etkisini incelemişler ve herhangi bir yer için tek bir modelin kullanılmasının dezavantajlı olabileceğini bildirmişlerdir.

Walpersdorf ve ark. 2007, Afrika'daki meteorolojik uygulamalar için GPS verisinin değerlendirildiği ve hata kaynaklarının incelenerek konumlandırma doğruluğunun analizi yaptıkları çalışmalarında IGS (Uluslararası GNSS Servisi) analizinin oldukça tutarlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Raju ve ark. 2009, GPS ile ölçülen troposferik gecikmede atmosferik salınımların etkisi ile ilgili çalışmalarında ZTD verilerinde gözlemlenen büyük gelgit salınımları diurnal, yarı-diurnal ve bunların harmonikleri olduğunu bildirmektedirler.

Bock ve ark. 2010, DORIS (Doppler Orbitografi Radyopositioning Entegre) ve GPS verilerinden türetilen zirve troposferik gecikmeleri karşılaştırdıkları çalışmalarında, Genel olarak, DORIS'in belirgin şekilde daha büyük bir rastgele dağılım göstermesine rağmen, her iki teknik arasındaki uyumun iyi olduğunu ayrıca yüksek istikrar ve iyi uzamsal ve zamansal kapsama alanı, makul süre ortalaması uygulanabilir (örneğin, farklar 5 günlük ortalamalarla 8.6'dan 2.4 mm'ye düştüğü sürece) ve gerçek zamanlı olmayan meteoroloji ve iklim çalışmaları için DORIS'e başvurmanın daha etkili olacağını bildirmişlerdir.

Musa ve ark. 2011, Peninsular Malezya'daki bir yıllık GPS ölçümlerinden elde edilen yağışa dönüşebilir su buharı miktarı (IWV) verisinin ve bu GPS türevi IWV ile radyosondan türetilen IWV arasındaki korelasyonun doğruluk değerlendirmesini karşılaştırmışlardır. Mevcut radyosonde istasyonlarına yakın dört GPS istasyonu değerlendirildiğinde; GPS ile türetilmiş yağışa dönüşebilir su buharı miktarlarının ortalamalarından yola çıkarak, GPS verilerinin, Malezya yarımadasında az hava istasyonu bulunan yerlerde su buharı gözlemi için kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermişlerdir.

Fernandes ve ark, 2013, Kıyı altimetresinde uygulama için GNSS'den gelen troposferik gecikmeler üzerine yaptıkları çalışmalarında deniz ve kıyı seviyesi ölçüm hatalarının benzer düzeyde olduklarını bildirmişlerdir.

Dousa ve Vaclavovic 2014, sayısal hava tahmini uygulamalarını destekleyen gerçek zamanlı zenit troposferik gecikmeleri araştıran bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada ZTD'lerin (Zenit toplam gecikme) ortalama 6-10 mm standart sapmalar ile karakterize edilebilir olduğu, ancak yazılımdaki eksik hassas modeller nedeniyle gerçek zamanlı yazılımların hala 20 mm'ye kadar büyük güvensizlik oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Gürbüz ve ark., 2014, Türkiye için yüzey sıcaklığı, ağırlıklı ortalama sıcaklık ve yoğunlaşabilir su buharı miktarını hesaplayan bir Tm modelinin doğruluğunu ve güvenilirliğini gözlemlemek ve geliştirmek için; radyosonda analiz algoritmasından elde edilen değerler ve gerçek radyosonda değerleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, bu çalışmada kullanılan tüm değerlendirme yöntemleriyle PWV (yağışa dönüşebilir su buharı) değerleri radyosonda doğruluğuna göre  $\pm 1-2$  mm ile hesaplanmıştır. Bu sebeple

çoğu Avrupa ülkesinde olduğu gibi Türkiye’de de PWV değerlerinin elde edilmesinde zamansal çözünürlük açısından daha güçlü olan GPS sisteminin kullanılmaya başlanması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Aktuğ ve ark. 2015, İstanbul’da 2008 ve 2009 yıllarında, can ve mal kaybına yol açan kuvvetli yağışlar; nem değişimlerinin yatay ve dikey olarak dağılımı bağlamında, GPS-IPWV verisi kullanılarak değerlendirmişlerdir. GPS-IPWV (yağışa dönüşebilir su buharı) verileri; WRF tahmin modeli, radar ve gözlem verileri ile birlikte analiz edilerek, kuvvetli yağışlarla ilişkisi ortaya koymuşlardır. GPS sisteminden elde edilen PW değerlerinin gerçekleşen yağışlarla uyumlu olduğu görmüşler fakat bölgesel sayısal tahminden elde edilen PW ve yağış tahmin değerlerinin, bazı noktalarda model sapmalarının büyük olduğu ortaya çıkarmışlardır.

Majumder ve ark. 2015. Hindistan’da çeşitli verilerinden ve yeryüzündeki su buharı ölçümlerinden troposferik gecikmeyi inceledikleri çalışmalarında, troposferik gecikme özelliklerini incelemek için yer temelli bir radyometre kullanılmış ve Kolkata/Hindistan’daki ( $22.57^{\circ}$  N,  $88.37^{\circ}$  E) MODIS uydu gözlemleriyle karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, muson ayları haricinde radyometre ile MODIS verileri arasında iyi bir uzlaşma olduğunu göstermiştir.

Mekik, 2016, Tüm Türkiye İçin GNSS ile Su Buharının Kestiriminde Q Dönüşüm Faktörünün Elde Edilmesi araştırmasında, Türkiye’deki 8 radyosonda istasyonunun 2011 yılına ait profil gözlemlerinin analiziyle Q modelleri geliştirmiş ve bu modeller; TÜBİTAK 112Y350 nolu proje kapsamında tesis edilen Ankara ve İstanbul’daki GNSS-RS istasyonlarında hesaplanan yaklaşık 1 yıllık PWV GNSS ile PWV RS değerlerinin karşılaştırılmasıyla test etmiştir. Ankara ve İstanbul GNSS-RS istasyonlarında yapılan karşılaştırma sonuçları; tüm Türkiye için geliştirilen hibrit Q modelinin  $\pm 1,65$  mm doğrulukla yoğunlaşabilir su buharı kestirimi yapılabileceğini göstermiştir.

Mousa ve ark. 2016, GNSS kullanılarak troposferik ıslak gecikme tahmini üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışma neticesinde troposfer ZWD’si (Troposferik zenit ıslak gecikmenin belirlenmesi) için tahmin yapılması durumunda koordinatların RMS’sinin daha iyi olduğunu, troposferin yok sayılması durumunda kötü olduğunu ve ZWD değerlerinin yılın başından sonuna doğru yükselip aynı zamanda troposferdeki su buharı içeriği ile yüksek korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir.

Abdelfatah ve ark, 2017, Mısır’da troposferik gecikme haritalama fonksiyon modellerinin değerlendirdikleri bir çalışmada Hassas geometrik aralık hatasının eğik

gecikme üzerinde önemsiz bir etkiye sahip olduğunu ve azimut anti-simetrik dalgalanmanın yaklaşık% 1 olduğunu göstermektedir.

Sun ve ark, 2017, 2012 ve 2015 yılları arasında yaptıkları EOF analizine dayanılarak önerilen zenit troposferik gecikmenin küresel modeli ile ilgili çalışmalarında, meteorolojik parametrelere ihtiyaç duymayan modellerin daha çok ilgi gördüğünü ve Troposfer Küresel Ampirik Ortogonal Fonksiyonun doğruluğunu, ZTD varyasyonunu karakterize etmek için EOF analiz yönteminin kullanılmasının makul olduğunu bildirmişlerdir.

Rahimi ve ark. 2017, Troposferik modellerin su buharı üzerine Güneydoğu Asya üzerindeki etkisi ile ilgili yaptıkları çalışmalarında söz konusu MPT modelinin, Malezya Yarımadası'ndaki GPS istasyonlarındaki meteorolojik sensörlerin yokluğunda iyi bir alternatif araç olabileceğini bildirmişlerdir.

EOF analizine dayanılarak önerilen zenit troposferik gecikmenin küresel modeli ile ilgi (Sun ve ark. 2017) yapılan çalışmada birçok ampirik düzeltme modelinin GNSS ölçümlerindeki gecikmeyi telafi etmek için geliştirildiği ve meteorolojik parametrelere ihtiyaç duymayan modellerin daha fazla ilgi gördüğü belirtilmektedir.

Shu ve ark. 2017, sismik dalga ölçümü için yüksek oranlı GNSS hassas nokta konumlandırmasının hata analizini araştırmışlar ve simülasyon sonuçlarının, taşıyıcı fazların ve yüksek seviye iyonosferik hataların rassal gürültüsünün, kısa sürede yüksek oranlı PPP (hassas nokta konumlandırma) hassasiyetini etkileyen iki önemli faktör olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca gerçek verilerle yapılan deneylerinin, uyduların geometrisinin büyük bir DOP değeri ile oldukça zayıf olması durumunda, PPP çözümlerinin hassasiyetinin hem yatay hem de düşey bileşenlerde cm seviyesine düşebileceğini belirtmişlerdir.

Zhao, 2018, GPS, BDS ve GLONASS gözlemleri ile troposferik ıslak refraktivite tomografisinin doğruluğu ve güvenilirliği ile ilgili çalışma yapmış ve sayısal sonuçların, çoklu GNSS verisinin kullanımının, kullanılan uydu ışınlarının sayısını artırabildiğini ve sonuç olarak ışınlar tarafından geçen voksellerin kapsam oranını artırabileceğini belirtmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında şiddetli yağışlara ilişkin yeryüzüne düşen verilerin temini Otomatik Meteorolojik Gözlem İstasyonları olan OMGI'lerin ölçüm sonuçlarının Meteoroloji 9. Bölge müdürlüğünden alınmasıyla yağışların şiddeti yorumlanmıştır.

Şiddetli yağışların olduğu bölgedeki sürekli gözlem yapan Türkiye' nin kulanmış olduğu Cors sistemi olan Tusaga-Aktif' in istasyonlarının 1 saniyelik ücretli ve 30 saniyelik ücretsiz verileri temin edilmiştir. Veriler Tusaga-Aktif sistemine abonelik yapılarak indirilmiştir. Verilerin işlenmesi Hassas nokta konumlama PPP tekniği diye ifade ettiğimiz tek noktadan proses yöntemi ile işlenmiştir. PPP-Kinematik ve PPP-Statik yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem Kanada' nın akademik yazılımı olan CSRS-PPP 'de uygulanmıştır. İlgili akademik yazılım ücretsiz abonelikle çalışmakta ve yüklenen 24 saatlik gözlem verilerini işledikten sonra mail abonenin adresine göndermektedir. Sıkıştırılmış klasör olarak gelen önce PPP- Kinematik yöntemle proses edilmiş verinin içerisindeki dosyaları office programları (excel) ile açıktan sonra Mathworks' da yazılmış olan programlarda ilk olarak enlem-boylam yükseklik bilgisinden ecef koordinatlarına ardından bu koordinatları PPP-Statik yöntemi ile proses edilmiş noktanın koordinatını doğru kabul ederek toposentrik farklar haline dönüştürülür. Farkların değerlerini daha iyi görebilmek için 1 saniyelik ve 30 saniyelik olan bu gözlemleri yağışların yoğun olduğu saatler için standart sapma değerleri hesaplanır ve grafiklerde yorumlanır. Yağışsız olan günlerin ve yağışın olduğu günlerin karşılaştırılarak yorumlanması grafikler kullanılarak yapılır.

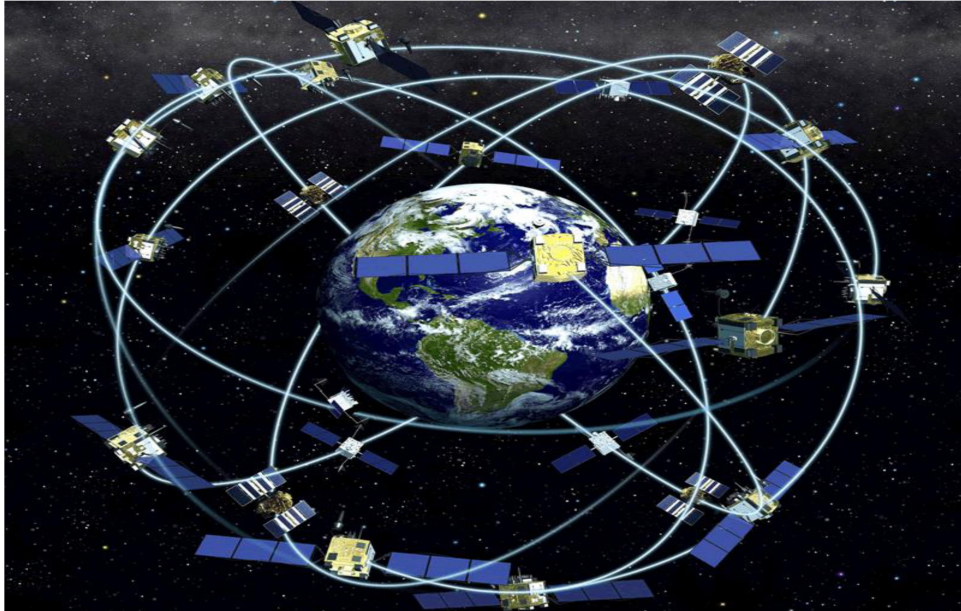
## 4. GNSS VE GNSS METEOROLOJİSİ

Bu bölümde GNSS hakkında genel bilgilerin yanısıra, günümüzde oldukça uygulama alanı bulunan GNSS meteorolojisi hakkında bilgiler verilecektir.

### 4.1 GNSS

GNSS, birçok uydu seyrüsefer sisteminin birlikte çalışmasından oluşan tümünü kapsayan sistemdir. GNSS sistemleri için bunlardan en eski bilinen ve askeri navigasyon amaçlı üretilen ve tam olarak çalışan ABD'nin 1978' ilk uyduyu ateşlemesi ile başlatılan ve aktif çalışan GPS' idir. Bunların devamında sisteme dahil olan ve olacaklar küresel ve bölgesel olarak Rusya'nın GLONAS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema), Avrupa'nın GALİLEO, Çin'in Beidou, Japonya QZSS, Hindistan IRNSS sistemleri oluşturmaktadır.

Küresel ve bölgesel uydu sistemlerinin çoğalmasıyla, alıcı daha fazla uydu gördüğü için, konum belirleme yöntemlerinden olan tek GNSS alıcısıyla yapılan PPP (yöntemindeki konum belirleme hassasiyeti arttığı düşünülmektedir. Bu durumda yöntemin mühendislik çalışmalarındaki kullanılabilirliği yaygınlaşmıştır.



Şekil 4.1 GNSS Uyduları

GNSS, uzay bölümü (uydular ve yörüngeler), kontrol bölümü (ana ve yer kontrol istasyonları) ve kullanıcı bölümü (GNSS alıcıları ve ekipmanları) olmak üzere üç ana bölümden oluşur.

GNSS günümüzde yersel yöntemlerle nokta konumlarının belirlenmesinde en güvenilir yöntem olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Nokta konumlarının belirlenmesinde yüksek doğruluk gerekliliği GNSS teknolojisinde RTK (Real Time Kinematic) tekniği ve ardından da Ağ-RTK ( CORS) tekniklerinin gelişimine yol açmıştır (İnal ve ark., 2014).

GNSS tekniğine dayalı konum belirlemede iki farklı yaklaşım kullanılabilir. Bunlardan biri ölçüm sonrası değerlendirmeye dayalı olan (post-processing) teknik, diğeri ise gerçek zamanlı kinematik (real time kinematic) tekniktir. Ölçüm sonrası değerlendirmeye dayalı olan teknik genellikle en yüksek doğruluğu sağlar (cm veya cm altı). Gerçek zamanlı kinematik teknikte gezici GNSS alıcısının koordinatları ölçüm anında cm mertebesinde bir doğrulukla belirlenmesi gerekir. Bunun için gezici GNSS alıcısının ölçümlerine gerekli olan düzeltmeler başka bir GNSS alıcısından veya bir sistemden yayınlanmak zorundadır (Öğütçü, 2018).

Gerçek zamanlı kinematik ölçümler üç farklı teknik altında toplanabilir. Bunlar, uydu tabanlı sistemler (SBAS), klasik RTK ve ağ bazlı RTK sistemleridir. Uydu tabanlı sistemler, L1 frekansına modüle edilmiş C/A kod için düzeltme yayınlarlar (çift frekans için çalışmalar devam ediyor). Bu uydular yer durağan uydularıdır. Satellite Based Augmentation (SBAS) sistemi sayesinde kod ölçümleri kullanılarak metre altı bir doğruluğa erişmek mümkündür. Klasik RTK tekniğinde, koordinatları yüksek doğrulukla belirlenmiş bir adet sabit GNSS istasyonuna ihtiyaç vardır. Faz ölçümleri kullanılarak cm mertebesinde bir doğruluğa erişmek mümkündür. Gezici GNSS alıcısının elde ettiği doğruluk sabit ile gezici GNSS alıcısı arasındaki baz uzunluğuna bağlıdır. Baz uzunluğu arttıkça doğruluk düşmektedir (Öğütçü, 2018).

Dünyada, sürekli gözlem yapan referans istasyonları (CORS) ağlarının kurulması kullanıcı için yeni bir çağır açmıştır. Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti genelinde sürekli gözlem yapan hem gerçek zamanlı (RTK) hem de postprocessing konum bilgisi elde edilebilen hızlı, ekonomik ve yüksek doğrulukta konum belirlenebilen ionosfer ve troposferi modellemek ve daha hassas meteorolojik tahminler elde etmek için Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde Tusaga-Aktif (CORS-TR) projesi 2009 yılında hayata geçirilmiştir. Kurulan ağ sayesinde Türkiye'deki tektonik (plaka) hareketlerinin duyarlı ve sürekli olarak izlenmesi, deformasyon miktarlarının mm seviyesinde belirlenmesi ve böylece depremlerin önceden belirlenmesi ve erken uyarı



GNSS ölçülerini önemli açıdan etkileyen İyonosfer ve Troposfer etkilerini araştırma ve uygulamamızla ilişkili olan GNSS Meteorolojisi altında incelenecektir.

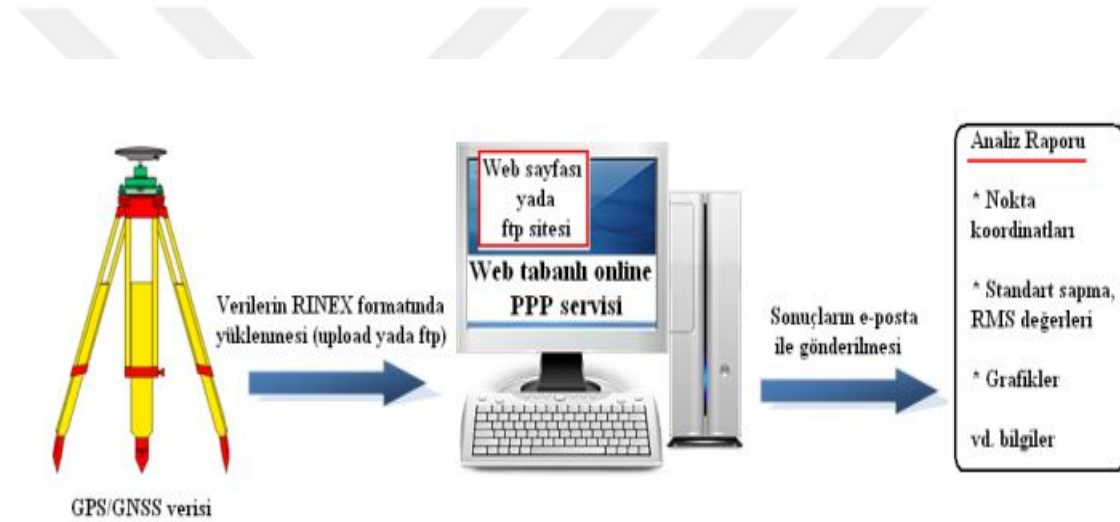
#### 4.1.1 Hassas Nokta Konumlama PPP Tekniği

IGS (Uluslararası GNSS Servisi) vb. ticari servis sağlayıcı firmaların gelişmesi, kullanıcının yüksek doğruluğa sahip konum bilgisi ihtiyacı kapsamında, uydu yörünge ve saat ürünlerinin yüksek doğrulukta elde edilmesini sağlamıştır. Bu gelişmeler ışığında Hassas nokta konumlama (PPP) tekniği tek bir GNSS alıcısı ile yüksek doğruluklu uydu yörünge ve saat düzeltme bilgileri kullanılarak mutlak konumlama anlamında yüksek konum doğruluğu sağlayan yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. PPP ile ilgili olarak 1990'lı yılların sonunda başlayan yoğun araştırma ve çalışmalar, CORS ağlarının etkin kullanımıyla gelişen süreçte, diferansiyel konumlamanın dezavantajlarına karşın önemli bir alternatif olmuştur. Bağıl GNSS tekniklerinde koordinatı bilinen nokta veya noktalara ihtiyaç duyulurken, PPP tekniğinde koordinatı belirlenecek noktada tek bir alıcı ile gözlem yapılması yeterli olmaktadır. Böylece çift frekanslı tek bir alıcı ile kod ve taşıyıcı faz gözlemleri kullanılarak, fark almaksızın (un-differenced) ve iyonosfer-bağımsız (ionosphere-free) kombinasyonlarla, dm-cm mertebesinde nokta konum doğrulukları elde edilebilmektedir (Gao, ve Shen, 2002), (Kouba, ve Héroux, 2001), (Rizos ve ark., 2012), (Zumberge ve ark., 1997).

Taşıyıcı faz başlangıç tamsayı belirsizliğinin (ambiguity) çözüm süresi, PPP tekniğinin bu avantajlarına rağmen en önemli sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Santimetre (cm) mertebesindeki doğruluklar için “ambiguity float” çözümlerinin gerçekleşmesinde gözlem süresi en az 20 dakika veya daha fazla olması gerekmektedir. Bu durum gerçek zamanlı uygulamalar açısından da önemli bir sorundur. PPP'deki bu dezavantajın çözümü için çeşitli iyileştirme çalışmaları devam etmektedir. (Geng ve ark., 2010), (Geng ve ark., 2011).

PPP tekniği ile elde edilen GNSS gözlemlerinin ölçü sonrası postproces değerlendirilmesi için çeşitli akademik değerlendirme yazılımları kullanılmaktadır. Ayrıca kullanıcılar web tabanlı GNSS servislerinin kullanabilmekte ve bu servisler kullanıcıya büyük kolaylıklar sağlamaktadır ve ek yazılım bilgisi de gerektirmemektedir. Kullanıcılar, elde ettikleri verileri RINEX vb. formatlara dönüştürerek web tabanlı servislerin internet adreslerine gönderilebilmektedir. Ayrıca servislere göre değişmekle birlikte, anten markası, anten yüksekliği gibi önemli ayrıntılar da gerektiğinde bilgi

olarak eklenebilmektedir. Kullanıcı, değerlendirmeye ilişkin raporu, kısa sürede e-posta aracılığı ile elde edebilmektedir. Söz konusu servisler üzerinden gerçekleştirilen çözümler, konum belirleme yöntemine bağlı olarak IGS'yi veya bazı ülkeler için Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonları (CORS) ağlarına ait sabit istasyon noktalarını referans nokta olarak kabul etmektedir. İstenilen noktanın gözlem verileri ve koordinatları, belirli ölçüler oranında otomatik olarak değerlendirmeye katılmaktadır. Nokta koordinatları bu referans istasyonlar aracılığıyla hesaplanmaktadır. Hesaplanması istenen noktanın ölçüleri ve e-posta adresine gelen çözümler dışında kullanıcının bilgisayarında fazladan yazılım veya veri bulunmaması önemli bir kolaylıktır. Ticari yazılımlar kullanılmaması maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Yazılımın kullanımının basit olması, öğrenmek için çok zaman harcanmaması avantaj oluşturmaktadır (Gürlek, 2017).



**Şekil 4.3** İnternet Tabanlı PPP Servislerinin Çalışma Sistemi

Dünya da çeşitli ülkeler, ticari ve akademik kuruluşlar tarafından birçok web tabanlı GNSS Değerlendirme Servisi kullanıcılara hizmet sağlamaktadır. Günümüzde ücretsiz olarak hizmet veren servislerden en çok bilinenlerinden bu tez çalışmasında PPP kinematik ve PPP statik konum çözümlenmeleri için Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning (CSRS PPP) web tabanlı yazılımı kullanılmıştır.

## 4.2. GNSS Meteorolojisi

GNSS meteorolojisi, GNSS sinyallerinin atmosferdeki uğradığı bozulmaların analizi ile elde edilen bilgiler topluluğu olarak ifade edilebilir. Başka bir ifadeyle GNSS meteorolojisi, GNSS sinyalleri vasıtasıyla elde edilen bağımsız nem verilerinin modelleme, veri birleştirilmesi, kuvvetli hava olayları, bulut dinamikleri, klimatoloji, hidroloji vb. alanlarda kullanımını konu edinir (Ware ve ark., 2000). GNSS, gündelik hayatımızın ortak bir parçası haline gelen konumlandırma, gezinme ve zamanlama konusunda devrim üretti. Bu tanınmış sivil ve ticari uygulamaların yanı sıra, GNSS artık atmosferik ısınmanın% 60-70'ini oluşturan en bol sera gazı olan su buharını doğru bir şekilde algılayabilen yerleşik bir atmosferik gözlem sistemidir (Guerova ve ark., 2016).

Atmosferik su buharı, troposferde dikey ve yatay taşıma, karıştırma, yoğunlaşma, çökeltme ve buharlaşma gibi karmaşık bir yaşam döngüsüne sahiptir (Johansson ve ark., 1998). Atmosferdeki bu değişimlerin incelenmesi GNSS sistemindeki gecikmenin hesaplanması ve modellenmesi ile ortaya konulabilmektedir. Gecikme iyonosfer ve troposfer tabakalarından kaynaklandığı bilinmektedir.

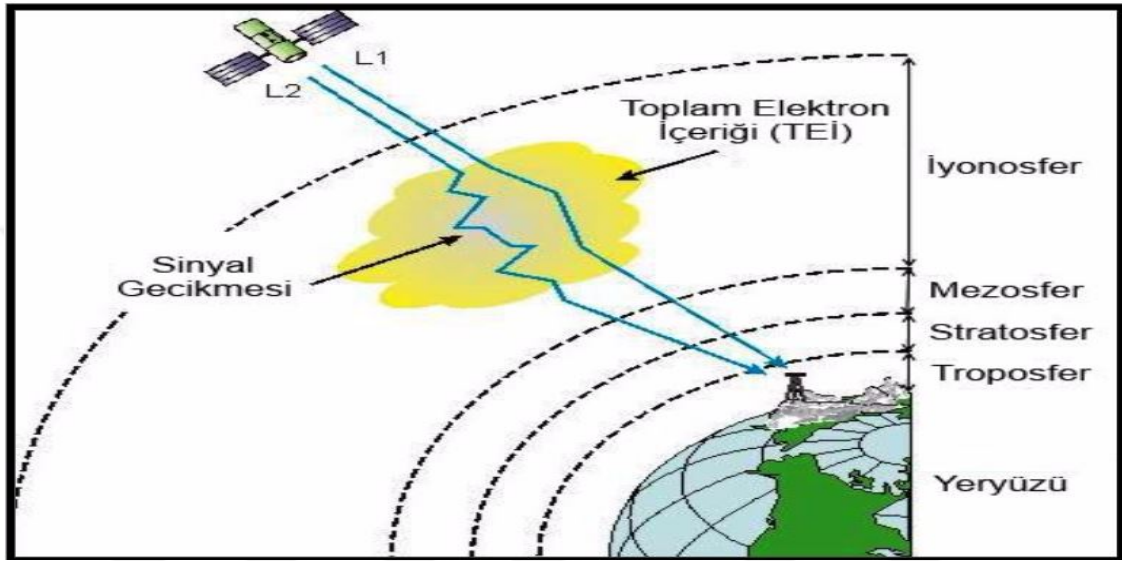
### 4.2.1 İyonosferik Gecikme

Atmosferin diğer bir katmanı olan iyonosfer, yeryüzünden 100 km.'den 1000 km.'ye kadar olan ve yeryüzü etrafındaki küresel bir kabuk olarak tanımlanır. İyonosfer dağıtıcıdır ve yüksüz moleküllerin solar radyasyondan sebep iyonlaşmasından kaynaklanan bağımsız elektronlar içerir. İyonosferin GPS/GNSS sinyallerine olan gecikme etkisi elektron yoğunluğuna bağlıdır. Elektron yoğunluğu yaklaşık 300-400 km. yüksekliğe kadar artar ve sonra tekrar azalmaya başlar. Bunun nedeni alçalan yükseklikle azalan solar radyasyon yoğunluğuyla ve artan yükseklikle azalan atmosferik yoğunluğuyla açıklanabilir. Atmosferdeki serbest elektronların yoğunluğu,, coğrafi ve jeomagnetik konumun, solar ve jeomagnetik aktivitenin, mevsimin ve günün saatinin bir fonksiyonudur (Hartman ve Leitinger, 1984).

İyonosferik kırılmanın neden olduğu uzunluktaki değişim, toplam elektron sayısının (TEC) belirlenmesiyle sınırlandırılabilir. Ancak TEC, oldukça karmaşık bir büyüklüktür. Bunun nedeni, güneş lekeleri hareketlerine (11 yıllık bir periyota sahiptir), mevsim ve günlük değişimlere, uydudan gelen sinyalin azimut ve eğim açısına, gözlem durağının (alıcının) konumuna bağlı olarak değişmesidir. Bütün etkiler göz önüne

alındığında GPS/GNSS ön-uzunluğu 0.15m ile 50m arasında yanlış elde edilebilir (Clynch ve Coco, 1986).

Çift frekans ölçümleri kullanıldığında; çift frekansta yapılan gözlemlerin birleştirilmesi, iyonosferik etkileri gidermede çok etkin ve doğruluğu yüksek yöntemdir. Jeodezik ölçmelerde iki tane taşıyıcı dalga kullanılmasının ana nedeni de budur (Hofmann-Wellenhof, ve ark., 1994).



Şekil 4.4 İyonosferik Gecikme Etkisi

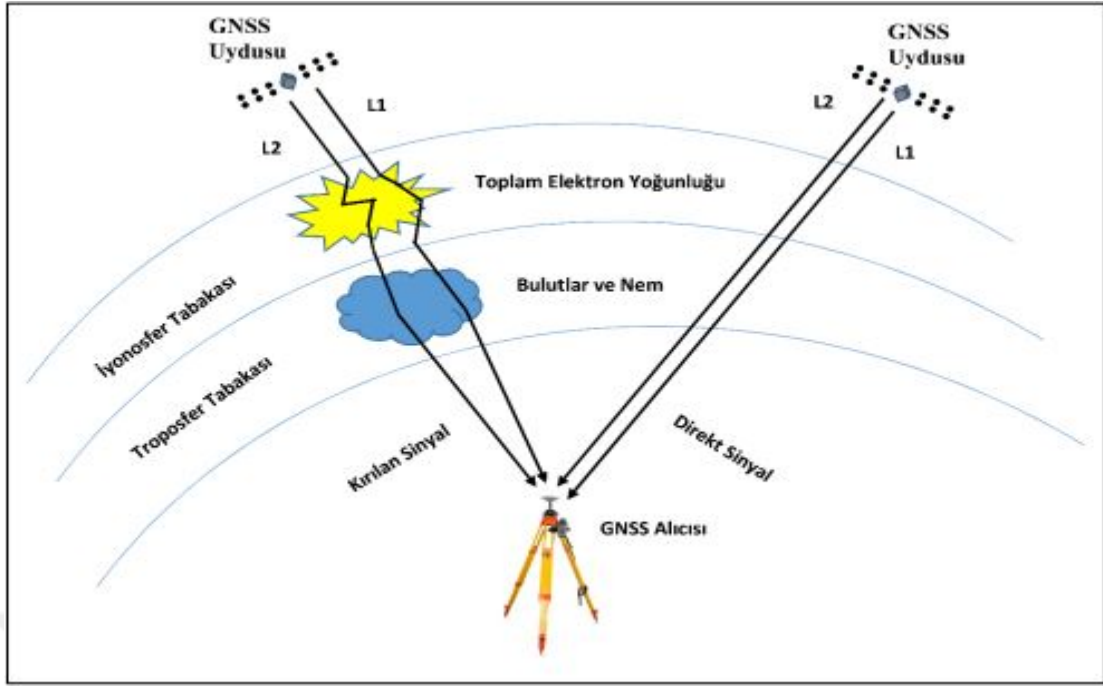
İyonosferdeki iyonlaşma miktarı güneş ışınımı ile ilgilidir. Güneş ışınımı ile elektronlar moleküllerinden ayrılarak serbest hale geçerler. Serbest elektron miktarı en yüksek seviyeye yerel saate göre 14:00 civarında ulaşır. Geceleri ise elektronlar iyonlar ile birleştiğinden serbest elektron yoğunluğu azalır. İyonosferdeki gecikme, gündüz ve geceye bağlı olarak 1-20 m arasında değişiklik göstermektedir. Bu günlük değişimlerin yanı sıra iyonosferde mevsimsel değişimlerde meydana gelmektedir (Arslan, 2004). İyonosferin GPS/GNSS ile yapılan kod ve faz ölçülerine olan etkileri farklıdır. Kod ölçüleri için iyonosferik grup gecikme etkisi söz konusu iken faz ölçüleri için faz hızlanması söz konusudur. İyonosfer, radyo dalgalarını dağıtıcı bir özelliğe sahip olup, bu bozucu etki radyo dalgalarının frekansına bağlı olarak değişim gösterir. Ölçülen uydu alıcı uzunluğunda iyonosferden dolayı bir azalma ya da fazlalık söz konusudur (Kahveci ve ark.,2007).

#### 4.2.2 Troposferik Gecikme

GPS uydularından çıkan sinyaller atmosfere girdiğinde ilk olarak iyonosfer tabakasından geçerler. GPS sinyallerinin iyonosferdeki ilerleme hızı, sinyal frekansına bağlı olarak değişim gösterir. Dolayısıyla, iyonosfer tabakasının GPS sinyallerine olan etkileri çift-frekanslı ölçülerle büyük oranda giderilebilmektedir. İyonosferden geçen sinyaller, sırasıyla mezosfer, stratosfer ve troposfer tabakalarından ilerlerler. Troposfer, Dünya yüzeyinden yaklaşık 40 km yukarıdaki atmosfer tabakasıdır (Hofmann, 2001)

İyonosfer tabakasının aksine troposfer tabakası elektrik yüklü olmadığından, yaklaşık 30 GHz'in altındaki radyo frekansları için dağıtıcı özelliğe sahip değildir. Bu nedenle, troposfer tabakasında GPS sinyallerinin yayılması frekans-bağımlı değildir. Dolayısıyla, troposferin faz ve kod ölçülerine olan etkisi aynı büyüklüktedir. Bu nedenle, GPS alıcılarının çift frekans özelliğinden yararlanarak bu etkiyi gidermek olanaklı değildir. Radyo dalgaları ile ölçüm yapan uzay merkezli konumlama teknikleri için başarılı olarak modellenemeyen ve en büyük hata kaynağını oluşturan fiziksel etki, troposfer gecikme etkisidir. Bu durumun en büyük nedeni, ıslak refraksiyon etkisinin sinyalin troposfer yolu boyunca hızlı değişim göstermesidir (Kahveci ve ark., 2007).

Nötr (iyonize olmamış) atmosferin radyo frekanslarında yayınlanan elektromanyetik dalgalara olan etkisi troposferik gecikme etkisi (ya da troposferik refraksiyon, zenit troposferik gecikme) olarak isimlendirilmektedir. Nötr atmosfer elektromanyetik dalgaların hızını ve yönünü değiştirir. Yani; Uydudan GNSS alıcılarına doğru olan yolculuklarında elektromanyetik dalgaları saptıracak miktarda serbest elektronların bulunduğu iyonosfer (kalınlığı yaklaşık olarak 70-500 km) ve elektriksel nötr olan troposfer (yaklaşık olarak kalınlığı, kutuplarda 6-7 km, ekvatorunda 16-20 km) tabakalarından geçmektedir. Radyo dalgaları, geçtiği yol boyunca tabakaların yoğunluk ve diğer bazı zamana bağlı değişen karakteristik özelliklerine (sıcaklık, basınç vs.) bağlı olarak distorsiyona uğramaktadır Bu etki elektromanyetik dalganın yavaşlamasına ve eğilmesine neden olur. GNSS sinyalleri, atmosferik kırılma etkisiyle doğrusal olmayan ve hafif eğimli bir yol izleyerek yeryüzüne ulaşırlar(Kahveci ve Yıldız, 2005).



Şekil 4.5 Troposfer Ve İyonosfer Gecikme Etkisi

Troposferik gecikme büyüklüğü; uydu yükseklik açısı, alıcı (istasyon) yüksekliği, atmosferik basınç, sıcaklık ve su buhar basıncı gibi birçok etkene bağlıdır. Troposfer, kuru ve ıslak olmak üzere iki bileşene ayrılmıştır. Kuru bileşene troposferin daha yüksek kısmı neden olmakta ve toplam troposfer hatasının yaklaşık % 90'ını açıklamaktadır. Oysa ıslak bileşene troposferin daha düşük kısmı neden olmakta ve toplam troposferik gecikmenin yaklaşık % 10'unu almaktadır. Ayrıca, kuru troposferik gecikme kolayca modellenebilir. Ama ıslak troposferik gecikmenin sıvı suyun düzensiz değişiminden, uzaydaki su buharından ve troposferdeki zamandan dolayı modellenmesi zordur (Misra ve Enge, 2001).

Troposferik etkinin radyo sinyal yayılımı üzerindeki etkisini formüle etmek amacıyla birçok troposferik düzeltme modeli geliştirilmiştir. Bunların yanı sıra yükseklik açısının bir fonksiyonu olarak sinyal gecikmesinin tanımlandığı, birçok farklı oransal model fonksiyon (mapping function) bulunmaktadır (Gürlek, 2017).

Uydu ile alıcı arasında seyahat eden sinyalin yükseklik açısı  $15^\circ$ 'nin altında olduğu durumlarda troposferik gecikme çok büyük boyutlara ulaşmakta ve modellenmesi daha da zorlaşmaktadır. Troposferik gecikmenin zenitteki değeri (uydunun yükseklik açısındaki değerine eşlenmiş durumu, kısaca sinyalin başucu doğrultusundaki gecikme değeri) 2.2m civarında olurken, yatayda yani yükseklik açısının  $0^\circ$ 'ye yakın olduğu durumlarda 25-85 m arasında değişebilmektedir. Bu nedenle GPS/GNSS ölçme

çalışmalarında troposferden ve sinyal yolu eğriliğinden fazla etkilenilmemesi için gözlemlerin 15°'nin altına inen (buna ölçmeyi kesme açısı, cut-off angle veya mask angle denilmektedir) uydu yükseklik açısı değeri ile yapılmaması önerilmektedir (Mekik, 1993).

Troposferik gecikme hesabında kullanılan atmosferik parametreler standart troposferik modellerden, gözlem noktasında ölçülen meteorolojik verilerden (basınç, kuru termometre sıcaklığı ve ıslak termometre sıcaklığı) veya su buharı radyometrelerinden ve radyosonde verilerinden yararlanarak elde edilmektedir. Günümüzde en çok kullanılan troposferik etki hesabı modelleri Saastamoinen ve Hopfield modelleridir. (Hopfield, 1969, Saastamoinen, 1973).

$$\Delta S_{trop}^z = 0.002277 * \frac{1}{\cos} * \left[ P + \left( \frac{1255}{273.15+T} + 0.05 \right) * e - B * \frac{1}{\tan^2 Z} \right] + \delta L \quad (3.1)$$

$$e = \frac{H}{100} * \exp(-37.2465 + 0.213166 * TD - 0.0006256908 * TD^2) \quad (3.2)$$

Z: uydu zenit uzaklığı,

P: atmosferik basınç (mbar),

T: mutlak sıcaklık (°C),

e: su buharı basıncı (mbar) (Ferretti ve ark, 2005),

B: noktanın yüksekliğinden dolayı tablodan alınacak katsayı,

$\delta L$ : uydu zenit açısına ve nokta yüksekliğine bağlı olarak tablodan alınacak olan düzeltme değeri (m.),

$TD=273.15+T$ ,

H: nisbi nem.

Niell'in çalışmasında uydular zenit doğrultusunda değilken troposferde öngörülen sinyal yolu uzunluğunun artışını gösteren bir oransal fonksiyon ve katsayı belirlenmesi gerekmektedir. Buna göre troposferik düzeltme ( $\Delta S_{trop}$ ) eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır (Ebner, 2008), (Niell, 1996).

$$dtrop = zpd \chi Map = dkuru z \chi Map + dıslak z \chi Map \quad (3.3)$$

$dtrop$  : Troposferik düzeltme,

$zpd$  : Zenit yolu gecikmesi (zenit path delay),

$dkuru z$  ,  $dıslak z$  : Zenit yolu gecikmesi için kuru ve ıslak bileşenler,

$Map$  : Oransal fonksiyon/katsayı (mapping function).

### 4.2.3 Yağışa Dönüştürülebilir Su Buharı (PWV)

Su buharı, hava tahmininde önemli bir yere sahiptir ve dikkatle izlenmesi gerekmektedir. Atmosfere enerji transferi ve yağış gibi işlemlerde etkili bağlantısı bulunmaktadır. Ayrıca su buharı sera gazlarından biridir. Bu nedenle gelen güneş radyasyonu üzerinde son derece etkilidir. Bu nedenlerden dolayı, PW özellikle hava tahmininde kullanılan en önemli atmosferik parametrelerden biridir ve İzlenmesi, ölçülmesi ve analiz edilmesi zorunlu bir parametredir. PW elde edilmesi halihazırda radiosonde gözlemleri ile mümkün olmaktadır. Mevcut sekiz istasyonda günde iki kez yapılarak elde edilen PW değerleri ile yapılan analizler zamansal ve alansal çözünürlük açısından yetersizdir.

GNSS sisteminden gelen ölçümler atmosferik su buharına karşı oldukça duyarlı olduğundan; bu cihazlarla PW değerleri elde etmek çok daha hızlı mümkündür. Ülkemizde kurulu sürekli gözlem yapan Tusaga-Aktif GNSS istasyonundan elde edilen verilerle yağışa dönüştürülebilir su buharını hesaplamak ve troposferik düzelme verisi üretilebilmektedir.

Zenit doğrultusundaki su buharının toplam miktarı aynı zamanda “yoğuşabilir su buharı” (PWV) olarak da adlandırılır. Bu değer, GPS/GNSS gözlemlerinden kestirilebilen troposferik yol gecikmesiyle yaklaşık olarak orantılıdır. Yoğuşabilir su buharı miktarının GPS/GNSS verilerinden belirlenmesi tekniğine “GNSS Meteorolojisi” de denilmektedir (Bevis ve ark., 1994). Toplam troposferik zenit gecikmesi değerlerinden yoğuşabilir su buharının kestirilebileceği ispatlanmıştır (Bevis ve ark., 1994). Toplam yoğuşabilir su buharı miktarı ile birlikte tüm profillerin elde edilmesi ve düşey tabaka bilgileri, meteorolojik modellerin ve hava tahmin araçlarının geliştirilmesinde daha büyük yarar sağlamaktadır (Troller, 2004).

Troposferik modeller ile hesaplanan Troposferik Gecikme ZTD değeri; kuru ve ıslak yani Zenit Hidrostatik Gecikme (ZHD) ve Zenit Islak Gecikme (ZWD) olarak iki bileşenle ifade edilmektedir. Ölçülmüş yüzey sıcaklık ve basınç değerleri kullanılarak, ZHD büyüklüğü Saastamoinen modelinden hesaplanabilmektedir.

$$\Delta S_{trop}^z = 0.002277 * \frac{P}{f(\varphi, H)} \quad (3.4)$$

$$f(\varphi, H) \equiv 1 - 0.0026 * \cos 2\varphi - 0.00028 * H \quad (3.5)$$

$H$  (km) ; ölçü noktasının ortalama deniz seviyesinden olan yüksekliğini (elipsoidal yükseklik),  
 $\phi$  (radyan) ; noktanın enlemidir.

$ZWD = ZTD - ZHD$  ile kolayca hesaplanabilir. Daha sonra Zenit  $ZWD$ 'den yararlanarak  $IPWV$  (yağışa dönüşebilir su buharı ) değerleri;

$$IWV = \int \rho_V dz \approx \kappa * ZWD \quad (3.6)$$

$$\frac{1}{\kappa} = 10^{-5} * \left( \frac{k_3}{T_m} + k_2 \right) * R_V \quad (3.7)$$

$$T_m = \frac{\int (P_V/T) dz}{\int (P_V/T^2) dz} \quad (3.8)$$

$R_V$ ; su buharının kısmi basıncı (gaz sabitesini ifade eder) ve değeri 461.524 j/(Kkg) olarak verilmektedir (Troller, 2004).

$T_m$ ; yüzeyin ağırlıklı ortalama sıcaklığıdır ve;

$T_m = 70.2 + 0.72 \times T_s$ . Amerika'da 13 istasyonda 8718 radiosonde profilleri ile 2 yıl yapılan çalışma ile hesaplanmıştır.

$T_s$ ; istasyondaki yüzey sıcaklığıdır (Mendes, 2002).

Suyun yoğunluğu ( $\rho$ ) ile  $PW$ 'nin çarpımı sonucu  $IWV$  elde edilmektedir (Bevis ve ark., 1992).  $\rho$  değerinin yaklaşık 1.0 g/cm<sup>3</sup> olduğu dikkate alınır,  $PW=IPW$  demektir.  $IWV$  değeri, su buharının düşey dağılımı hakkında bilgi vermemekle birlikte atmosferdeki nem kapasitesi hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu bilgiler ise özellikle yağış tahminlerinin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır.

## 5. UYGULAMA

Ülkemizde 2017 ve 2018 yıllarında meydana gelen meteorolojinin şiddetli olarak tanımladığı hava olaylarının yani troposferde meydana gelen yeryüzüne etkisi doğal afet olarak etki eden durumların nokta konumlarına olan anlık etkisini incelemek için ulusal kanallardan ve haber kuruluşlarından öğrenilen haberler ışığında bazı günlerin incelemesi yapıldı. Bunlar;

- İstanbul 18 Temmuz 2017 (Şiddetli yağış)
- İstanbul 27 Eylül 2017 (Şiddetli yağış)
- Rize 28 Eylül 2017 (Şiddetli yağış)
- Ankara 5 Mayıs 2018 (Şiddetli yağış), olarak belirlenmiştir.



**Şekil 5.1** Şiddetli Yağış Gözlenen İller

Şiddetli hava olaylarının yaşandığı her bir gün için o yerleşim yerine en yakın sürekli gözlem yapan Tusaga-Aktif istasyonuna ait 1 saniyelik ve 30 saniyelik RİNEX verileri kayıtlı kullanıcı olmak şartıyla URL-3 adresinden 24 saatlik setleri temin edildi. Troposferde bulunan su buharının yoğunlaşp yağmur dolu vs. şekilde yeryüzüne ne kadar düştüğünün anlık ölçümleri için Meteoroloji 9. Bölge Müdürlüğünden seçtiğimiz Tusaga-Aktif istasyonlarımızın 3-15 km çapı yakınlarında bulunan Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (OMGİ) verileri temin edildi.

**TUSAGAKTIF**  
TÜRKİYE ULUSAL SABİT GNSS AĞI AKTİF

**Trimble® Pivot Web**

- ▼ Ana Sayfa
  - ▶ İstasyon Haritası
- ▼ Ağ Bilgisi
  - ▶ I95 İyonosfer
  - ▶ IRIM/GRIM
  - ▶ Post Proses Servisi
- ▼ Atmosfer Bilgisi
  - ▶ IPWV Haritası
  - ▶ İstasyon Grafikleri
  - ▶ Atmosfer Grafikleri
  - ▶ IPWV İzohips Haritası
  - ▶ IPWV Yüzey Haritası
  - ▶ Hareketli IPWV Yüzey Haritası
  - ▶ TEC İzohips Haritası
  - ▶ TEC Yüzey Haritası
  - ▶ Hareketli TEC Yüzey Haritası
- ▼ Hesabım
  - ▶ Kişisel Bilgiler
  - ▶ Şifre Değiştir
  - ▶ Girişler
  - ▶ Oturumlar
  - ▶ VRS iScope
  - ▶ VRS iScope Live!
  - ▶ Aktif Üyelikler
  - ▶ Çıkış
- ▼ Internal Links
  - ▶ 30s RINEX Download
  - ▶ Jeodezi Hesap Atolyesi
- ▼ Harici Bağlantılar
  - ▶ Trimble

Şu anki kullanıcı: Necmettin ERBAKAN  
Unikalayci@konya.edu.tr

**Trimble® Pivot Web**  
> Ana Sayfa > Giriş

**Giriş**

Lütfen e-posta ve şifre bilgilerinizi giriniz.

E-Posta:

Şifre:

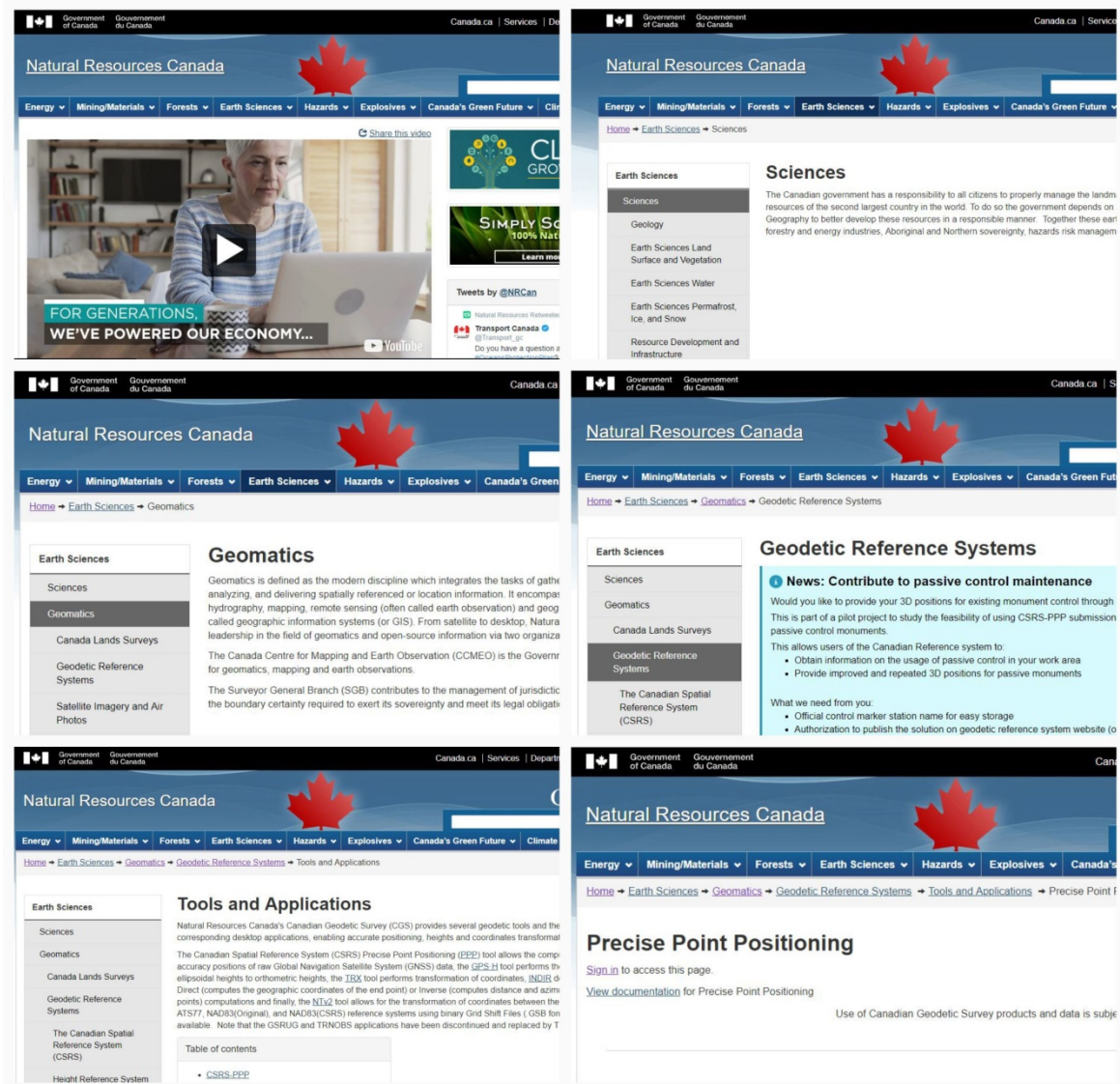
Beni daha sonra hatırla

Şekil 5.2 Tusaga-Aktif Rinex İndirme Giriş adımları (URL-3, 2018)

## 5.1 Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning

NRCAN-PPP, tüm GNSS kullanıcılarına, kendi GNSS ham gözlem verilerinden daha iyi konum doğruluğu hesaplama olanağı sağlayan ücretsiz bir online postprocessing (sonradan işleme) servisi. CSRS-PPP, 2003 yılından başlayarak sadece IGS ürünlerinden yararlanmaktaydı. Günümüzde ise IGS ve NRCAN ürünlerinin karışımını kullanmaktadır. NRCAN ürünlerine, hızlı bir erişim sağlamak için IGS küresel izleme ağı verileri kullanılarak hesaplanan 30 saniyelik GNSS uydu yörünge ve saat verileri gerekmektedir (Donahue ve ark., 2012)

Ölçüm noktalarına ait RINEX veri setleri hazırlandıktan sonra verilerin proses etme işlemine geçilir. Kayıtlı kullanıcılara sunulan CSRS-PPP web-tabanlı online yazılımı kullanılarak proses edilmektedir (URL 1, 2018). Ana giriş sayfası açıldıktan sonra sırasıyla şekil 5.3’ daki adımlar izlenerek daha önceden ücretsiz hizmet sunduğundan alınmış kullanıcı e-posta adresi ve şifre ile giriş yapılır.



Şekil 5.3 CSRS-PPP Giriş Adımları

Son açılan sayfada, sağ üst taraftan Sign’in sekmesine tıklanır. ‘New User: Create an account!’ tıklanarak kolay bir şekilde yeni bir hesap açılabilir. Kayıtlı kullanıcılar, email adresleri ve hesap açılırken aldıkları şifre ile giriş yapabilirler.

Şekil 5.4 CSRS-PPP Giriş Sayfası

Şekil 5.4’de CSRS-PPP kullanıcı giriş sayfası gösterilmiştir. CSRS-PPP, kullanıcılarına GNSS ham gözlem verilerini, yüksek doğrulukta hesaplamaya olanak sağlayan online bir uygulamadır. Kullanıcılar, statik veya kinematik modda çalışan tek veya çift frekanslı alıcılardan alınmış olan RINEX gözlem verilerini, internet üzerinden göndererek ITRF koordinat sisteminde konum bilgilerini elde edebilirler.

Dosyalar .rar veya .zip formatında sıkıştırıldıktan sonra istenilen seçeneklerde Şekil 5.5’ de görüldüğü gibi sisteme yüklenir ve ‘Submit to PPP’ butonu ile gönderilir. Gönderdiğiniz her bir dosya için kayıtlı mail adresine ‘full\_output.zip’ sıkıştırılmış dosya gelir. İçeriğinde veri başlangıç bitiş saatleri, epok süreleri, anten modellerinin vs. yer aldığı bir .pdf dosyası, .sum ve .pos dosyaları vardır. Gelen bu dosyaların içerisinde .pos’ da bulunan noktaya ait enlem boylam ve yükseklik bilgileri, .sum’ da ise ITRF sonuç koordinat bilgileri mevcuttur.

Government of Canada / Gouvernement du Canada | Canada.ca | Services | Departments | Français

Natural Resources Canada | Canada

Energy | Mining/Materials | Forests | Earth Sciences | Hazards | Explosives | Canada's Green Future | Climate Change

Home → Earth Sciences → Geomatics → Geodetic Reference Systems → Tools and Applications → Precise Point Positioning

## Precise Point Positioning

▶ Help for CSRS PPP (Updated 2017-01-26) Profile Sign out

Email for results (required)  
mahmutalay26@gmail.com

Processing mode  
 Static  Kinematic  
   

- The epoch will be the same as the GPS data.
- A UTM zone will be calculated from the longitude.

Vertical datum  
CGVD2013

Contribute to passive control maintenance? (what is this?)  
 Authorize the Canadian Geodetic Survey (CGS) to archive and publish CSRS-PPP submission and solution

Official marker station name

▶ More options

RINEX observation file (required) (.zip, .gz, .gz, .Z, .??O)  
 ANKARA\_30sm\_rnx.rar

Şekil 5.5 CSRS-PPP Dosya Yükleme Sayfası

3.4 Coordinate differences ITRF (IGS14)

CARTESIAN	ESTIMATED	A-PRIORI	Delta (m)	RMS (m)
X (m)	4119925.5372	4119925.6522	-0.1150	0.1161
Y (m)	2659815.3210	2659815.3377	-0.0167	0.0226
Z (m)	4066510.7864	4066510.6069	0.1795	0.1804

Şekil 5.6 '.sum' Dosyasında Bulunan ITRF Koordiant Bölümü

### 5.1.2 CSRS-PPP' den Gelen Verilerin İşlenmesi

Verilerin CSRS-PPP ile kinematik yöntemle proses edilmesi ile gelen sıkıştırılmış klasör içersin deki '.pos' uzantılı dosyayı microsoft excel yardımı ile daha önceden Dr. Sermet ÖĞÜTCÜ' nün hazırlamış olduğu MathWorks yazılımında enlem, boylam, yükseklik verisine sonra aynı MathWorks yazılımı ile coğrafik koordinatlardan ECEF koordinat sisteminde x, y, z' ye dönüştürülüp (Şekil 5.7) ardından CSRS-PPP ile statik yöntemle proses edilmesi ile gelen kesin koordinat verisinden tüm koordinatlarla farkı alınarak toposentrik farklar (Şekil 5.8) bulunur (URL-2, 2018).

geographic\_to\_ecef\_new

JEODEZİK\_ENLEM\_BOYLAM\_ELIPSOİDEL\_h\_2\_XYZ

NECMETTİN ERBAKAN  
KONYA ÜNİVERSİTESİ

Jeodezik enlem, boylam ve elipsoidal yükseklikleri okut...

	N.N	Enlem	Boylam
1			
2			
3			

Elipsoidal datumu seciniz

WGS84  HAYFORD(E...)  GRS...

Donusturulen noktalar

	N.N	X	Y
1			
2			

KAYIT

RESET

Şekil 5.7 MathWorks Yazılımında Coğrafi-ECEF Dönüşümü

ecef\_to\_topocentric\_loop

ECEF\_2\_TOPOCENTRIC

NECMETTİN ERBAKAN  
KONYA ÜNİVERSİTESİ

Referans ECEF koordinatlarını giriniz

Donusecek ECEF koordinatlarını excel format...

	N.N	X	Y
1			
2			

Referans elipsoidini seciniz

WGS84  ED50  GRS80

	N.N	North (m)	East (m)
1			
2			

Kayıt

Korrelasyon Korrelasyon Korrelasyon

Şekil 5.8 MathWorks Yazılımında ECEF-Toposentrik Dönüşümü

## 5.2 Uygulama Grafikleri

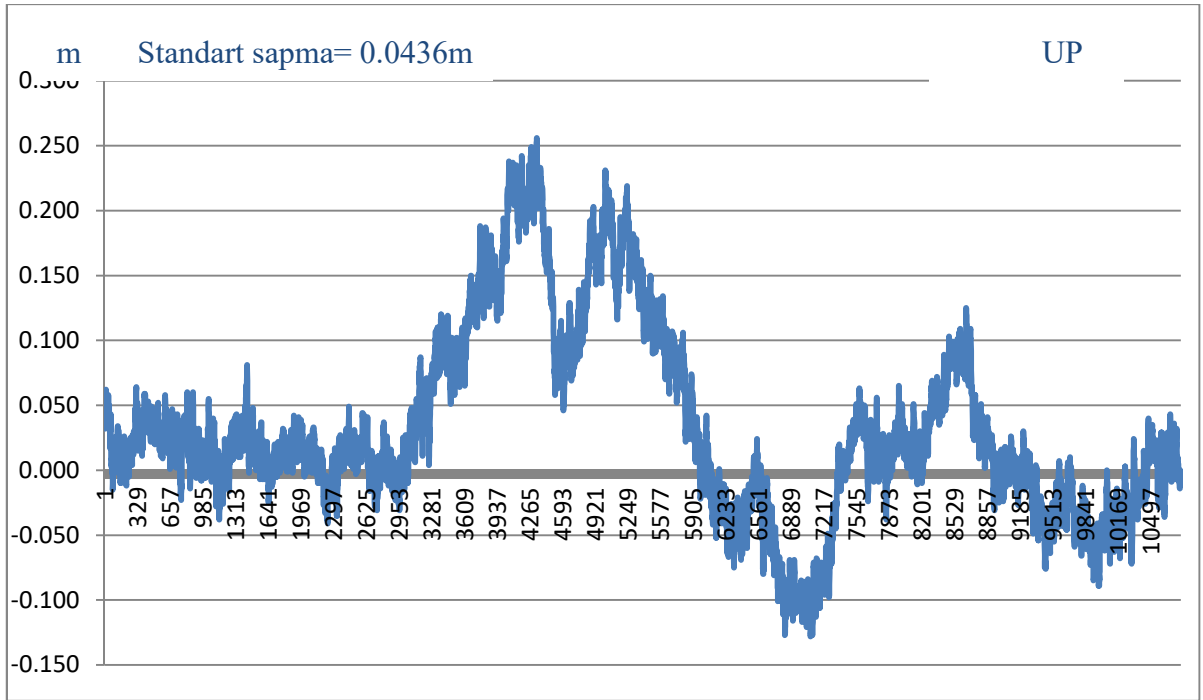
Uygulamamız için seçilen noktaların İstanbul, Rize, Ankara illerindeki istasyonların değerlendirme sonuç grafikleri ile ilgili bilgiler şöyledir;

### 5.2.1 İstanbul 18 Temmuz 2017

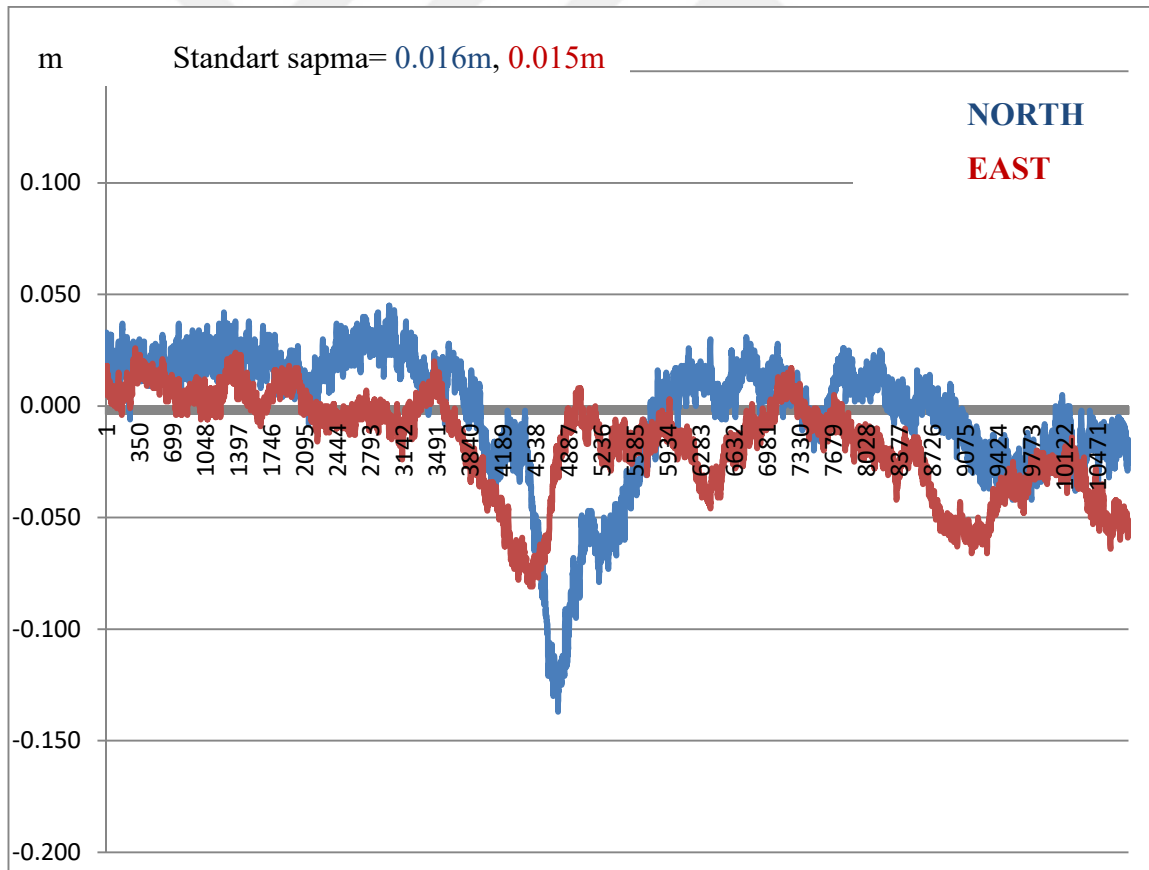
18 Temmuz İstanbul' da meydana gelen yağış neticesinde proses edilen 24 saatlik Tusaga-Aktif ISTN, KARB ve SLEE istasyonlarına ait RINEX verilerinin Up, North-East grafikleri ve elde edilen OMGİ sonuçlarıyla, mukayese edilebilmesi için yağışın olmadığı bir gün olarak seçilen 1 Haziran 2018 gününe ait grafikler şöyledir;

Gün/Saat	03:00-04:00	04:00-05:00	05:00-06:00	06:00-07:00
18/7/2017	0.0	14.5	58.7	-

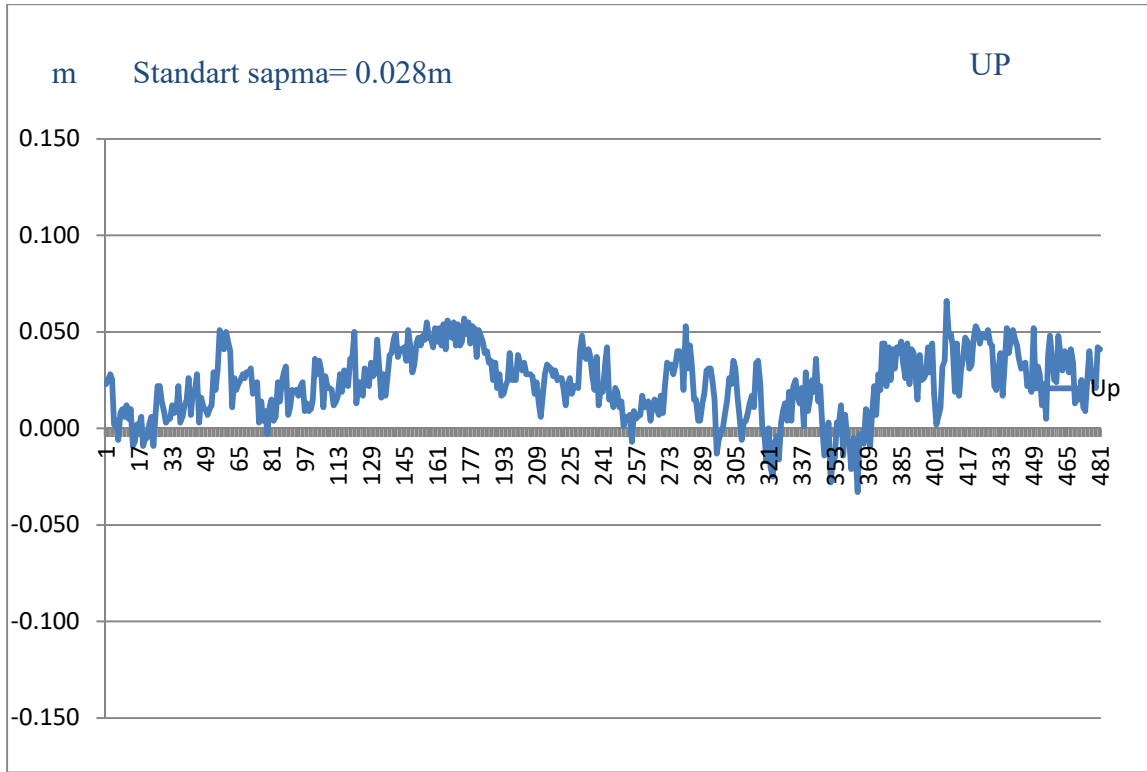
Şekil 5.9 Sarıyer/17061 İstasyonuna Ait Saatlik Toplam Yağış (mm=kg/m<sup>2</sup>)



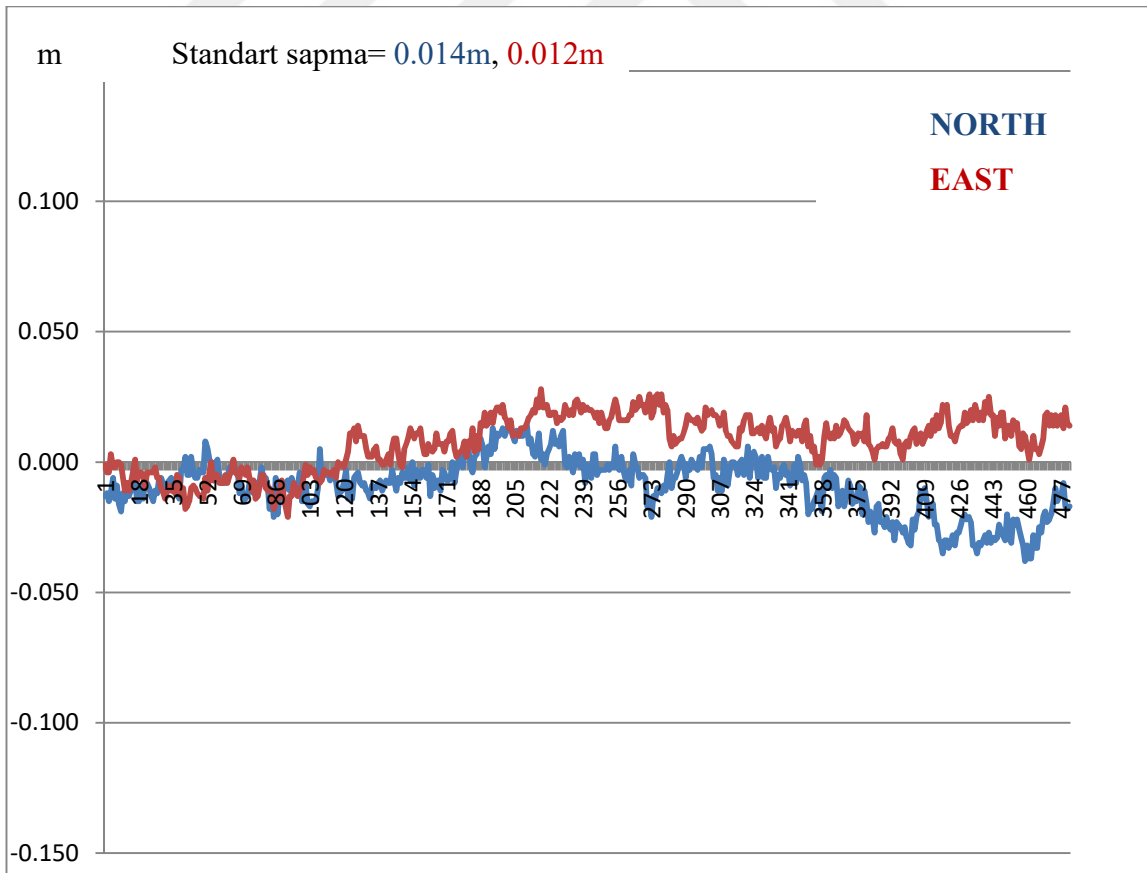
Şekil 5.10 18 Temmuz İSTN İstasyonu Up Değer Grafiği



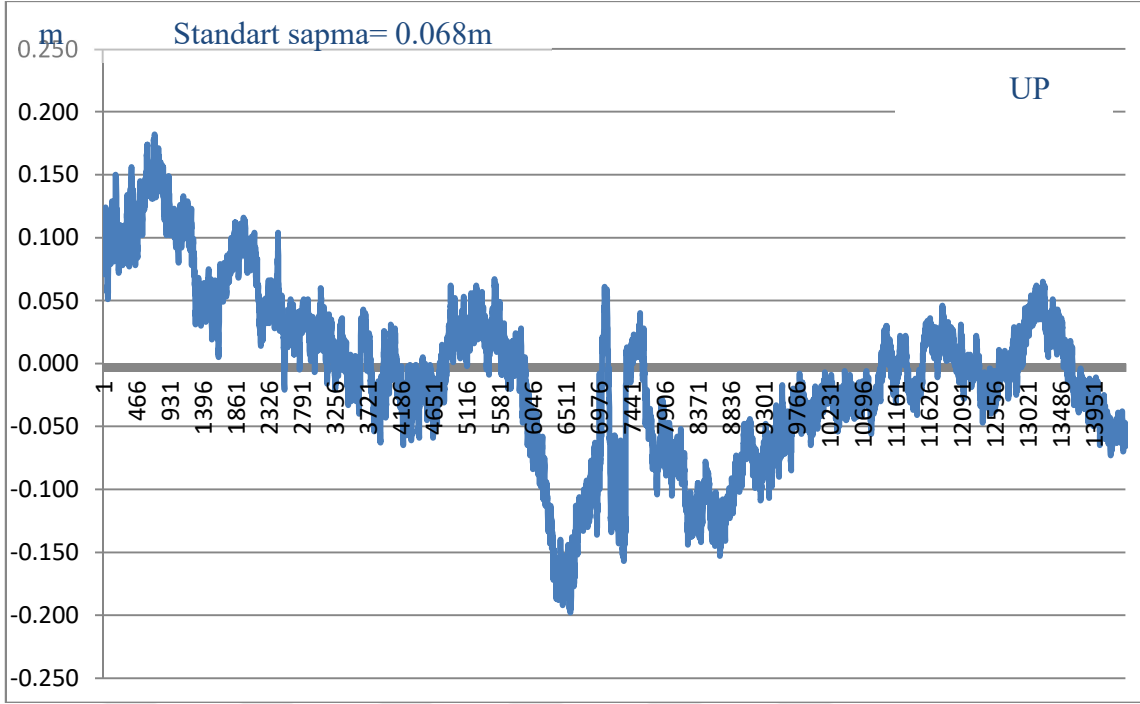
Şekil 5.11 18 Temmuz İSTN İstasyonu North, East Değer Grafiği



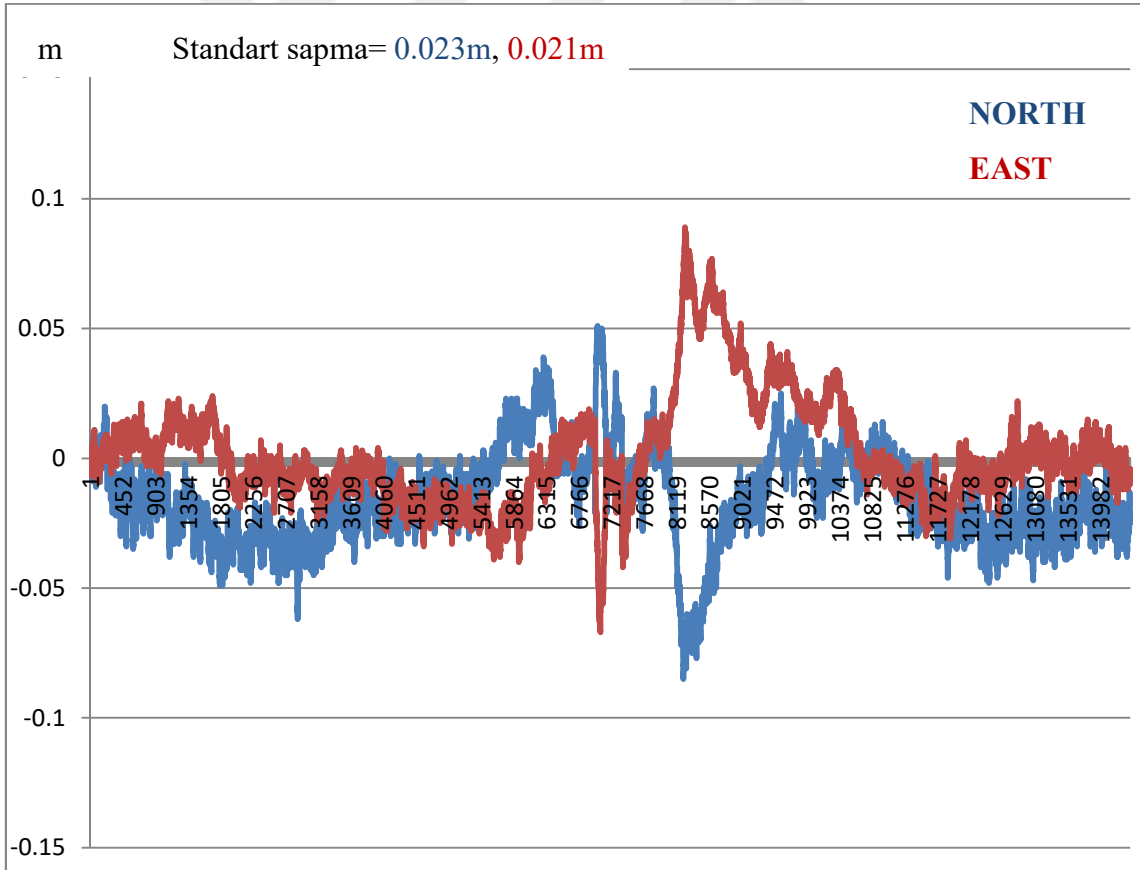
Şekil 5.12 1 Haziran ISTN İstasyonu Up Değer Grafiği



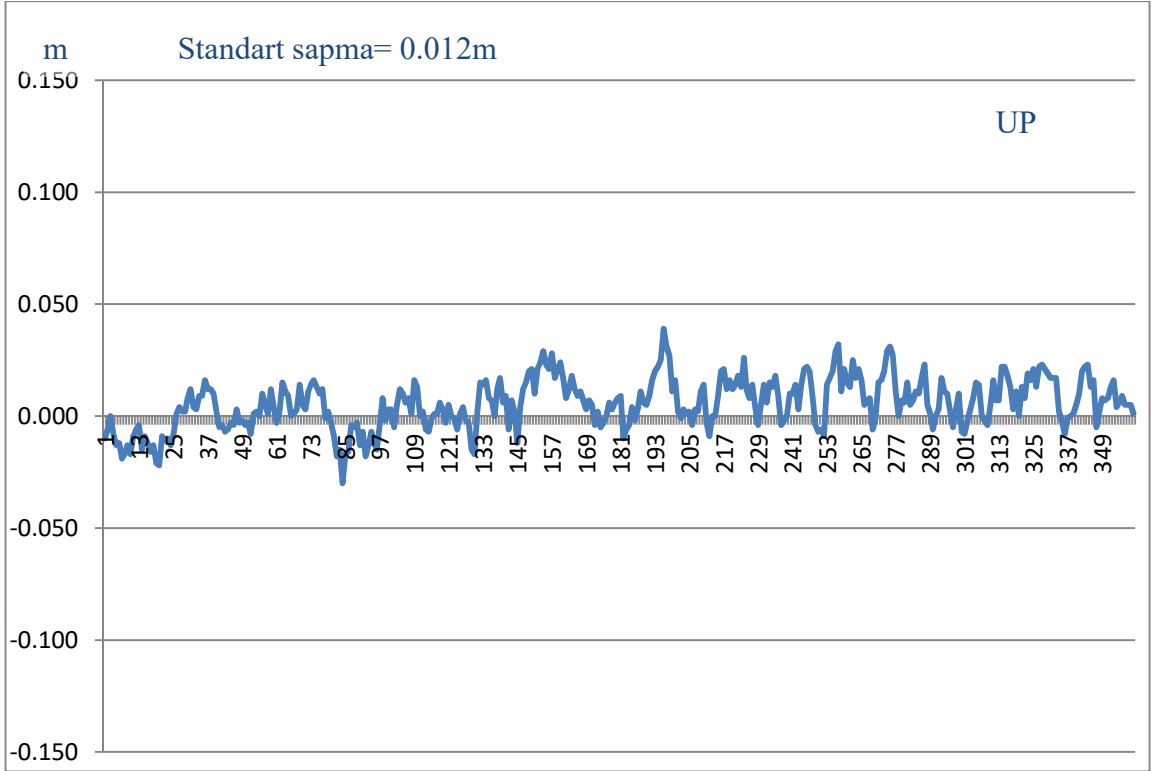
Şekil 5.13 1 Haziran ISTN İstasyonu North, East Değer Grafiği



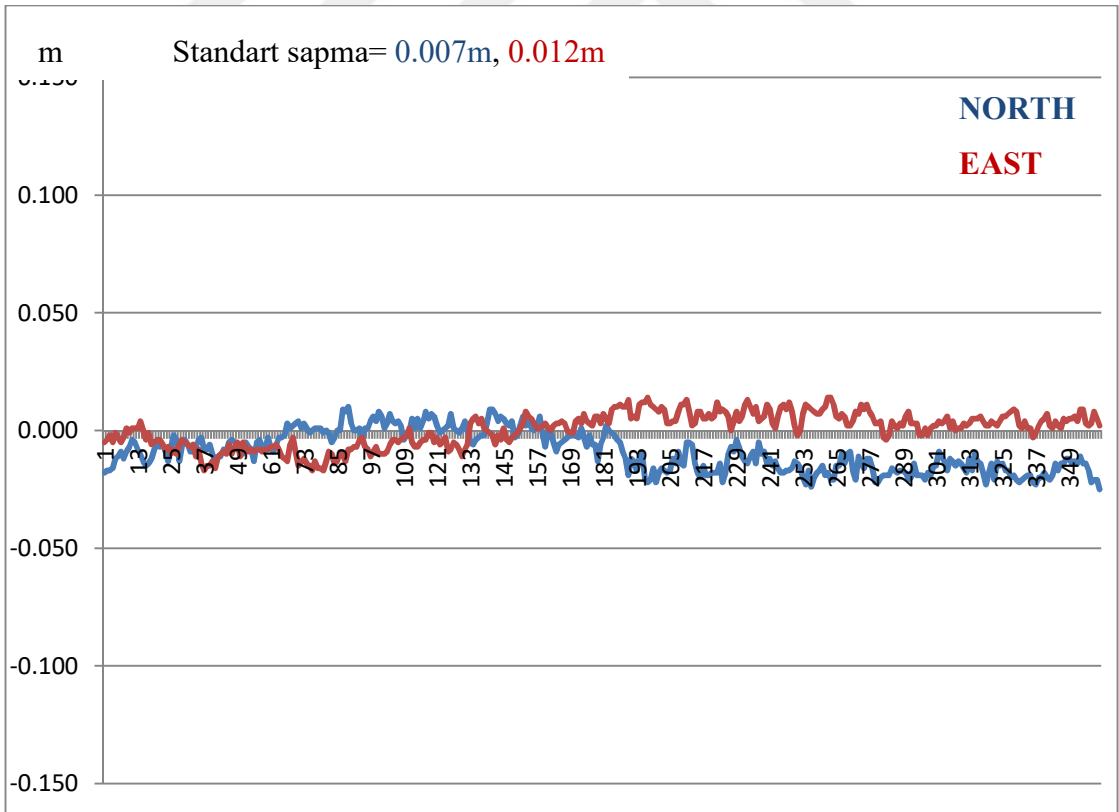
Şekil 5.14 18 Temmuz KARB İstasyonu Up Değer Grafiği



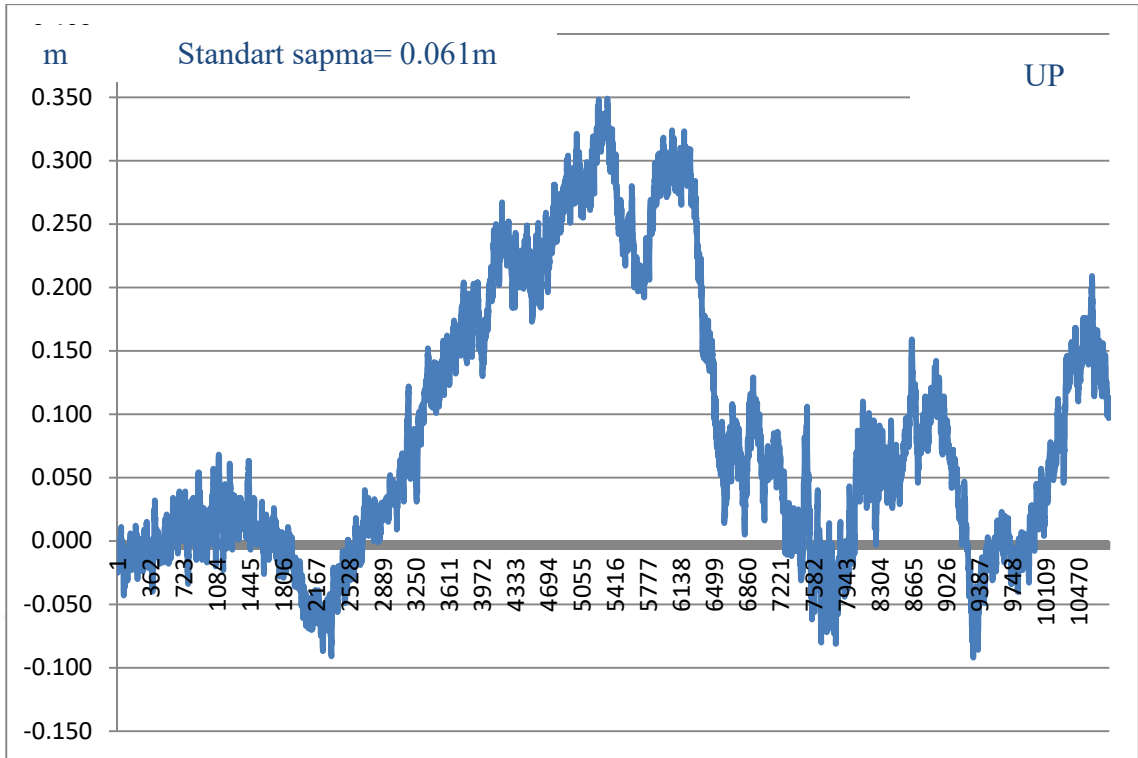
Şekil 5.15 18 Temmuz KARB İstasyon North, East Değer Grafiği



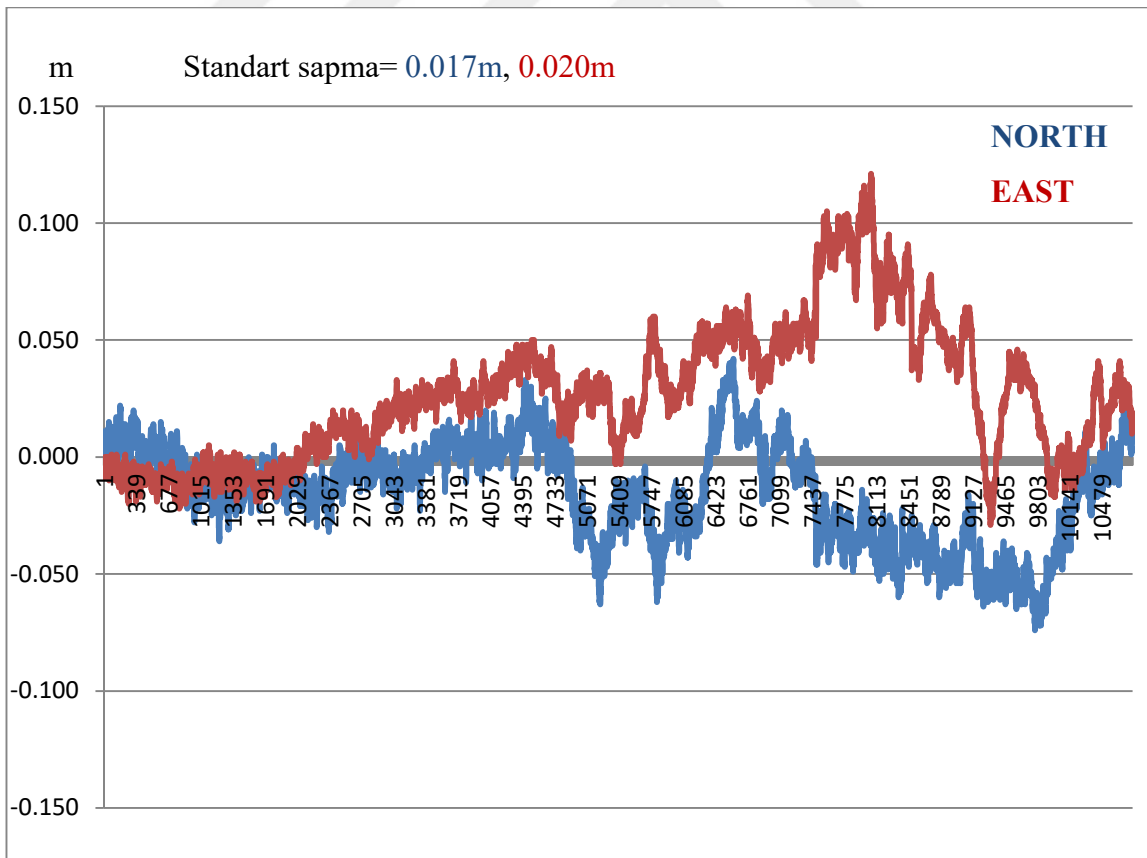
Şekil 5.16 1 Haziran KARB İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği



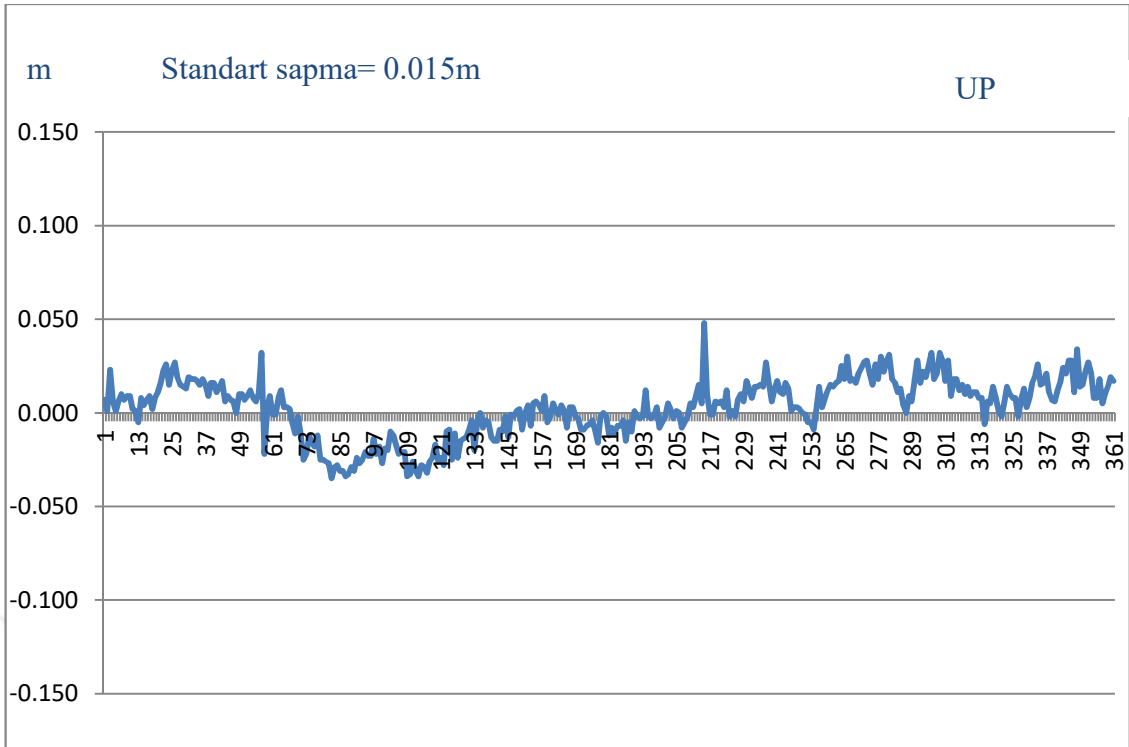
Şekil 5.17 1 Haziran KARB İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği



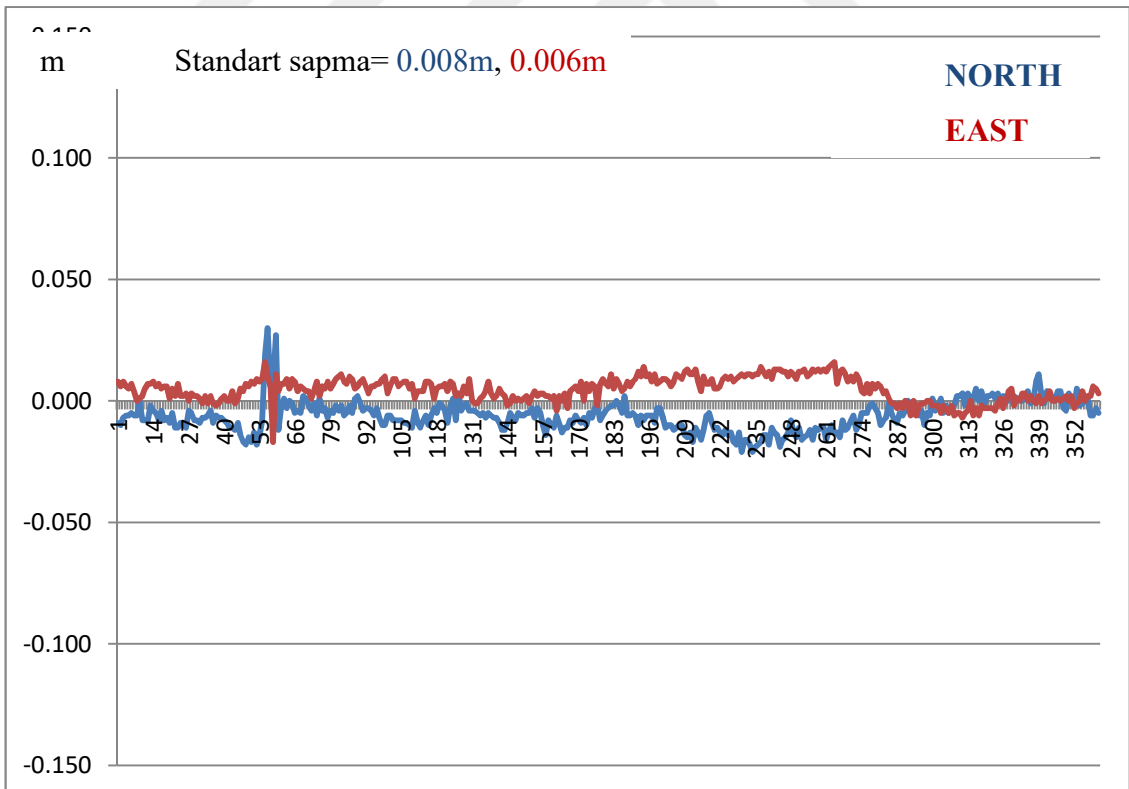
Şekil 5.18 18 Temmuz SLEE İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği



Şekil 5.19 18 Temmuz SLEE İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği



Şekil 5.20 1 Haziran SLEE İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği



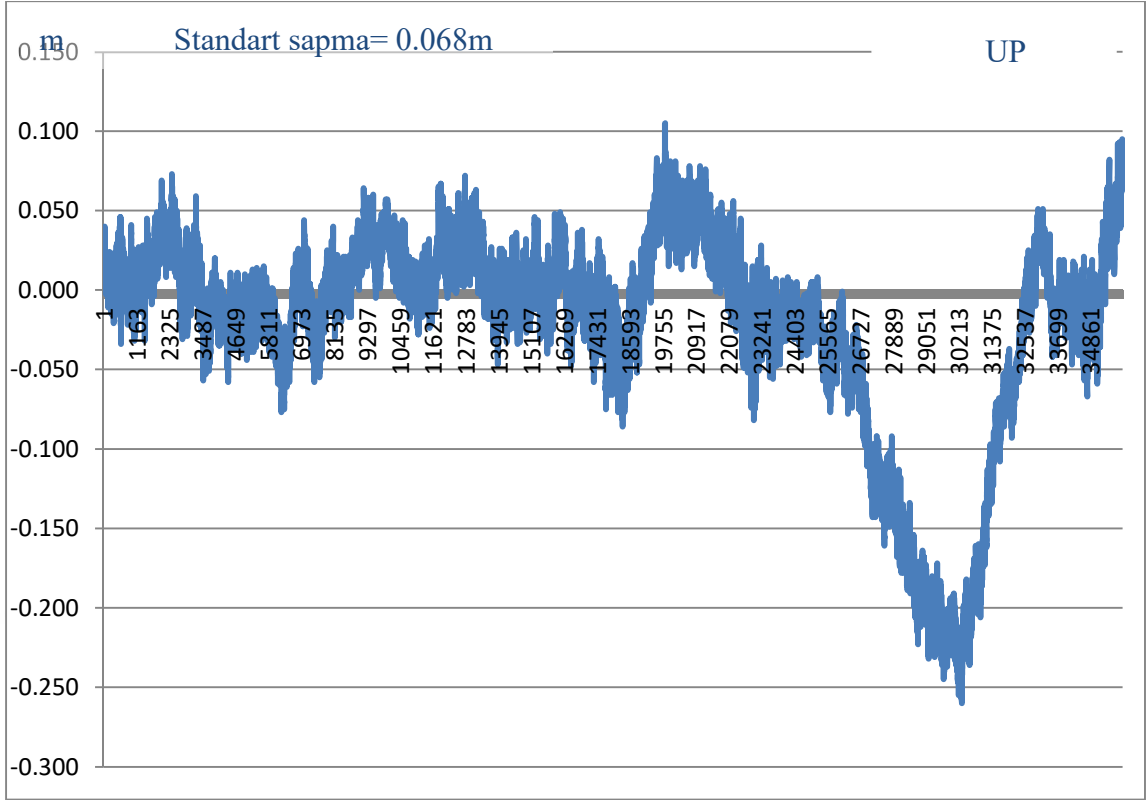
Şekil 5.21 1 Haziran SLEE İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği

### 5.2.2 İstanbul 27 Eylül 2017

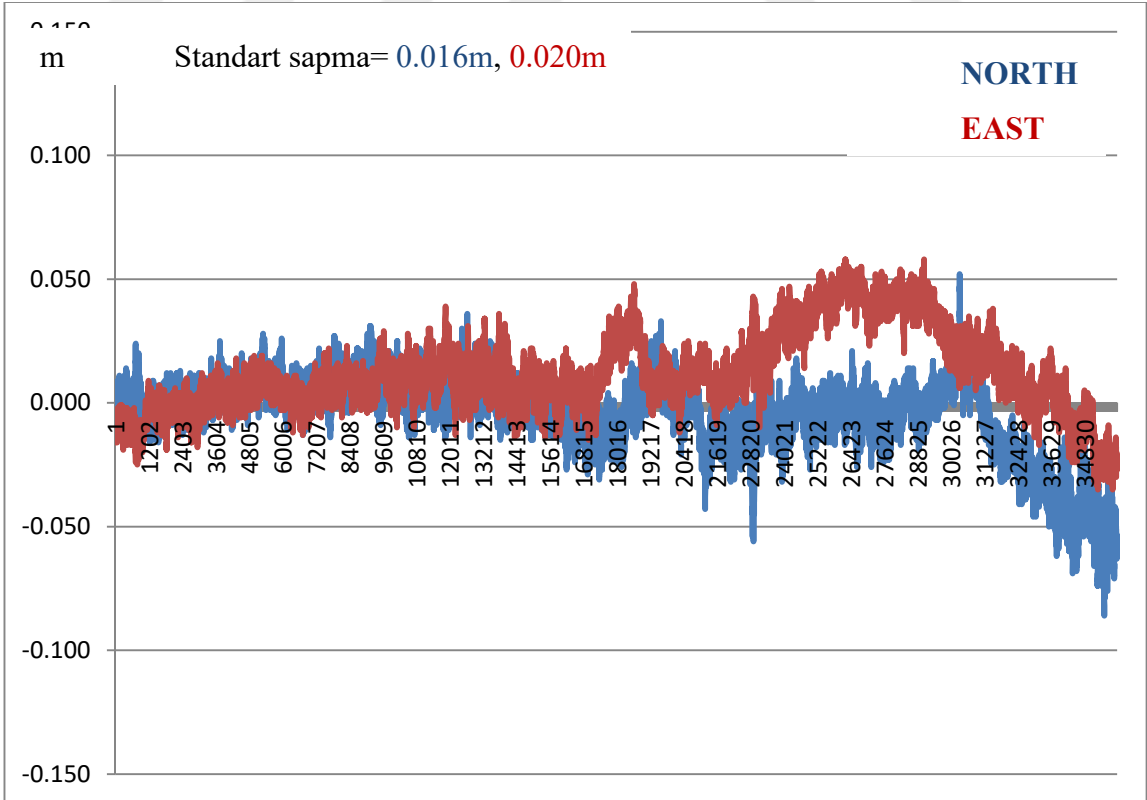
27 Eylül İstanbul' da meydana gelen yağış neticesinde proses edilen 24 saatlik Tusaga-Aktif ISTN, KARB ve SLEE istasyonlarına ait RINEX verilerinin Up, North-East grafikleri ve elde edilen OMGI sonuçlarıyla mukayese edilebilmesi için yağışın olmadığı bir gün olarak seçilen 1 Haziran 2018 gününe ait grafikler şöyledir;

Gün/Saat	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00		12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00
27/9/2017	4.0	0.0	2.5		7.5	11.1	25.8	4.0

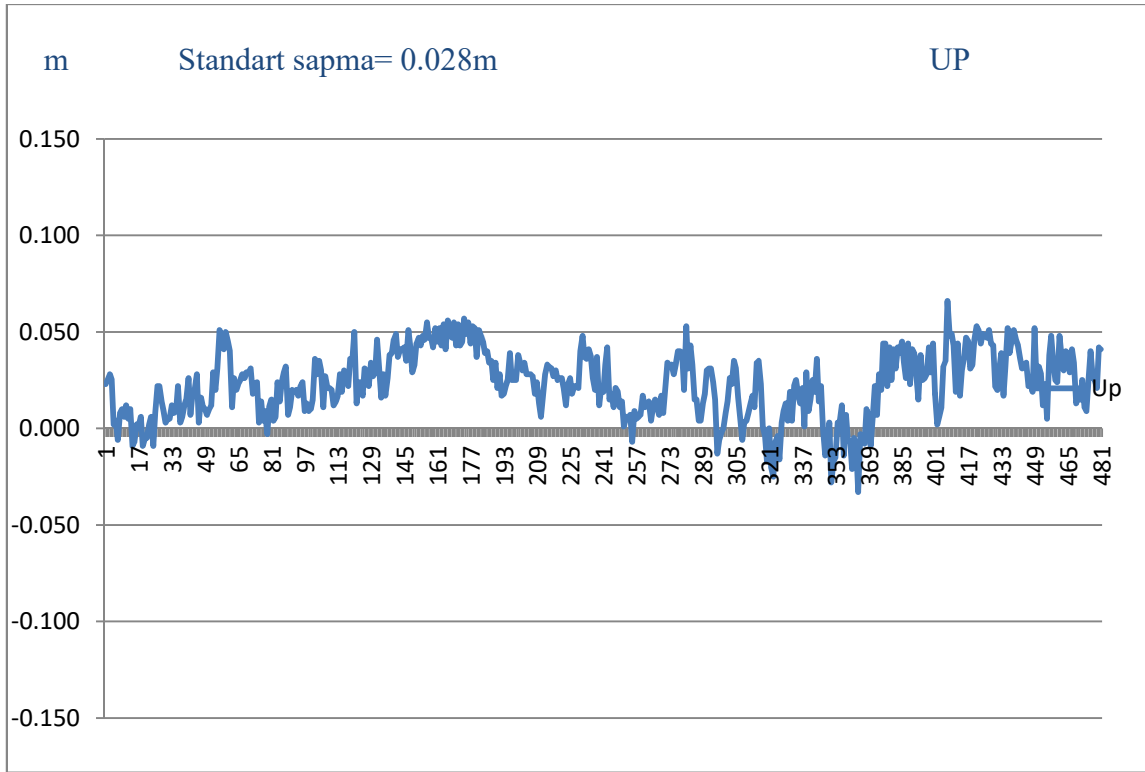
Şekil 5.22 Sarıyer/17061 İstasyonuna Ait Saatlik Toplam Yağış (mm=kg/m<sup>2</sup>)



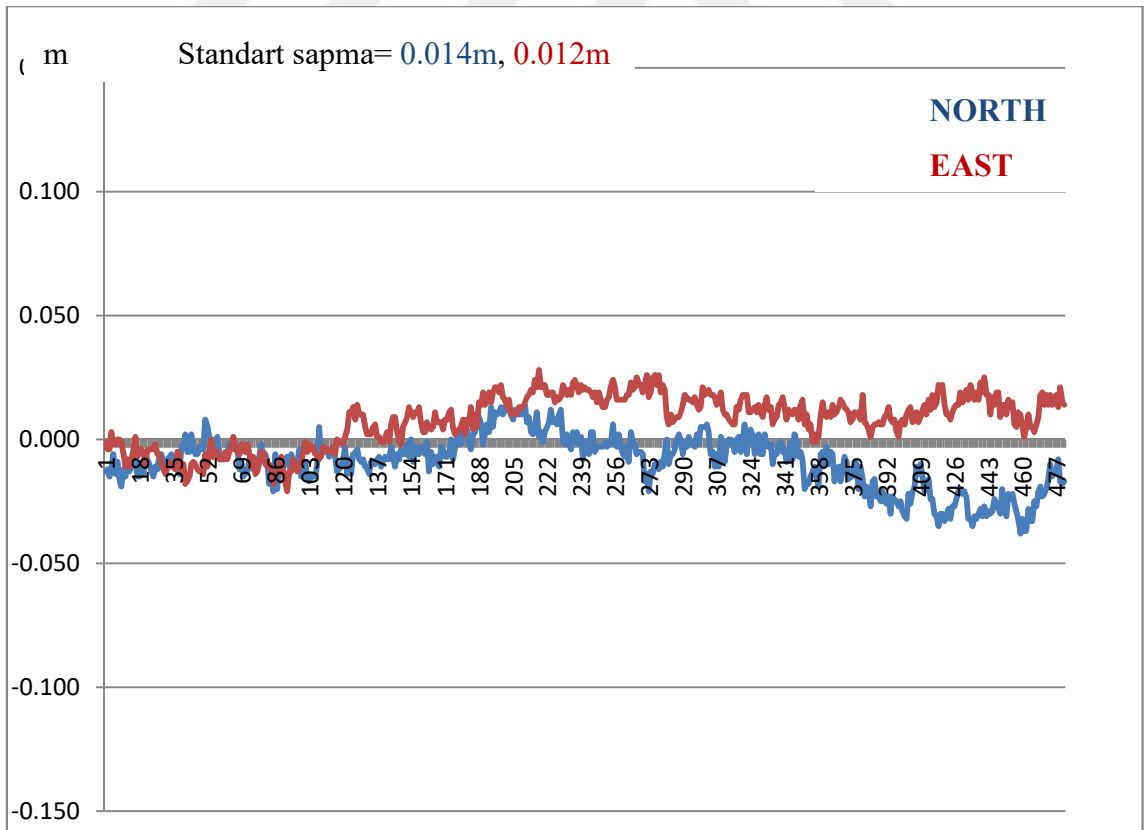
Şekil 5.23 27 Eylül ISTN İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği



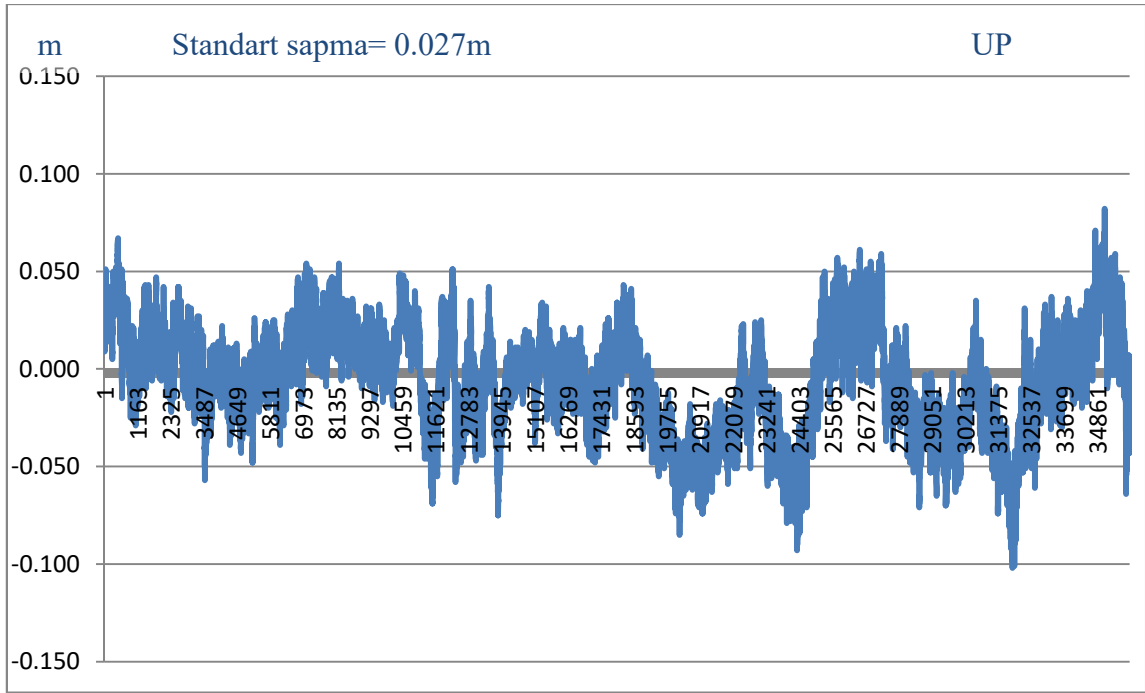
Şekil 5.24 27 Eylül ISTN İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği



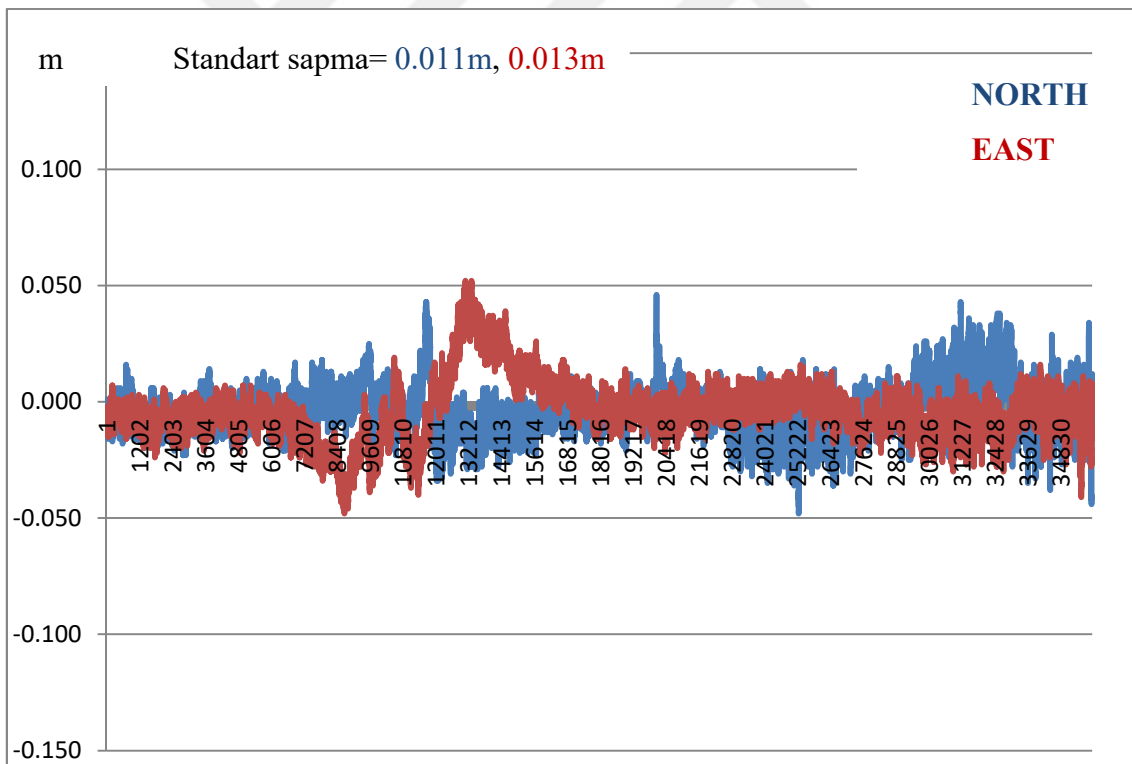
Şekil 5.25 1 Haziran ISTN İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği



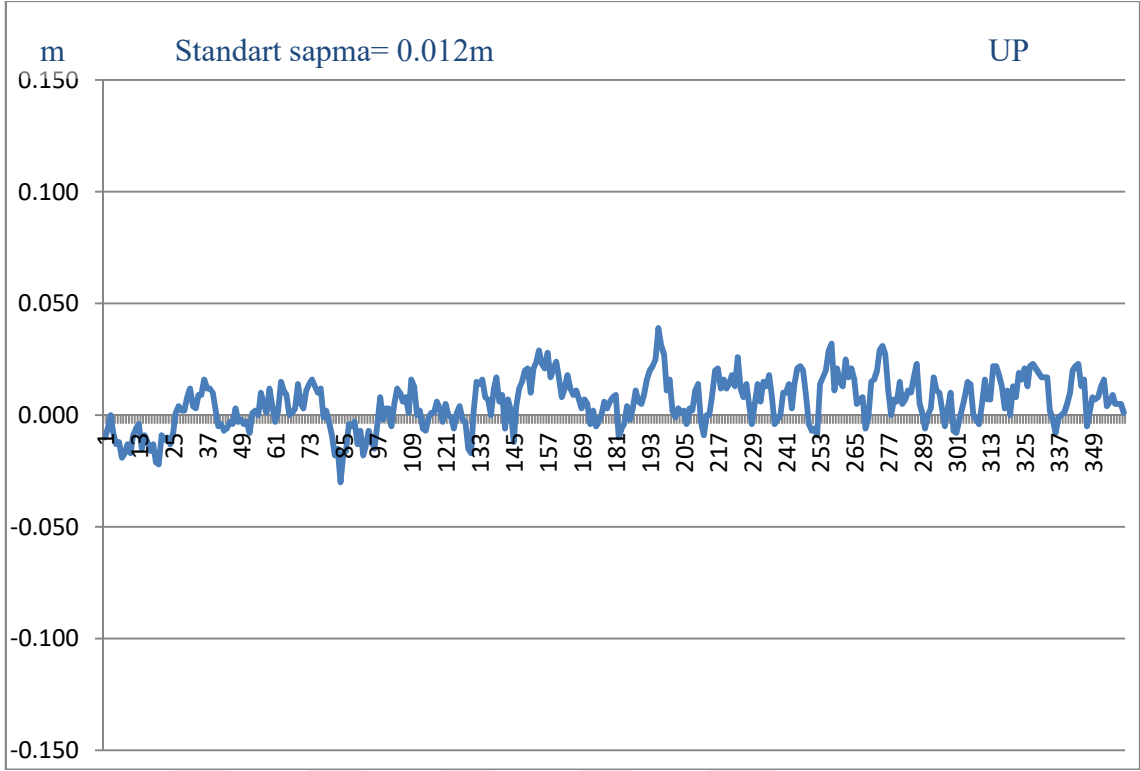
Şekil 5.26 1 Haziran ISTN İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği



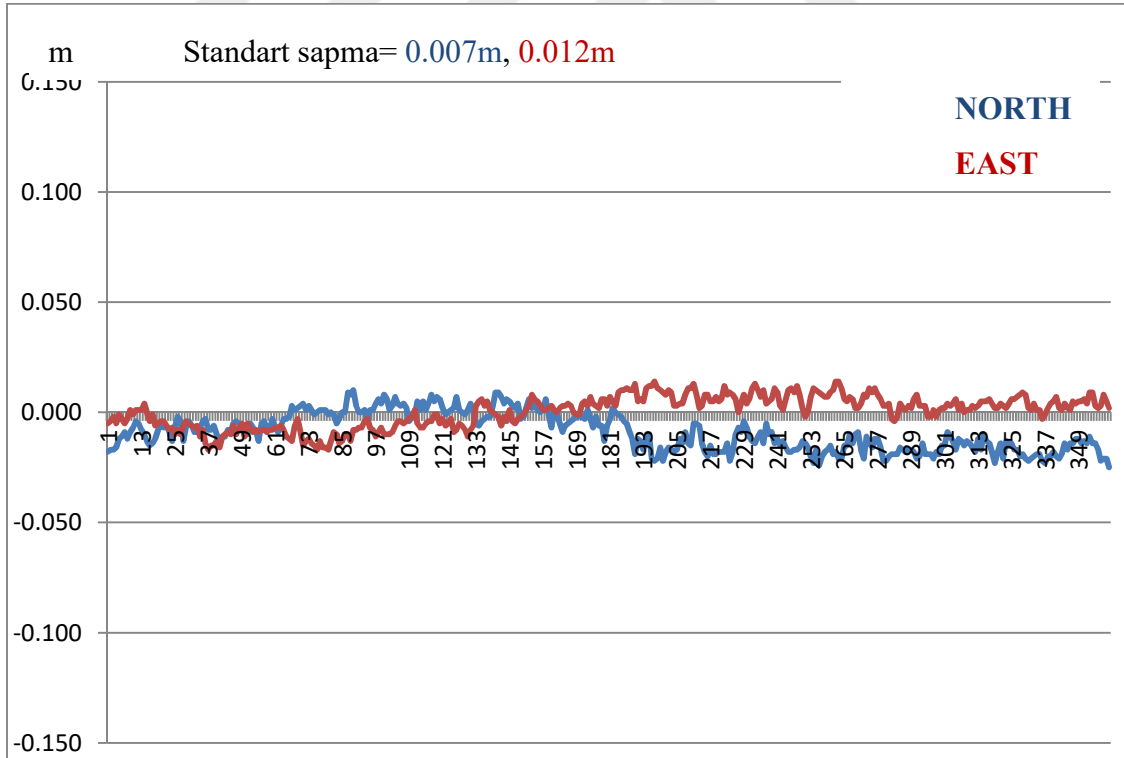
Şekil 5.27 27 Eylül KARB İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği



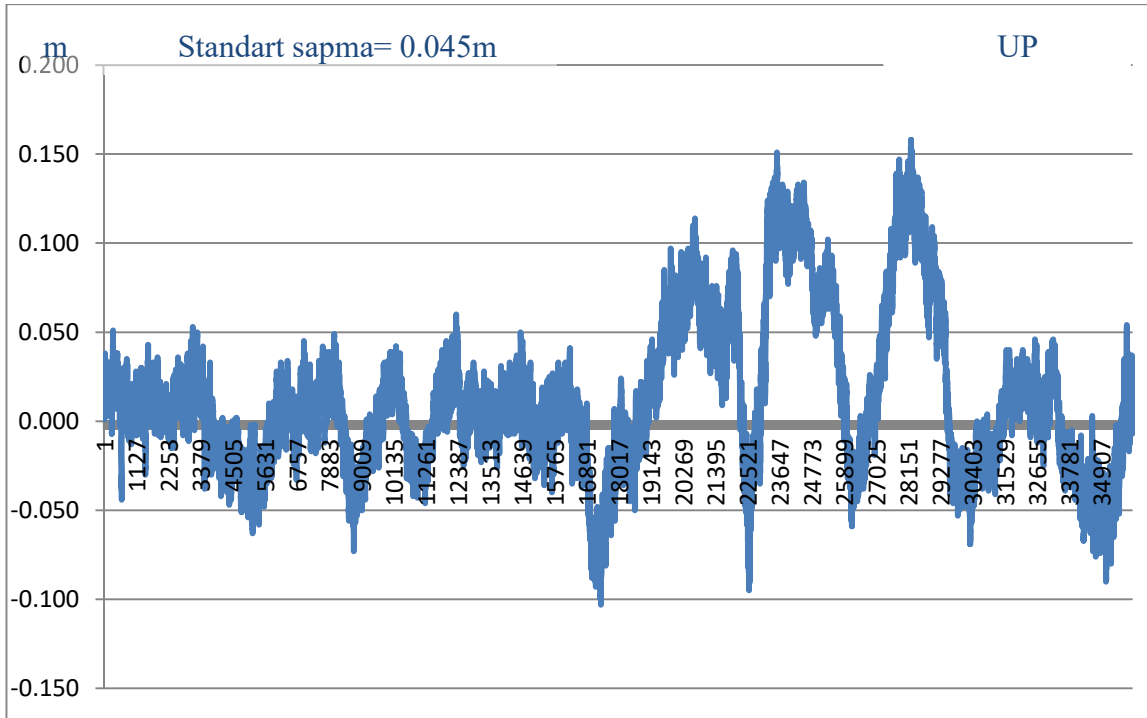
Şekil 5.28 27 Eylül KARB İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği



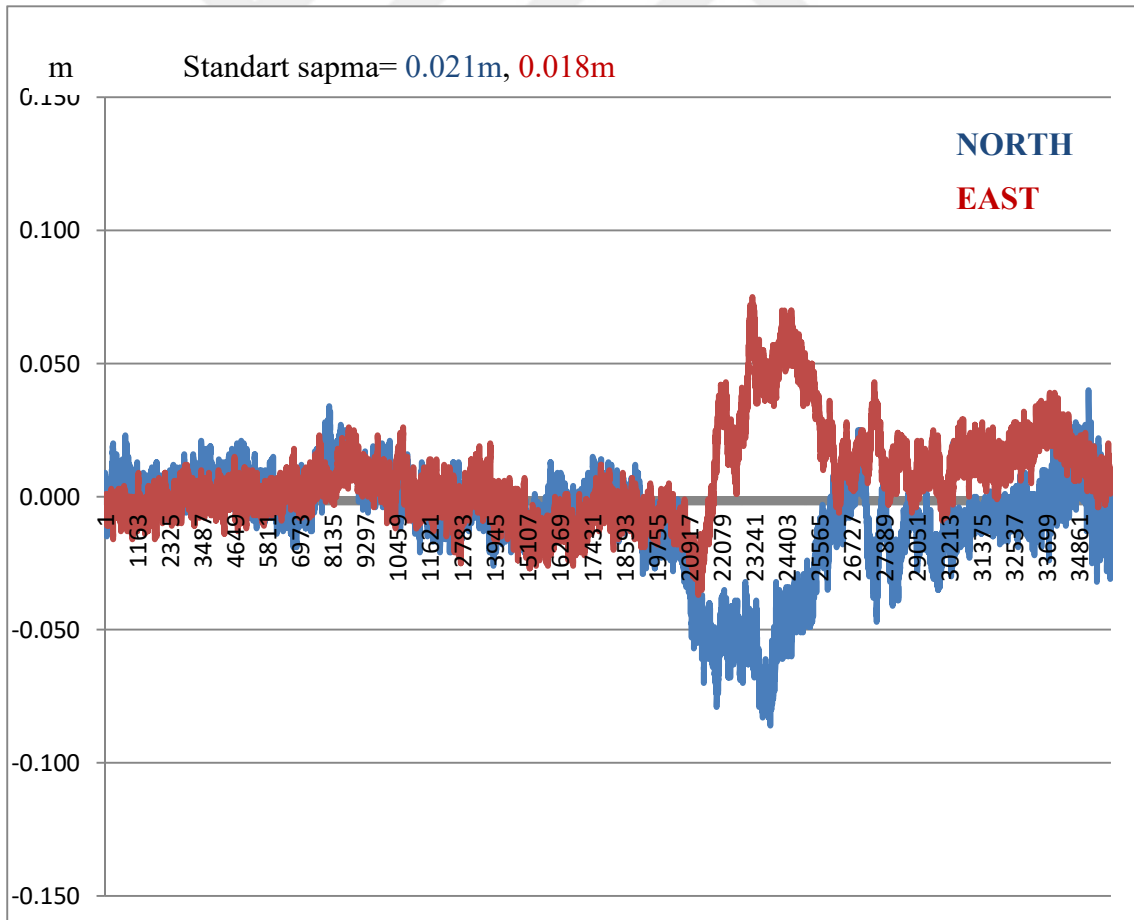
Şekil 5.29 1 Haziran KARB İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği



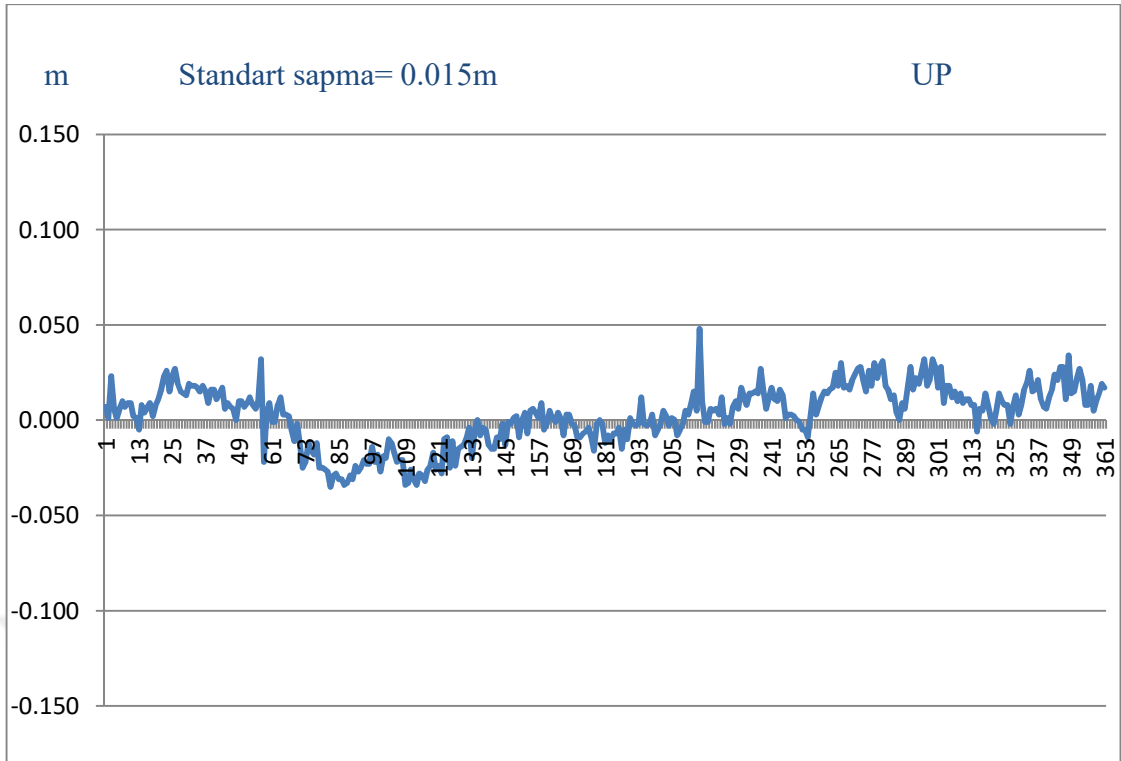
Şekil 5.30 1 Haziran KARB İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği



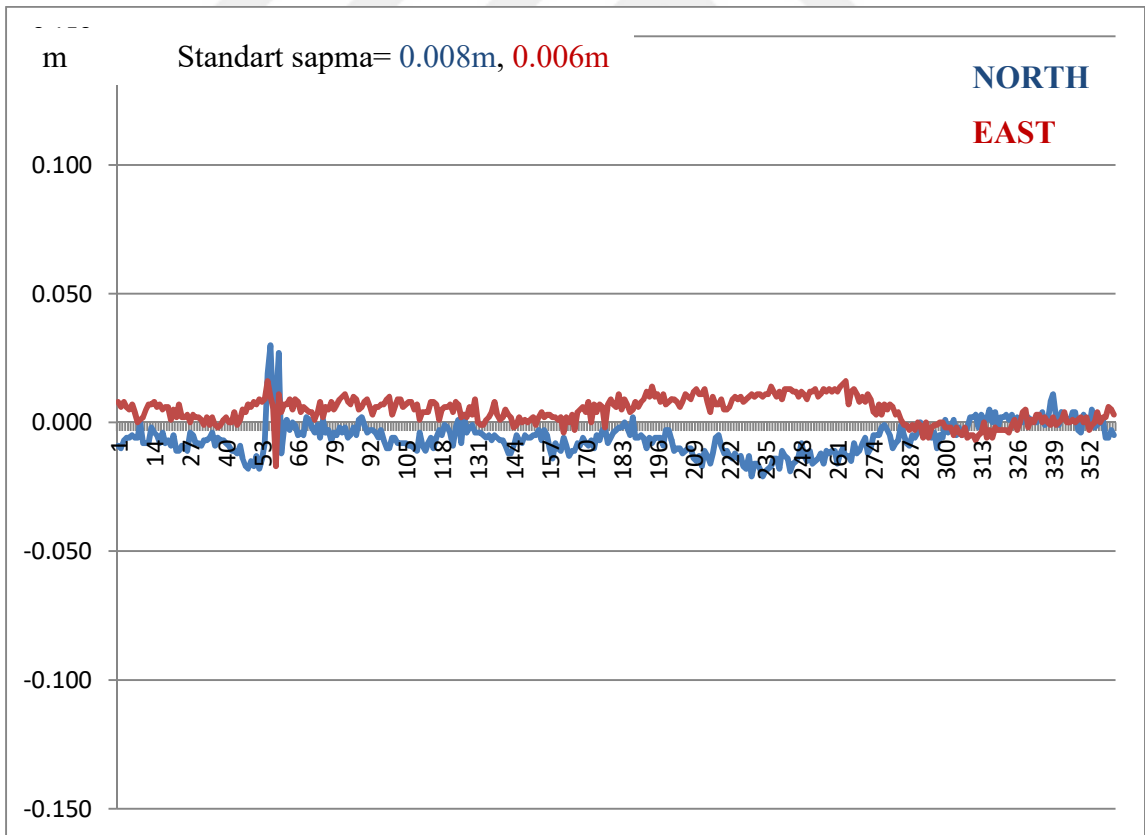
Şekil 5.31 27 Eylül SLEE İstasyonuna Ait UP Değer Grafiği



Şekil 5.32 27 Eylül SLEE İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği



Şekil 5.33 1 Haziran SLEE İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği



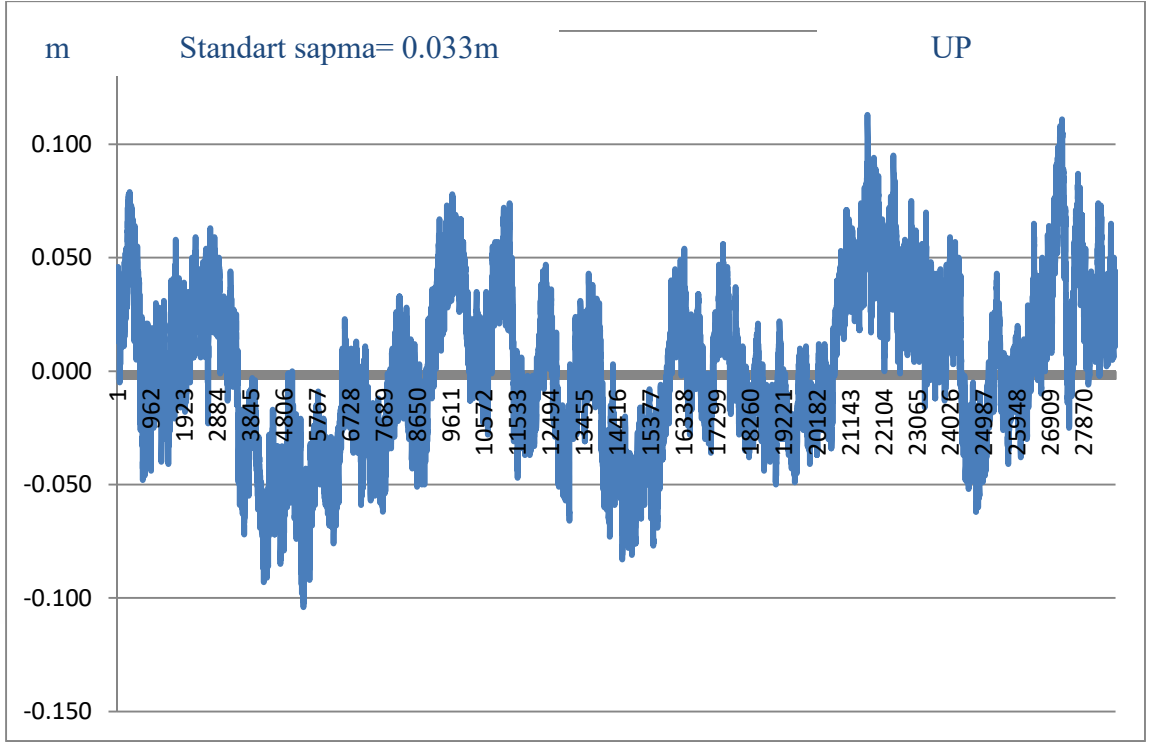
Şekil 5.34 1 Haziran SLEE İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği

### 5.2.3 Rize 28 Eylül 2017

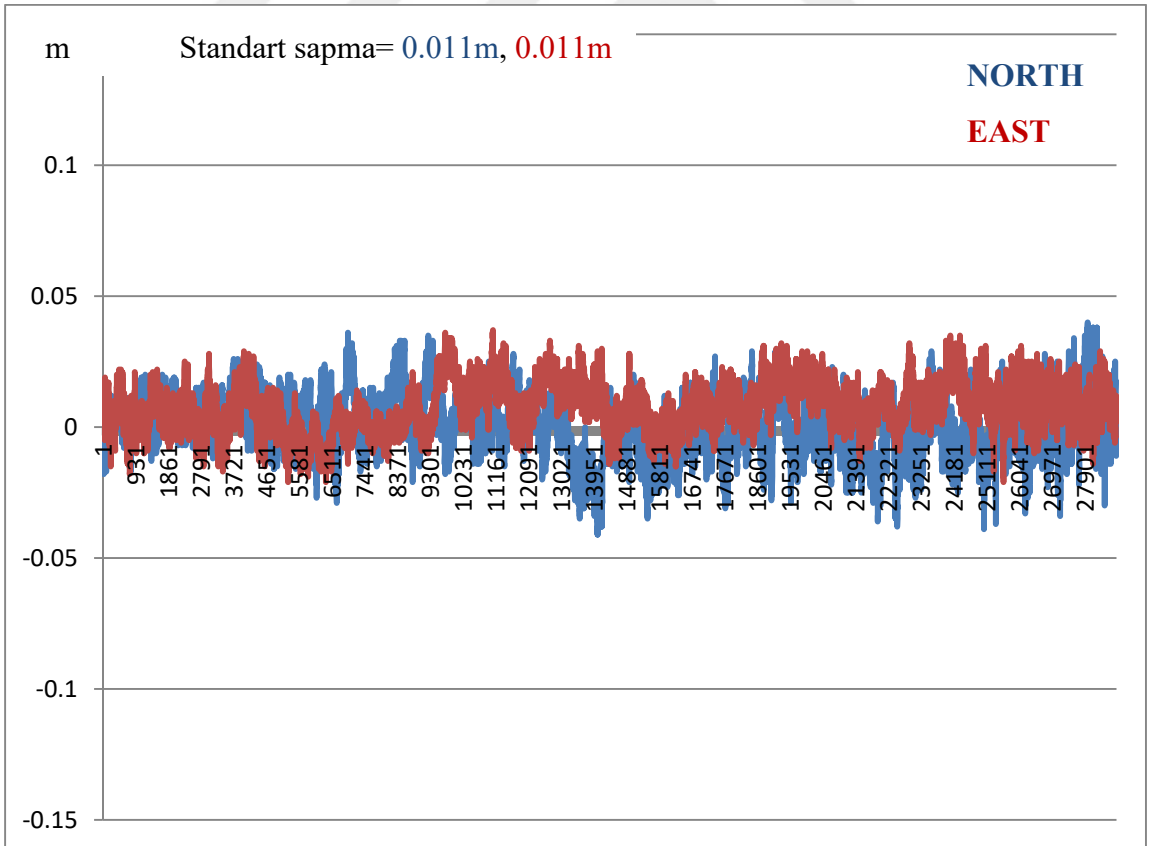
28 Eylül Rize' de meydana gelen yağış neticesinde proses edilen 24 saatlik Tusaga-Aktif RZE istasyonuna ait RINEX verilerinin Up, North-East grafikleri ve elde edilen OMGİ sonuçlarıyla mukayese edilebilmesi için yağışın olmadığı bir gün olarak seçilen 1 Haziran 2018 gününe ait grafikler şöyledir;

Gün/Saat	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00
28/9/2017	0.0	9.3	3.2	5.0	3.2	7.8	1.1	1.9	0.5

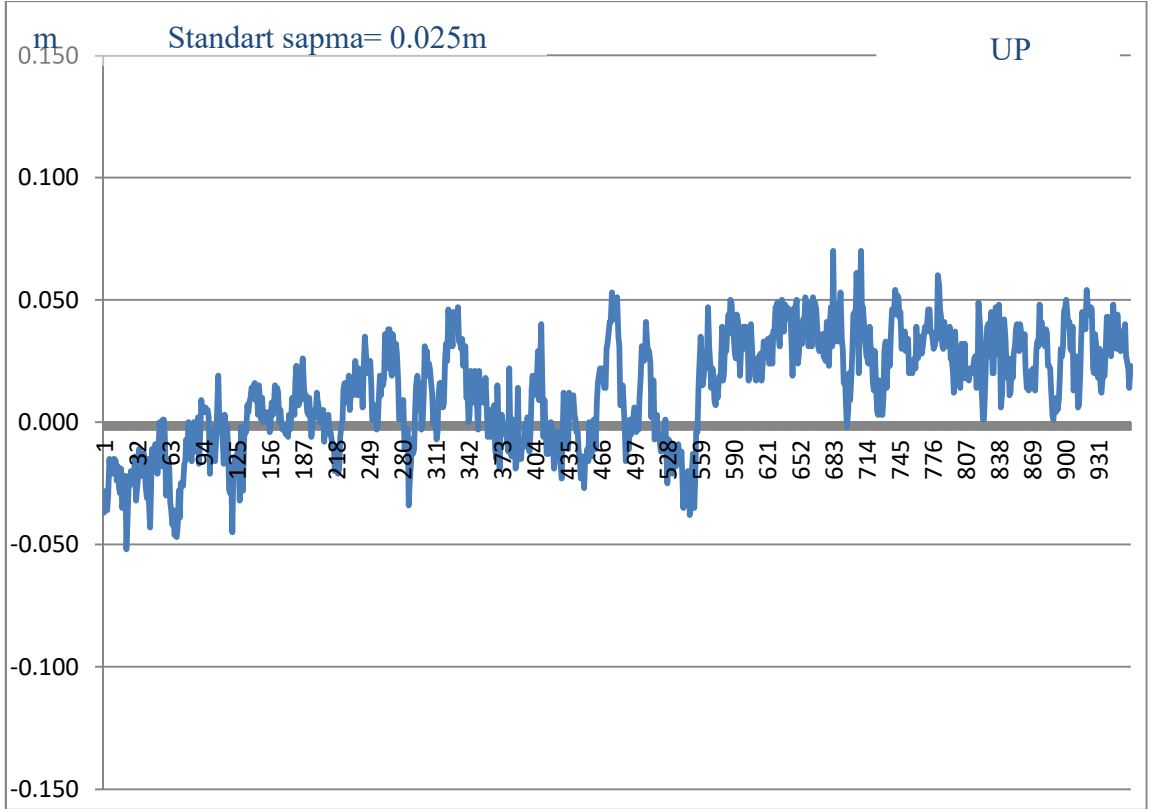
Şekil 5.35 Rize/17040 İstasyonuna Ait Saatlik Toplam Yağış (mm=kg/m<sup>2</sup>)



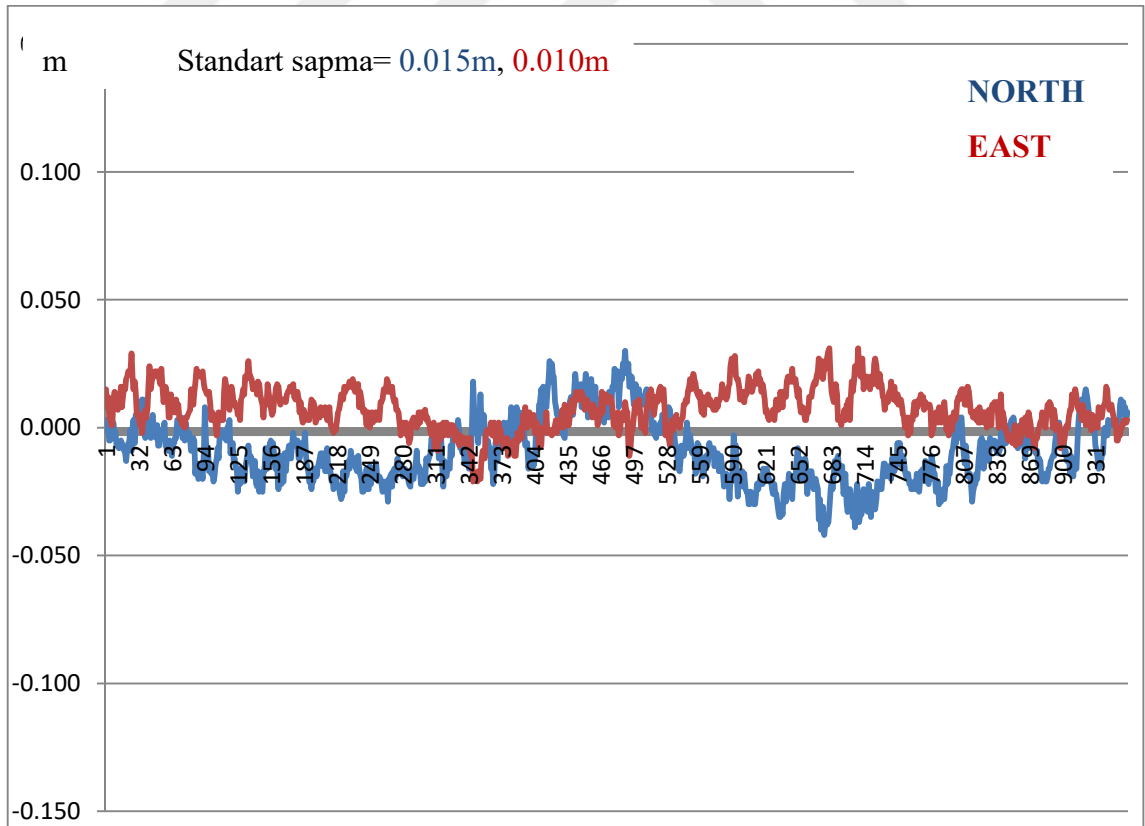
Şekil 5.36 28 Eylül RZE İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği



Şekil 5.37 28 Eylül RZE İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği



Şekil 5.38 1 Haziran RZE İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği



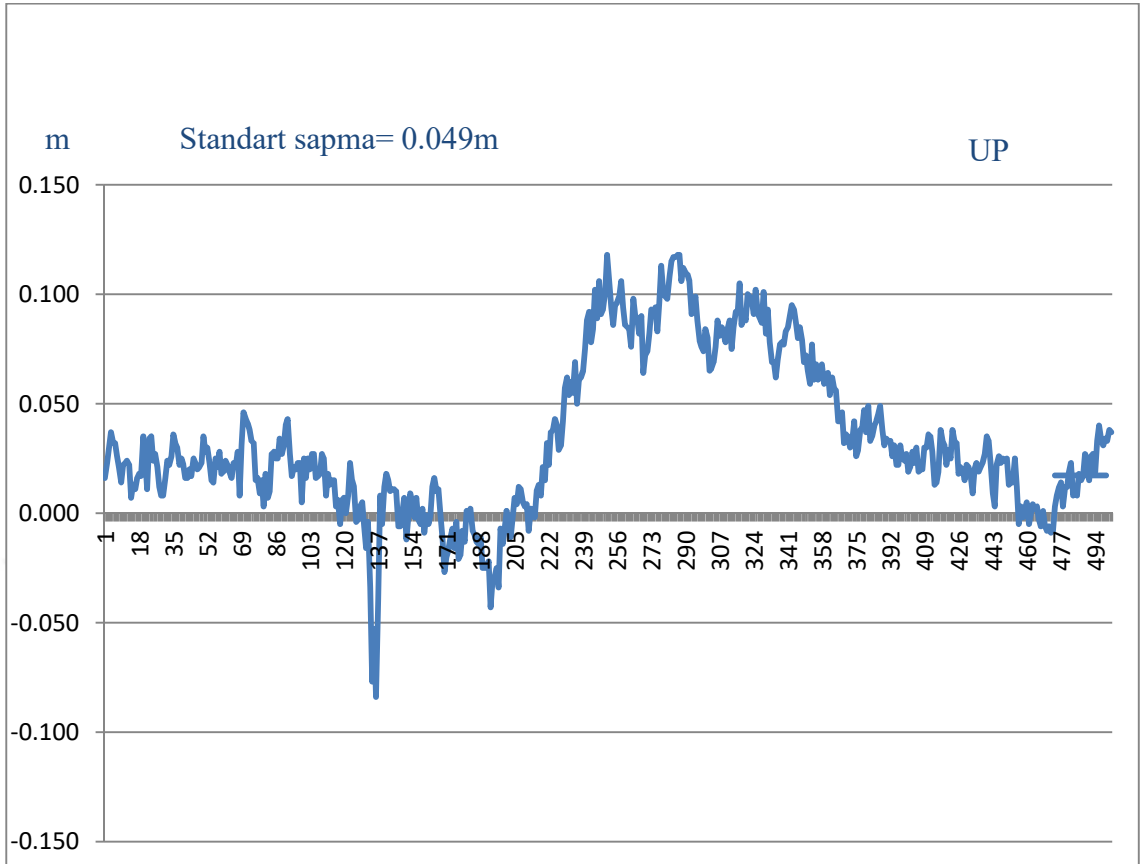
Şekil 5.39 1 Haziran RZE İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği

#### 5.2.4 Ankara 5 Mayıs 2018

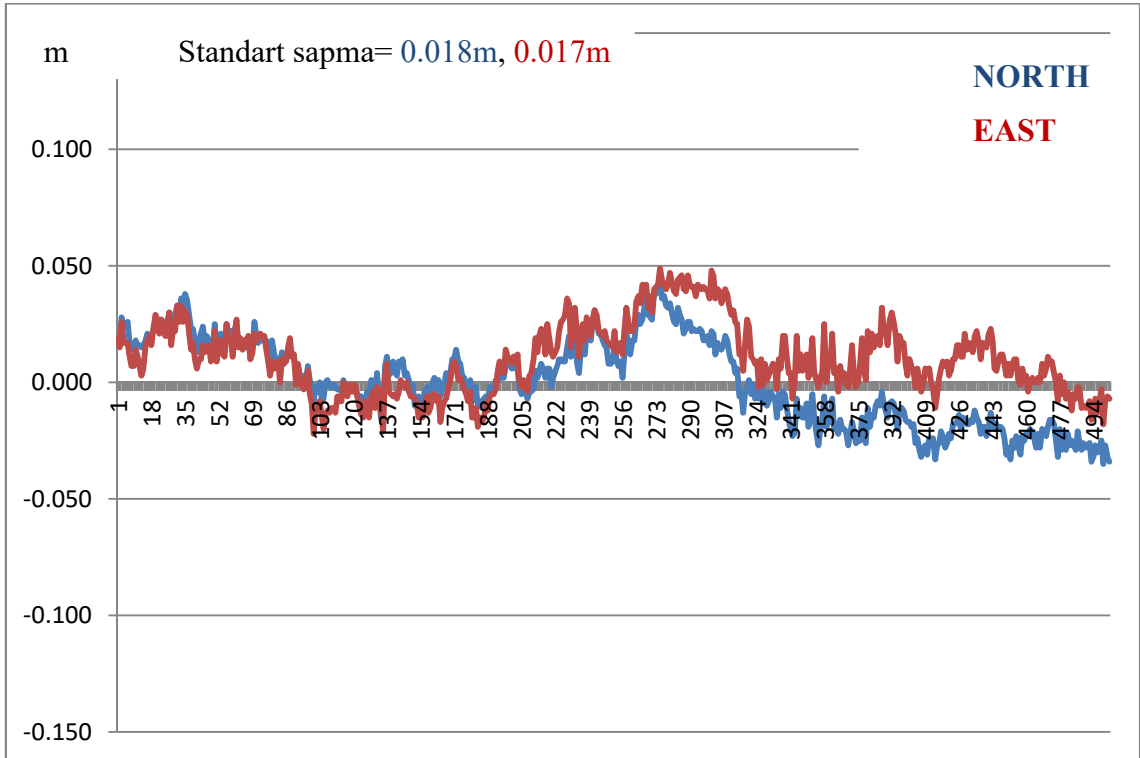
5 Mayıs 2018 Ankara’ da meydana gelen yağış neticesinde proses edilen 24 saatlik Tusaga-Aktif ANRK istasyonuna ait RINEX verilerinin Up, North-East grafikleri ve elde edilen OMGİ sonuçlarıyla mukayese edilebilmesi için yağışın olmadığı bir gün olarak seçilen 1 Haziran 2018 gününe ait grafikler şöyledir;

Gün/Saat	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
5/5/2018	0.0	8.5	28.7

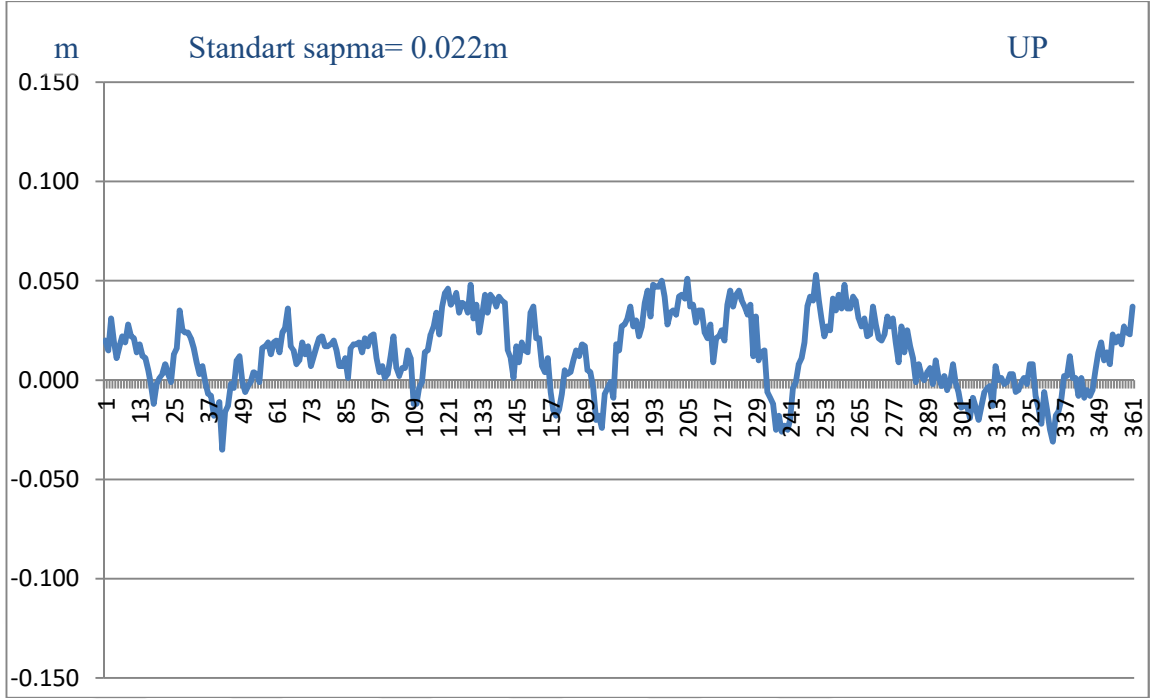
Şekil 5.40 Ankara İstasyonuna Ait Saatlik Toplam Yağış (mm=kg/m<sup>2</sup>)



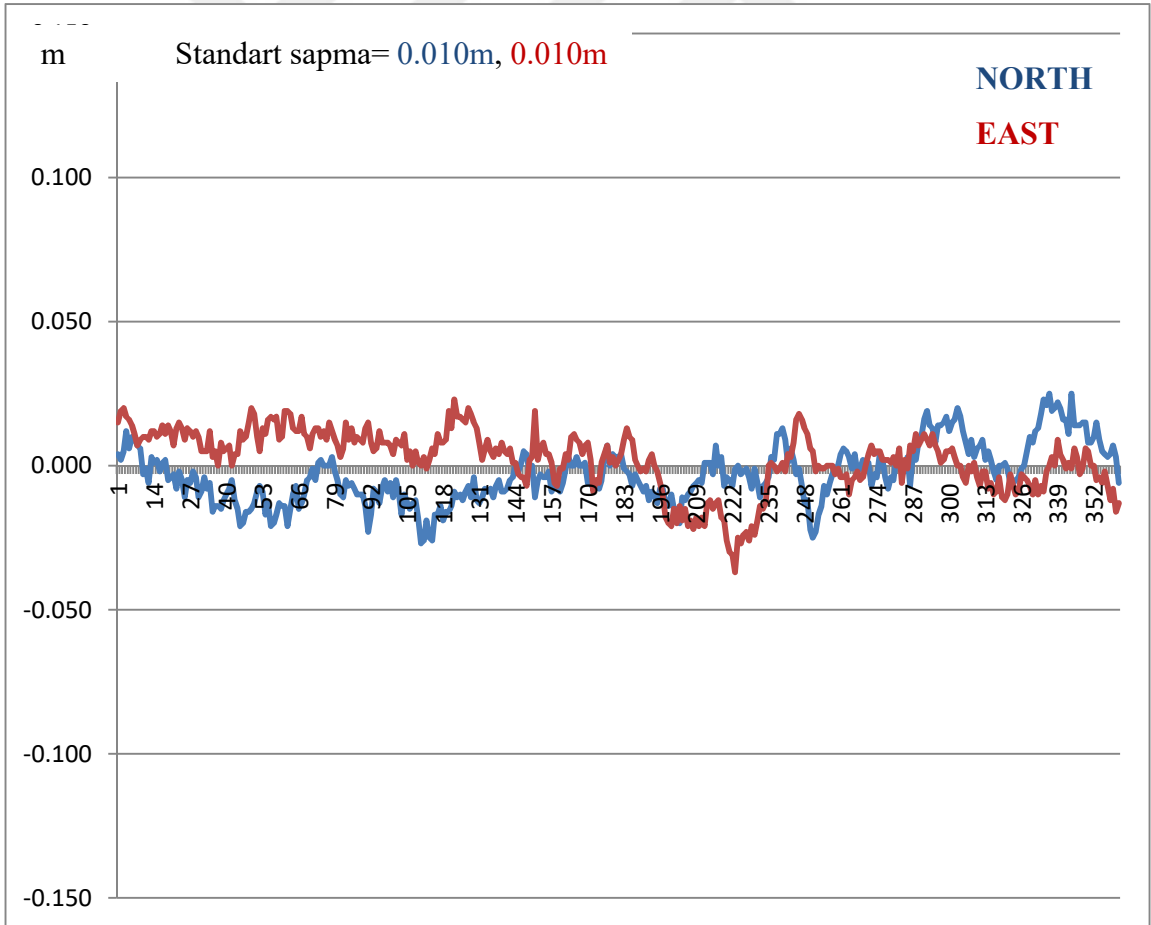
Şekil 5.41 5 Mayıs ANRK İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği



Şekil 5.42 5 Mayıs ANRK İstasyonuna ait North, East Değer Grafiği



Şekil 5.43 1 Haziran ANRK İstasyonuna Ait Up Değer Grafiği



Şekil 5.44 1 Haziran ANRK İstasyonuna Ait North, East Değer Grafiği

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 6.1 Sonuçlar

İncelenen günlerdeki hava durumu ve meteoroloji sonuçlarına göre PPP-Kinematik yöntemde sonuçları şöyledir;

#### 6.1.1 İstanbul 18 Temmuz 2017

İstanbul'da yağışlar üç farklı Tusaga-Aktif istasyonu verileri ile incelenmiştir. OMGİ istasyonundan saat 4-6 arasında yoğunlaşan şiddetli yağmur metrekareye 4-5 arasında 14.5 kg, 5-6 arasında ise metrekareye 58.7 kg yağış yeryüzüne düştüğü ölçülmüştür.

İstasyonları UP değerlerini baz alarak incelersek; ISTN istasyonunda 4-6 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 haziran) olan maksimum up doğruluğu bozulması 5 cm olmasına rağmen bu günde 25 cm'lere kadar çıktığı görülmüştür. KARB istasyonunda 4-6 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 haziran) olan maksimum up doğruluğu bozulması 4 cm olmasına rağmen bu günde 20 cm'lere kadar çıktığı görülmüştür. SLEE istasyonunda 4-6 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 haziran) olan maksimum up doğruluğu bozulması 5 cm olmasına rağmen bu günde 35 cm'lere kadar çıktığı görülmüştür.

İstasyonları North, East değerlerini baz alarak incelersek; ISTN istasyonunda 4-6 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 haziran) olan maksimum konum doğruluğu bozulması 3 cm olmasına rağmen bu günde 13 cm'lere kadar çıktığı görülmüştür. KARB istasyonunda 4-6 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 haziran) olan maksimum konum doğruluğu bozulması 2 cm olmasına rağmen bu günde 9 cm'lere kadar çıktığı görülmüştür. SLEE istasyonunda 4-6 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 haziran) olan maksimum konum doğruluğu bozulması 3 cm olmasına rağmen bu günde 12 cm'lere kadar çıktığı görülmüştür.

#### 6.1.2 İstanbul 27 Eylül 2017

İstanbul'da yağışlar üç farklı Tusaga-Aktif istasyonu verileri ile incelenmiştir. OMGİ istasyonundan saat 7-17 arasında yoğunlaşan şiddetli yağmur metrekareye en yoğun olarak saat 13-14 ve 14-15 arasında vardır. Sırasıyla 11.1 kg, ve 25.8 kg yağış düştüğü ölçülmüştür.

İstasyonları Up değerlerini baz alarak incelersek; ISTN istasyonunda 7-17 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 Haziran) olan maksimum up doğruluğu bozulması 5 cm olmasına rağmen bu günde 26 cm'lere kadar çıktığı görülmüştür. KARB istasyonunda 7-17 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 Haziran) olan maksimum up doğruluğu bozulması 4 cm olmasına rağmen bu günde 10 cm'lere kadar çıktığı görülmüştür. SLEE istasyonunda 7-17 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 Haziran) olan maksimum up doğruluğu bozulması 5 cm olmasına rağmen bu günde 16 cm'lere kadar çıktığı görülmüştür.

İstasyonları North, East değerlerini baz alarak incelersek; ISTN istasyonunda 7-17 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 Haziran) olan maksimum konum doğruluğu bozulması 3 cm olmasına rağmen bu günde 8 cm'lere kadar çıktığı görülmüştür. KARB istasyonunda 7-17 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 Haziran) olan maksimum konum doğruluğu bozulması 2 cm olmasına rağmen bu günde 5 cm'lere kadar çıktığı görülmüştür. SLEE istasyonunda 7-17 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 Haziran) olan maksimum konum doğruluğu bozulması 3 cm olmasına rağmen bu günde 9 cm'lere kadar çıktığı görülmüştür.

### **6.1.3 Rize 28 Eylül 2017**

Rizede meydana gelen yağış için RZE Tusaga-Aktif istasyonu verileri kullanılmıştır. OMGİ istasyonundan saat 10-19 arasında yoğunlaşan şiddetli yağışın metrekaresine en yoğun olarak saat 11-12 ve 15-16'da yeryüzüne düştüğü belirlenmiştir. Sırasıyla metrekaresine 9.3 kg ve 7.8 kg yağış düştüğü ölçülmüştür.

İstasyonun Up değerindeki değişimi 10-19 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 Haziran) olan maksimum up doğruluğu bozulması 6 cm olmasına rağmen bu günde 12 cm'lere kadar çıktığı görülmüştür.

İstasyonun North, East değerindeki değişimi 10-19 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 Haziran) olan maksimum konum doğruluğu bozulması 4 cm olmasına rağmen bu günde 5 cm'lere çıktığı görülmüştür.

### **6.1.4 Ankara 5 Mayıs 2018**

Ankara' da meydana gelen yağış için ANRK Tusaga-Aktif istasyonu verileri kullanılmıştır. OMGİ istasyonundan saat 12-15 arasında yoğunlaşan şiddetli yağışın metrekaresine en yoğun olarak saat 14-15'de yeryüzüne düştüğü belirlenmiştir.

İstasyonun Up derğerindeki değişimi 12-15 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 haziran) olan maksimum up doğruluğu bozulması 5 cm olmasına rağmen bu günde 12 cm'lere çıktığı görülmüştür.

İstasyonun North, East değerindeki değişimi 12-15 saatleri arasında yağışsız bir günde (1 haziran) olan maksimum konum doğruluğu bozulması 3 cm olmasına rağmen bu günde 5 cm'lere çıktığı görülmüştür.

Yağışların konum doğruluğuna etkileri incelendiğinde elde edilen metrekareye düşen yağışın sonucu değiştirdiğı ortadır. Yağışlarda metrekareye düşen yağışların miktarı 10 kg ve yakınlarında olduğunda standart sapma değerinin maksimum iki katına çıktığı tespit edilmiştir.

Yağışların şiddeti arttıkça yatayda North, East değerlerindeki değişim Up Değerindeki değişime göre daha az gözlenmekte iken en fazla etki ettiğı düşey yani Up değeridir. Dolayısıyla elde edilen verilerin sonucunda şiddetli yağışların 10 kilograma yaklaştığında ve özellikle geçtiğinde o güne ait konum sonuçlarında kaymalar olacağından verilerin tekrar gözden geçirilmesi ve incelenmesi faydalı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abdelfatah, M.A. Mousa, A.E., El-Fiky, G.S.2017. Assessment of tropospheric delay mapping function models in Egypt: Using PTD database model. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*. Available online 18 December 2017.
- Aktuğ B., Mert İ., Yurtseven M., Gürbüz G., Deniz İ., Mekik Ç., ‘ Kuvvetli yağışlarda GPS-IPWV (Yağışabilir su miktarı) verisinin önemi ve kullanılması’, VII. Atmospheric Science Symposium, 2015, İstanbul
- Arslan N., 2004, GPS İle İyonosfer Toplam Elektron Yoğunluğu Değişimlerinin Koordinatlara Etkilerinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi*.
- Bevis, M., Chiswell, S., Hering, T. A., Anthes, R., Rocken, C., Ware, R. 1994, “GPS meteorology: mapping zenith wet delays onto precipitable water”. *J Appl Meteorology* 33:379–386.
- Bevis, M., Businger, S., Herring, T. A., Rocken, C., Anthes, R. A., Ware, R.H., 1992, “GPS Meteorology: Remote Sensing of Atmospheric Water Vapor Using the Global Positioning System”, *Journal of Geophysical Research*, 15, 787-15,80
- Bock,O., Willis,P., Lacarra,M., Bosser, P. 2010. An inter-comparison of zenith tropospheric delays derived from DORIS and GPS data. *Advances in Space Research*. Volume 46, Issue 12, 15 December 2010, Pages 1648-1660.
- Clynch, J.R., Coco, D.S., 1986, Error characteristics of high quality geodetic GPS measurements: clocks, orbits and propagation effects. *Proc. Fourth Geodetic Symp. On Satellite Positioning, University of Texas*, 539-556.
- Donahue, E.G., Forest, J., Vallerand, R.J., Lemyre, P.N., Braud, L.C., Bergeron, E., 2012, Passion for Work and Emotional Exhaustion: *The Mediating Role of Rumination and Recovery, Health and Well-Being*, Volume 4 Issue 3, November 2012, Pgs 341-368.
- Dousa, J ve Vaclavovic, P. 2014. Real-time zenith tropospheric delays in support of numerical weather prediction applications. *Advances in Space Research*. Volume 53, Issue 9, 1 May 2014, Pages 1347-1358.
- EL-Kutb Mousa, A., Aboualy, N., Sharaf, M., Zahra, H., Darrag, M.2016. Tropospheric wet delay estimation using GNSS: Case study of a permanent network in Egypt. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*. Volume 5, Issue 1, June 2016, Pages 76-86.

- Ebner R., 2008, "Validation and Application of Free-online and Commercial Postprocessing PPP Packages", *Master Thesis, Graz University of Technology*.
- Ferretti, R., Faccani, C., Francia, M., Cucurull, L., 2005. Operational Assimilation of a network of Ground-based GPS-PW and ZTD into the *Weather Forecast. Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7, 06552, 2005.
- Fernandes, J.M., Pires, N., Lázaro, C., Nunes, A.L. 2013. Tropospheric delays from GNSS for application in coastal altimetry. *Advances in Space Research. Volume 51, Issue 8, 15 April 2013, Pages 1352-1368. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2012.04.025>*
- Gao, Y., and Shen, X., 2002, A New Method For Carrier-Phase-Based Precise Point Positioning, *Navigation: Journal of Institute of Navigation*, 49(2),109-116.
- Geng, J., Meng, X., Teferle, F.N., Dodson, A.H., 2010, "Performance of precise point positioning with ambiguity resolution for 1- to 4-hour observation periods", *Survey Review*, 42, 316 pp.155-165
- Geng, J., Teferle, F.N., Meng, X., Dodson, A.H., 2011, "Towards PPP-RTK: Ambiguity resolution in real-time precise point positioning", *Advances in Space Research*, 47, 10 pp.1664-1673
- Guergana, G., Jones, J., Dousa, J., Dick, G., Haan, S., Pottiaux, E., Bock, O., Pacione, R., Elgered, G., Vedel, H., Bender, M., 2016, Review of the state of the art and future prospects of the ground-based GNSS meteorology in Europe, *Atmos. Meas. Tech.*, 9, 5385–5406, 2016 [www.atmos-meas-tech.net/9/5385/2016/](http://www.atmos-meas-tech.net/9/5385/2016/)
- Gürbüz G., Mekik Ç., Rozsa S., 2014, "Radyosonda ve GPS Verileri ile Elde Edilen Yoğuşabilir Su Buharı Değerlerinin Karşılaştırılması" *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2014*, 6(3) syf 32-39
- Gürlek, E., 2017, GNSS Hassas Nokta Konumlama Tekniğinin Düşey Yönlü Yapısal Titreşimlerinin Ölçülmesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi*.
- Hartman, G.K.; R. Leitingger (1984): Range errors due to ionospheric and tropospheric effects for signals above 100 Mhz. *Bulletin Geodesique*, vol.58, pp.109-136.
- Hofmann-Wellenhof, B; H. Lichteneger ve J. Collins, 1994: *GPS: Theory and Practice. 3. Baskı, Springer-Verlag, Viyana, Avusturya*
- Hopfield, H.S., 1969. Two-Quartic Tropospheric Refractivity Profile for Correcting Satellite Data. *J. Geophys. Res.*, 74(18), 4487-4499.
- İnal, C., Gündüz, M.A., Bülbül, S., 2014, Klasik RTK Ve Ağ-RTK Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg.*, c.2, s.2, 2014

- Johansson, J. M., Emardson, T. R., Jarlemark, P. O. J., Gradinarsky, L. P., and Elgered, G., 1998, The atmospheric influence on the results from the Swedish *GPS network*, *Phys. Chem. Earth*, 23, 107–112, doi:10.1016/S0079-1946(97)00251-6, 1998
- Kahveci, M., Yağcı, B., Cingöz, A., Atalar, K., 2007, GPS'den Elde Edilen Su Buharı Verilerinin Meteorolojik Amaçlı Kullanımı: *Harita Genel Komutanlığı*, Ankara
- Kahveci, M., Yıldız, F., (2005): *Global Konum Belirleme Sistemi (GPS): Teori-Uygulama*, Nobel Yayınevi, Geliştirilmiş 2.baskı, Ankara.
- Kouba, J., and Héroux, P., 2001, Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products, *GPS Solutions*, 5(2), pp. 12-28.
- Majumder, S., Das, S., Maitra, A. 2015. Study of tropospheric delay over Indian region from MODIS, NCEP/NCAR data and ground based water vapor measurements at Kolkata. *Advances in Space Research*. Volume 56, Issue 6, 15 September 2015, Pages 1115-1124.
- Mekik, C., 1993, Tropospheric path delay modelling in GPS relative positioning. Paper presentation, *UKGA General Assembly*, Oxford, Britanya.
- Mekik, Ç., Tüm Türkiye İçin GNSS ile Su Buharının Kestiriminde Q Dönüşüm Faktörünün Elde Edilmesi, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi* 2016 6(1): syf 90-99, <http://fbd.beun.edu.tr>
- Mendes, V.B., Langley, R.B., 2002, Revised Refractive Index Formulae and Their Effect in Zenith delay Prediction and Estimation, GPS for Predictions of weather and *Atmospheric Effects at IEEE PLANS 2002*, Palm Springs, Kaliforniya, ABD.
- Misra P., Enge P., 2001, “Global Positioning System: Signals, Measurements and Performance”, *1st Edition, Ganga-Jumuna Press*.
- Musa, T.A., Amir, S., Othman, R., Ses, S., Omar, K., Abdullah, K., Lim, S., Rizos, C., GPS meteorology in a low-latitude region: Remote sensing of atmospheric water vapor over the Malaysian Peninsula, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Volume 73, Issue 16, October 2011, Pages 2410-2422 <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2011.08.014>
- Nahvi, M.J. 1988. An expert system approach to determination of tropospheric error in microwave ranging. *Acta Astronautica*. Volume 17, Issue 3, March 1988, Pages 359-366.
- Niell, E.A., 1996, Global Mapping Functions For The Atmosphere Delay At Radio wavelengths, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* banner.

- Öğütçü, S., S., 2017, Ağ Bazlı RTK Tekniklerinin (VRS, FKP, MAC) BAZ Uzunluğu Ve Epok Sayısına Bağlı Olarak Doğruluk Ve Duyarlık Modellerinin Oluşturulması Üzerine Bir Çalışma, *Doktora Tezi*, Necmettin Erbakan Üniversitesi.
- Rahimi,Z., Zulhaidi, H., Shafri, M., Othman,F.,Norman, M.2017. Effect of tropospheric models on derived precipitable water vapor over Southeast Asia. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. Volumes 157–158*, Pages 55-66.
- Raju, C.S, Saha, K., Parameswaran, K. 2009. Signature of atmospheric oscillations in GPS-measured tropospheric delay. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. Volume 71, Issues 17–18*, December 2009, Pages 1784-1793.
- Rizos, C., Janssen, V., Roberts, C., Grinter, T., 2012, "Precise Point Positioning: Is the Era of Differential GNSS Positioning Drawing to an End?“, *FIG Working Week 2012*, Rome, Italy, 6-10 May 2012.
- Saastamoinen, J., 1973, Contributions to the Theory of *Atmospheric Refraction. Part II,Refraction Corrections in Satellite Geodesy. Bull.Geod.No.107*, syf.13-34.
- Saha, K., Parameswaran, K., Raju, C.S. 2007. Tropospheric delay in microwave propagation for tropical atmosphere based on data from the Indian subcontinent. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. Volume 69, Issue 8*, June 2007, Pages 875-905.
- Shu,Y., Shi,Y., Xu,P., Niu,X., Liu, J. 2017. Error analysis of high-rate GNSS precise point positioning for seismic wave measurement. *Advances in Space Research. Volume 59, Issue 11*, 1 June 2017, Pages 2691-2713.
- Sun, L., Chen,P., Wei, E., Li, Q.2017. Global model of zenith tropospheric delay proposed based on *EOF analysis. Advances in Space Research. Volume 60, Issue 1*, 1 July 2017, Pages 187-198.
- Troller M.R., 2004, “GPS based determination of the integrated and spatially distributed water vapor in the troposphere”, *PhD Thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich*, 2004.
- URL 1, Son erişim 27 haziran 2018, <http://www.nrcan.gc.ca/home>
- URL-2, Son erişim tarihi 5 temmuz 2018, <https://www.mathworks.com/matlabcentral/profile/authors/8248842-sermet-ogutcu>
- URL-3, Son erişim 27 Haziran 2018, <http://www.tusaga-aktif.gov.tr>
- Ware, R. H., Fulker, D., Stein, A., Anderson, D., Avery, S., Clark, D., Droegemeier, K., Kuettner, P., Minster, B., Sorooshian, S., 2000, A Real-Time National GPS

- Network for *Atmospheric Research and Education*, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81, 4, paper 677-694
- Walpersdorf, A., Bouin, M.N., Bock, O., Doerflinger, E. 2007. Assessment of GPS data for meteorological applications over Africa: Study of error sources and analysis of positioning accuracy. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. Volume 69, Issue 12, August 2007, Pages 1312-1330.
- Yıldırım, Ö., Bakıcı, B., Mekik, Ç., 2011 Tusaga-Aktif sisteminin Tapu Ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Katkıları, <http://geomatik.beun.edu.tr> 2011
- Zhao, Q., Yao, Y., Cao, X., Yao, W. 2018. Accuracy and reliability of tropospheric wet refractivity tomography with GPS, BDS, and GLONASS observations. *Advances in Space Research*. In Press Available online 31 January 2018.
- Zhang, D., Guo, J., Chen, M., Shi, J., Zhou, L. 2016. Quantitative assessment of meteorological and tropospheric Zenith Hydrostatic Delay models. *Advances in Space Research*. Volume 58, Issue 6, 15 September 2016, Pages 1033-1043.
- Zumberge, J.F., Heflin, M. B., Jefferson, D. C., Watkins, M. M., and Webb, F. H., 1997, Precise Point Positioning for the Efficient and Robust Analysis of GPS Data from Large Networks, *Journal of Geophysical Research*, 102(B3), pp. 5005-5017.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Mahmut ATALAY  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : ESKİŞEHİR 1988  
**Telefon** : 5465711965  
**Faks** : 03862805400  
**e-mail** : [mahmutatalay26@gmail.com](mailto:mahmutatalay26@gmail.com),  
[mahmutatalay@ahievran.edu.tr](mailto:mahmutatalay@ahievran.edu.tr)

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Prof. Dr. Orhan Oğuz Anad. Lis. Merkez/Eskişehir	2006
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi Konya	2012
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniversitesi Konya	2018
Doktora	:	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2015	KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNV.	ÖĞRETİM GÖREVLİSİ

### UZMANLIK ALANI

GNSS

### YABANCI DİLLER

İNGİLİZCE