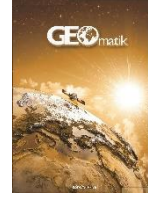




GEOMATİK

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik>

e-ISSN 2564-6761



CenterPoint RTX Teknolojisinin Tekrarlanabilirliğinin Araştırılması

Veli İlçi*

Hitit Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Çorum, Türkiye

Anahtar Kelimeler

GNSS
CenterPoint RTX
Konum belirleme

ÖZ

Günümüzde IGS gibi uydu sistemlerine ait yörünge ve zaman düzeltme verilerini tüm GNSS kullanıcılarının hizmetine sunan servisler sayesinde yeni küresel konum belirleme algoritma, teknik ve teknolojileri ortaya çıkmaktadır. Bu çözümler mevcut konum belirleme tekniklerinin dezavantajlarını gidermek ve kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla geliştirilmektedir. Söz konusu yenilikçi teknoloji ürünlerinden biri de CenterPoint Real Time eXtended (RTX) teknolojisidir. CenterPoint RTX teknolojisi yüksek doğruluklu konum ve yükseklik bilgisini gerçek zamanlı olarak küresel ölçekte kullanıcılarına sağlamayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada CenterPoint RTX teknolojisinin sağladığı üç boyutlu koordinat bilgisinin doğruluğu ve tekrarlanabilirliği araştırılmaktadır. Belirlenen 120 km'lik bir güzergâh boyunca 20'şer km aralıklarla 7 test noktası tesis edilmiştir. Test noktalarında 2 farklı ölçme serisinde birer saniye ölçüm aralığında 75 dakika süresince GNSS gözlemleri gerçekleştirilmiştir. CenterPoint RTX teknolojisinin sağladığı anlık koordinat verileri noktaların referans koordinatlarıyla karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 1. ölçüm serisinde ortalama 2 cm konum ve 3 cm yükseklik doğruluğu elde edilirken, 2. ölçüm serisinde ortalama 2 cm konum ve 4 cm yükseklik doğruluğu elde edilmiştir. Ancak bu doğrulukların elde edilmesi için 50 dk'lık yakınsama süresine ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir.

Investigation of the Repeatability on CenterPoint RTX Technology

Keywords

GNSS
CenterPoint RTX
Positioning

ABSTRACT

Currently, new global positioning algorithms, techniques, and technologies are emerging thanks to services such as IGS that provide satellite orbit and time correction data for the entire GNSS community. These solutions are being developed to address the disadvantages of existing positioning techniques and to meet the needs of users. One of the most innovative technologies is CenterPoint Real Time eXtended (RTX) technology. CenterPoint RTX technology aims to provide users high accuracy position and height information on a global scale, in real time. In this study, the accuracy and repeatability of three-dimensional coordinate information provided by CenterPoint RTX technology are investigated. Seven test points have been installed along a 120 km long route, set at 20 km intervals. GNSS observations were performed at the test points for 75 minutes in one-second intervals in two differing measurement series. The real-time information provided by CenterPoint RTX technology was compared to the known coordinates of the points. According to the results obtained in the first measurement series, 2 cm position and 3 cm height accuracy was obtained, while in the 2nd measurement series 2 cm position and 4 cm height accuracy were obtained, on average. However, it was determined that a 50 min convergence time is needed to achieve these accuracies.

*Sorumlu Yazar

Kaynak Göster (APA)

(veliilci@hitit.edu.tr) ORCID ID 0000 – 0002 – 9485 – 874X İlçi, V. (2020). CenterPoint RTX Teknolojisinin Doğruluk ve Tekrarlanabilirliğinin Araştırılması. Geomatik, 5 (1), 10-18. DOI: 10.29128/geomatik.560026
Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik/issue/48883/560026>

1. GİRİŞ

Her geçen gün gelişmekte olan uydu tabanlı konum belirleme ve sensör teknolojileri kullanıcıların ihtiyaç ve beklentilerini karşılamayı amaçlamaktadır. Sürdürülmekte olan bu çalışmalar cm seviyesinde doğruluk sağlayan, gerçek zamanlı ve olabildiğince ekonomik çözüm üretme üzerine odaklanmaktadır. Mevcut çözümlerin kullanıcıların tüm gereksinimlerini karşılayamamış olmaları sebebiyle, günümüzde hala yeni algoritma, teknik ve teknolojiler üzerine çalışmalar devam etmektedir.

Günümüzde klasik gerçek zamanlı kinematik (RTK) veya ağ-RTK teknikleri birkaç saniyelik yakınsama süresinde kullanıcılara cm seviyesinde, üç boyutlu ve gerçek zamanlı çözüm sunabilmeleri sebebiyle yoğun şekilde kullanılmaktadırlar. Klasik RTK tekniği referans ve gezen alıcı olmak üzere en az iki GNSS alıcısı kullanımı gerektirmektedir (Li, Feng, Shen, & Wang, 2010). Ayrıca, uydu yörünge hataları ve atmosferik hatalar sebebiyle bu iki alıcı arasındaki mesafe yaklaşık 20 km ile sınırlı kalmaktadır (Lambrou & Kanellopoulos, 2018; Li et al., 2010). Veri iletiminde radyo bağlantısı veya internet erişimine ihtiyaç duyması da bu yöntemin diğer önemli dezavantajlarından. Ağ-RTK tekniğinde ise atmosferik ve yörüngesel hatalar tüm ağ için hesaplanmakta ve düzeltme verileri ağ kullanıcılarına GSM hattı yoluyla iletilmektedir (Aponte, Meng, Burbidge, & Kingdom, 2008). Bu teknik kullanıcılara tek bir GNSS alıcısıyla çözüm sağlaması sebebiyle klasik RTK tekniğine kıyasla daha ekonomik çözüm sunmaktadır. Ancak, mevcut sistemin altyapı kurulum maliyetinin çok yüksek olması (Eissfeller, 2012), bazı sistemlerde kullanıcıların servis hizmeti alabilmesi için belirli bir ücret ödemek zorunda olması, tekniğin GSM hattına bağımlılığı (Alkan, Ozulu, & İlçi, 2017) ve kullanımın ağ ile sınırlı olması dolayısıyla küresel ölçekte çözüm sunamaması (Hutton et al., 2016) bu tekniğin dezavantajlarıdır.

RTK tekniklerinin bu dezavantajları araştırmacıları yeni çözümler bulmaya yönlendirmektedir. Bu amaçla Trimble firması tarafından geliştirilen Real Time RTX (URL1) teknolojisi ve NAVCOM firması tarafından geliştirilen STARFIRE (URL2) teknolojileri ortaya çıkmıştır. Bu teknolojiler dünya üzerinde farklı noktalara yerleştirilmiş olan yer istasyonları yardımıyla GNSS uydularının yörünge ve zaman düzeltmelerini hesaplamakta ve sabit (geostationary) uydular aracılığıyla kullanıcılara düzeltme bilgilerini iletirken kullanıcıların cm seviyesinde ve üç boyutlu çözüm elde etmelerini sağlamaktadırlar. Kullanıcılarına küresel çözüm sunan bu yenilikçi teknolojiler RTK tekniklerinin bazı dezavantajlarını ortadan kaldırmaları sebebiyle onlara önemli birer alternatif olarak karşımıza çıkmaktadırlar.

Kuzey Amerika, Avrupa ve Uzak Doğu'daki değişik bölgelerde CenterPoint RTX teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilmiş olan sınırlı sayıdaki

akademik çalışmalarda (Chen et al., 2011; Glocker et al., 2012; Krzyżek, 2013; Leandro et al., 2012; Nardo et al., 2015) bu teknolojinin performansı ve gerçek zamanlı konum belirleme tekniklerine alternatif olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışmada ise ülkemizde yaklaşık 120 km'lik bir hat üzerinde 20'şer km aralıklarla tesis edilmiş 7 noktada iki farklı tarihte 75'er dakika boyunca RTX düzeltme verisi toplanmış ve bu veri test noktalarının referans konumlarıyla karşılaştırılmıştır. Böylelikle CenterPoint RTX teknolojisinin yatay ve yükseklik konum doğruluğu ve tekrarlanabilirliği belirlenmeye çalışılmıştır.

2. YÖNTEM

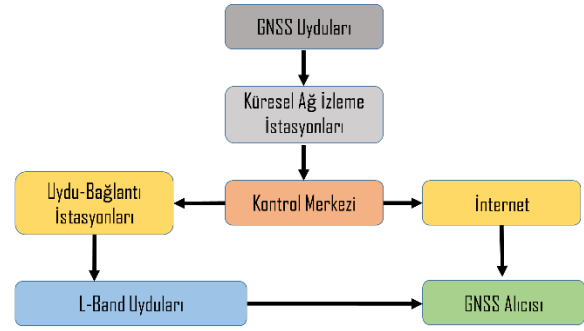
2.1. Centerpoint RTX Teknolojisi

Trimble firması tarafından 2011 yılında geliştirilen CenterPoint RTX teknolojisi 2012 yılında GNSS kullanıcıları tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Dünya üzerinde farklı bölgelerde bulunan 100 adet gözlem ağı istasyonları tarafından toplanan GNSS verileri internet yoluyla operasyon merkezlerine aktarılmaktadır (Doucet et al., 2012; Siejka, 2014). Bu merkezlerde hassas uydu konum, saat ve hız kestirimleri, atmosferik veriler, taşıyıcı faz tamsayı belirsizlikleri ve yer dönme parametreleri vb. belirlenmektedir (Glocker, Landau, Leandro, & Nitschke, 2012; Krzyżek, 2013). Elde edilen veriler kullanılarak hassas uydu yörünge, saat ve gözlem hataları gerçek zamanlı olarak elde edilmektedir (Hutton et al., 2016; Leandro et al., 2012). Düzeltme verileri CMRx mesaj formatında altı geostationary Sky Terra uyduları veya internet yoluyla GNSS alıcılara iletilmektedir (Brandl et al., 2014). Düzeltme verisinin uydu yoluyla iletilmesi durumunda gezen alıcı düzeltme verisini L-band yoluyla alır ve konumunu gerçek zamanlı olarak hesaplar (Chen et al., 2011). Veri iletişiminin doğrudan uydu vasıtasıyla yapılması durumunda internet ihtiyacı ortadan kalkmaktadır. Veri iletiminin internet yoluyla iletilmesi durumunda ise kullanıcı konumunu yine gerçek zamanlı olarak belirleyebilmektedir, ancak bu yöntemin internete bağımlılığı kısıtlayıcı bir etken olarak görülebilmektedir. Bu teknoloji düzeltme verilerinin kullanılabilmesi için GNSS alıcısının bu düzeltme verisini çözebilecek teknolojiye sahip olması ve sistem üyeliğinin bulunması gerekmektedir. Sonuçta kullanıcı International Terrestrial Reference Frame (ITRF) 2008 veya 2014 datum, 2005.0 epogunda üç boyutlu konum bilgisini elde etmiş olur. CenterPoint RTX teknolojisi genel çalışma prensibi Şekil 1'de özetlenmiştir.

Dünyanın her yerinde kullanılabilen CenterPoint RTX teknolojisi belirsizlikleri çözebilmesi ve cm seviyesinde konum doğruluğu sağlayabilmesi için belirli bir yakınsama süresine ihtiyaç duymaktadır. Bu yakınsama süresi ve elde edilecek doğruluk GNSS alıcı ve antenin özellikleri, çevresel özellikler, atmosferik koşullar, uydu sayısı

ve dağılımını, multipath düzeyi gibi bazı koşullara bağlı olarak değişebilmektedir. Multipath etkisi düzeltme verilerinin bölgesel ve küresel ölçekte hesaplanıyor olması sebebiyle önemli ölçüde giderilebilmektedir. Yüksek doğruluk ve düşük yakınsama süresinin elde edilmesinde GPS, GLONASS, Galileo, Beidou ve QZSS uydu sistemlerinin kullanılması ve geliştirilmiş olan iyonosfer düzeltme modelleri önemli katkı sağlamaktadır (Nardo et al., 2015). Referans GNSS istasyonu ve radyo bağlantısı gerektirmeyen bu sistem 200 saniyeye kadar veri kesintilerinde bile kullanıcılarına veri sağlamaya devam edebilmektedir. Avrupa ve Amerika'nın bazı kısımlarında bulunan bölgesel destek ağları ile yüksek doğruluklar daha düşük yakınsama süresinde elde edilebilmektedir.

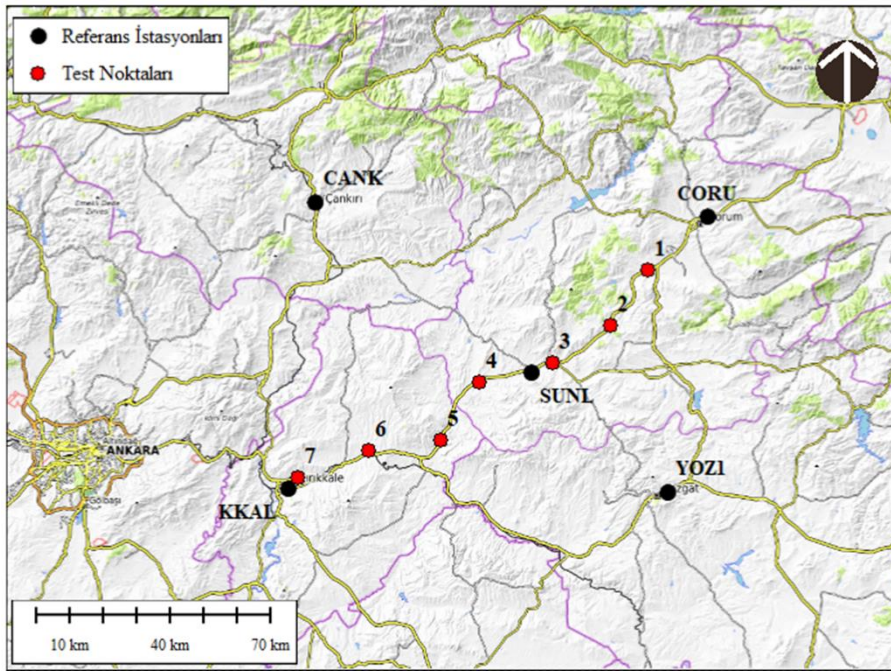
Sonuçta CenterPoint RTX teknolojisi kullanıcılara referans istasyonu gerektirmeden (Carballido, Perez-Ruiz, Emmi, & Agüera, 2014), cm seviyesinde, üç boyutlu ve gerçek zamanlı konum bilgisini sağlamaktadır (İlçi, 2019).



Şekil 1. CenterPoint RTX Teknolojisi Genel Çalışma Prensi (URL1)

2.2. Çalışma Alanı

Bu çalışma Çorum ve Kırıkkale illerini kapsayan yaklaşık 120 km uzunluğundaki bir güzergâh boyunca gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'de görüleceği üzere test noktaları kırmızı renk, çözümde kullanılan TUSAGA-Aktif referans istasyon noktaları ise siyah renk ile gösterilmiştir. Test noktaları Çorum – Kırıkkale istikametinde 20'şer kilometre aralıklarla seçilmiştir ve 1'den 7'ye kadar numaralandırılmıştır. Bu güzergâh ulaşımın kolaylığı sağlaması ve düz bir hat olması sebepleriyle seçilmiştir.



Şekil 2. Çalışma Alanı, Test Noktaları (kırmızı), Referans İstasyonları (siyah)

2.3. Veri Toplama ve Değerlendirme

Tüm test noktalarında GNSS gözlemleri çift frekanslı Trimble R10 alıcısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilecek yatay ve yükseklik konum doğruluk değerlerinin tekrarlanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla ölçümler 24 Mayıs 2018 (Seri-1) ve 2 Haziran 2018 (Seri-2) tarihlerinde iki seri şeklinde gerçekleştirilmiştir. GNSS alıcısının test noktaları üzerine hassas bir şekilde konumlandırılması sonrasında RTX düzeltme

verisinin yakınsama süresinin olabildiğince doğru belirlenebilmesi amacıyla alıcılar öncelikle RTX sistemine bağlanmış ve sonrasında ise statik GNSS verisi toplanmaya başlanmıştır. RTX düzeltmeleri 1 sn veri toplama aralığında 75 dakika süresince doğrudan uydu üzerinden alınacak şekilde ayarlanmıştır. Statik GNSS verileri ise test noktalarının referans yatay ve yükseklik konumlarının doğru ve hassas belirlenebilmesi amacıyla 1 sn veri toplama aralığında minimum 100 dakika süresince toplanmıştır. Bu süre TUSAGA-

Aktif referans istasyonlarının test noktalarına olan mesafeleri, geometrik dağılımları ve sayıları dikkate alınarak belirlenmiştir. Ölçümlerde uydu yükseklik açısı 10 derece olarak seçilmiş ve GPS, GLONASS, GALILEO ve BEIDOU uydu sistemlerinin verileri toplanmıştır. Her ölçüm noktasında GNSS alıcısı tamamen kapatıldıktan sonra yeniden başlatılarak (cold-start) bu işlemler tekrarlanmıştır.

Test noktalarının üç boyutlu referans yatay ve yükseklik konum bilgileri statik GNSS verilerinin NovAtel firması tarafından geliştirilen GrafNet statik ağ dengeleme yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. CORU, SUNL, YOZ1, CANK ve KKAL referans istasyonlarının ölçüm günlerine ait 1 saniyelik GNSS verileri TUSAGA-Aktif'in ilgili web-arayüzü kullanılarak elde edilmiştir (URL3). Referans verileri olarak GPS ve GLONASS uydu takım verilerinin desteklediği TUSAGA-Aktif istasyon verilerinin kullanılmış olması sebebiyle referans koordinat verilerinin elde edilmesinde sadece GPS ve GLONASS uydu sistemlerinin verileri kullanılmıştır. Ölçüm günlerine ait uydu final efemeris bilgileri ise IGS servisinin ilgili web-arayüzünden elde edilmiştir (URL4). Test noktaları yakınındaki 3 veya 4 referans noktalarına ait veriler kullanılarak ağ-dengelemesi ile test noktalarının referans yatay ve yükseklik konumları elde edilmiştir. CenterPoint RTX sisteminden elde edilen gerçek zamanlı konum bilgileri noktaların referans yatay ve yükseklik konum bilgileri ile karşılaştırılarak CenterPoint RTX teknolojisinin yakınsama süreleri ve konum doğrulukları belirlenmiştir. CenterPoint RTX teknolojisi ölçüm noktalarına ait konum verilerini gerçek zamanlı olarak enlem, boylam ve elipsoidal yükseklik verilerinin yanı sıra kullanıcı tarafından tanımlanan bilgiler doğrultusunda yine gerçek zamanlı olarak sağa, yukarı ve yükseklik şeklinde de sağlamaktadır. Bu çalışmada test noktalarına ait referans ve CenterPoint RTX yatay konum doğrulukları kuzey ve doğu farklarından, yükseklik konum doğrulukları ise elipsoit yükseklikler arasındaki farklardan elde edilmiştir. Ayrıca, CenterPoint RTX verileri ITRF 2008, 2005.0 epoğunda elde edilmiştir. Dolayısıyla TUSAGA-Aktif referans istasyonları kullanılarak elde edilen referans koordinatlar ITRF96, 2005 epoğundan gerekli dönüşüm ve epok kaydırma işlemleri yapılarak ITRF 2008, 2005.0 epoğunda hesaplanmış ve karşılaştırmalar bu datum ve epokta yapılmıştır (URL5).

3. BULGULAR

Trimble RTX teknolojisinin sağlamış olduğu verilerin analizi iki kısımda gerçekleştirilmiştir. Bölüm 3.1 'de ölçümlerin ilk 50 dk'lık kısmı yakınsama süresinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Sonraki 25 dk'lık kısmı ise Bölüm 3.2'de yatay ve yükseklik konum hatalarının değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır.

3.1. Yakınsama Süresi

Trimble RTX teknolojisini kullanılarak elde edilecek yatay ve yükseklik konum doğruluklarının cm seviyesinde belirlenebilmesi amacıyla GNSS alıcısının çalışmaya başlaması sonrasında yakınsama süresi denilen belirli bir sürenin geçmesi gerekmektedir.

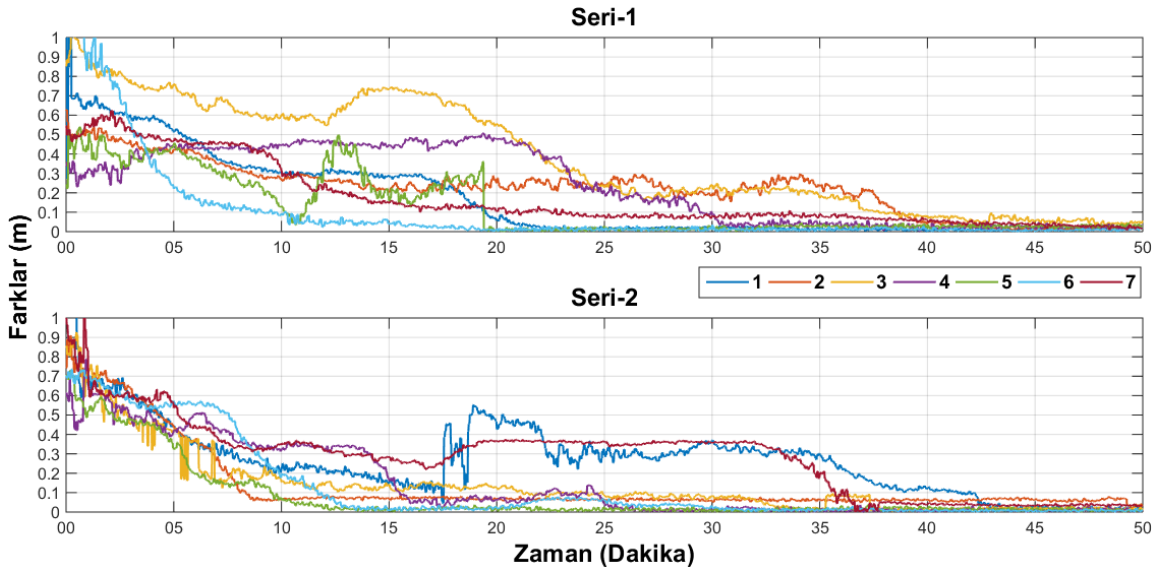
Şekil 3'de GNSS alıcısının veri toplamaya başladığı ilk andan itibaren test noktalarının referans yatay konum değeri ile RTX teknolojisi kullanılarak gerçek zamanlı olarak elde edilen yatay konum değerleri arasındaki fark değerleri görülmektedir. Seri-1 ve Seri-2'deki yatay konum fark değerlerinin 30 cm ila 1 metre arasında başladığı görülmektedir. Bazı noktalarda yaklaşık 10 dk sonra bazı test noktalarında cm seviyesinde yatay konum doğruluğu elde edilebilmektedir. Seri-1'de 40 dk sonrasında tüm test noktalarında cm seviyesinde yatay konum doğrulukları elde edildiği görülürken, Seri 2'de aynı sürede 6 numaralı test noktası haricinde cm seviyesinde yatay konum doğrulukları elde edilmiştir. 6 numaralı noktada ise yaklaşık 43. dk'da cm seviyesinde doğruluk elde edilmiştir.

Şekil 4'de referans yükseklikler ile RTX servisinden alınan yükseklik konum farkları verilmektedir. Fark değerlerinin başlangıçta metre seviyesinde olduğu, bazı noktalarda 10-15 dakika süresinde cm seviyesine indiği ve Seri-2 deki iki numaralı nokta haricinde tüm noktalarda cm seviyesinde yükseklik konum doğruluklarının elde edildiği, 2 numaralı test noktasında ise 49. dakikada cm seviyesinde yükseklik konum doğruluk değerlerinin elde edildiği görülmektedir.

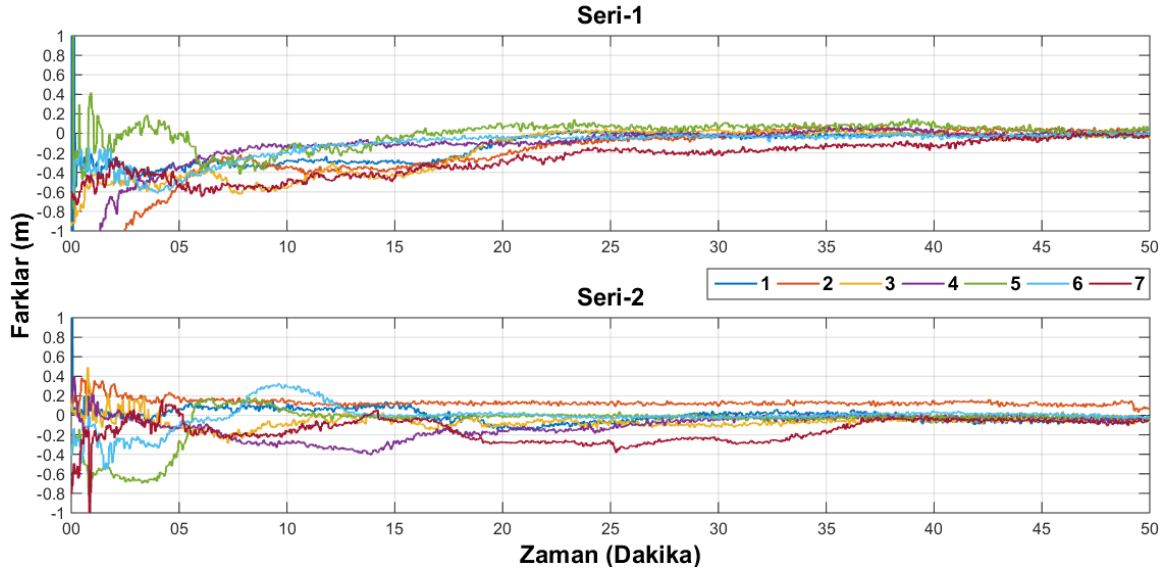
3.2. Yatay ve Yükseklik Konum Doğruluğu

Bu bölümde ölçümlerin 50-75 dk arasındaki (yakınsama süresi sonrasında) fark değerleri incelenmektedir. Şekil 5'de yatay konum farklarının yüzdelerle dağılımlarını belirlemek amacıyla kümülatif dağılım fonksiyonu kullanılmıştır. Seri-1 ve Seri 2'de yatay konum doğruluklarının 1'er test noktaları haricinde %95 üzerinde bir olasılıkla 4 cm ve daha iyi olarak elde edildiği görülmektedir. Seri-1'deki 3 numaralı test noktasında ise verilerin %70'inin 4 cm ve daha iyi sonuç vermiş iken tamamının ise 10 cm ve daha yüksek yatay konum doğrulukları sağladığı görülmektedir. Seri-2'de ise 2 numaralı noktada sonuçların %80'i 4 cm ve daha iyi, tamamı ise 7 cm ve daha yüksek yatay konum doğruluğu vermektedir.

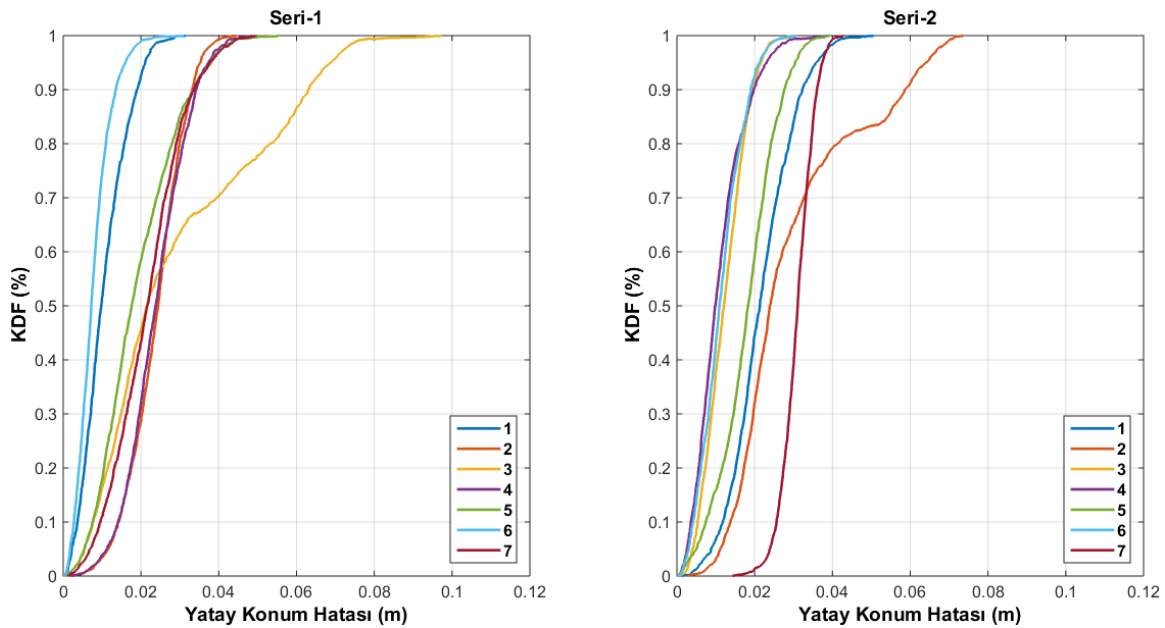
Yükseklik konum farklarının yüzdelerle dağılımları ise Şekil 6'da verilmektedir. Her iki seri göz önüne alındığında yükseklik konum fark değerlerinin tamamının bazı test noktalarında 6 cm ve daha iyi, bazı test noktalarında ise 12 cm ve daha iyi değerler aldığı görülmektedir.



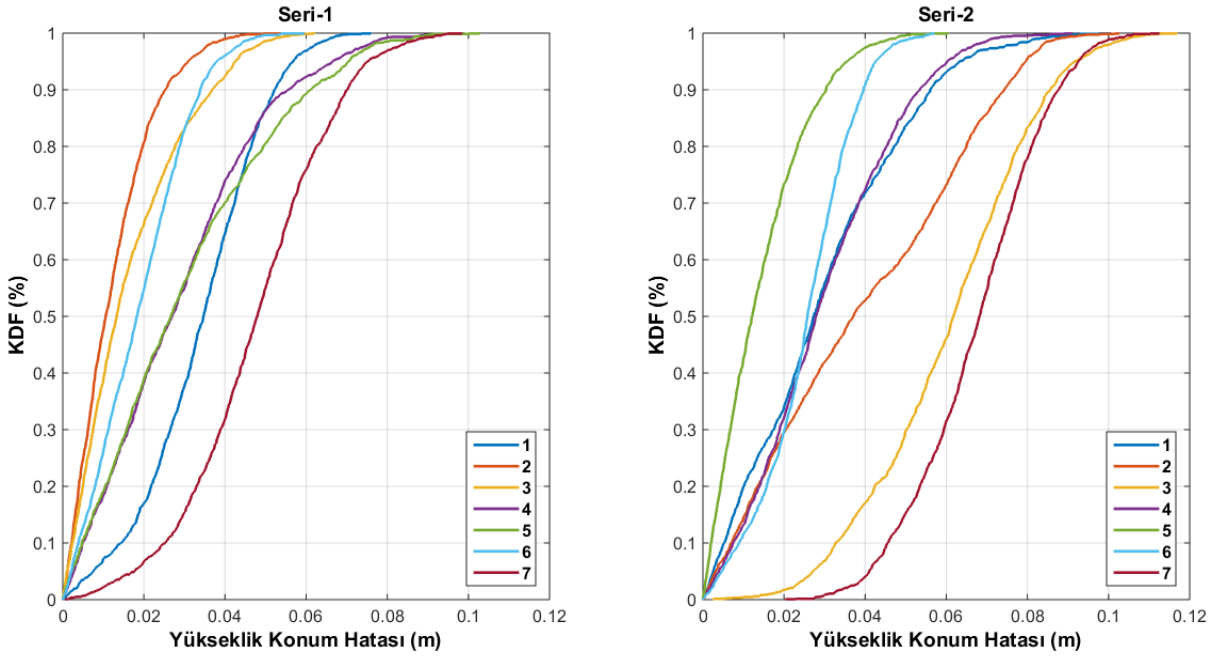
Şekil 3. RTX Teknolojisi Yakınsama Süresi (Yatay Konum Hatası)



Şekil 4. RTX Teknolojisi Yakınsama Süresi (Yükseklik Konum Hatası)



Şekil 5. Kümülatif Dağılım Fonksiyonu (Yatay Konum Hatası)



Şekil 6. Kümülatif Dağılım Fonksiyonu (Yükseklik Konum Hatası)

Şekil 7’de yine 50 dakikalık yakınsama süresi sonrası için elde edilen yatay konum fark değerlerinin ortalamaları gösterilmektedir. Seri 1 ve Seri 2’deki yatay konum ortalama hata değerlerinin 1 ila 3 cm arasında elde edildiği görülmektedir.

Şekil 8’de ise ortalama yükseklik konum hataları verilmektedir. Her iki ölçme serisinde yer alan 7 şer noktadaki yükseklik konum hatalarının 1 ila 7 cm arasında değiştiği görülmektedir.

Ayrıca yakınsama süresi sonrasında elde edilmiş olan yatay ve yükseklik konum doğruluk değerlerine ait standart sapma (std.) ve karesel ortalama hata (RMS – Root Mean Square) verileri Tablo 1’de verilmektedir. Söz konusu istatistik veriler aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmaktadır. X_1, X_2, \dots, X_n verileri için ortalama hata (\bar{x}) ve standart sapma (σ_x);

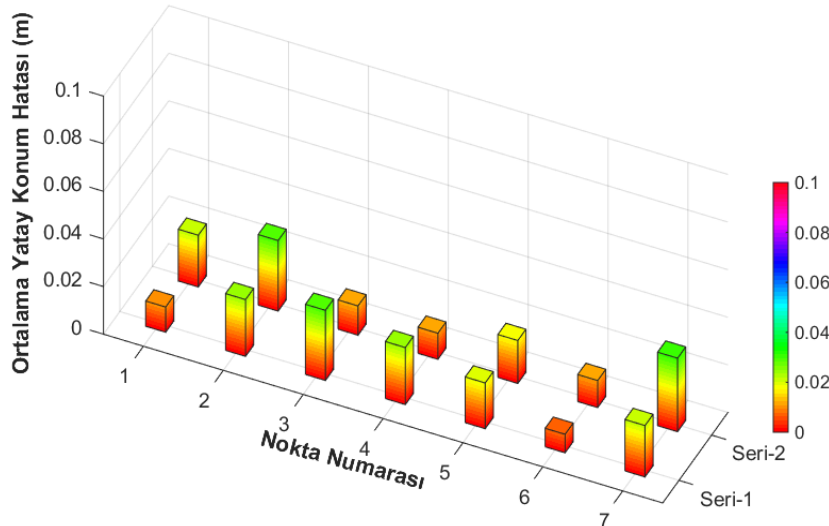
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

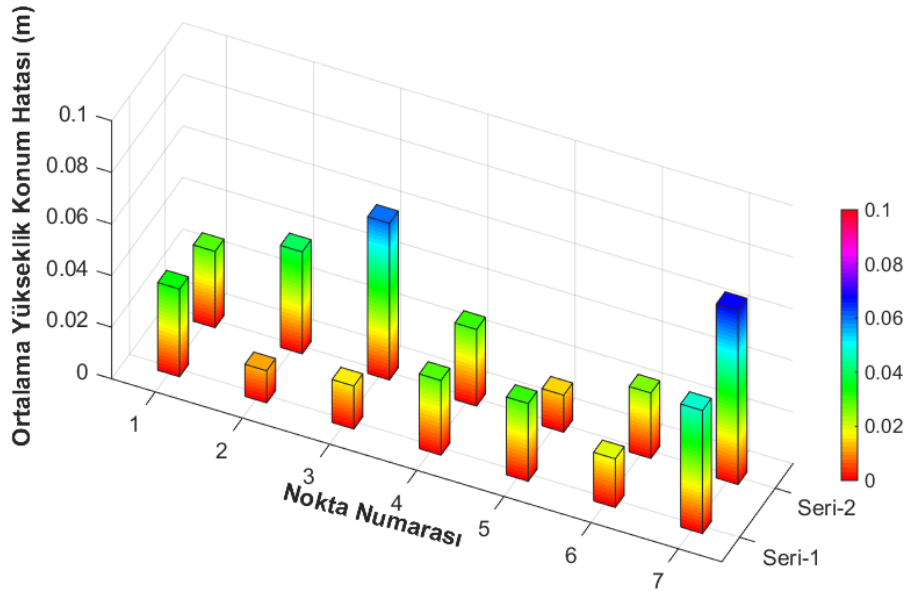
formülleriyle hesaplanmaktadır. Noktaların bilinen konumları $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_n$ olmak üzere karesel ortalama hatalar (RMS) ise;

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2} \quad (3)$$

formülüyle hesaplanmaktadır. Tablo 1’de yer alan veriler değerlendirildiğinde yatay konum doğruluklarına ait standart sapma değerlerinin 0-2 cm aralığında, karesel ortalama hatalarının ise 1-4 cm aralığında olduğu görülmektedir. Yüksek konum doğruluklarına ait standart sapma değerlerinin 1-3 cm, karesel ortalama hata değerlerinin ise 2-7 cm aralığında olduğu görülmektedir.



Şekil 7. Ortalama Yatay Konum Hatası



Şekil 8. Ortalama Yükseklik Konum Hatası

Tablo 1. Yatay ve Yükseklik Konum Doğruluklarına Ait Standart Sapma (Std.) ve Karesel Ortalama Hata (RMS – Root Mean Square) Verileri

Nokta No	Yatay Konum Doğruluğu (m)				Nokta No	Yükseklik Konum Doğruluğu (m)			
	Seri-1		Seri-2			Seri-1		Seri-2	
	Std.	RMS	Std.	RMS		Std.	RMS	Std.	RMS
1	0.01	0.01	0.01	0.02	1	0.01	0.04	0.02	0.04
2	0.01	0.02	0.02	0.03	2	0.01	0.02	0.03	0.05
3	0.02	0.04	0.01	0.01	3	0.01	0.02	0.02	0.06
4	0.01	0.03	0.01	0.01	4	0.02	0.03	0.02	0.03
5	0.01	0.02	0.01	0.02	5	0.02	0.04	0.01	0.02
6	0.00	0.01	0.01	0.01	6	0.01	0.02	0.01	0.03
7	0.01	0.02	0.00	0.03	7	0.02	0.05	0.02	0.07

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Günümüzde klasik RTK ve ağ-RTK gibi GNSS kullanıcılarına gerçek zamanlı ve üç boyutlu konum bilgisi sağlayan konum belirleme yöntemlerinin mevcut dezavantajlarını giderebilecek yeni teknolojilerden bir tanesi olarak CenterPoint RTX teknolojisi ortaya çıkmaktadır. Bu teknoloji doğrudan uydu aracılığıyla düzeltme verisini alıcıya göndererek tek bir GNSS alıcısıyla konum bilgisi elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

Söz konusu teknolojinin cm seviyesinde yatay ve yükseklik konum bilgisi sağlayabilmesi için yakınsama süresi gerektirmesi bu teknolojinin en önemli dezavantajı olarak karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu yakınsama süresinin hem yatay hem de yükseklik konum hataları dikkate alındığında 15 ila 50 dakika arasında olduğu görülmektedir. Bu çalışmada belirlenen test noktalarının açık alanlarda tesis edildiği göz önüne alındığında, söz konusu yakınsama sürelerinin kısmen kapalı alanlarda daha da uzayabileceği öngörülebilir. Bu sürelerin ölçümün

başladığı ilk andan itibaren cm seviyesinde doğruluk değerlerini kullanıcılara sağlayan ağ-RTK tekniğine oranla yeterli görülmemeyebilir. Ancak, ağ-RTK yönteminin GSM bağlantısına ihtiyaç duyması dolayısıyla her yerde kullanılamamasına karşın RTX teknolojisi açık gökyüzü koşulunun sağlandığı her alanda kullanılabilir. Ayrıca, RTX sisteminin yer destek sistemleriyle desteklendiği bölgelerde yakınsama sürelerinin daha da kısaldığı bilinmektedir.

50 dakikalık yakınsama süresi sonrasında 1. ölçüm serisinde ortalama 2 cm yatay ve 3 cm yükseklik konum doğruluğu elde edilirken, 2. ölçüm serisinde ise ortalama 2 cm konum ve 4 cm yükseklik konum doğruluğu elde edilmiştir.

Seri 1 ve Seri 2 verileri karşılaştırıldığında yakınsama sürelerinin güvenilir olduğu ve cm seviyesinde yatay ve yükseklik konum doğruluğu sağladığı belirlenmiştir. Bu veriler ışığında CenterPoint RTX teknolojisinin gerçek zamanlı, doğru, güvenilir ve tekrarlanabilir olması ve GSM veya radyo bağlantısı olmadan da çözüm

sunabilmesi sebepleriyle günümüzde sıklıkla kullanılan gerçek zamanlı konum belirleme tekniklere alternatif olabileceği ve kullanımının yaygınlaşacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Alkan, R. M., Ozulu, I. M., & İlçi, V. (2017). Performance evaluation of Single Baseline and Network RTK GNSS. *MyCoordinates*, December, 11–15.
- Aponte, J., Meng, X., Burbidge, M., & Kingdom, U. (2008). Performance Assessment of a GPS Network RTK Service Performance Assessment of a GPS Network RTK Service. *Generations Journal Of The American Society On Aging*.
- Brandl, M., Chen, X., Drescher, R., Glocker, M., Landau, H., Nardo, A., ... Zhang, F. (2014). Advancing Trimble RTX Technology by adding BeiDou and Galileo. In *ESA European Navigation Conference (ENC2014)*.
- Carballido, J., Perez-Ruiz, M., Emmi, L., & Agüera, J. (2014). Comparison of Positional Accuracy Between RTK and RTX GNSS Based on the Autonomous Agricultural Vehicles Under Field Conditions. *Applied Engineering in Agriculture*, 30(3), 361–366. <https://doi.org/10.13031/aea.30.10342>
- Chen, X., Allison, T., Cao, W., Ferguson, K., Grünig, S., Gomez, V., ... Talbot, N. (2011). Trimble RTX, an Innovative New Approach for Network RTK. In *24th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation 2011, ION GNSS 2011 (Vol. 3, pp. 2214–2219)*. Portland, OR.
- Doucet, K., Herwig, M., Kipka, A., Kreikenbohm, P., Landau, H., Leandro, R., ... Pagels, C. (2012). Introducing ambiguity resolution in web-hosted global multi-GNSS precise positioning with trimble RTX-PP. *25th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation 2012, ION GNSS 2012, 2*, 1115–1125.
- Eissfeller, B. (2012). Real Time Kinematic and Precise Point Positioning: Status and Trends. *Ger. J., GPS 87*, 131–148.
- Glocker, M., Landau, H., Leandro, R., & Nitschke, M. (2012). Global precise multi-GNSS positioning with trimble centerpoint RTX. In *6th ESA Workshop on Satellite Navigation Technologies: Multi-GNSS Navigation Technologies Galileo's Here, NAVITEC 2012 and European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing*. <https://doi.org/10.1109/NAVITEC.2012.6423060>
- Hutton, J. J., Gopaul, N., Zhang, X., Wang, J., Menon, V., Rieck, D., ... Pastor, F. (2016). Centimeter-Level, Robust GNSS-Aided Inertial Post-Processing for Mobile Mapping Without Local Reference Stations. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 41(July), 819–826. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B3-819-2016>
- İlçi, V. (2019). Accuracy Comparison of Real-Time GNSS Positioning Solutions: Case Study of Mid-North Anatolia. *Measurement*, 142(August), 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.04.067>
- Krzyżek, R. (2013). Verification of applicability of the Trimble RTX satellite technology with xFill function in establishing surveying control networks. *Geodesy and Cartography*, 62(2), 217–233. <https://doi.org/10.2478/geocart-2013-0014>
- Lambrou, E., & Kanellopoulos, N. (2018). Check and calibration of a single GNSS receiver by using the VRS RTN positioning method. *Measurement*, 117, 221–225. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.12.001>
- Leandro, R., Landau, H., Nitschke, M., Glocker, M., Seeger, S., Chen, X., ... Kipka, A. (2012). Real-Time Extended GNSS Positioning: A New Generation of Centimeter-Accurate Networks. *GPS World*, July, 36–42.
- Li, B., Feng, Y., Shen, Y., & Wang, C. (2010). Geometry-specified troposphere decorrelation for subcentimeter real-time kinematic solutions over long baselines. *Journal of Geophysical Research*, 115, B11404. <https://doi.org/10.1029/2010JB007549>
- Nardo, A., Drescher, R., Brandl, M., Chen, X., Landau, H., Rodriguez-solano, C., ... Weinbach, U. (2015). Experiences with Trimble CenterPoint RTX with Fast Convergence. In *ESA European Navigation Conference (ENC2015)*.
- Siejka, Z. (2014). Verification of the Usefulness of the Trimble RTX Extended Satellite Technology with the xFill Function in the Local Network Implementing RTK Measurements. *Artificial Satellites*, 49(4), 191–209. <https://doi.org/10.2478/arsa-2014-0015>
- URL1. Trimble CenterPoint RTX. Retrieved April 26, 2019, from

<https://www.trimble.com/Positioning-Services/CenterPoint-RTX>

URL2. STARFIRE. Retrieved May 1, 2019, from <https://www.navcomtech.com/en/product/globalcorrectionsservice/>

URL3. TUSAGA-AKTIF. Retrieved May 2, 2019, from <https://www.tkgm.gov.tr/tr/icerik/tusaga-aktif-0>

URL4. IGS. Retrieved May 2, 2019, from <http://www.igs.org/>

URL5. ETRF/ITRF Transformation. Retrieved May 2, 2019, from http://www.epncb.oma.be/_productservices/coord_trans/