

DOPPLER SİSTEMİ'NDE BROADCAST VE PRECISE EPHEMERIS'LE ELDE EDİLEN KOORDİNATLARIN ZAMANA BAĞIMLILIĞI

Müh. Yüksel ALTINER
Bonn Üniversitesi
Batı Almanya

ABSTRACT

The Transit Navigation System (officially known as Navy Navigation Satellite System, abbr. NNSS) has been in civil use since 1967 and will be substituted by the Global Positioning System (GPS) in 7-10 years. By continuous control and development of Ephemeris of the Transit Doppler Navigation System one obtains an improved accuracy of at about 1 m. Therefore this system was used especially in countries of the third world in order to establish networks.

After a short explanation of the system the dependency on time of the topocentric coordinates being calculated by German Doppler campaigns with the help of Broadcast - and Precise Ephemeris will be investigated in this paper.

1- GİRİŞ

Uzayda dünya etrafında uçan uydular yörüngelerindeki konumlarını zamana bağlı olarak veriler halinde yeryüzüne gönderirler. Uydu jeodezisi, uydular tarafından gönderilen bu verilerin değerlendirilerek yeryüzünde bulunan bir noktanın üç boyutlu koordinatlarının hesaplanması düşüncesine dayanır. 1967 yılından beri sivil amaçla kullanılan ve yerini yaklaşık 7-10 yıl sonra Global Positioning System (GPS)'ye terketmesi düşünülen Navy Navigation Satellite System (NNSS) diğer bir adıyla Doppler Sistemi'nin devamlı kontrol altında tutulması ve her şeyden önce uydu yörüngesinin belirlenmesinde geliştirilen metotlar yardımıyla jeodezik nokta belirlemede hassasiyet 1 m'nin altına indirilmiş ve bunun neticesi olarak özellikle az gelişmiş ülkelerde ülke nirengi ağlarının sıklaştırılmasında başarılı sonuçlar alınmıştır.

Bu çalışmada, sistem hakkında kısa bir açıklamadan sonra Federal Almanya'da yapılan kampanyalar yardımıyla Broadcast ve Precise Ephemeris'lerden elde edilen koordinatların zamana bağımlılığı araştırılacaktır.

2- SİSTEM KONTROL İSTASYONLARI

Yeryüzünde koordinatları biinen kontrol istasyonlarından uydulara yapılan ölçmelerle uydunun zamana bağımlı koordinatlarını bulmayı sağlayan Ephemeris'ler hesaplanır. Bu amaçla kullanılan iki Ephemeris tipi vardır. Bunlar Broadcast Ephemeris ve Precise Ephemeris olarak adlandırılırlar.

2.1- Broadcast Ephemeris (B.C.E.)

Broadcast Ephemeris OPNET Ağı (Operational Network) adı verilen ve Amerika Birleşik Devletleri sınırları içinde bulunan koordinatları belli 4 kontrol istasyonundan (Pt. Mugu/Kaliforniya, Prospect Harbor/Maine, Rosemount/Minnesota, Wahiawa/Hawai) 36 saatlik periyodlar halinde uydulara yapılan ölçmelerden hesaplanarak her 12 saatte bir uydularda bulunan bilgisayarlara aktarılırlar. (OPNET Ağı'nda yapılan ölçmelerin değerlendirilmesi merkezi Pt. Mugu/Kaliforniya'da bulunan Navy Astronautics Group (NAG) tarafından yapılır.) 8 değişken ve 17 sabit yörünge parametrisinden oluşan Broadcast Ephemeriden uydular tarafından iki dakikalık aralıklarla yeryüzüne gönderilirler. Broadcast Ephemeris hesaplarında kutup hareketi biliniyor olarak kabul edilir ve Paris'te bulunan BIH (Bureau International de l'Heure) tarafından ölçülerle belirlenen kutup koordinatlarından yararlanır. Uyduların yörüngesindeki konumu Kepler elemanlarıyla belirlenir. Broadcast Ephemeris'in özelliği her isteyenin yararlanabilmesine açık olmasıdır.

2.2- Precise Ephemeris (P.E.)

B.C.E'ye nazaran daha hassas neticeler vermesi nedeniyle sadece resmi daireler ve bilimsel araştırmalarda kullanılmak üzere görevli kuruluş tarafından isteklere iletilen P.E., çoğunluğu dünyanın kuzey yarımküresine dağılmış TRANET Ağı (Transit Network) adı verilen 20 kontrol istasyonundan uydulara 48 saatlik periyodlar halinde yapılan ölçmelerin Washington'da bulunan Defense Mapping Agency/Hydrographic Topographic Center'de (DMAHTC) değerlendirilmesiyle elde edilir.

Gerek P.E., gerekse B.C.E'lerin hesaplanması Naval Surface Weapons Center (NSWC) tarafından geliştirilen CELEST programıyla yapılır. B.C.E'den yararlanılarak elde edilen yeryüzü koordinatlarında referenz elipsoid WGS72'dir (World Global System). P.E'de ise referenz elipsoid NSWC9Z-2'dir. Tablo 1'de her iki elipsoidin ve Federal Alman ülke nirengi koordinatlarının belirlendiği Bessel Elipsoidi'nin parametreleri büyük eksen ve basıklık olarak verilmiştir.

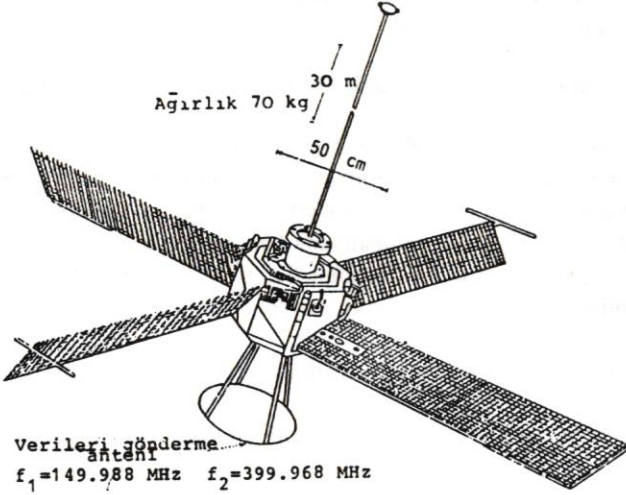
Tablo - 1

	a	f
NSWC9Z-2	6378.145 km	1/298.25
WGS72	6378.135 km	1/298.26
BESSEL	6377.397 km	1/299.15

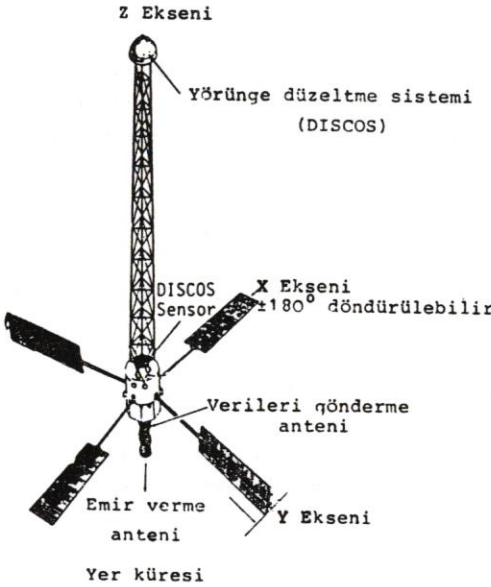
3- DOPPLER SİSTEMİNDEKİ UYDULAR

Doppler Sistemi'nde yararlanılan uydular Oscar ve Nova adını taşırlar. Günümüzde sistem 1070 km. yükseklikte ve yörüngesindeki bir tam dönmeyi yaklaşık 107 dakikada tamamlayan (3011, 3013, 3019 ve 3020 numaralı) 4 Oscar ve (3048) bir Nova uy-

dusundan oluşmaktadır. Sistemin gerçekleştirilmesi için 4 uydu yeterlidir (Schlüter, W.) Nova, Oscar uydularının geliştirilmiş şeklidir (Şekil 1 ve 2). Nova uydularında bulunan DISCOS (Disturbance Compensation System) yardımıyla güneş ışınları ve atmosfer sürtünmesinin uydulara etkisi elimine edilir. Ayrıca Nova uydusunda bulunan bilgisayarın kapasitesi Oscar'dakine nazaran daha büyüktür.



Şekil 1- Oscar Uydusu (Schenke, H.W.).



Şekil 2- Nova Uydusu (Schenke, H.W.)

4- FEDERAL ALMANYA'DA YAPILAN DOPPLER KAMPANYALARI

Federal Almanya'da 1977 yılından beri çeşitli kuruluşlarca değişik amaçlar için Doppler kampanyaları yapılmaktadır. Bu çalışmada adı geçecek kampanyaların yapılış tarih ve nedenlerini şöyle sıralayabiliriz.

1- DÖDOC Kampanyası (Die Deutsch-Österreichische Dopplerkampagne):

Doppler koordinatlarının inceliği ve ölçme yöntemleri ile ülke nirengi ağlarının sıklaştırılmasındaki yerinin saptanmasını amaçlayan kampanya Almanya ve Avusturya'dan birçok üniversitenin katılımıyla gerçekleşti. 17 Mayıs - 6 Temmuz 1977 tarihleri arasında 4 aşamada gerçekleştirilen kampanyada 15'i Almanya, 6'sı Avusturya'da olmak üzere toplam 21 nirengi istasyonunun Doppler B.C.E. ve P.E. koordinatları belirlenerek ülke nirengi koordinatlarıyla karşılaştırılması yapıldı.

2- WESTHARZ (Die Westhaerzische Dopplerkampagne):

20 Nisan - 10 Mayıs 1980 tarihleri arasında yapılan ve 14 istasyonu ihtiva eden kampanyada Doppler koordinatlarının hassasiyetinin kullanılan ölçme yöntemleri ve ölçülerin değerlendirildiği değişik programlara bağımlı olarak araştırılması amaçlandı.

3- ALGEDOP

2'si Almanya'da olmak üzere 12 istasyondan oluşan kampanya Alman ve Avusturyalıların işbirliği sonucu 1982 yılında yapıldı. Kampanyada, Doppler koordinatları yardımıyla ölçü yapılan istasyonlara ait Geoid Undulasyon'u hesaplanarak jeodezik ve astronomik yöntemlerle elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldı.

4- NIEDOC (Die Niedersaechische Dopplerkampagne)

Ekim 1981'de yapılan ve 7 istasyonu kapsayan kampanyada B.C.E. ve P.E. koordinatlarının karşılaştırılması amaçlandı.

5- RPDOG (Die Rheinlandpfaelzische Dopplerkampagne)

1983 yılı Ağustos ayında gerçekleştirildi. 10 istasyondan oluşan kampanyada ağınlı yönlendirilmesi ve ölçmelerde kullanılan aletlerin hassasiyeti araştırıldı.

6- INNDOC

Ekim 1983'te yapılan kampanya 3 istasyondan oluşuyordu. Kampanyada kullanılan değişik firmalara ait aletlerle elde edilen Doppler B.C.E. koordinatlarının birbirleriyle karşılaştırılması amaç olarak benimsenmişti.

5- B.C.E. ve P.E. KOORDİNATLARININ ZAMANA BAĞIMLILIĞININ ARAŞTIRILMASI

Doppler B.C.E. ve P.E. koordinatlarının zamana bağımlılığını araştırmak için iki ayrı yöntem kullanılabilir. Birincisi, belirli istasyonların Doppler koordinatlarını belirli zaman aralıklarıyla ölçerek, varsa değişimi zamanla mukayese etmek. İkincisi ise, değişik zamanlarda ölçülmüş çeşitli kampanyaların Doppler koordinatlarını ülke nirengi koordinatlarının bulunduğu sisteme çevirerek karşılaştırmasını yapmak. Biz, elimizde aynı istasyonların değişik zaman aralıklarında ölçülmüş Doppler koordinatları bulunmadığı için ikinci yolu seçecek ve DÖDOC Kampanyası Doppler koordinatları ile ülke nirengi koordinatları arasında 7 bilinmeyen oluşun üç boyutlu Helmert Transformasyon Parametrisini hesaplayacağız. Daha sonra ise, diğer kampanyaların Doppler koordinatlarını hesaplanan transformasyon parametrisi yardımıyla ülke nirengi koordinatlarının bulunduğu sisteme çevirecek (Deutsches Hauptdreiecksnetz - DHDN) ve çevrilen koordinatlarla ülke nirengi koordinatları arasında zamana bağımlı sistematik bir değişimin meydana gelip gelmediğini araştıracağız.

Üç boyutlu iki koordinat sistemi arasında Helmert Transformasyon Parametresinin nasıl hesaplandığı 1986 yıl ve 58-59 sayılı Harita Kadastro Mühendisliği Dergisi'nde açıklanmıştır. Bu nedenle, sadece sonuçlar üzerinde durulacaktır.

Tablo 2 ve 3'te her kampanyanın Doppler koordinatları ile DHDN arasında hesaplanan transformasyon parametreleri gösterilmiştir. Parametrelerin hesaplanmasında Doppler koordinatlarının ülke nirengi koordinatlarının bulunduğu sisteme çevrilmesi gözönünde bulundurulmuş ve ölçülerin ağırlığı 1 olarak alınmıştır. Tablodaki (Δx , Δy , Δz) x, y, z eksenlerine doğru kayma (ω_x , ω_y , ω_z) x, y, z eksenleri etrafında döndürme, $(1 + d\mu)$ ise ölçek faktörünü göstermektedir. Varyans, Doppler ve DHDN sistemlerinin çakışmasındaki incelik hakkında bilgi verir.

7- SONUÇ

Tablo 4, 5 ve 6'dan anlaşılacağı gibi, P.E'lerle belirlenen koordinatlar değişik zamanlarda yapılan kampanyalar için aynı inceliği göstermekte ve DHDN koordinatlarıyla alınan Δx , Δy , Δz farkları genelde 1 m'nin altına düşmekte veya sadece birkaç dm üstüne çıkmaktadır (Almanya sınırları içinde sadece iki istasyonu ihtiva eden ALGEDOP Kampanyası gözönünde bulundurulmadı). Sistemin inceliği 1 m. olduğuna göre P.E. koordinatlarının zamanla değişmediği sonucuna varılır. Bu nedenle P.E. koordinatlarının ülke nirengi ağlarının sıklaştırılmasında kullanılmasında bir sakınca yoktur.

Doppler B.C.E. koordinatlarında ise durum değişiktir (Tablo 7-11). Kampanyalar arasında özellikle Δz büyük farklılıklar gösteriyor. Δz farkları bütün kampanyalar için pozitif olmasına karşın, periyodik bir artış gözlenmemekte, örneğin 1980 yılında yapılan WESTHARZ Kampanyası için Δz farkı ortalama 6 m. iken, NIEDOC Kampanyası'nda (1981) 10 m'yi bulmakta, RPDOC'ta (Ağustos 1983) 3 m'ye inip INNDOC'ta (Ekim 1983) 1 m. artarak 4 m'ye ulaşmaktadır. Δx farkları ise kampanyaya göre değişik sonuçlar vermekte Δz 'nin aksine farklar bazen pozitif, bazen de negatif işareti aimaktadır. Özellikle NIEDOC ve INNDOC kampanyalarında Δx farkları sistem hassasiyetinin çok üzerine çıkıyor (yaklaşık 5 m.). Δy farkları ise WESTHARZ Kampanyası hariç 1 m'nin

altına düşerek sistemin inceliğiyle bağdaşiyor.

Genel bir açıklama yapmak gerekirse, B.C.E. koordinatlarının kullanılmasında amaca göre hareket etmeli ve değişik zamanlarda yapılacak ölçülerle farklı sonuçlar alınabileceği gözönünde bulundurulmalıdır. Bunun nedeni ilk olarak, B.C.E. koordinatlarında uydu yörüngesinin yeryüzündeki sadece 4 kontrol istasyonundan yapılan ölçmelerle belirlenmesine bağlanabileceği gibi, güneş ışınlarının uyduya etkisinin ölçü yapılan zamana göre değişik olması ve yerçekim kuvvetinin ekvator dan kutuplara doğru çoğalması, sonucu etkileyen diğer etkenler olarak tanımlanabilir.

Transformasyon Parametreleri				
Kampanya	Δx (m) ω_x (m)	Δy (m) ω_y (m)	Δz (m) ω_z (m)	$1 + d\mu$ Varyans
DÖDOC 1977	92.673 - 0.03755	206.245 2.54286	- 746.720 2.55177	0.9999888837 0.584 (m)
WESTHARZ 1980	102.266 - 0.57470	216.334 1.06088	- 744.015 1.96661	0.9999886315 0.126 (m)
RPDOC 1983	79.401 0.50914	194.597 2.17574	- 750.371 1.57499	0.9999828882 0.274 (m)

Doppler P.E. Koordinatları ile DHDN arasındaki Transformasyon Parametreleri

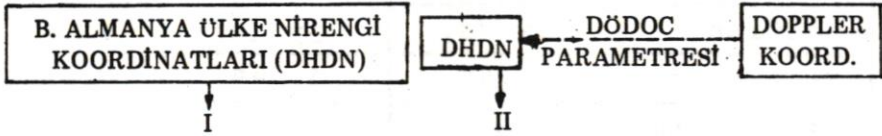
Tablo - 2

Transformasyon Parametreleri				
Kampanya	Δx (m) ω_x (m)	Δy (m) ω_y (m)	Δz (m) ω_z (m)	$1 + d\mu$ Varyans
DÖDOC 1977	92.612 - 0.17870	202.951 2.44409	- 748.309 2.69954	0.9999911633 0.588 (m)
WESTHARZ 1980	103.785 3.50168	216.783 - 4.92963	- 740.687 0.65586	1.0000013614 0.471 (m)
NIEDOC 1981	86.291 - 0.08991	234.588 0.84045	- 735.569 3.69362	0.9999944914 0.215 (m)
RPDOC Ağustos '83	79.061 0.52516	193.005 1.79745	- 750.660 1.47540	0.9999858963 0.244 (m)
INNTAL Ekim '83	125.224 - 3.79195	163.183 - 5.19781	- 751.765 0.20985	1.0000038384 0.041 (m)

Doppler B.C.E. Koordinatları ile DHDN Arasındaki Transformasyon Parametreleri

Tablo - 3

YAPILAN HESAPLARIN ŐEMASI



$$\begin{matrix} x_T - x_{DT} \\ y_T - y_{DT} \\ z_T - z_{DT} \end{matrix} = I - II \quad \begin{matrix} x_T = \text{Őlke nirengi koordinatları} \\ x_{DT} = \text{Doppler koordinatları DÖDOC Transformasyon parametreleri ile (P.E. ve B.C.E.) őlke nirengi koordinatlarının bulunduğu sisteme aktarıldı.} \end{matrix}$$

WESTHARZ'80			
Station	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
Sauberg	0.286	1.558	0.165
Recke	0.202	1.306	0.263
Gleichen	0.282	1.111	0.133
Bärenkopf	0.051	0.885	0.129
Fahrenberg	0.012	1.386	0.138
Brockenfeld	0.368	1.436	0.416
Ravensberg	0.507	1.277	0.318
Schalke	0.147	1.220	0.110
Ahlsberg	-0.096	1.199	0.148
Acker	0.707	1.427	-0.030
Lohberg	0.146	1.234	0.329

WESTHARZ Kampanyası'nın P.E. koordinatları DÖDOC-P.E. Transformasyon Parametresi ile DHDN'e çevrilerek fark alındı.

Tablo - 4

ALGEDOP'1982			
Station	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
Schnaitsee	2.530	2.102	-0.014
Aschau	2.551	1.765	0.310

ALGEDOP Kampanyası'nın P.E. koordinatları DÖDOC-P.E. Transformasyon Parametresi ile DHDN'e çevrilerek fark alındı.

Tablo - 5

RPDOC'1983			
Station	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)
Stegskopf	1.295	1.199	1.066
Weißerstein	0.633	1.936	0.366
Loeberg	0.302	0.832	0.880
Melibocus	0.925	0.583	-0.078
Donnesberg	0.437	0.584	1.095
Königstahl	1.006	0.347	1.150
Kalmit	0.212	0.375	0.515
Höcherberg	0.796	1.009	1.594
Kloppenheim	1.975	0.778	0.569

RPDOC Kampanyası'nın P.E. koordinatları
DÖDOC-P.E. Transformasyon Parametresi ile
DHDN'e çevrilerek fark alındı.

Tablo - 6

WESTHARZ'80			
Station	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)
Sauberg	0.087	2.517	5.834
Recke	-0.085	2.556	6.153
Gleichen	5.665	3.298	13.832
Bärenkopf	1.061	3.675	6.731
Fahrenberg	0.398	3.475	6.361
Brockenfeld	1.860	3.384	5.397
Ravensberg	0.349	2.906	7.246
Schalke	-0.097	2.147	6.903
Ahlsberg	0.269	1.505	4.853
Acker	1.189	2.161	5.192
Lohberg	0.468	2.278	4.899

WESTHARZ Kampanyası'nın B.C.E. koordinatları
DÖDOC-B.C.E. Transformasyon Parametresi ile
DHDN'e çevrilerek fark alındı.

Tablo - 7

NIEDOC' 1981			
Station	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
Borkum	-2.015	-1.474	9.090
Hamburg	-2.754	-0.601	11.367
Bremen	-2.352	-0.612	10.294
Hohenbünst.	-2.281	-0.043	11.400
Hannover	-2.105	-0.030	10.540
Bentheim	-2.290	-0.211	9.176
Lohberg	-1.907	0.088	9.228

NIEDOC Kampanyası'nın B.C.E. koordinatları
DÖDOC-B.C.E. transformasyon Parametresi ile
DHDN'e çevrilerek fark alındı.

Tablo - 8

ALGEDOP' 1982			
Station	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
Schnaitsee	-0.418	0.782	1.698
Aschau	0.588	0.335	2.325

ALLGEDOP Kampanyası'nın B.C.E. koordinatları
DÖDOC-B.C.E. transformasyon Parametresi ile
DHDN'e çevrilerek fark alındı.

Tablo - 9

RPDOC' 1983			
Station	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
Stegskopf	0.703	1.119	3.215
Weißerstein	-0.430	1.598	2.620
Loeberg	-0.531	0.869	3.306
Melibocus	-0.012	0.250	2.387
Donnesberg	0.170	0.278	3.252
Königstahl	0.425	0.022	3.466
Kalmit	-0.433	-0.150	2.388
Höcherberg	-0.098	0.823	3.446
Kloppenheim	0.960	0.881	3.105

Tablo - 10

RPDOC Kampanyası'nın B.C.E. koordinatları
DÖDOC-B.C.E. Transformasyon Parametresi ile
DHDN'e çevrilerek fark alındı.

INNDOC'1983			
Station	Δx (m)	Δy (m)	Δz (m)
Autobahn	4.691	0.457	4.030
Immelberg	4.992	0.590	4.261
Steinkirch.	5.102	0.569	4.316
Hochries	5.382	0.588	4.541
Heuberg	5.175	0.498	4.286
Wendelstein	4.882	0.177	4.033
Farrenpoint	4.989	0.290	4.109
Eckersberg	4.513	0.252	3.985

INNDOC Kampanyası'nın B.C.E. koordinatları
DÖDOC-B.C.E. Transformasyon Parametresi ile
DHDN'e çevrilerek fark alındı.

KAYNAKLAR

- Altner, Y., Diplomarbeit, Bonn 1986
- Grüner, W. - Junge, V. u.a, Vergleich des trigonometrischen Netzes 1. Ordnung in Niedersachsen mit den Ergebnissen der Doppler-Stalliten - Methode
- Heister, H. - Glasmacher, H., Satelliten - Dopplermessungen im Testnetz INNTAL Hochschule der Bundeswehr, München, Heft 15 - 1984.
- Heyer, K. - Krumm, F.W., Diplomarbeit, Bonn, April 1984.
- Koch, K.R., Parameterschaetzung und Hypothesentests in linearen Modellen, Dimmler, Bonn, 1980.
- Leroy, C.F., The Impact of GRS 80 on DMA Products Proceedings of the Third International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, Februar 1982.
- Lohmar, F.J. - Hasch, B. - Frevel, H., Die Rheinland - Pfaelzische Dopplerkampagne RPDOC '83 Zeitschrift für Vermessungswesen, 8/1984, Verlag Konrad Witter KG, Stuttgart.
- Rinner, K. - Seeber, G. - Seeger, H., Die Deutsch - Österreichische Dopplerkampagne DGK, Reihe B, Heft Nr. 260 (1982)
- Schenke, H.W., Untersuchungen zur Genauigkeit von Doppler - Satellitenbeobachtungen im Testnetz Westharz, Fachrichtung Vermessungswesen der Universitaet Hannover, Nr. 29/1984.
- Seeger, H., Zur Geoidbestimmung im Alpenraum mit Hilfe von Dopplermessungen im NNSS (ALGE-DOP) Hochschule der Bundeswehr München, Heft 15, München, Dezember 1984.
- Uzel, T., Doppler Yöntemi, Harita Dergisi, No. 90, Ocak 1983.