T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ
ENSTİTÜSÜ

Vefa-İSTANBUL

DENİZLERDE KONUM BELİRLEME VE UYGUN SİSTEMLERİN SEÇİMİ

DOKTORA TEZİ

Hazırlayan

Mehmet Ali DANIŞMAN
M.Sc.

Yöneten

Prof.Dr. Ertuğrul DOĞAN

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
26479
KÜTÜPHANESİ

Nisan-1994

ÖZET

Her türlü Kıyıiçi, kıyı ötesi jeofizik araştırmalar ile oşinoğrafik, canlı deniz kaynakları ve özellikle de hidroğrafik amaçlı çalışmalarda toplanan verilerin yerlerinin seçilecek baz noktalarına göre tanımlanmasına Konum Belirleme adı verilmektedir.

Denizlerde yapılan konum belirleme çalışmaları, önceleri geleneksel yöntemler olan, pusula ve hız bilgileri ile astronomik gözlemler, zamana göre değerlendirilerek yapılıyordu. Daha sonraları, teknolojideki gelişmelere bağlı olarak, klasik konum belirleme sistemleri ile Radarlar birlikte kullanılmıya başlanılmıştır.

II.Dünya Savaşı ile birlikte elektromanyetik dalgaların yayınım özelliklerinden yararlanılarak uzaklık ölçümleri yapan ve ölçülen bu uzaklıklarla geriden yada ilerden kestirme yöntemleri kullanılarak, deniz araçlarının yerlerinin belirlenmesine başlanılmıştır. Elektromanyetik uzaklık ölçerler kullanılarak yapılan nokta konum belirlemelerinde, konum duyarlılığı kısa bazlı ölçmelerde (40 Km den az) ±3 metre, uzun bazlı ölçmelerde ise(40 Km den fazla) ; ± 5 metre kadar olmaktadır. Jeofizik araştırmalar için kabul edilebilir değerler olan bu duyarlılık sınırları, özellikle plaj etüdleri olarak tanımlanan hidroğrafik çalışmalar için kaba değerler olarak kalmaktadır.

Dünya Jeofizikçiler Yılı nedeniyle uzayda uygun bir

yörüngeye yerleştirilen Sputnık-I uydusunun gözlemlerinden elde edilen bilgilerle uydunun yörünge parametreleri hesaplanmıştır. İzlenen uydu yörüngesinden hareketle, yeryuvarı üzerindeki alıcının bulunduğu noktanın konumu da bulunabilmektedir. Transit uydu sisteminde statik nokta konum duyarlılığı ±40 metre iken, dinamik çalışmalarda bu değer ±100 metreleri aşmaktadır. Bu nedenle duyarlılık isteyen çalışmalarda Transit(NNSS) sistem başarılı olamamıştır.

Transit sistemde görülen aksaklıklar nedeniyle GPS (Global Positioning System) uydu sistemi geliştirilmiş ve günümüzde tam kapasite ile çalışmaya başlamıştır. Sivil kullanımlarda duyarlılık özellikle gizlilik nedeniyle sınırlandırılmaktadır. Yapılan test çalışmaları sonunda, statik ölçümlerde ± 20 metre normal GPS değerleri elde edilirken, Diferansiyel teknik kullanılarak ± 3 metrelik nokta konum değişim değerleri elde edilmiştir.

Özellikle diferansiyel ölçü tekniği kullanıldığı zaman, ölçü duyarlılığı hemen hemen tüm deniz araştırmalarında kullanılabilecek sınırlar içinde kalmaktadır. Ölçü kolaylığı, çalışma alanının 1000 Km'ye kadar ulaşması ve ölçü zamanında sınır tanımaması nedeniyle geleceğin konum belirleme sistemi olarak; GPS-NAVSTAR daha uzun yıllar, deniz ve yer bilimcilerin olduğu kadar, jeodezik ölçümlerin de vaz geçilmez sistem olarak kalacaktır.

SUMMARY

Determination of locations according to the reference stations me called Positioning for the data collected during every kinds of ınshore and offshore geophysical surveys, and Oceanografic, living marin resources and especially hydrographic works.

Marine position determination were originally made according to the treditional methods of usıng compass and speed data with astronomical observations whıch are evaluated with respect to tıme ın accordance with the tecnological developments, the classical methods have been later used together with Radars.

With The starting of the Second World War marine vessel locations have been started to be determinated from the distance measurements whıch are made usıng the propagation properties of electromagnetıc waves, with backward and forward intersections of the lines measured.

Positıon precısions are ±2 meters for the short base measurements(less than 40 Km.) and ±5 meters long base measurements (more than 40 Km) for the station location determinations using the electromagnetıc dıstance measuring equıpment. The precision limits are acceptable for the geophysical surveys However these are assumed very rough values for the hydrographıc works which are described as beach surveys.

Satellite orbit parameters were calculated from the observations of SPUTNIK 1 Satellite which were placed to an appropriate orbit in space during the occasion of the **World Geophysicist Year** . Positional values of the receiver on the surface of earth can be determinated from the satellite orbit. The Static point precision is ± 40 m in the Transit System, whereas this is more than ± 100 m for the dynamic works. Therefore Transit (NNSS) Systems were not successful for the works requiring high precisions.

Due to the problems observed in the Transit systems, Global Positioning Satellite System (GPS) heve been developed and presently it was started to function in full capacity. Precisions are limited for civilian uses especialyy for the reasons of secretly. After the test works, GPS values have been found to be accurate ±20 m for the static measurements but these are reduced to ± 3 m with the use of differantial techniques.

Measurement precisions are within the acceptable limits for all the marine investigations if especially differential measurement techniques are used.

GPS-NAVSTAR shall be staying as a positioning systemfor the marine and earth scientists as well as for the geodetic measurements in a very long time because of simplicity in measurements large working area reaching up to 1000 Km and non dependency on time.

ÖNSÖZ

Denizlerde yapılan çalışmalar için herhangi bir zaman başlangıcı belirlemek olanak dışıdır. Kıtalararası ülkelere ait doğal zenginlik kaynaklarına sahip olabilme tutkusu,deniz ulaşım araçlarının, dolayısıyla da denizcilik bilgisinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır.

Elektromanyetik dalgaların uzaklık ölçümlerinde kullanılması ile, yeni bir dönem başlangıcına sahne olan deniz seyir ve araştırma çalışmaları, özellikle İkinci Dünya Savaşı yıllarında çok hızlı bir gelişim çizgisi göstermiştir.

Günümüzden 45 yıl öncesine kadar, geleneksel denizcilik bilgi ve tekniğini kullanan denizciler; 1957 yılında başlayan uzay çalışmaları ile yeni bir teknolojiyle tanışmışlardır. Uydularla konum belirleme olarak tanımlanan bu teknoloji, deniz ve hava savaşlarında üstünlüğü ele geçirmek için askeri alanlardan büyük destek gördüğü için hızla gelişmiştir.

Günümüzde sivil kullanımlara da açılan Uydu konum belirleme teknolojisi, özellikle karalardaki doğal beslenme ve enerji kaynaklarının tükenmeye başlamasıyla, denizlere yönelik araştırmalarda da hızla kullanılmaya başlanmıştır.

Uydu teknolojisinin denizlerde kullanılmasının, en büyük nedenlerinden biri; şüphesiz denizlerdeki petrol yataklarının ve doğal canlı kaynaklarının araştırılarak belirlenmesi ve insanlığın kullanımına sunulması çalışmalarıdır.

KATKI BELİRLEME ve TEŞEKKÜR

Her şeyden önce, bana 15 yıl boyunca denizlerde kazandığım bilgi ve deneyimlerimi yazılı hale getirmem için yol gösteren, dostluğunu ve bilgisini hiç bir zaman esirgemeyen hocam ve dostum Sayın Prof.Dr. Ertuğrul DOĞAN'a gönül dolusu teşekkürlerimi sunarım. Veri toplamam için her zaman desteklerini gördüğüm, MTA-Sismik 1, ODTÜ-Bilim, DEÜ-K.Piri Reis ve TCG-Çubuklu gemilerindeki deniz bilimci dostlarıma, uyarıcı soru ve eleştirileri için, Prof.Dr. Olcay ÖZTAN , Prof.Dr. Naci ORBAY'a, Prof Dr. Şerif HEKİMOĞLU'na ve Doç.Dr. Mustafa ERGÜN'e , her türlü sağladıkları kolaylıklar için, DEÜ Jeofizik Bölümü Başkanı Prof.Dr. Güngör TAKTAK başta olmak üzere tüm öğretim üyesi mesai arkadaşlarıma sonsuz teşekkürler ederim.

Çalışmalarım sırasında, evim dışında harcadığım zamanı hoşgörü ile karşılayan eşim, kızım ve oğluma sevgilerimle.

Mehmet Ali DANIŞMAN

ÖZET I

Summary (Abstrack) III

Önsöz V

Katkı Belirleme ve Teşekkür VI

İçindekiler VII

Tablolar Listesi XI

Şekiller Listesi XI

İçindekiler

1. Giriş 1

2. Denizlerde Konum Belirleme 5
2.1 Genel 5
2.2 Konum Belirleme Yöntemleri 6
2.2.1 Kara Bağlantılı Konum Belirleme 7
2.2.2 Uydu Bağlantılı Konum Belirleme 10
2.3 Elektromanyetik Dalga Yayınımına etki eden faktörler 11
2.3.1 Elektromanyetik Yayınımda Hava Etkileri 14
2.3.2 Elektromanyetik Dalga Yayınımında Erişim Uzaklığı 15
2.3.3 Elektromanyetik Dalga Uygulamasında Sorunlar 15
2.3.4 Elektromanyetik Dalga Yayınımında Faz Terslenmesi 16
2.3.5 İyonosferdeki Gecikme Hataları..... 21
2.3.6 Çok Yollu Yayınım Hataları 23
2.5 Konum Belirleme Sistemlerinde Test Çalışmaları 24
2.5.1 Genel 24
2.5.2 Arazi Çalışmaları 24
2.5.3 Statik Test Çalışmaları 25
2.5.4 Dairesel Kesişim Sistemleri 26
2.5.5 Hiperbolik Kesişim Sistemleri 26
2.5.6 Dinamik Test Çalışmaları 27
2.5.7 Kısa Uzaklık Sistemleri 27
2.5.8 Orta Uzaklık Sistemleri 28

3 Kara Bağlantılı Konum Belirleme Sistemleri... 29
3.1 TRISPONDER Konum Belirleme Sistemi..... 29
3.1.1 Denizdeki Sistem 30
3.1.2 Anten Birimi 30
3.1.3 Sayısal Okuma ve Kontrol Birimi 31
3.1.4 Kara İstasyonları 31
3.1.5 Sistemin Nokta Konum Doğruluğu 31
3.1.6 Arazi Yerleşimi 33
3.1.7 Trisponder Sisteminde Kalibrasyon 36

3.1.7.1 Eşit Uzaklık Ölçme Yöntemi 36
3.1.7.2 Kalibrasyon Eğrisi Yöntemi 38
3.2 **TRIDENT-III** Konum Belirleme Sistemi..... 39
3.3 **MRS-III** Konum Belirleme Sistemi 39
3.3.1 Sistem Kullanımı 40
3.4 **ARGO** Konum Belirleme Sistemi 40
3.4.1 Ölçme Uzaklığı 41
3.4.2 Sistem Kullanımı 41
3.5 **MRD-I** Konum Belirleme Sistemi 41
3.5.1 Sistem Kullanımı 42
3.6 **ARTEMIS** Konum Belirleme Sistemi 42
3.7 **LORAN-A,LORAN-C** ve LORAN-D 44
3.7.1 LORAN-C Yayınım İstasyonları 44
3.8 **DECCA NAVİGATOR** Konum Belirleme Sistemi..... 46
3.9 **SHORAN** Konum Belirleme Sistemi 47
3.10 **OMEGA** Konum Belirleme Sistemi 48

4 Uydu Bağlantılı Konum Belirleme Sistemleri.. 56
4.1 **TRANSİT** Uydu Konum Belirleme Sistemi..... 57
4.1.1 Sistemin Gelişimi 57
4.1.2 Sistemin Yapısı 58
4.1.2.I Uzay Bölümü 58
4.1.2.II Yer Kontrol ve İzleme Bölümü. 59
4.1.2.III Kullanım Bölümü 60
4.1.3 Sistemin Konum Belirleme İlkesi 61
4.1.3.I Uydu Sinyallerinin Yapısı 61
4.1.3.II Doppler Frekans Ölçümleri 62
4.1.4 Nokta Konum Hesaplaması 66
4.1.5 Konum Belirlemede Kullanım Teknikleri 68
4.1.5.I Tek Alıcı İle Konum Belirleme 68
4.1.6 Denizlerde Konum Belirlemede Hatalar 69
4.1.6.I Kullanılan Sistemden Kaynaklanan Hatalar..... 69
4.1.6.II Hız Nedeniyle Ortaya Çıkan Hatalar 70
4.1.6.III Anten Yüksekliği Hataları 70
4.1.7 Transit Diferansiyel Yöntem ile Konum Belirleme 70
4.1.7.I Arazi Translokasyonu 70
4.1.7.II Anlık Translokasyon Yöntemi 71
4.1.8 Karalarda Transit Uydu Kullanımı 71
4.1.9 Denizlerde Transit Uydu Kullanımı 72
4.1.9.I Nokta Konum Belirleme Olarak Yapılan Çalışmalar 72
4.1.9.II Profil Boyunca Yapılan Çalışmalar 72
4.1.9.III Navigasyon Amaçlı Uydu Kullanımı 73
4.1.10 Havada Transit Uydu Kullanımı 73

5 GPS Uydu Konum Belirleme Sistemi..... 76
5.1 GPS Sisteminin Tarihi Gelişimi..... 76
5.2 GPS Sistemini Oluşturan Birimler..... 79
5.2.1 Uzay Bölümü..... 79
5.2.2 Yer Kontrol Bölümü..... 81
5.2.3 Kullanıcı Bölüm..... 82

5.3 GPS Uydu Sinyallerinin Yapısı..... 82
5.3.1 GPS Uydu Sinyallerinin Kod'lanması..... 84
5.3.1.I L1 Sinyalinin Kodlanması..... 85
5.3.2.II L2 Sinyalinin Kodlanması..... 86
5.4 GPS Uydu Navigasyon Bilgileri..... 86
5.5 GPS Uydu Alıcıları ve Aranan Özellikler..... 86
5.5.1 Sürekli Olarak Uydu İzleyen Alıcılar..... 87
5.5.2 Kesintili Olarak Uydu İzleyen Alıcılar..... 89
5.5.3 Multipleks GPS Uydu Alıcıları..... 90
5.6 GPS Ölçme Yöntemleri..... 91
5.6.1 Pseudo Uzaklık Ölçümleri..... 92
5.6.1.I Pseudo Uzaklık Ölçümlerinden Konum Hesabı.... 94
5.6.2 Taşıyıcı Dalganın Faz Ölçümleri..... 96
5.7 GPS Uzaklık Ölçümlerinde Hata Düzeltmeleri... 97
5.7.1 Atmosferik Kırılma Düzeltmeleri..... 98
5.7.2 Alıcı Saat Farkı (offset) Düzeltmeleri..... 100
5.7.3 GPS Uydu Saatlerindeki Kayma Düzeltmeleri.... 101
5.7.4 Multıpath Düzeltmeleri..... 101
5.7.5 Taşıyıcı Araçtan Kaynaklanan Hatalar..... 102

6 Diferansiyel GPS Ölçme Yöntemi..... 109
6.1 Diferansiyel GPS Anlamı..... 109
6.2 Diferansiyel GPS Sisteminin Yapısı..... 110
6.3 DGPS Ağ'ının Kurulması..... 110
6.3.1. Diferansiyel Referans GPS İstasyonu ve Alıcılar..... 111
6.3.2 İki GPS Alıcısı Kullanılarak Hazırlanan Ağ... 112
6.4 Diferansiyel GPS Çalışmaları..... 114
6.5 Diferansiyel GPS Ölçümlerindeki Hata Kaynakları..... 115
6.6 Diferansiyel Sistem Yerleşimi..... 116

7 Denizlerde Konum Belirleme ve Türkiye Uygulamaları..... 119
7.1 Karalarda Yapılan Konum Belirleme Uygulamaları..... 119
7.2 Denizlerde Yapılan Konum Belirleme Uygulamaları..... 120
7.2.1 Transit Sistem Uygulamaları..... 122
7.2.2 Trisponder ve Mını Ranger Uygulamaları..... 126
7.2.3 Loran-C Uygulamaları..... 129
7.2.4 GPS-NAVSTAR Uygulamaları..... 129
7.3 Diferansiyel GPS Uygulamaları..... 136
7.3.1 DGPS Sisteminin Özellikleri..... 138
7.3.1.1 Sabit Kara Referans İstasyonları..... 138
7.3.1.2 Hareketli İstasyonlar (DGPS Alıcıları)..... 140
7.3.2 Statik Deneme Çalışmaları..... 140
7.3.3 Dinamik Deneme Çalışmaları..... 143
7.3.3.I Deniz Akıntısının neden olduğu kayma hataları..... 144
7.3.3.II Gemi Gyro'sundan kaynaklanan kayma hataları.. 145

8 SONUÇ VE ÖNERİLER..... 160

9 KAYNAKLAR 165

EK-A Yeryuvarının Şekli..... 170
1. Tarihçe..... 170
2. Yeryuvarının Fiziksel Şekli..... 172
2.1 Yeryuvarının Biçimi Olarak Jeoid..... 172

EK-B Yer Referans Sistemleri..... 173
1. Jeoid..... 173
1.1 Türkiye Jeoidi..... 174
1.2 WGS-72 Jeoidi..... 175
1.3 WGS-84 Jeoidi..... 175
2. Elipsoid..... 177
2.1. Hayford Elipsoidi..... 177
2.2. WGS-72 Elipsoidi..... 178
2.3. WGS-84 Elipsoidi..... 179
3 WGS-84 Koordinat Sistemleri..... 179
3.1 Yeryuvarının Gravite Modeli..... 183
4. Jeoid Yükseklik Verilerinin Yararları. 184
5. WGS-84 Sisteminin Diğer Jeodezik Sistemlerle Olan İlişkileri..... 184
5.1 WGS-72'den WGS-84'e Dönüşüm..... 185
5.2 Yerel Koordinat Sisteminden WGS-84'e Dönüşüm..... 185
5.3 MOLODENSKY Dönüşüm Formülleri..... 185
6 WGS-84 Koordinatlarının Doğruluğu..... 186

EK-C Harita Projeksiyon Sistemleri..... 187
1 Mercator Projeksiyonu..... 188

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Uydu Konum Hata Kaynakları..... 115
Tablo 2. Transit Uydu Geçiş Takvimi..... 132

EK BÖLÜM TABLOLAR LİSTESİ

Tablo B1. Değişik Referans Elipsoidleri ve Parametreleri..... 196
Tablo B2. WGS-84/WGS-72 Arasındaki Dönüşüm Parametreleri 196
Tablo B3. GM Ölçme Sistemleri ve Bulunan Değerler... 181
Tablo B4. WGS-84 Elipsoidinde Tanımlanan Parametreler 181
Tablo B5. WGS-84'te Hesaplanmış Fiziksel Sabitler .. 182
Tablo B6. WGS-84 Elipsoidindeki Gravite Parametreleri..... 182
Tablo B7. WGS-84 Elipsoidi Yeryuvarı Gravite modeli ve Parametrelerin Açıklamaları..... 183
Tablo B8. Dönüşüm Formülleri 197
Tablo B9. Standart Molodensky Dönüşüm Formülleri.... 197
Tablo B10 Molodensky Dönüşüm Parametrelerinin Açıklamaları..... 198

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil.1 Yeryuvarının Merkeze Doğru Kesiti..... 4
Şekil 2. Süper Kırılma Etkisi 49
Şekil 3. Yayınımda Kanal Etkisi 49
Şekil 4. Yansıma Yüzeyleri ve Faz Terslenmesi..... 49
Şekil 5. Yayınımda Ölü Nokta etkisi Grafik Gösterimi 49
Şekil 6. Uzaklığa ve Dalga Boyuna Bağlı Sinyal Zayıflaması..... 50
Şekil 7. Yön Bağımsız Antende Güç Yayınım Alanı.... 50
Şekil 8. Ölü Nokta Etkisi Grafik Gösterimi..... 50
Şekil 9. Trisponder'da Attenuator Kullanımı..... 51
Şekil 10. Dairesel Konum Belirleme 51
Şekil 11. Hiperbolik Konum Belirleme 51
Şekil 12. Trisponder Yerleşim Alanı 52
Şekil 13. Trisponder Kalibrasyon Eğrisi..... 52
Şekil 14. MRS-III Çalışma Alanı Yerleşimi 53
Şekil 15. MRS-III Sistemi Dairesel Uzaklık Ölçmesi.. 53
Şekil 16. Artemis Sistemi Yerleşimi 54
Şekil 17. Konum Belirlemede Açı Bağlantısı 54
Şekil 18. Loran-C Akdeniz Kullanım Alanı..... 55
Şekil 19. Yeryüzü Loran-C İstasyonlar Zinciri..... 55
Şekil 20. Decca Hiperbolik Konum Haritası 55

Şekil 21. Transit Sistemi Uydu ve Yörüngeleri..... 74
Şekil 22. Uydu Yörüngesi ve Perigee Noktası..... 74
Şekil 23. Transit Uydu Yörünge Değişimi..... 74
Şekil 24. İki Dakikalık Uydu Mesaj İçeriği..... 74
Şekil 25. Transit Kontrol Ağ'ı 74
Şekil 26. Navigasyon Parametreleri 75
Şekil 27. Uydu Hareketi ve Doppler Değişimi 75
Şekil 28. Transit Tranet Ağ'ı 75
Şekil 29. Nokta Konum Değerleri Dağılımı..... 75
Şekil 30. Arazi Translokasyonu 75
Şekil 31. GPS Uyduları ve Düzlem Açıları..... 103
Şekil 32. GPS Uyduları ve Yerleşim Geometrileri.... 103
Şekil 33. Karadeniz GPS Uydu Görünürlülüğü..... 104
Şekil 34. Marmara ve Ege Denizi GPS Uydu Görünürlüğü 104
Şekil 35. GPS Uydu Yerleşimi 105
Şekil 36. GPS Uydu Yer İzleme İstasyonları..... 105
Şekil 37. GPS Uydu Sinyali Kodlanması..... 105
Şekil 38. GPS Navigasyon Bilgi Formatı..... 105
Şekil 39. Pulse Dalgası ile Uzaklık Ölçümü..... 106
Şekil 40. Sürekli Dalga İle Uzaklık Ölçümü..... 106
Şekil 41. Pseudo Uzaklık Ölçümleri..... ... 106
Şekil 42. Uydu Efemeris Bilgileri ile Konum Belirleme 107
Şekil 43. Pseudo Uzaklık Ölçümleri ile Koordinatların Bulunması 108
Şekil 44. Diferansiyel Sistem Yerleşimi..... 118
Şekil 45. Diferansiyel GPS Ölçümü Blok Gösterimi... 118
Şekil 46. İki GPS Alıcısı İle Diferansiyel Ölçme Yöntemi..... 118
Şekil 47 TG-Türkiye Jeoidi 147
Şekil 48. Türkiye Jeoidindeki Yerel Değişimler..... 147
Şekil 49 Profil Çalışmalarında Gemi Rota Sapmaları. 148
Şekil 50. Karadeniz Çalışmalarında Profil Değişimi.. 148
Şekil 51. İki Profil Kesişimi ve Karşılaştırılması.. 148
Şekil 52. Profil Doğrultusundaki Nokta Konum Sıçramaları..... 149
Şekil 53. Kesişen İki Profildeki Kesim Noktası Derinlik Karşılaştırması 149
Şekil 54. GPS ve NNSS Statik Nokta Konum Değerleri.. 150
Şekil 55. GPS ve Transit(NNSS) Nokta Konum 150
Değerleri Karşılaştırılması..... 150
Şekil 56. Topoğraflar ile GPS Nokta Konum Değerleri. 151
Şekil 57. GPS İzlenerek Elde Edilen Konum Değerleri. 151
Şekil 58. DGPS ile Uydu Uzaklık ve Düzeltme Değerleri 152
Şekil 59. Doğal Gaz Boru Hattı Çalışma Alanı..... 152
Şekil 60. DGPS Avrupa Kullanım Ağ'ı 153
Şekil 61. Pendik Tersanesi DGPS Statik Nokta Konum Değerleri..... 153
Şekil 62. Pendik Tersanesi DGPS Statik Nokta Konum Değerleri..... 154

Şekil 63. Pendik Tersanesi DGPS Statik Nokta Konum Değişimi..... 154
Şekil 64. Pendik Tersanesi DGPS Statik Nokta Konum Değişimleri 154
Şekil 65. DGPS ile GLONASS Nokta Konum Karşılaştırılması..... 155
Şekil 66. Araştırma Profili ve Hata Kabul Sınırları. 155
Şekil 67. Çalışma Profili Üzerindeki Gemi Hızı Değişimleri..... 156
Şekil 68. Çalışma Profili Dökümü..... 156
Şekil 69. Çalışma Profilinden Olan Sapmaların %'de Oranı..... 157
Şekil 70. Çalışma Profilinden Olan Sapmaların %'de Oranı..... 157
Şekil 71. Urla İskele GPS Uydu Görünürlük Grafikleri..... 158
Şekil 72. Urla İskele GPS Uydu Görünürlük Grafikleri..... 159

EK BÖLÜM ŞEKİLLERİ

Şekil A1. Koca Piri Reis Dünya Haritası 190
Şekil B1. TG-91 Türkiye Jeoidi 191
Şekil B2. Türkiye Jeoidindeki Yerel Değişimler..... 191
Şekil B3. WGS-72 Jeoid Haritası 192
Şekil B4. Üç Bilinen Yüzey 193
Şekil B5. WGS-84 Jeoid Haritası 193
Şekil B6. Dönel Elipsoid 194
Şekil B7. WGS-72/WGS-84 Sistemleri Arasındaki Merkez Noktası Farklılığı 194
Şekil B8. Yerel Datum Düzlemi ED-50'nin WGS-84'e Olan Dönüşüm Değerleri 195

1. GİRİŞ

Bilinen canlı hayatın bulunduğu, üzerinde yaşadığımız yeryuvarı, merkezden dışa doğru değişik birim ve katmanlardan oluşmuştur. Yerkürenin merkezinde bir çekirdek, çekirdeği saran manto, mantonun üzerinde Litosfer ve Suküre adını verdiğimiz, Hidrosfer yer almaktadır. Litosfer ile Hidrosfer içinde canlıların oluşturduğu ortama da, Biyosfer adı verilmektedir. Bütün bu katmanların üzerinde Atmosfer adı verilen, kalınlığı da, yer yüzünden itibaren 10.000Km olarak kabul edilen bir ortamla sarılmıştır(Şekil.1).

Yeryuvarı yüzeyinin yaklaşık 3/4 lük bir bölümünü sular kaplamıştır. Yeryuvarının yüzeyi 510.000.000 Km^2lik bir alan oluşturmaktadır. Bu alanın yaklaşık 361.000.000Km^2lik kısmı, yani %70.8 ini Okyanuslar ve Denizler, 149.000.000Km^2 lik bölümünü ise Karalar oluşturur. Yani Karaların oranı ise %29.2 kadardır.

Yeryuvarı üzerinde yaşayan insanlar, sürekli olarak yeryuvarının fiziksel şeklini ve büyüklüğünü tanımlamaya çalışmışlardır. Yeryuvarı için yapılan araştırmalar, öncelikle içinde bulunulan bölgenin tanımlanması, daha sonraları da tüm yeryuvarın yüzeyinin tanımlanmasına yönelik olmuştur(EK-A).

Özellikle deniz ticareti ve taşımacılığının daha ucuz, daha güvenli olması, sonsuz genişlikte gibi görünen

denizlerin tanımlanarak yüzeylerinin belirlenmesi gereğini ortaya çıkartmıştır.

Teknolojik gelişmeler arttıkça, yeryuvarının şeklinin, yerden belirlenmesi de, konu ile ilgilenen araştırmacıları tatmin etmediği için, II.Dünya Savaşı sonrası, yeryuvarının Uzaydan yani; Yeryuvarından bağımsız bir ortamdan tanımlanması çalışmalarına hız verilmiştir. Özellikle « 1957 Dünya Jeofizikçiler Yılı» onuruna Uzaya fırlatılan SUPITNIK-1 adlı uydu ile yeryuvarının modellenmesi ve izdüşüm yüzeyleri üzerine çizilebilmesi için, yeryuvarının gravite alanının belirlenmesi çalışmaları bu konudaki gerçek bir dönüm noktası oluşturmuştur(EK-B). Böylece, yeryuvarının fiziksel şekli ile matematiksel modellemesi arasındaki, dönüşüm parametreleri de çok hassas bir şekle getirilmiştir.

Bilinen frekanslardaki elektromanyetik dalgaların uzaklık ölçümlerinde kullanılmaya başlanılmasından sonra, klasik ölçme sistemlerinin yerini, çok daha hassas olan elektronik ölçme sistemleri almıştır. Böylece özellikle denizlerde yapılan Jeofizik, Oşinoğrafik ve Hidroğrafik her türlü araştırmalarda, konum belirleme çalışmaların da, normal ölçümlerde ± 1 metre , diferansiyel yöntemlerle ± 10cm. civarında duyarlık sağlama olanağı doğmuştur.

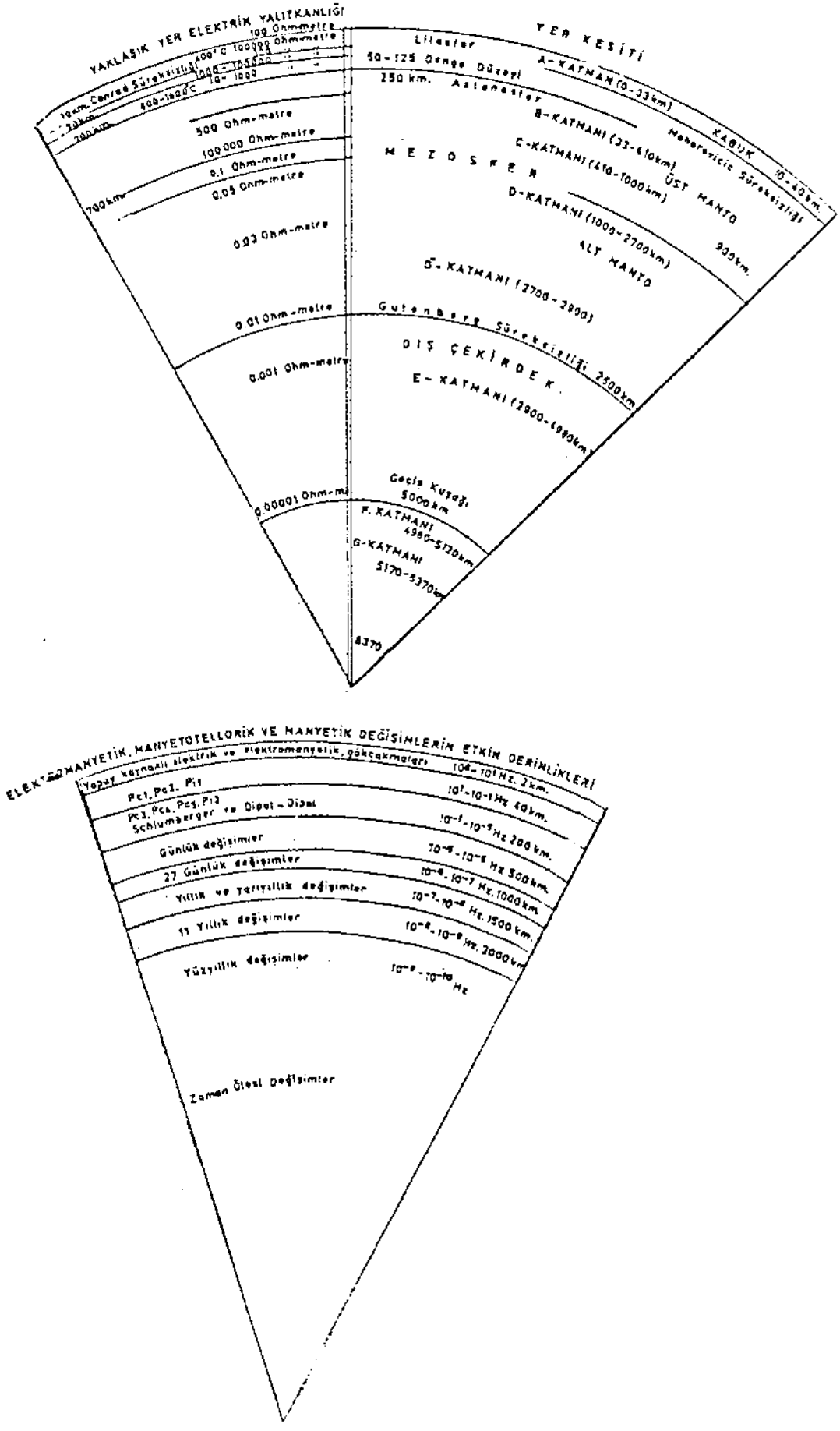
Günümüzde yapılan son uzay çalışmalarıyla, artık yeryuvarının fiziksel şekliyle ilgili, bilinmeyen yönü pek kalmamıştır. Yeryuvarıyla ilgili olan çalışmaların tamamı; bilgilerin harita düzlemine aktarılmasındaki hataların en aza

indirilmesi (projeksiyon hataları vb.) için ve yeryuvarının herhangi bir noktasındaki nokta konum belirleme hatasının, Jeodezik kabuller içinde kalacak şekilde olması için gerekli hassas hesaplamalar yapılmaktadır.

Canlılar için gerekli karasal kaynakların, artan nüfusa şimdilik yetse bile, gelecekte yetmiyeceği gerçeği ortaya çıktığı için , canlı yada cansız deniz kaynaklarının belirlenmesi, yerlerinin saptanması ve canlı stoklarının çıkarılması ile türlerinin belirlenmesi çalışmaları hız kazanmıştır.

Canlı yada cansız deniz kaynaklarının yerlerinin, doğrulukla belirlenebilmesi için, ekonomik özelliklere sahip olan her türlü kaynağa ait deniz atlaslarının çıkarılması gereklidir. Bulunan ekonomik kaynaklara ait bilgilerin, sonraki araştırıcılara doğru olarak aktarılabilmesi, bu araştırmalarda kullanılan Konum Belirleme yöntemlerine ve seçilen yöntemlerin duyarlığına bağlıdır.

Bu çalışmanın asıl amacı; zamanımızda yapılan yeryuvarı modellemeleri ile bunların birbirlerine dönüşümü için gerekli parametrelerin tanımlanması ve denizlerde konum belirlemede kullanılan, özellikle elektronik sistemlerin (Kara bağlantılı ve Uydu-Uzay bağlantılı) özelliklerinin ve temel prensiplerinin açıklanması olmuştur.



Şekil.1 Yeryuvarının Merkeze Doğru Kesiti (A.Ercan)

2 DENİZLERDE KONUM BELİRLEME

2.1 Genel

Denizlerde yapılan her türlü bilimsel yada seyir (navigasyon) amaçlı çalışmaların başarısının özünde; denizde yüzen aracın konumunun , statik ve özellikle dinamik ortamlarda, en doğru bir şekilde belirlenmesi yatmaktadır.

Karada yapılan çalışmalarda, bir noktanın konumu; koordinatları bilinen iki noktadan, bu noktaya ölçülen açı ve uzaklıkların kesim noktası olarak bulunabilmektedir.

Deniz aracı yüzer durumda olduğu için; sürekli olarak, kısa yada uzun dalga boylu, su kütlesi hareketlerinin etkisi altındadır. Karalarda konum belirlemeye yönelik çalışmalar daha çok jeodezik kontrol ağlarına dayanır. Deniz araştırmalarında; karaların deniz kıyılarına yakın ve doğrudan görüşü sağlayacak, yüksek ve konumu bilinen noktalara yerleştirilen, referans istasyonlarına göre, ilerden yada geriden kestirme yöntemleriyle, konum belirlemesi yapılabilmektedir. Ayrıca, kara bağlantılı konum belirleme yöntemlerinin dışında, uydu bağlantılı, konum belirleme yöntemleri de geliştirilerek kullanıcıların hizmetine sunulmuştur(Langeraar,1984).

Genel olarak, uydularla yapılan konum belirlemelerin dışında, uzun mesafeli dinamik konum belirleme sistemlerinde nokta konum doğruluğu, uzaklık arttıkça azalmaktadır.

Yeryuvarı genişliğinde ölçü yapabilen konum belirleme sistemlerinde, çalışma şartlarının seçilmesi ve çalışma

zamanlamaları kullanıcının kontrolunda değil, tamamen sistemi geliştiren ülkelerin kontrolundadır.

2.2 Konum Belirleme Yöntemleri

Bir çok araştırmacı, konum belirleme yöntemlerini, kullanılan sisteme göre yada geçmişten günümüze, denizlerle, karalar arası ulaşım olarak bakıldığında, klasik sistemleri de sıralamaya almışlardır. Tanımlamalara bakıldığında konum belirleme yöntemleri;

1- Doğrudan Ölçme Yöntemleri,

2- Optik Ölçme Yöntemler(Dolaylı yöntemler),

Tek Sextant Yöntemi,

Teodolit'le Kestirme Yöntemi,

Doğrultu ve Uzaklık ölçme yöntemi,

Laser Yöntemi,

3- Radyo Yöntemi,

UHF Dalga Yöntemleri,

Orta Uzaklık elektromanyetik dalga ile ölçme yöntemi,

Uzun Mesafe Navigasyon (seyir) yöntemleri,

Uydu yöntemleri .

4- Akustik Yöntemler,

5- Hız ve Yön ölçmeyi Kullanan Yöntemler olmak üzere sıralanmaktadır.

Denizlerde yapılan, Jeofizik, Hidroğrafik ve Oşinoğrafik çalışmalarda, konum belirlemedeki duyarlık ve beklenen doğruluk, seyir amaçlı çalışmalara göre, çok daha yüksektir(Doğan ve Danışman,1988).

Ülkemiz deniz araştırmalarında kullanılan, Ulusal

araştırma gemilerimizi ve yapılan kıyı ötesi her türlü çalışmaları, göz önüne aldığımızda, bu tanımlamaları uygulamadaki kullanım durumları ve ortam şartları göz önüne alınarak aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

Kıyı ötesi deniz araştırmalarında kullanılan, konum belirleme sistemleri, çalışma bölgesindeki yerleşim durumuna göre iki gruba ayrılabilir;

1- Kara bağlantılı Konum Belirleme sistemleri,

2- Uydu bağlantılı Konum belirleme sistemleri.

2.2.1 Kara Bağlantılı Konum Belirleme

Kara bağlantılı konum belirleme sistemleri, kıyı ötesi çalışmalarda(Mesaha çalışmalarında), dinamik ortam olan denizde yüzen bir geminin konumunun; karanın, kıyıya yakın bölgelerinde, gemi uzaklık ölçme sistemine ait anteni, doğrudan görebilecek, uygun yükseklikteki yerlerde kurulmuş olan yardımcı istasyonlar yardımı ile yerinin belirlenmesi yöntemine dayanan bir ölçme sistemidir.

Kara bağlantılı sistemlerde, yardımcı istasyon olarak kullanılan kara istasyonlarının yerlerinin, jeodezik anlamda konumlarının bilinmesi gereklidir. Harita okumalarından elde edilebilecek konum değerlerindeki doğruluk, genelde araştırmalarda istenen, doğruluk sınırlarının dışında kalacağından kullanılamaz. Özellikle günümüz jeofizik arama yöntemlerinin ulaştığı doğruluk sınırları göz önüne alındığında, (±) 10 metrelik doğruluklar bile bazı, detay çalışmalarda(Zemin mekaniğine yönelik çalışmalar vd) kaba değerler olarak kalmaktadır. Denizlerdeki her türlü su

kütlelerinin dağılımları ve bu dağılımların, zaman ortamında gelişen değişimlerinin doğru olarak izlenebilmesi için de, daha önceleri IHO (International Hydrography office) tarafından normal değer olarak alınan ±50 metrelik hata değerleri, ±10 metrelere kadar inmiştir. Şüphesiz bu değişimin ana nedeni; yeni teknoloji ile paralel gelişen, konum belirleme sistemlerindeki uzaklık okumaları hata oranlarının, bazı durumlarda ±1 metreye kadar inmiş olmasıdır. Özellikle; uzak ölçme sistemlerinde ortaya çıkan zaman hataları, kullanılan atomik saatlerle, uydu sistemlerinde 10^{-12} saniyeye kadar azaltılmıştır.

Kıyı ötesi deniz araştırmalarında kullanılan konum belirleme sistemlerinin, kullanıcılara sağladığı en büyük özellik ; başka sistemlere olan bağımsızlığıdır. Özellikle ölçme erişim uzaklığı 100 Km nin altında olan sistemler, tamamen kullanıcının kontrolundadır. Kullanıcı, erişim uzaklığı içinde kalmak kaydıyla, bu sistemleri istediği zamanda ve istediği ortamda kullanmak serbestliğine sahiptir.

Kara bağlantılı sistemlerden, ülkemizde en çok bilinen ve kullanılanı Trısponder'dır. Mını-Ranger I ve Mını-Ranger III (Falcon IV) sistemi de; ülkemiz araştırma gemilerinden; TCG Çubuklu'da , yine 1978 öncesi MTA Sismik-1 gemisinde; önceleri Shoran, daha sonra ise; Trisponder kullanılmıştır. Bu yazılanların dışında, diğer ülkeler araştırma gemilerinde kullanılan sistemlerden bazıları ise;

Loran C,	Raydıst 76,	Omega ,
Loran D,	Decca ,	Hyper-fix ,

Shoran , Syledis , Pulse-8 ,

Hıran , Tellürometer, Hyperbolıc ,

Artemis, HydroFlex , Argo ve Sea Fıx.

Dalga boyu küçük olan dalgaların yansımaları, dalga boyu küçük olan dalgalara göre, daha kolay olduğu için, çok fazla uzağa gidemezler. Bu nedenle frekansı düşük olan dalgaları kullanan sistemlerden çıkan dalgalar, iyonosferin daha yoğun olan üst tabakalarından yansıdıkları için, erişim uzaklıkları da büyür. Omega gibi konum belirleme sistemlerindeki VLF dalga yayınımı, çok uzun dalga boyu nedeniyle zayıflamaları az olduğu için çok uzaklardan uygun alıcılarla alınabilir. Çünkü; elektromanyetik dalganın zayıflaması frekansla ters orantılıdır. Dalga zayıflaması aşağıdaki denklemle verilmektedir(Özkan,1983)

$$\beta = \left[60\pi \left(\frac{81N}{f^2} \right) \frac{1}{1 - \frac{81N}{f^2}} \right] \sqrt{\varepsilon_0}$$

Burada;

ß= Zayıflama sabiti

$\sqrt{}$ = Elektronların saniyedeki çarpışma sayısı

İyonosferdeki E tabakasında= 4.3×10^5 çarpışma/sn

D tabakasında= 1.4×10^8 =

Yeryüzünde = 10^{12} çarp/sn

N= İyon yoğunluğu

f= Yansıyan dalganın frekansı

ε_0=Boşluğun dielektrik sabiti

Yukarıdaki denklemden de görüldüğü gibi, dalganın

enerjisindeki azalma, frekansla ters orantılıdır.

2.2.2 Uydu Bağlantılı Konum Belirleme

Uzay teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, konum belirleme sistemlerinde de hızlı gelişmeler olmuştur. 1957 yılında uzaya gönderilen Sputnık-1 adlı uydu ile başlayan, uzaydan, yeryüzünde bulunan bir cismin konumunun belirlenmesi çalışmaları, Navstar-GPS projesi ile günümüze ulaşmıştır.

Uydu bağlantılı konum belirleme sistemleri, kara bağlantılı sistemler gibi fazla çeşitlilik göstermemektedir. Uydu bağlantılı sistemlerden yalnızca iki tanesi, navigasyon amaçlı kullanımlarda, dünya ülkeleri tarafından tanınmaktadır. Bu iki sistem **TRANSİT** (NNSS) ve **NAVSTAR-GPS** olarak bilinmektedir. Eski Sovyetler Birliğinin geliştirmiş olduğu ve navigasyon amacıyla kullandıkları **GLONASS** adlı başka bir uydu bağlantılı konum belirleme sistemi de vardır.

2.3 Elektromanyetik Dalga Yayınımına Etki Eden Faktörler (Mikro dalga yatay düzlemi)

Mikro dalgalar atmosfer içinden, doğru bir yolla geçerken eğilirler yani yay çizerler. Bu eğilmenin miktarı, atmosferdeki yoğunluk farklarına ve atmosferin değişik yükseklik seviyelerindeki, su buharı miktarına doğrudan bağlıdır.

Mikro dalga düzlemindeki uzaklık (mikro dalga görüş uzaklığı), normal durumlarda, optik uzaklık düzleminden yaklaşık %6 daha büyüktür. Bunun nedeni, radyo dalgalarının ışık dalgalarından daha büyük bir yay yapmasıdır.

Anten yüksekliğinin (h), yatay düzlemdeki doğrudan görüş uzaklığı(D), aşağıdaki basit formülden hesaplanabilir (Erişim uzaklığı);

$$D = \text{UZAKLIK (Km)} = 4.14\sqrt{h}$$

h=metre, D=Km

Hava ortamındaki ısı değeri, çiğ düşme sıcaklığını karşılaştırma dışı olarak alırsak, deniz yüzeyi ısısından daha yüksektir. Buharlaşma, denizden havaya doğru olur. Bu buharlaşma, havada çok ince bir su tabakası oluşturur. Bu kalınlık birkaç metreyi bulabilir. Deniz seviyesi üzerinde, yükseklikle birlikte, su buharı da hızla azalır. Bu olay; yayınlayıcıdan hemen sonra, yatay ışınların eğilmelerine , yani uzaklık değerlerinde bir artmaya neden olur.

Sıcaklık, yükseklikle yavaş yavaş değiştiğinden, aşağı doğru eğilmede de önemli değişmeler olur. Ayrıca yükseklikle birlikte, su buharı miktarının da, normal atmosfer

tanımlarında, azaldığı kabul edilir. Bu olayların herbiri (Isı sapması, Nemlilik sapması gibi adlarla bilinen), algılanan uzaklığı arttıracak yönde etki ederek, sürekli olarak deniz yüzünde yada atmosferin alt seviyelerinde, etkin olarak kendini hissettirir, bu etkiye; yayınım dilinde " süper kırılma olayı " adı verilir (Şekil. 2).

Eğer; eğilme aşağı doğru olursa, yeryüzü üzerinde oldukça geniş bir yükseklik seviyesinde, elektromanyetik dalgalar, oldukça uzaklara erişirler ve bu ışınlar tabakalar arasında hapsedilerek, belli bir ortam içinde yol almaları için zorlanmış olurlar. Bu tür doğal zorlamalarla, elektromanyetik dalgaların, dağılmadan daha fazla uzaklara gitmeleri sağlanmış olur. Buna EM dalga yayınımında; "Kanal etkisi" adı verilmektedir. Böylece, atmosferdeki değişik meteorolojik nedenlerle, yeryuvarına yakın bu bölgelerdeki (Troposfer) nem ve sıcaklık etkisiyle aşırı yoğunlaşan tabakalar, elektromanyetik dalgaları sürekli yansıtarak, sanki yeryuvarı ile troposfer arasında bir dalga klavuzu varmış ve dalgalar, bu dalga kılavuzu içinde ilerliyormuş gibi, normal uzaklıktan çok daha fazla uzaklıklara erişmelerine neden olurlar. Bu tür bir olay, 1984 yılı temmuz ayı içinde Antalya körfezinde gözlemlenmiştir. Antalya limanında görevli, bir klavuz kaptanın elindeki UHF telsizle (max- 40 km açık havada), Mısır/ İskenderiye limanında demirli bir Türkiye bandıralı gemi ile görüşme yapılabilmiştir(Şekil 3).

Karalar üzerinden geçerek gelen kuru ve ılık hava; soğuk

bir deniz üzerinden geçerken, sıcaklık terslenmelerine neden olur ve böylece atmosferin alt tabakalarında aşırı buharlaşma etkisinde kalan bir tabaka oluşturur. Elektromanyetik dalga yayınım kanalları, deniz üzerindeki hava hareketlerinden oldukça fazla etkilenirler ve doğada fazlaca görülmeyen süper kırılma olayını oluştururlar. Özellikle yaz aylarında, sıcak enlemlerde sık sık süper kırılma (super refraction) olayları görülmektedir(Gilb ve Weedon,1981).

Diğer bir hava olayı da; radar uzaklıklarının büyümesine neden olan "Subsıdance" çökme olayıdır. Bu olayda, radar dalgaları, aşağı doğru çökerek alçalır ve yüksek atmosfer seviyelerinde dışa doğru saçılır. Antisiklon gibi sırtlarda ve yüksek barometrik basınç bölgelerinde çok sık görülür. Çöken hava, kuru ve ılık olabilir ve sıcaklık terslenmesi büyük bir nemlilik sapması ile oluşur. Bu durum, kanal etkisi olayının açıklanmasına da yardımcı olur. Yataya yakın gelen ışınlar, ters tabakaya girdiğinde, uzayarak aşağı doğru eğilirler. Bu ışınlar, normal seyahat yollarından daha fazla yol katettikleri için , yüzeye geri döndüklerinde, gerçek yolları büyümüş olur. Tabaka yüzeyinden yansıyarak geri gelen ışının, antene en yakın noktadan olan uzaklığında ani bir değişme olur. Bu uzaklık değişimi sıçrama uzaklığı olarak bilinir (skip dıstance) ve olaya da, "skıp effect" sekme etkisi denir(Gilb ve Weedon,1981).

Eğer, bir elektromanyetik dalga yayınım kanalında süper kırılma yoksa; doğrudan gelen ışınların, alındığı noktada , doğrudan gelen ışınlarla, yansıyarak gelen ışınların aynı

anda bir noktada buluşmaları nedeniyle, geliş noktasında, kör bir alan (nokta) oluşacaktır. Bu olaya" Faz terslenmesi" adı verilmektedir(Şekil. 4).

2.3.1 Elektromanyetik Yayınımda Hava Etkileri

Bazı durumlarda meteorolojik olaylar algılanan uzaklığı azaltırlar. Bunlar;

a- Buharlaşmanın olmadığı zamanlar,yani; Hava sıcaklığının (Çiğ düşme sıcaklığı), deniz yüzeyi sıcaklığından yüksek olduğu durumlar. Bu durumlarda genellikle sis olayları görülür.

b- Yükseklik artması nedeniyle, sıcaklık düşmesi çok hızlıdır. Böyle durumlar iyi iletkenlik özelliği gösterir, fakat algılanan erişim uzaklığı değerleri azalır.

Mikro dalga uzaklıklarındaki küçük zayıflamalar; karalarda, kum fırtınaları, sis veya yağışlarla, denizlerde ise; deniz yüzeyindeki büyük dalgalar , yağışlar ve şiddetli esen rüzgarların, deniz yüzeyinden kopardıkları çok küçük su damlacıklarının meydana getirdiği geçici yoğun ortamlar nedeniyle olabilmektedir. Ana istasyon ile kıyı istasyonu arasındaki, herhangi bir alanda yağmur yağması, erişim uzaklıklarını önemli ölçüde azaltır. Dolu yağışlarında da, hemen hemen aynı etkiler görülür. Kar yağışı sırasında ise; erişim uzaklığındaki azalma daha az olmaktadır. Özellikle, Akdenizde, MTA Sismik-1 ile TCG-Çubuklu kıyı ötesi araştırma gemileriyle, sonbahar ve ilk bahar aylarında yaptığımız çalışmalarda, erişim uzaklığı üzerindeki değişimlerin etkileri, çok fazla olduğu için; çalışmalarda konum belirleme açısından sürekli sıkıntılar çekilmiştir.

2.3.2 Elektromanyetik Dalga Yayınımında Erişim Uzaklığı

Elektromanyetik dalgalar kullanılarak yapılan ölçmelerde maksimum uzaklık; yayınım gücüne, alıcının duyarlılığına ve ana istasyon ile kıyı istasyonlarının toplam yüksekliklerine bağlıdır. Radar yayınım düzleminde; bulunabilecek (yerin eğrisellik etkisinden kurtularak) uzaklıklar, aşağıdaki eşitliklerden hesaplanabilir;

$$D_{(km)} = 4.14 \sqrt{H_M + H_R}$$ veya (görüş düzlemi uzaklığı)

$$H_{(M+R)} = \left[\frac{D}{4.14} \right]^2$$ istasyonların yükseklikleri

Burada; D = Ölçülecek uzaklık(Km)
H_M = Ana (Master) Anten Yüksekliği (metre)
H_R = Kara istasyonu anten yüksekliği(metre)

Kara istasyonu ile Ana istasyon arasında ortaya çıkabilecek engeller, anten yükseklikleri arttırılarak aşılabilir yada engel etkileri ortadan kaldırılabilir.

Alıcı antene hem doğrudan, hem de yansıyarak gelen dalgalar, anten üzerinde iki dalganın birleşimi olarak etki ederler. Eğer bu iki dalganın fazları arasında 180° fark olursa; bu durumda faz terslenmesi olur ve alıcı anten üzerinde dalga sönümlenmesine neden olacağı için, hiç sinyal gelmemiş gibi bir etki yapar. Bu durumda uzaklık okuması yapılamaz.

2.3.3 Elektromanyetik Dalga Uygulamasındaki Sorunlar

Konum belirlemede kullanılacak olan sinyallerin, diğer bir deyişle ; uzaklık bilgilerinin alınamadığı ortamdan

kaynaklanan hatalar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

a- LOS (ufuk düzlemi) göz önüne alınmaması,
b- Yansıyan dalganın ölçü noktalarına aynı anda gelmesi,
c- Karşı Antenin, ölçü uzaklığı dışında bulunması,
d- X-bandındaki girişimlerin oluşması,
e- Çok yağışlı ortamların oluşması(Atmosferik ortam değişiklikleri)
f- Kullanılan ölçü istasyonları arasındaki uzaklıkların, sınır şartlarını aşması.

2.3.4 Elektromanyetik Dalga Yayınımında Faz Terslenmesi

Denizlerde yapılan konum belirlemeler sırasında yayınlayıcı olarak, ölçme istasyonu, alıcı olarakta referans istasyonu tanımlanır. Kıyı ötesi jeofizik çalışmalarda, konum belirleme sistemleri kullanılırken, referans istasyonuna, kıyı istasyonlarından sürekli olarak gelen sinyallerin (Uzaklık bilgilerinin) aniden kesildiği görülür. Araştırma aracı yada hareketli istasyon, konum değiştirdiği zaman, sinyallerin tekrar geldiği görülür. Bir profil boyunca yapılan konum belirlemelerde sık sık görülen bu olaya "ölü nokta etkisi" yada" Fedıng olayı" adı verilir (Şekil. 5).

Ölü nokta etkisi; alıcıya doğrudan gelen dalga ile deniz yüzeyinden yada uygun yansıtıcı yüzeylerden yansıyarak gelen dalgaların, alıcı antende girişim yapmaları ile ortaya çıkar. Bu olay çok yönlü sinyallerin aynı noktaya, aynı anda ve ters fazda gelişleri ile ilgilidir. Elektromanyetik dalga yayınımı yapan tüm sistemlerde bu etki görülebilir. Bu olay genelde, doğrudan görüş esasına göre yönlendirilmiş anten kullanan ve belli bir görüş düzleminde (LOS) ki çalışmalarda daha sık görülür. Deniz çalışmalarında"ölü nokta"etkilerine genellikle deniz yüzeyinden yansıyarak gelen dalgalar neden olmaktadır.

Yansıma yüzeyinden daha üst kotlarda yer alan referans

istasyonu ile uzaklığı ölçülen kara istasyonundan yayılan dalgalar, yansıma yüzeyi üzerinde, sadece bir noktada eşit açılı duruma gelecektir. Işınların eşit açıyla geldiği bu yansıma yüzeyi üzerindeki noktaya; yansıma noktası adı verilir. Alıcıyı etkileyen sinyal karışım sinyalidir. Bu sinyalin etkisi; alıcıdaki yansımış sinyallerle, fazı aynı olan direk dalgaların gücüne bağlıdır. Yansıyan sinyalin gücü, yansıma yüzeyine geliş açısı ile tanımlanmaktadır. Yansıma yüzeyinin normali ile küçük açı yapan dalgalar daha iyi yansımaya uğrarlar ve yansıma yüzeyinin fiziksel ve elektriksel özelliklerine doğrudan bağlıdır(Gilbs and Weedon 1981).

Durgun su yüzeyi, çok iyi bir yansıtıcı yüzey olarak kabul edilir ve yayınım ortamının iletkenliği arttıkça elektromanyetik dalganın zayıflamasıda artmaktadır.

Yansıyan sinyalin gücüne etki eden başka bir faktör de, yansıyan sinyalin fazladan gittiği yolun uzaması nedeni ile, zayıflamaya (attenüasyon) uğramasıdır. Su yüzeyinden yansıyan sinyallerdeki bu tür zayıflamalar ihmal edilebilir. Gidilen uzaklık, genellikle düz bir hattan daha uzundur. Bu fazladan uzaklık birkaç cm civarındadır(Şekil.6).

Su yüzeyinden olan, düşük açılı bir yansıma için; (yansıma yüzeyi ile gelen ışın demeti arasındaki açı) yansıyan sinyal ile doğrudan gelen sinyal, alıcıya geldiğinde yaklaşık olarak hemen hemen aynı uzunlukta olur. Alıcıya gelen sinyallerin fazlarındaki farklılaşmaya iki faktör etki eder. Bir vericiden çıkan iki sinyal, bir alıcıya çok az

uzaklık farklarında gelir. Böylece, bunların alıcıya geliş zamanları da farklı olur. Ve yansıyan sinyal, yansıma noktasında bir faz değişikliğine uğrar. Küçük yansıma açılarında, yansıma noktasındaki faz değişikliği yaklaşık olarak 180° civarındadır. Genel olarak, yansıma noktasındaki faz değişiklikleri sabit kabul edilebilir. Alıcıya gelen iki sinyalin fazı, görünür (zahiri) olarak, yansımış sinyal tarafından gidilen, fazladan uzaklığın fonksiyonu olacaktır. Bu durumda; Sistemin dalga boyunun birincil (Multiple) yansımasındaki yansıma yolu ile doğrudan gelen sinyalin arasındaki ışın yolu uzaklığı farklı olduğunda zararlı girişim olacaktır(Gilbs,Weedon 1981).

$$l = \frac{c}{f} \quad \text{dir.}$$

l = Dalga boyu
c = Işık hızı
f = Frekans

Yansımış sinyallerin yarım dalga boyu katları, yol uzunluğu farklarında değişik bir etki göstererek, doğrudan gelen tek sinyale bindirme yaparak, sonuçta sinyalin gücünü -kuvvetini - arttırırlar (1/2 ,1-1/2). Şekil. 7'de bir istasyondan uygun bir uzaklıktaki deniz yüzeyinden yansıyan sinyalin, yön bağımsız bir antendeki etkili alanın gösterimi verilmiştir. Kesik çizgili hat, yansıyan sinyalin kayıplarını göstermektedir.

Yansıyarak gelen sinyal ile doğrudan gelen ve fazları aynı olan sinyaller, güç bindirmesi yaptıkları için, ölçme uzaklıklarını artırıcı etki yaparlar. Alıcılardaki uzaklık bilgisi taşıyan sinyallerin kaybolması(ölü nokta etkisi ile); gelen sinyalin gücündeki düşüşün, sistemin duyarlılık

sınırlarının altına indiği zaman ortaya çıkar. Şekil. 7 den de görüldüğü gibi; ölçmelerin yapıldığı istasyona bağlanan, yön bağımsız bir antene ait güç alanındaki"A" noktası ile gösterilen yükseklik ve uzaklıkta yerleştirilmiş olan bir referans istasyonu ise; sistemin özelliklerinin dışındaki bir uzaklıkta verilerin alınabilmesini sağlar. Eğer ölçü istasyonu, referans istasyonu etrafında hareket ettirilecek olursa,"B" ile işaretlenmiş noktaya gelindiğin de, referans istasyonundan gelen verilerde kesilmeler görülür. Bu noktada alıcıya gelen dalgalar, girişim nedeniyle birbirlerinin etkilerini yok ederler. İstasyon yerinin değişimine devam edildiğin de; uzaklık bilgisi taşıyan sinyaller tekrar alınmaya başlar.

Yine Şekil. 7'ye bakıldığı zaman, birinci bölgedeki (1.lob) yukarı doğru kalkmış görünen alan, yüzeye yakın seviyelerde, zayıflayan sinyalin faz terslenmelerine en çok uğradığı alt bölgeler görülür. Bu tür ortaya çıkan faz terslenmelerinden kurtulabilmek için, çalışma alanındaki uygun yükseklikteki yerlere istasyonları yerleştirmek gerekir.

Elektromanyetik dalgalar kullanarak konum belirlemesi yapan sistemlerde ortaya çıkan ölü nokta etkisinden kurtulabilmek için; değişik yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemler; Çalışma alanında, Ölü nokta etkisi gösterebilecek yerler, önceden tahmin edilerek, istasyon yerlerinin ve yüksekliklerinin seçimi ile anten bakış açılarının seçiminde gerekli düzenlemelere gidilebilir. Aslında bu yöntemin ana

hedefi; çalışma öncesi alana ait sınırlayıcı şartların ortadan kaldırılmasına çalışmaktır. Uygun geometrik yerleşim noktaları, sinyale ait görüş düzlemi göz önüne alınarak yapılır. Firmalar kendi konum belirleme sistemlerine ait erişim uzaklıklarına uygun, Ölü nokta etkisinin görülebileceği uzaklıkları veren, cetveller hazırlamışlardır. Şekil. 8 'de Motorola firması tarafından üretilen ve MRS-lll sisteminin geliştirilmiş versiyonu, olan FALCON-IV konum belirleme sistemi için hazırlanmış, Ölü nokta etkilerinin olabileceği uzaklıkları gösteren bir grafik görülmektedir. Bu grafik, 3 metre yüksekliğindeki bir antene sahip ana istasyona ve 40 metre yüksekliğindeki kara istasyonuna göre hazırlanmıştır. Referans istasyonunun yüksekliği düşey eksende, referans istasyonu ile kara istasyonları arasındaki uzaklık ise yatay eksende gösterilmiştir. Bu grafikte yeryuvarının eğriselliği ve atmosfere ait standart kırılma etkileri de göz önüne alınmıştır.

2.3.5 İyonosferdeki Gecikme Hataları
(50-1000 Km)

İyonosfer ortamındaki, yayınım nedeniyle ortaya çıkan hatalar, GPS'ölçmelerinde, sadece C/A kodundaki hata kaymaları içinde en önemli olanıdır. Burada ortaya çıkan hatalar; uydulardan yere doğru gönderilen navigasyon bilgileri yüklü, elektromanyetik dalgalar, iyonosferi oluşturan ve değişik yükseklik seviyelerinde yer alan, kırılma indisleri farklı ortamlardaki kırılmalar nedeniyle ortaya çıkmaktadırlar. Bu kırılmaların neden olduğu zaman gecikmelerini belirleyebilmek için, farklı frekanslarda ve aynı anda yayınım yapan dalgalar kullanılmaktadır.Tek frekanslı yayınımlarda iyonosfer etkisini belirlemek için ise; hazırlanmış olan iyonosfer modellerinden yararlanılır.

Bazı jeofizik labaratuvarları tarafından yapılan çalışmalarda (Klobuchar,1981) yüksek enlemlerde ve ekvatorda, uygun olmayan sonuçlar ortaya çıkarılmıştır. İyonosferik gecikmeye, yeryüzü üstündeki 100 ile 1700 km yüksekliklerdeki bir elektron seviyesi neden olmaktadır. İyonosferin enlemlere bağlı olarak, gece ve gündüze göre değişim gösterdiği bilinmektedir. 360 Km'nin üzerindeki uzaklıkta toplam gecikme tipik olarak 30 cm'nin altında olması gerekirken, elektron yoğunluğu nedeniyle, birkaç metrelik bir değişime neden olabildiği belirtilmektedir (Kalafus.vd,1988).

2.3.6 Troposferdeki Gecikme Hataları
(0-50 Km)

Troposferik gecikmeye; 1 ile 35 Km'lik yada daha yüksekteki bir takım su buharı tabakaları neden olmaktadır.

Troposferik gecikmeye neden olan faktörler, iyonosferdeki lokal değişimlere benzer.

Troposferdeki, elektromanyetik dalga yayınım yollarında, kırılmalar nedeniyle büyük sapmalar olmaktadır. Bu nedenle, troposferdeki kırılmalar için, değişik zamanlarda ve yerlerde yapılan deneme çalışmaları sonucunda, istatiksel kırılma modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller içinde en çok bilinenleri ve GPS çalışmalarında da kullanılanlar **Hopfield** ve **Saastamoninen'in** ayrı ayrı hazırladıkları kırılma düzeltmesi modelleridir.

Hopfield Troposferik Kırılma Düzeltmeleri modeli; aşağıdaki formülle verilmiştir. Bu düzeltme değerleri, aynı yükseklik düzeltmelerinde olduğu gibi, yeryuvarı üzerinde bulunulan noktaların yüksekliklerine göre değişmektedir (Hopfield,1979);

$$\tilde{O}r = \frac{Kd}{\sin\sqrt{E^2 + 6.25}} + \frac{Kw}{\sin\sqrt{E^2 + 2.25}}$$

Olarak verilen Hopfield modelinde;

E = Uydu yükselik açısı (Derece),

$$Kd = 77.6 * \frac{P}{T} \left[40136 + 148.72*(T-273.16) - h\right] * 2*10^{-7}$$

$$Kw = 77.6 * \frac{4810*e}{T^2} (11000-h) * 2*10^{-7}$$

e = Bulunulan yerdeki su buharı basıncı(mbar),
T = Kuru sıcaklık(Kelvin) ,
p = Atmosferik basınç (mbar),
h = Alıcının bulunduğu yerin yüksekliği(m) olarak

alınmaktadır.

Saastamoinen' e göre troposferik kırılma modeli ise; aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

$$\tilde{O}r = 0.002277 * \mathrm{Sec}\ z * \left[P + \left(\frac{1255}{T} + 0.05 \right) e^{-B * tgz} \right] + \tilde{O}R$$

Verilen bu bağıntıdaki parametreler ise;

P= Ölçü yerindeki atmosfer basıncı(mbar),
T= Kuru sıcaklık (Kelvin),
B= Yükseklik katsayısı(özel hazırlanmış),
z= Uydunun zenit açısı,
e= Su buharı basıncı(mbar)
ÕR= Açı ve yüksekliğe bağlı düzeltme değeri(özel).

2.3.7 Çok yollu Yayınım Hataları

Çok yollu yayınım nedeniyle oluşan hata, diferansiyel GPS uygulaması için belli ölçülerde etkilidir. Bu yüzden ortaya çıkabilecek sorunların çoğu, uygun yer ve uygun anten seçimi ile giderilebilir. Fakat diferansiyel sistemlerin bir çoğunda, çok yollu yayınım (Multıpath) hatalarının miktarı, birkaç metreyi geçmemektedir.

Çok yollu yayınım etkileri günümüz uzaklık ölçümlerinde, bir uydudan yayınlanan sinyalin, başka yansıtıcı yüzeylerden yansıyarak alıcıya gelmesi ve yansıyan sinyal ile doğrudan gelen sinyalin alıcıda aynı noktada buluşmalarıyla görülmektedir.

Çok kanallı ve sürekli olarak uyduları izleyen, referans alıcısı için, saat kaymaları, hatalara neden olur. Çok kanallı, sürekli izleme yapan referans alıcısı için, saat kayma hatası (drift) dağılımı santimetreler civarındadır.

2.5 Konum Belirleme Sistemlerinde Test Çalışmaları

2.5.1 Genel

Deniz çalışmalarında kullanılacak kara bağlantılı yada uzay bağlantılı sistemlere ait nokta konum doğruluk değerlerindeki hata sınırlarının belirlenmesi, ancak yapılacak çeşitli test çalışmaları ile belirlenebilir.

Konum belirlemelerde kullanılacak, özellikle kara bağlantılı sistemlerin, ortam şartlarının değişimine uygun olarak değişik doğruluk değerleri verdikleri bir gerçektir.

Bütün sistemler; uzaklık ölçmeleri yaparken, ortamın iletkenliğinden, sıcaklığından, atmosferik diğer değişimlerden ve çalışma alanlarındaki yerleşim yeri geometrilerinden etkilenirler. Yapılacak çalışmalar; hem arazide doğal koşullarda, hemde laboratuvarlarda yapılarak, sistemlerin ortamlardaki davranışları belirlenir. Test çalışmaları genelde en az 6 ayda bir yada ortam değişikliklerinde büyük farklar olduğu zaman yapılmalıdır.

Kullanıcılar, genellikle kalibrasyon yaparak hataları gidermeye çalışırlar. Kalibrasyon çalışmalarıda; bilinen kısa uzaklıklarda, ana alıcı ile yardımcıların herbirinin ayrı ayrı ölçtükleri uzaklık değerlerinin eşitlenmesi temeline dayanmaktadır.

2.5.2 Arazi Çalışmaları

Bu çalışmalar iki bölümde değerlendirilebilir;

a- Statik ölçmeler
b- Dinamik ölçmeler

a- Statik çalışmalar; Sistemdeki değişiklikler esnasındaki etkenlerin belirlenmesi ve sistemin elektronik olarak stabilitesinin gözden geçirilmesidir. Testler; elektromanyetik dalganın yayınım hızındaki değişikliklerden kaynaklanan hataların yarattığı bozucu etkilerin tanımlanarak ayrılmasında yani, sistemin yeterliliğinin belirlenmesinde yardımcı olurlar.

b- Dinamik denemeler; özellikle yerel yayınım hızını belirlemek ve tüm sistemi denemek için yapılan çalışmalardır. Bu çalışmalarla, aynı zamanda erişim uzaklığıile geminin hareketinin, konum belirleme sistemi üzerindeki etkileri belirlenebilir. Dinamik denemelerde; koordinatları bilinen noktalara yerleştirilen kıyı istasyonlarına gereksinim vardır. Gemide kurulmuş sistem; ikincil olarak uzaklıkların bulunmasını sağlar.

2.5.3 Statik Test Çalışmaları

Statik çalışmalar; kıyıda kurulmuş olan kara istasyonları ile, kıyıda bağlı ve hareketsiz olarak duran gemideki ana alıcı anten arasındaki uzaklığın, doğru bir şekilde okunabilmesi için yapılır.

Bu test çalışmasında; Sadece 500 m ile 2000 m arasında serbest görüş olanağı veren, alan yada düzgün bir doğrultu boyunca, birbirini gören ve yükseklik farkları olmayan iki sabit nokta kullanılır. İstasyonlar arası uzaklık kısa seçildiğinde; yayınım hızındaki değişim etkileri oldukça küçük olacağı için, iki istasyonda ortaya çıkabilecek hatalar ortak hata olarak kabul edilirler. Kısa uzaklıklarda,

sistemlerin güçleri çok fazla geleceği için alıcılarda sinyal doygunluğuna (satürasyona) neden olmaktadırlar. Bu durum uygulamalarda; yayınlanma çıkış gücünün düşürülmesi yada sinyal zayıflatıcılar (Attenüatörler) kullanılarak engellenebilmektedir (Şekil.9).

2.5.4 Dairesel Kesişim sistemleri

Gemide; kurulmuş sistemle, statik testleri yapmak oldukça çok kullanılan bir yoldur. Kısa baz uzaklığı; gemi ile gemiden 2000 m uzaklıktaki bir kıyı istasyonunun arasıdaki uzaklıktır. Sistemlerden okunan uzaklık değerleri; baz alınan uzaklığın iki ucu; uzaklıkları yarıçap kabul eden, dairelerin merkezleri kabul edilerek, yaylar çizilir. Çizilen daire yaylarının kesiştikleri nokta; gemideki antenin bulunduğu nokta olur. Bu noktanın, uzunluklara bağlı olarak , koordinat sistemlerindeki yerleri de, hazırlanacak basit yazılımlarla istenilen koordinat sisteminde belirlenebilir.

Burada baz hattını, sabit tutmak, geminin bulunduğu dinamik ortam nedeniyle hemen hemen olanaksızdır. Deniz ortamları, dinamik ortamlardır. Bu ortamlarda; sistemin ayrımlılığından çok daha büyük olan, hatalı uzaklık okuma değerleri elde edildiği için, uzaklık okuma değerlerinde sürekli olarak değişimler olur(Şekil 10).

2.5.5 Hiperbolik Kesişim Sistemleri

Bu yöntem; uzun mesafeli olarak seçilen baz hatlarında kullanılamaz, sadece kısa uzaklıkta seçilen baz hatlarında kullanılır. Önce, ana istasyon, daha sonrada yardımcı istasyonlar kurulur(Şekil 11).

2.5.6 Dinamik Test Çalışmaları

Dinamik ölçmelerde, koordinatları bilinen noktalara (Nirengi v.b) yerleştirilmiş olan, kıyı istasyonlarına gerek vardır. Geminin yerinin belirlenmesinin anlamı; denemesi yapılan sistemden daha hassas olan sistemlerle, test yapılacak uzaklıkların belirlenmesidir. İdeal olarak bu, konumları; bilinen noktalara yerleştirilmiş olan üç teodolitle açı ölçülerek sağlanabilir.

Bağımsız olarak hesaplanan değerlerle, sistem çalışmalarıyla bulunan değerler karşılaştırılarak, varsa aradaki farklar belirlenir. Kısa erişimli mikro dalga sistemleri için, bunu düzenlemek çok kolaydır. Uzun mesafe için, orta ve kısa dalga sistemleri, nadir olarak kıyı çalışmalarında seçilen tüm noktaların teodolitler yardımıyla belirlenmesini gerekir.

2.5.7 Kısa Uzaklık Sistemleri

Gemi, üç kıyı istasyonundan birine yakın bir yerden harekete başlar. Konum, teodolitle ölçülerek bulunmuç olan istasyon uzaklıklarından hesaplanır. Bulunan bu uzaklık değerleri, denemede kullanılan sistemden alınanlarla karşılaştırılır. Bu tür ölçmelerde kısa aralıklarla, en az 100 ölçü alınması yeterli kabul edilmektedir.

Gemi daha sonra ileriye doğru hareket eder. Bu arada teodolitten uzaklık okumaları yapılarak, denemeye tabi tutulan sistem tarafından sürekli ve düzenli olarak nokta konumlar hesaplanır. Uzaklıklara bağlı olarak hız düzeltme faktörleri (sapmaları) bu hesaplara uygulanarak, gidilen yol

boyunca hesaplanan uzaklıklar için standart sapmalar ve bulunan uzaklıklar karşılaştırılır.

2.5.8 Orta Uzaklık Sistemleri

Ölçmeler için seçilen durma noktaları, maksimum uzaklığın 1/3, 2/3 olarak , seçilen hattın başında ,ortasında ve sonunda olmak üzere seçilir. Geminin her durduğu konumda 24 saatlik yada en az 12 saatlik test çalışmaları olmalıdır. Gündüz ve gecenin, elektromanyetik dalga yayınımındaki etkilerinin belirlenebilmesi için , ölçü noktalarındaki sabit kalış ve test sürelerinin uzun, fakat ölçü aralıklarının çok kısa tutulması gerekir.

3 KARA BAĞLANTILI KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ

3.1 TRISPONDER Konum Belirleme Sistemi

Trısponder konum belirleme sistemi; elektromanyetik dalgaların gidiş-geliş zamanını, büyük bir doğrulukla ölçerek, bunu uzaklık olarak veren, çok kullanıcılı ve çok istasyonlu bir sistemdir. Ölçülen uzaklıklar, amaca uygun hazırlanan yazılımlarla, kullanılan koordinat sistemine dönüştürülür.

Ülkemiz de faaliyet gösteren, MTA-Sismik 1(Maden Tetkik ve Arama Genel müdürlüğü), K.Piri Reis (DEÜ,Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Ens), Bilim (ODTÜ,Deniz Bilimleri Ens.) ve TCG ÇUBUKLU (Seyir, Hidroğrafi ve Oşinoğrafi Dairesi) araştırma gemilerinin tümünde kullanılan Trısponder sistemi, Kara bağlantılı konum belirleme sistemleri içinde en iyi bilinen bir sistemdir.

Denizlerdeki, tüm kıyı ötesi jeofizik araştımalarda (Petrol aramaları,Maden aramaları,Kömür aramaları vb.), Oşinoğrafik ölçme ve araştırmalarda; akıntı sistemleri ve akıntı yönlerinin belirlenmesi, kıyı kentlerindeki, özellikle sıvı atıkların neden olduğu, kirlenme ve deşarj sorunlarının çözümlenmesinde, denizlerde oluşturulan ölçme istasyonlarındaki, tuzluluk, sıcaklık, elektriksel geçirgenlik gibi fiziksel parametrelerin, değişimlerinin izlenmesi amacına yönelik çalışmalarda, konum belirleyici sistem olarak kullanılmaktadır. Deniz haritalarının hazırlanmasında, özellikle plaj çalışmalarında (sığ

kıyılardaki derinlik haritalarının hazırlanmasında), Deniz derinlik haritalarının hazırlanmasında, Yandan Taramalı Sonarlar (Side Scan Sonar) ile deniz tabanının röliyef haritalarının hazırlanmasında, kullanılan bu sistem, normal şartlarda, 80 Km uzaklığa kadar kesişen noktalarla konum belirleyebilmektedir.

Sistem iki bölümden oluşur; Birincisi ; Ana istasyon diye tanımlanan, hareketli (Master) istasyon, diğeri ise; konumu jeodezik anlamda bilinen, kıyıdaki yüksek yerlere kurulmuş olan kara istasyonlarıdır. Karada kurulmuş istasyonların ve gemideki istasyonların konumları, sadece enlem , boylam olarak değil, yükseklik olarakta çok iyi tanımlanmış olması gerekir.

Trisponder sistemindeki Ana istasyon, konumu belirlenecek olan, hareketli araca yerleştirilirken, diğer yardımcı istasyonlar olarak tanımlanan, kara istasyonlarıda, konumu jeodezik anlamda bilinen, en az iki noktada kurulur. Trisponder sistemi; karada ve denizdeki bölümler olarak iki kesimde tanımlanabilir.

3.1.1 Denizdeki Sistem

Denizdeki sistem; Ana istasyon olarak, Anten birimi, Sayısal okuma birimi, kontrol birimi ve kayıt sistemlerinden oluşmaktadır.

3.1.2 Anten Birimi

Ana istasyon anten birimi; 360°lik yayınım açısına sahip, her yönde gelen sinyalleri alabilecek bir antendir. Yatay düzlemdeki yön bağımsızlığına rağmen, düşey düzlemde bu

yayınım 20°lik bir açı ile olur. Bu nedenle karadaki istasyonlardan daha güçlü yayınım yapar. Anten birimine monte edilmiş olan, yayınlayıcı anten kısmı, 30 cm kadardır.

Ana istasyonun, çalışma frekansı, 9480 MHz olarak seçilmiştir ve bu frekansta yayınım yaparken, aldığı sinyal frekansı 9325 MHz dir.

3.1.3 Sayısal Okuma ve Kontrol Birimi

Sisteme ait sayısal okuma monitörlerinin ve sistem kontrolunun yapılmasını sağlıyan tüm seçici anahtarların olduğu bölümdür. Bu bölümde ayrıca başka ortamlar için, seri ve parelel veri çıkışı veren, sistem kanalları vardır (Mını bilgisayar, X-Y Plotter,yazıcı vb.). Otomatik uzaklık okuma yada, istenildiğinde uzaklık okuması veren kontrol bölümü vardır.

3.1.4 Kara İstasyonları

Ana istasyon gibi hem alıcı, hemde verici olarak çalışan kara istasyonları, 9325 MHz frekansında yayın yaparlar. Kara istasyonları, sadece bir anten birimi ve üzerine bağlı antenden oluşur. Kara istasyonu anteni yön bağımlıdır. Yatay düzlemdeki yayınım açıklığı 87° olan kara istasyonu, düşey düzlemde ise; 7°lik bir yayınım açıklığına sahiptir. Özel olarak yapılmış 180°lik yatay yayınım açıklığı olan antenler de yapılmaktadır.

3.1.5 Sistemin Nokta Konum Doğruluğu

Trısponder; doğrudan görüş esasına göre çalışan ve elektromanyetik dalga spektrumunun mıkro dalga bölümünü kullanan, bir konum belirleme sistemidir. Bu nedenle,

yeryuvarının eğriliği, yayınımlarda engelleyici olarak etki eder. Fakat yer yuvarının eğriselliğinden kaynaklanan engellemeler, antenlere ait yükseklikler artırılarak giderilebilmektedir. Uzaklık ölçmelerinde, elektromanyetik dalgaların atmosferdeki yayınımı çenel prensiplerine bağlı olarak, bir takım enerji kayıpları da, Trısponder sistemindeki erişim uzaklıklarını sınırlayıcı nedenler olarak ortaya çıkmaktadır.

Trısponderlerin normal şartlarda ve uygun yüksekliklerde, erişim uzaklığı, 80 Km kadardır. Erişim uzaklığı 30 Km civarında, enerji kayıpları ve ortam şartları nedeniyle oluşan hatalardan kaynaklanan nokta konum duyarlılığı ± 1 metre kadar olduğu halde; erişim uzaklığı 80 Km'ye çıktığında, nokta konum duyarlılığıda, elektromanyetik dalgaların yayınımları sırasında, geçtikleri ortamların fiziksel özelliklerine bağlı olarak, ortaya çıkan enerji kayıpları, Poynting denklemi ile verilmektedir;

$$\frac{Pa}{Pv} = Ga.Gv. \left[\frac{1}{4.\grave{O}.d}\right]^2$$

Burada;

Pa= Alıcı antene gelen sinyalin gücü,
Pv= Ana antenden çıkan sinyalin gücü,
Ga= Alıcı antenin verimi,
Gv= Ana antenin verimi,
d= İki anten arasındaki uzaklık,
1= Ana antenden çıkan sinyalin dalga boyu'dur.

Yukarıda verilen denklemdeki değerler, yayınlanan elektromanyetik dalganın, yayınım ortamındaki, atmosferik şartların değişimleri nedeniyle, enerji kaybına uğramadığı kabul edilerek yazılmıştır. Parantez içindeki terim ; İki anten arasındaki uzay boşluğu yada atmosfer ortamındaki yayınlanan elektromanyetik dalgalardaki, enerji zayıflamasını vermektedir (Özkan,1983).

Trısponder erişim uzaklığında, normal şartlarda ±3 metrelik bir nokta konum doğruluğu olduğu bilinmesine karşın, denizlerdeki dinamik ortam şartlarında istenen doğruluğu sağlamak oldukça zordur. Statik ortamlarda ise; başarı oranı çok yüksek olmaktadır. Özellikle, kalibrasyonları, uygun uzaklık ve düzlükte yapılmış olan istasyonlardan elde edilen uzaklık değerleri, erişim uzaklığı 30 Km kadar olduğunda, okuma doğruluğuna yakın yani; ±1 metrelik bir doğruluk değeri verebilmektedir. Erişim uzaklığı 80 Km'ye çıktığı zaman, nokta konum duyarlılığıda ±3 metreye çıkmaktadır. Kullandığımız sistemlerde kendi yaptığımız deneme çalışmalarında; attenuator kullanarak (x40), uzaklıklardaki doğruluk değerleri, kalibrasyon yapılarak en aza indirildiği halde , dinamik konum belirlemelerde ±5 metrelik bir kesişim doğruluğu elde etmek, oldukça zor olmaktadır. Kesişme geometrileri nedeniyle ortaya çıkan hatalar, ancak bazı durumlarda, yerleşim noktalarının uygun seçimi ile en aza indirilebilmektedir.

3.1.6 Arazi Yerleşimi

Trısponder sistemi, tüm birimleri ile, bir yerden başka

bir yere elde kolaylıkla taşınabilecek şekilde düşünülerek tasarlanmıştır. Bu nedenle; sistem kurulmadan önce çalışma alanında, kara istasyonlarının yerlerinin seçiminde bir takım ön koşulların sağlanması gerekir(IHO 1977,SP.39).

Trısponder sisteminde, nokta konum belirlemeler; dairesel yay kestirme yöntemiyle yapıldığı için, kesişim açılarının önemi büyüktür. Öncelikle , konum belirlemede kullanılacak kara istasyonları, çalışma alanının tamamını görecek şekilde yerleştirilmelidir. Kara istasyonlarının, birbirlerini görmeleri gerekmez. Kıyıda kurulacak kara istasyonlarının, gemideki anteni doğrudan görmeleri gerekir. Kara istasyonları arasında kalan ve baz olarak tanımlanan uzaklık, sistem erişim uzaklığını aşmamak şartıyla, faydalı alanın büyümesi için önemlidir. Faydalı alan olarak tanımlanan ve yerleşim geometrisinde her zaman göz önünde bulundurulan bölge; nokta konum belirlemede yapılacak, kesişim geometrisi hatasının en aza indirgendiği bölgedir. Faydalı alanın(Kullanılabilir alan)sınırları kıyıda, konumları bilinen, noktalara yerleştirilen iki istasyon arasındaki uzaklığı yarıçap kabul eden, iki istasyondan geçen, bir daire çizilir. Çizilen bu daire içinde kalan alan, trısponder uzaklıklarının, kesişimlerinden dolayı, ortaya çıkacak olan hatanın, en az olduğu alan olarak tanımlanır. Geometrik olarak yapılabilecek ölçme hatasını veren formül aşağıda verilmiştir;

$$\text{Max.Ölçme hatası} = \frac{2 \times \text{Max.Uzaklık Hatası}}{\text{SinÓ (Kesişme açısı)}}$$

Bu arada, adı geçen ölçme hatası; Kara istasyonlarından her hangi birinin, erişim uzaklığına bağlı olarak, ortaya çıkan hatasıdır. Uzaklık hatası; daha önce değinildiği gibi; 30 Km'ye kadar 1 m, 80 Km'de ise; 3 m olarak alınır. Ara değerler, verilen bu değerlerden türetilebilir. Kesişme açısı olarak, hareketli aracın bulunduğu yere göre, iki istasyon uzaklığının kesişiminden bulunur.

Ana istasyonun içinde bulunduğu deniz aracı, çizilen daire içinde kaldığı durumlarda, en az hata olacaktır. A ve B noktaları iki kara istasyonunun bulunduğu ve konumu bilinen yerlerdir. Bu iki istasyon arası uzaklığa da baz(Base Line) adı verilir. En az hatalı konum, kesişim açısının 30°'den büyük, 150°'den küçük olduğu durumlarda yapılır.

Uygulamada, özellikle sismik çalışmalarda, gerek profillerin çok uzun olması, gerekse; deniz kıyılarının doğal yapıları nedeniyle, iki istasyondan alınan uzaklık bilgileriyle, sürekli olarak kesişimi sağlamak olanağı yoktur. Bu nedenle; ikiden fazla kara istasyonu, çalışma alanını gören noktalarda ve kendi aralarındaki Baz uzunluğu, çalışma alanını kapsayacak şekilde seçilir. Kara istasyonlarının yayınım kodları, farklı farklı olduğu için, kontrol panelinden, istenilen istayonların kesişimleri sağlanarak, bir istasyondan diğerine, kolaylıkla, istasyon yeri değiştirmeksizin geçilerek, konum belirlemelerdeki süreklilik sağlanmış olur(Şekil 12 .

Ayrıca , iki gemiye kurulmuş olan iki ana istasyon, aynı

anda, aynı kara istasyonlarını kullanarak, birbirlerinden bağımsız olarak, kendi konumlarını belirleyebilirler. Bu tür bir düzenleme ile, aynı çalışma alanını kullanan, iki araştırma gemisi, daha fazla istasyon kurmadan, aynı alan içinde çalışabilirler. Sistemin yapısı nedeniyle, 8 kara istasyonu, çalışma alanına önceden yerleştirilerek, istenen araştırma gemileri tarafından kullanılabilir. Aşağıdaki tabloda genel olarak kabul edilen, elektromanyetik dalga sınıflaması verilmiştir. Bu tabloya göre ; Trisponder sistemi, süper yüksek frekanslı dalgalar sınıfına girmektedir

3.1.7 Trisponder Sisteminde Kalibrasyon

Trisponder sistemi; elektromanyetik dalganın, gidiş geliş zamanını ölçerek, uzaklık olarak değerlendirilmesini otomatik olarak yapan bir sistemdir. Elektromanyetik dalganın, yayıldığı ortam şartlarından etkilenerek, gerçek uzaklıkları daha büyük vermesi ile, hatalarda da uzaklığa bağlı artmalar olacaktır. Okumalarda ortaya çıkacak hataların, sadece ortam şartlarından dolayı olabileceğini kabul etmek için; sistemden kaynaklanabilecek hatalardan, mümkün olduğu kadar kurtulmak için sık sık kalibrasyon denemeleri yapmak gerekir.

Trisponder sisteminde, sistem hatalarından kurtulabilmek için, iki tür kalibrasyon işlemi kullanılır.

1- Eşit Uzaklık Ölçme Yöntemi,
2- Kalibrasyon Eğrisi Yöntemi ile kalibrasyon olmak üzere tanımlanabilir.

3.1.7.1 Eşit Uzaklık Ölçme Yöntemi

Eşit uzaklık ölçme yöntemi için; aralarında yükseklik

farkı olmayan ve uzaklıkları bilinen iki noktaya gereksinim vardır. Bu yöntemle kara istasyonlarına ait iki temel özellik belirlenebilir. Birincisi; sistem okumalarında, zamanla ortaya çıkan okuma hatalarıdır. İkinci olarak belirlenen özellik ise; sistemde kullanılan Magnetron emisyonlarının, çalışma zamanlarına bağlı olarak düşmesinin neden olduğu, erişim uzaklığının azalmasıdır.

Kalibrasyonlar yapılırken, tek uzaklık değerleri göz önüne alınarak sabit bir ayarlama yapılamaz. Düzeltme miktarları; uzaklıklara bağlı olarak, uzaklık arttıkça artar. Trisponder sistemleri; kullandıkları zamanlayıcı devrelerin sınırlamaları nedeniyle, 200 metrenin altındaki uzaklıkları doğru olarak okuyamazlar. Bu nedenle ; kalibrasyon işleminde kullanılacak uzaklık, 200 metreden küçük olamaz.

Bilinen uzaklığın bir ucuna, uzaklık okuma birimi ile ana anten, diğer ucuna ise; elde bulunan tüm kara istasyonları yerleştirilir. Sistem okuma durumuna getirilerek, kontrol panelindeki seçiciden, kullanılan istasyonların kod numaraları sıra ile seçilerek uzaklıklar okunur. Sayısal göstergeden, okunan uzaklık değerleri ile gerçek uzaklık arasında ortaya çıkan farklar, bir tornavida yardımı ile, kalibrasyon bölümündeki potansiyometre ile giderilerek, kalibrasyon işlemi yapılmış olur. Bu şekilde 2000 metre uzunluk, baz alınarak yapılan kalibrasyondan sonra aynı noktalarda, bu sefer (x40) zayıflatma özelliğine sahip attenuatörler, kalibrasyonu yapılan istasyonalara ait antenlere ayrı ayrı takılarak, tekrar uzaklık okumaları

yapılmaya çalışılır. Bu denemenin amacı ; magnetronların emisyonlarındaki düşüş nedeniyle, erişim uzaklığındaki azalmanın belirlenmesidir.

3.1.7.2 Kalibrasyon Eğrisi Yöntemi

Kalibrasyon çalışmaları yapılacak olan iki nokta arasında yükseklik farklarının olmaması, bu çalışmalarda en önemli koşullardan birisidir. Küçük uzaklıklarda sağlanan kalibrasyon şartlarını, uzaklıklar büyüdükçe sağlama olasılığı da, büyük ölçüde azalır, hatta olanaksız hale gelir. Bu nedenle; uzaklıkla değişen kalibrasyon fark değerlerini belirlemek için; Şekil. de verilen Trisponder kalibrasyon eğrisi kullanılır. Bu kalibrasyon eğrisi; istenilen uzaklıklara göre kullanılarak, düzeltme değerleri bulunur ve bu bulunan düzeltme değerleri, okunan değerlerden çıkartılır. Bu yöntem oldukça kullanışlıdır. Bu kalibrasyon eğrisinde uzaklık ekseni, logaritmik olarak düzenlenmiştir.

Trisponder sistemleri, tamamen elektromanyetik dalga yayınım kurallarına tabidirler. Her türlü konum belirlemede; bulundukları ortam şartlarından , fizik prensiplerin, getirdikleri kurallara göre etkilenirler(Şekil.13)

3.2 TRIDENT-III Konum Belirleme Sistemi

Trident III; Hidrografik araştırmalarda ve kıyı ötesi konum belirlemelerde kullanılmak üzere geliştirilmiş, UHF frekans bölgesinde, dairesel yayınım şartlarında çalışan bir sistemdir.

Gemi üzerinde ana sistem ile, karada konumu bilinen noktalara yerleştirilmiş, 3 veya 4 yardımcı istasyondan oluşur. Dairesel çalışma durumunda; gemideki ana sistem ile karadaki sistemler arasındaki uzaklık ölçülür.

Serbest havada, ölçüm uzaklığı en fazla 260 km olmasına rağmen uygulamalarda, radyo yayınım engelleri nedeniyle bu uzaklık 130 km ye kadar düşmektedir. Uzaklık ölçümünde standart sapma 3 m den daha küçüktür. ±1 metrelik doğruluk elde edilebilir(Trident III,1981).

Çalışma frekansları 3 çeşit seçilebilir.

a- 200 MHz ARALIĞI
İki kanal 232.8 MHz ana sistem ve 272.8 MHz ise diğer yardımcıların yayın frekansıdır.

b- 400 MHz aralığı
Denizcilikte kullanılan 432.5 MHz tek frekanstır.

c- 1200 MHz aralığı
Ülkelere ve bölgelere bağlı olarak deniz ve hava sistemlerinde kullanılmak üzere 1219 MHz de düzenlenmiştir.

3.3 MRS-III Konum Belirleme Sistemi

Mını Ranger-III Sistemi deniz araştırmalarında, sondaj çalışmalarında ve hava taşıtlarında hassas konum belirlemesi için kullanılmaktadır (Şekil.[illegible]).

Görüş düzlemi üzerinde, 37 km (20 mil) uzaklıkları ölçer. Dinamik çalışmalarda uzaklık hatası ±3 m'dir.

Çalışma frekansları, 5400-5600 MHz arasındadır.

3.3.1 Sistem Kullanımı

- 16 değişik kara istasyonuna kadar kullanmak olanağı vardır.
- Her çift kara istasyonu bir ana istasyonla kullanılabilir.
- Bir yada fazla kara istasyonu hareketli istasyon gibi kullanılarak esas Ana istasyon karada sabit tutulabilir.

Gemide
- Uzaklık okuma birimi
- R/T ANTEN (Alıcı/Verici)

Kıyıda
- Kıyı istasyonları (iki yada daha fazla, antenleriyle birlikte) Gemideki sisteme ayrıca Mini Ranger veri işlemci(MRDP) eklendiğinde, her türlü deniz araştırmalarında sürekli uzaklık kayıtları alınabilir.

Gemide bulunan ana istasyon, kıyıda, bilinen noktalara yerleştirilmiş olan ve yardımcı diye tanımlanan kara istasyonlarına elektromanyetik dalgalar göndererek, bu dalgaların geri yansıyanlarını alır ve uzaklık ölçmelerinde kullanır(MRS III .1981)(Şekil.15).

Standart MRS-3 sistemi bir uzaklık okuma birimi, bir Alıcı/Verici ana anten ve an az iki kıyı istasyondan oluşur.

Alıcı
Frekans : 5480 MHz C-Band, 9310 MHz X-Band
Verici
Frekans : 5570 MHz C-Band, 9410 MHz X-Band

3.4 ARGO Konum Belirleme Sistemi

ARGO MODEL DM-54; Deniz ve hava taşıtlarının konumlarının doğru olarak belirlenebilmesi için çok kullanıcılı, elektromanyetik dalgalar kullanan, uzaklık ölçme sistemidir.

3.4.1 Ölçme Uzaklığı

Gündüz saatlerinde deniz yüzeyinde 750 km ye kadar ölçme yapılabilir. Gece ise; ölçme uzaklığı, 415-250 km arasında değişir ve çevre şartlarına doğrudan bağlıdır. Belirlenen uzaklıktaki en iyi doğruluk 5 m kadardır. 1.605- 2.000 KHz bandında bir taşıyıcı frekans, uzaklık ölçmelerinde kullanılmaktadır(ARGO,1981) .

3.4.2 Sistem Kullanımı

ARGO konum belirleme sistemi; Denizlerde hareket halinde olan deniz taşıtlarının yerlerinin belirlenmesinde ve saatteki hareket hızı 200 Knot'a kadar hava taşıtlarının konumlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Gemide;
-Uzaklık ölçme birimi,
-Anten besleme ve yükleme birimi,
-İzleme ve kontrol monitörü,
-Çubuk anten ve donanımı (7-11 metre).

Kara'da
5 Kıyı istasyonuna kadar her istasyonda;
-Uzaklık işleme ve ölçme birimi,
-Anten besleme ve yükleme birimi,
-Düşey anten sistemi(8-30 metre yüksekliğinde).

Uzaklık ölçmeleri; Taşıyıcı faz karşılaştırılması prensiplerine göre yapılmaktadır. Buradaki karşılaştırma, hareketli istasyon ile kıyıdaki istasyonlar arasındaki uzaklığa bağlı olarak, yayınlanan sinyal ile, alınan sinyal arasındaki faz gecikmesi değişiminin bilinmesine dayanır.

3.5 MRD-I (Tellürometre) Konum Belirleme Sistemi

MRD-1; hareketli bir istasyona gerek duyan, yüksek doğruluklu, havadan ve denizden yapılan hidroğrafik ve kıyı ötesi jeofizik araştırmalar da kullanılır(MRD I,1980).

Ölçme uzaklığı,100 metreden 100 km ye kadar görüş düzlemine bağlı olarak değişmektedir. 2900 MHz-3080 MHz veya 3200 MHZ-3300 MHz frekanslarında çalışır.

3.5.1 Sistem Kullanımı (MODE)

MRD-1 birkaç değişik durumda kullanılmaktadır.

a- İki uzaklık(Range/Range)
Kıyıda iki ve bir hareketli istasyondan oluşur.

b- Üç uzaklık
Hareketli bir ana istasyon ve3 kıyı istasyonundan oluşur

c- İki kanal kullanımı
Aynı alanda, iki yada üç yardımcı istasyondan oluşan, iki takım cihazdan oluşan bir ölçme sistemidir. Bu sistem özellikle geniş alandaki etüdlerde kullanışlıdır.

d- Çok kullanıcılı sistem
6 ana istasyonuna kadar oluşan ve aynı takımla 2 veya 3 yardımcı istasyonların sürekli kullanılmasını sağlayan sistemdir.

Tellürometrenin çalışması; frekans modülasyonu yapılmış mikro dalganın, vericiden yayınlandıktan sonra, kıyıdaki istasyon tarafından alınarak tekrar geri gönderildiğinde alıcıya gelen dalgadaki faz gecikmesi ölçülmesi prensibine göredir.

3.6 ARTEMIS Konum Belirleme Sistemleri

Artemis Sistemi, seçilen bir baz doğrultusuna göre, açı ve iki istasyon arasındaki uzaklığın, mikro dalga yayınımı kurallarından hareketle, belirlenmesi esasına dayanır. Açı okumaları, kullanım kolaylığı nedeniyle, coğrafi kuzey baz alınarak yapılmaktadır. Artemis konum belirleme sisteminin erişim uzaklığı,30 Km'dir. Bu erişim uzaklığındaki açısal okuma doğruluğu da 0.03° kadardır.

Sistemin kalbi, özel olarak yapılan, servo motor

kontrollu olarak anten yönünü, gelen sinyalin maksimum gücüne göre ayarlayabilen izleme antenidir. İzleme antenleri tip olarak, gemilerdeki su üstü radar antenlerine benzer, fakat gemi radarlarında olduğu gibi, sürekli olarak 360°'lik bir tarama yapmaz. Artemıs antenleri; kabaca yönlendirildikten sonra, yayınımın maksimum alış gücüne göre, kendi yönünü alabilecek durumdadır(Şekil 16 ve 17).

Çalışma Frekansları

Hareketli istasyon ile kıyıdaki sabit istasyon frekansları arasında 30 MHz'lik fark vardır. Yayınlanan frekanslar 9200-9300 MHz arasındadır.

Artemıs Konum belirleme sistemi, tek sabit istasyonlu olması nedeniyle, Kıyı ötesi Jeofizik etüdlerde çok fazla kullanışlı değildir. Artemis sistemi ancak kıyılara yakın oşinoğrafik izleme istasyonlarında kullanılabilir.

3.7 LORAN-A, LORAN-C VE LORAN-D Konum Belirleme Sistemleri

Loran serisi, bu gruptaki konum belirleme sistemleri, hiperbolik kesişim esasına göre, konum belirlemesi yaparlar. Frekans spektrumunun; 90 ile 110 KHz arasındaki bölgesini kullanan LORAN-C sistemi; 2.Dünya Savaşı sonrası geliştirilen Loran-A 'sisteminin yenileştirilmiş bir versiyonudur.

LOng Range Aid to Navigation (Uzun mesafeli seyir yardımcısı) kelimelerinin başındaki harflerin alınması ile tanımlanan, Loran-C konum belirleme sistemi; karalarda kurulan, çalışır durumdaki üç yada daha fazla istasyon ağı ile, bütün yönlerde puls yayınımları yapar. Kurulan istasyonlardan biri Ana istasyon olarak çalışırken, diğer istasyonlar yardımcı (Slave) olarak çalışırlar. Ana istasyon, temel sinyali belirli zaman aralıklarında gönderir. Yardımcı istasyonlar ise; ana istasyon tarafından yayınlanan bu ana sinyali, uzaklığa bağlı zaman gecikmesi ile alırlar. Ana istasyon tarafından yayınlanan sinyal (PULS) yardımcı istasyonlara geldiğinde, yardımcı istasyonlardaki yayınlayıcılar, çalışır duruma geçerek, gelen sinyale, bir gecikme verdikten sonra, geri yayınlarlar. İşte, kullanıcılar (gemilerde) ana istasyon tarafından yayınlanan ana sinyal ile, yardımcı sinyal arasındaki zaman farklarından, kendi konumlarını ilgili istasyonlara olan uzaklıklar cinsinden tanımlarlar.

3.7.1 LORAN-C Yayınım İstasyonları

Loran-C Konum belirleme çalışmalarında kullanılan, yayınlayıcı istasyonlar; gruplar halinde kapalı kullanım

alanları oluşturacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Çalışan Loran-C istasyon gruplarına," Zincir" adı verilmekte ve loran-C kullanıcıları tarafından da, bölge adı verilerek tanımlanmaktadır (GRI 7990 Akdeniz Zinciri vb). Tüm Dünya yüzeyini kaplayacak şekilde donatılan ve bu çalışma zincirini oluşturan gruplar; Şekil.18 de verilmiştir. Tüm yeryüzüne dağılmış olarak çalışan, 20 civarında grup-zincir- vardır. Türkiye, bu zincirlerden sadece "Akdeniz Zincir"inden sınırlı olarak yararlanabilmektedir(Şekil.19). Türkiyenin de, Loran-C konum belirleme zincirinden yararlanabildiği; GRI 7990 nolu Akdeniz zincirini tamamlayan kara istasyonlarından biri; Marmara denizi kıyısında yer alan **KARGABURUN** istasyonudur. Kargaburun istasyonu ile birlikte; İtalyada **Sellıa Marına** otomatik izleme istasyonu, Fransanın, Akdeniz kıyısında; **Estartıt** ve Sicilya ile Cezayir arasında küçük bir adada **Lampedusa** adlı yayınlayıcı istasyonlar vardır. Kargaburun'daki istasyon artık görev yapamamaktadır. Ülkemiz denizlerinden sadece Ege denizinin faydalanabildiği bu konum belirleme sisteminden, Karadeniz kıyılarımız da hiç kullanılamamaktadır(Trimble GPS10X).

Loran-C sisteminin doğruluğu, tamamen, yayınlanan sinyallerin, alıcılar tarafından alınmaları esnasındaki zaman senkranizasyonuna ve sinyallerin alınmasına bağlıdır.

Loran-C konum belirleme sistemleri yer ve uzay dalgalarını kullandıkları için, atmosferik olaylardan doğrudan etkilenirler. Loran-C dalgalarının ulaşabildikleri maksimum uzaklıklar yayınım gücüne bağlı olarak yaklaşık 4000

Km kadardır.

Loran-D konum belirleme sistemi de; 1960 lı yıllar sonrası, alçak frekanslı hiperbolik konum belirleme sistemi olarak düşünülerek geliştirilmiştir. Kullandığı frekans aralığı 90-110 Khz ve erişim uzaklığı da, 1000Km kadardır. Yayınım sistemi, Loran-C de olduğu gibidir.

MTA-Sismik 1 gemisinin ilk donatımında, kıyı ötesi jeofizik araştırmalarda kullanılmak üzere alınan Loran-C sistemi; konum belirlemede, hiç kullanılamadan devre dışı bırakıldı.

Koca Piri Reis araştırma gemimizde, entegre sistem olarak, GPS sistemi(Trımble GPS 10X)ile birlikte bulunan Loran-C alıcısı ile TCG Çubuklu araştırma gemimizde, MNS (Marine Navigation System) 2000 sistemi içinde, Transit sisteme entegre olarak bulunan, Loran-C konum belirleme sistemler, konum belirlemede kullanılamamaktadır.

3.8 DECCA NAVİGATOR Konum Belirleme Sistemi

Decca Navigator konum belirleme sistemi de, Hiperbolik kesişim yöntemi ile; üç yedek istasyon ve bir adet ana istasyondan oluşan bir ağ oluştururlar. Konumu belirlenmesi istenilen araçta bulunan Decca alıcısı; sabit istasyonlar tarafından 0.07-0.13 MHz'lik frekans aralığında yayınlanan uzaklık bilgilerini alarak, önceden yapımcı firmalar tarafından yayınlanan hiperbolik haritalardan kendi konumunu bulur. Decca istasyonları da; Loran-C istasyon zincirlerinde olduğu gibi çalışma alanları oluşturacak şekilde sabit noktalara yerleştirilmişlerdir(Şekil.20).İlk elektronik konum

belirleme sistemlerinden biri olan Decca konum belirleme sisteminin, doğruluğu ± 50 m civarında olduğu verilmektedir.

3.9 SHORAN Konum Belirleme Sistemi

Ülkemizin ilk Kıyı ötesi Jeofizik araştırma gemisi olan MTA Sismik 1' de kullanılan ilk elektronik konum belirleme sistemi olan Shoran; **SH**Ort **RA**nge **N**avigation kelimelerinin baş harflerinden oluşmuştur.

Shoran sisteminde; karada bilinen noktalara kurulan, iki kıyı istasyonu ile, konumu belirlenecek olan araçta kurulu, uzaklık ölçme biriminden oluşur. Bu sistem; Omega sisteminde olduğu gibi, Puls modülasyonunda ve frekansları, 230-310 MHz gibi ultra yüksek frekansları (UHF) kullanır. Gemideki sistemden 230-250 MHz frekanslarında, değişken sinyaller yayınlanır. Ana istasyon tarafından yayınlanan, sinyalleri alan karadaki yardımcı istasyonlar, sinyale zaman gecikmesi vererek, tekrar 310 MHz lik puls'lar halinde geri yayınlarlar. Ana istasyon tarafından alınan bu puls modüleli sinyaller, gidiş/geliş zamanına göre, uzaklık bilgisine dönüştürülür.

Bu sistemde doğruluk ± 25 metre kadardır. Daha sonraları, Shoran yerine daha hassa olan, **HİRAN** Sistemi geliştirilmiştir. Deniz çalışmalarında, gerek istasyonların kurulmasında, gerekse uzaklık bilgilerinin elde edilmesinde karşılaşılan zorluklar nedeniyle, bu sistem yerine, Trisponder sistemi alınarak konum belirlemede kullanılmıştır.

3.10 Omega Konum Belirleme Sistemi

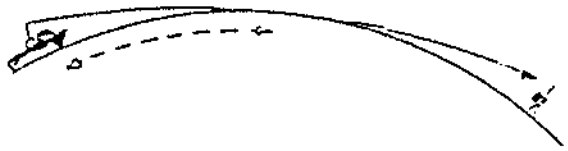
Omega konum belirleme sistemi; her türlü hava şartlarında, yeryuvarının her tarafından, deniz üstü ve denizaltı araçları ile hava taşıtları tarafından kullanmak üzere geliştirilmiş bir konum belirleme sistemidir.

Normal şartlar altında, Omega sisteminin nokta konum doğruluğu, gündüz satlerinde 1 Mil (1852 metre) kadar iken, gece saatlerinde ise; 2 Mil'e çıkmaktadır. Omega konum belirleme sistemi; faz farklarını ölçerek hiperbolik kesişim yöntemiyle konum belirlemesi yapar. Omega sistemi; birbirlerinden, yaklaşık olarak 6.000 Mil kadar uzaklıkta bulunan yerlerde kurulan, 8 sabit istasyondan, sürekli olarak 10.2 Khz de VLF' bandında uzaklık bilgisi yayınımı yapar. Faz farkları tekniği kullanılarak, önceden hazırlanan Omega haritalarını kullanan alıcılar, kendi konumlarını belirler.

Frekansı (10.2) KHz olarak yayınlanan dalganın; dalga boyu, yaklaşık olarak 29250 metredir. Uzun dalga boyuna sahip dalgalar, su içerisinde de yayınabildikleri için sistem; denizaltılar da konum belirleme amacıyla da kullanılmıştır.

Çok alçak frekansta yayınlanan Omega sinyalleri; yeryüzü ile İyonosfer arasındaki kanalda, normal yollarla yayılırlar.

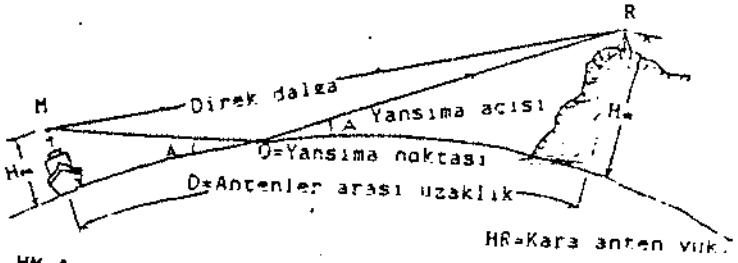
Ülkemiz araştırma gemilerinden sadece TCG ÇUBUKLU da çok alıcılı sistem olan; MNS (Marine Navigation System) 2000 sistemi içinde yer alır. Fakat konum belirlemedeki doğruluğu çok düşük olduğu için kullanılamamaktadır.



Şekil 2 Süper Kırılma Etkisi



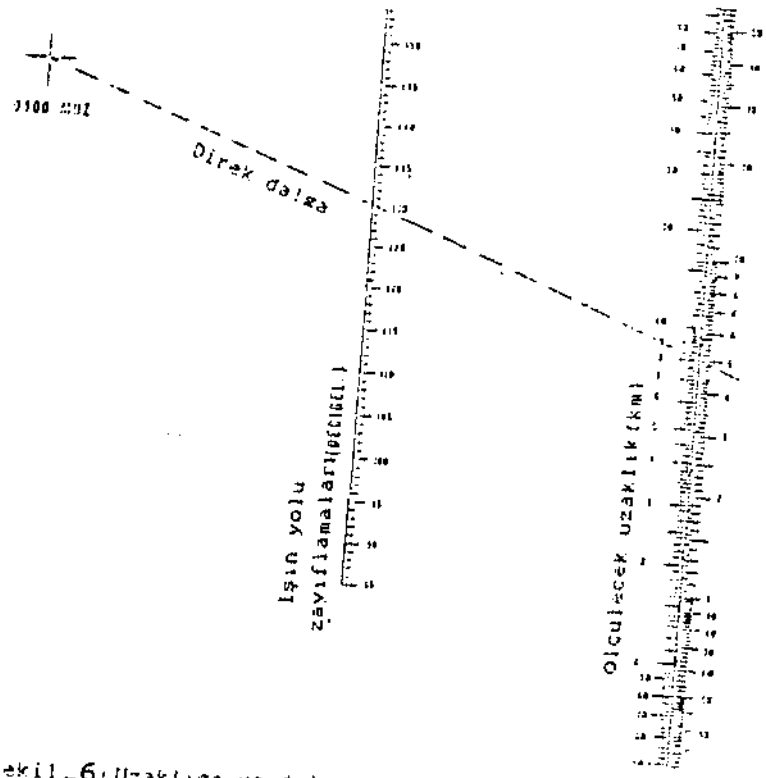
Şekil-3 Yayınımda Kanal Etkisi



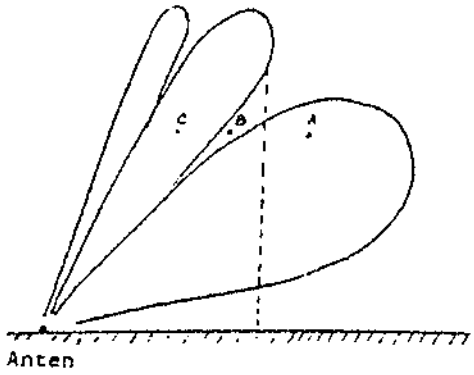
Şekil 4 Yansıma yüzeyleri ve faz terslenmesi



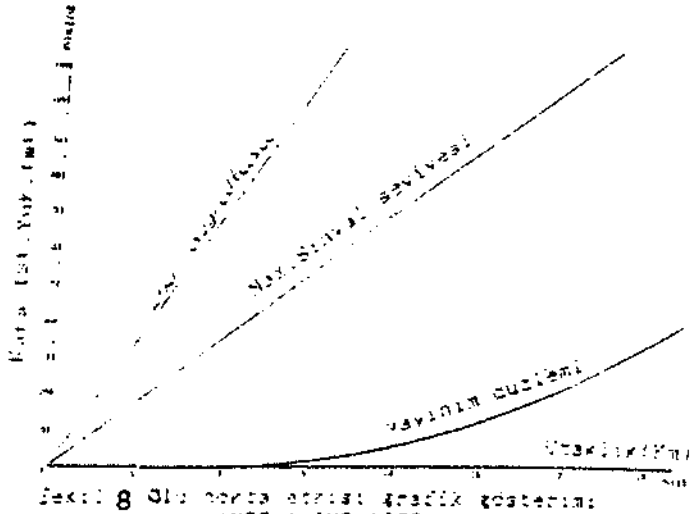
Şekil 5 Çift nokta etkisi grafik gösterimi
(MSD 1 [HO.1977])



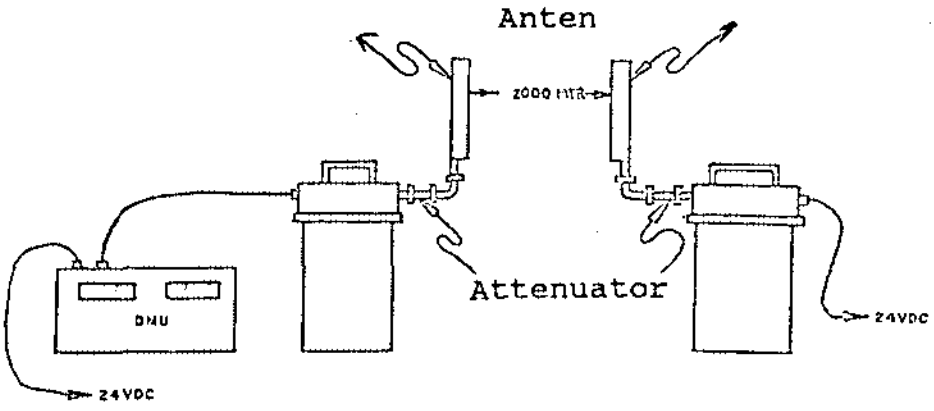
Şekil 6 Uzaklığa ve dalga boyuna bağlı sinyal zayıflaması (Del Norte Sistem Manüel 1977)



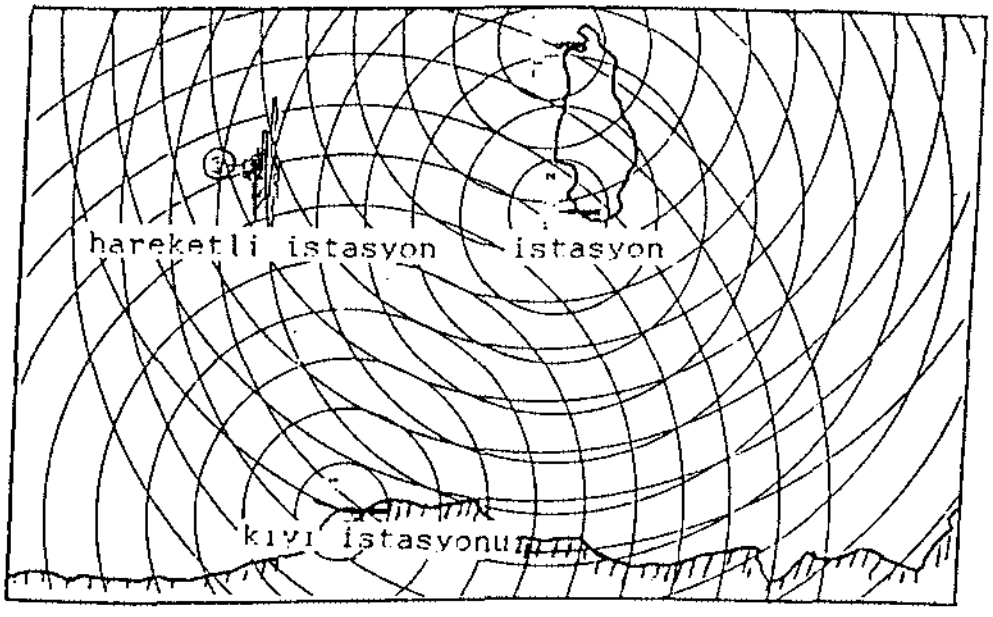
Şekil 7 Yön bağımsız bir antende güç yayınım alanları (Range Hole's.Thomas P.Gilb ve diğ.)



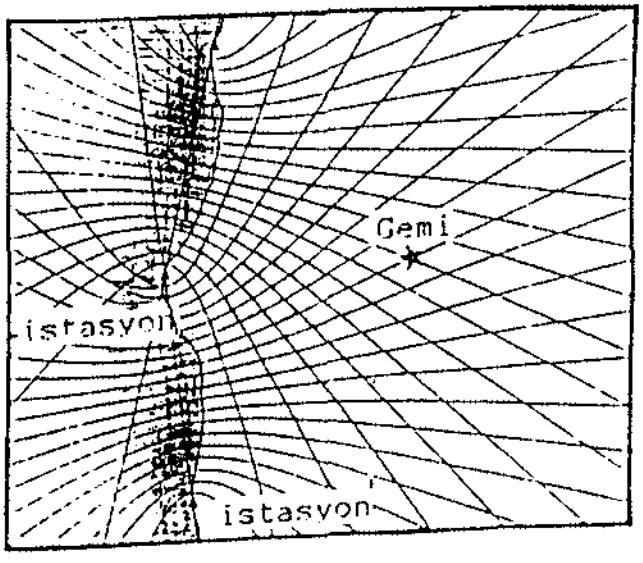
Şekil 8 Bir nokta atmalı grafik gösterimi (MBB ... 1977)



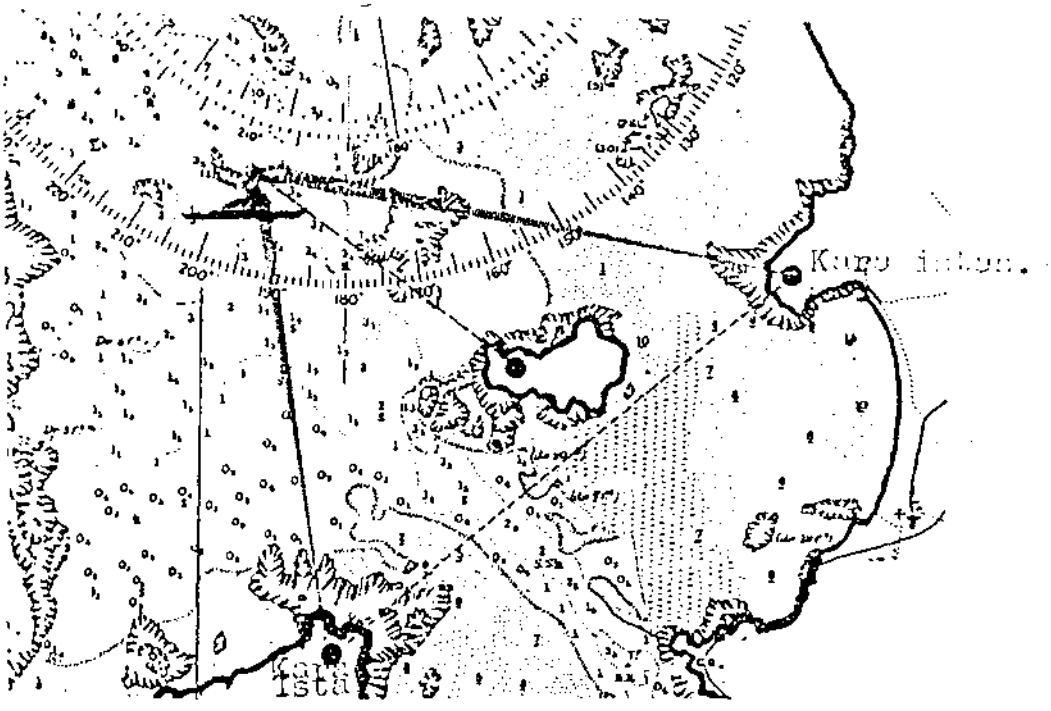
Şekil. 9 Trisponderlerde Attenuator Kullanımı



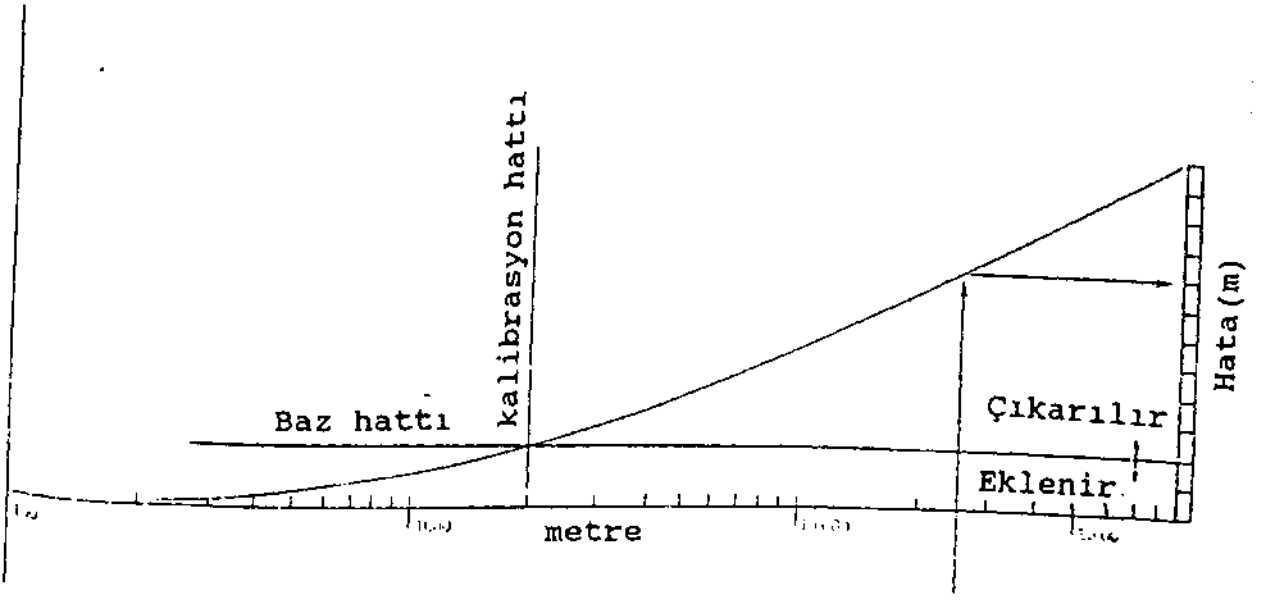
Şekil.10 Dairesel Konum Belirlemede Kesişim



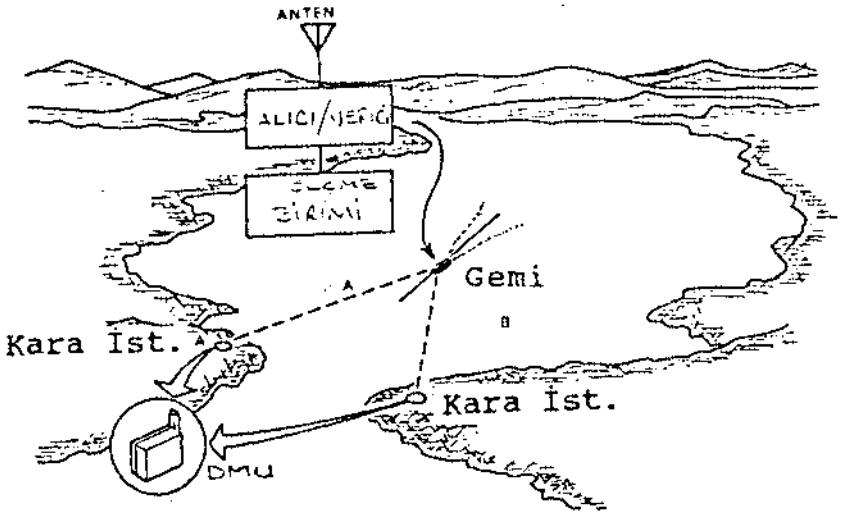
Şekil.11 Hiperbolik Konum Belirlemede Kesişim



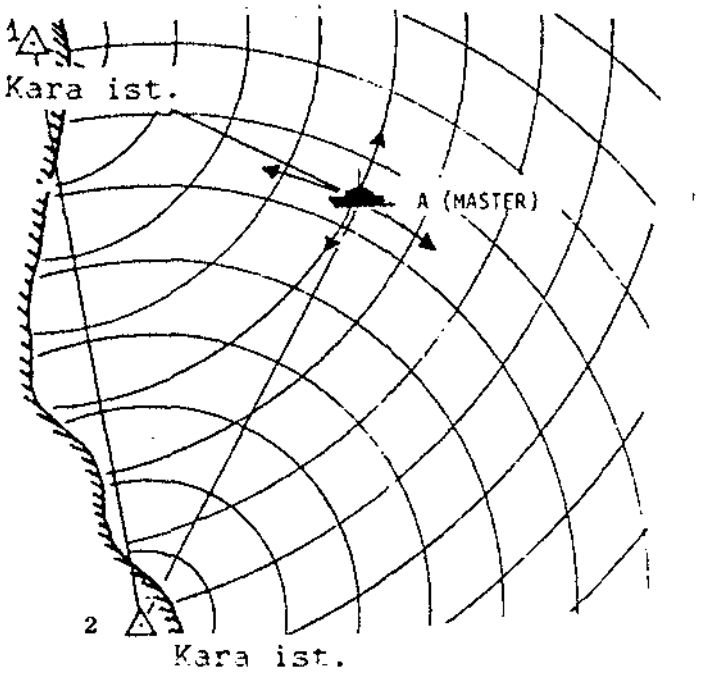
Şekil 12. Trisponder Yerleşim Alanı



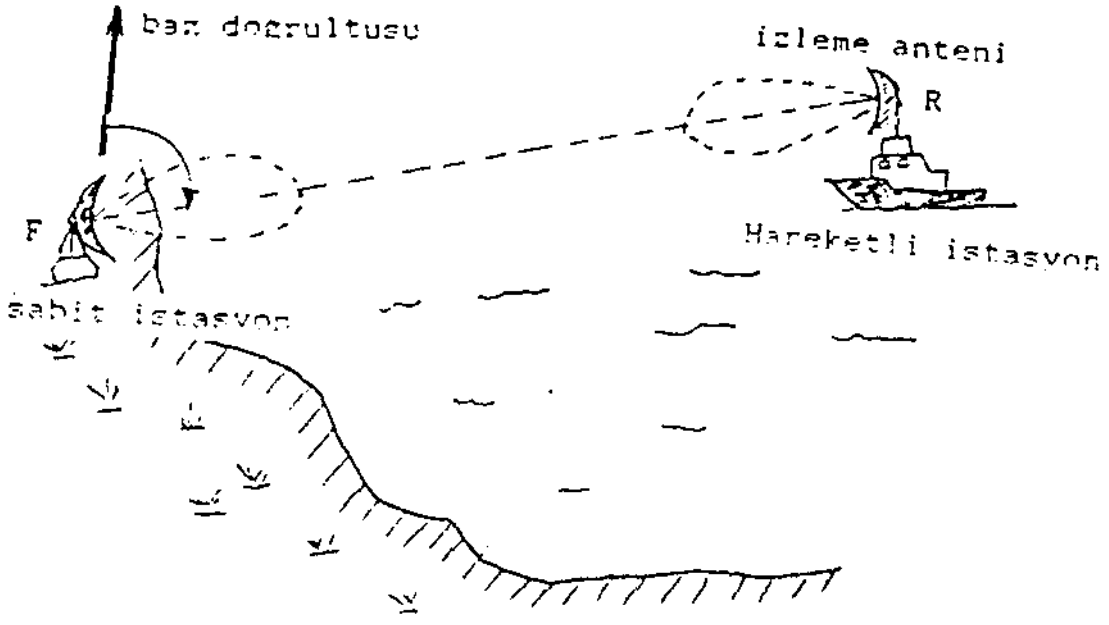
Şekil.13 Trisponder Kalibrasyon Eğrisi
(Del Norte, 1977)



Şekil.14 MRS-III Sistemi Çalışma Alanı Yerleşimi

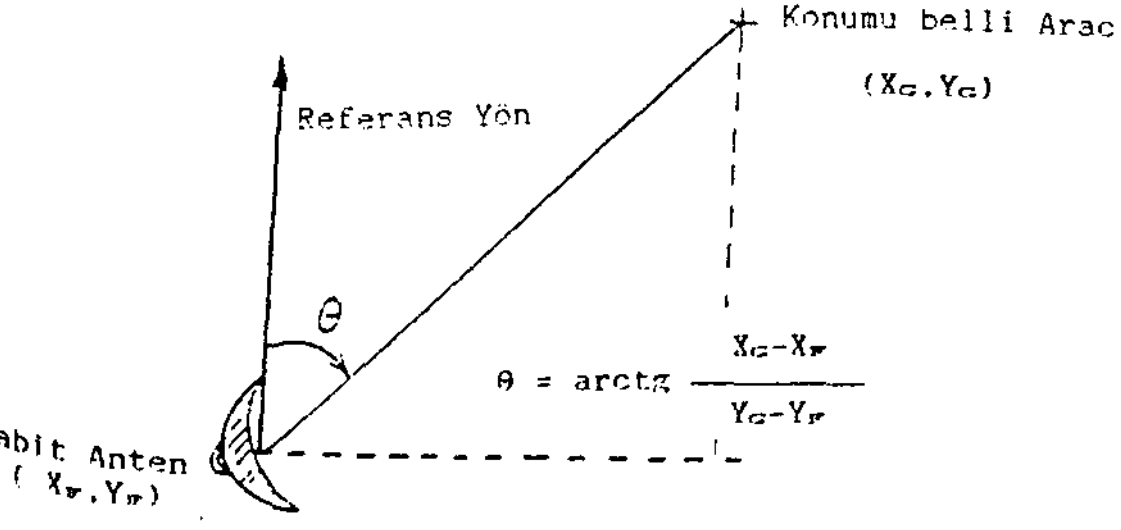


Şekil.15. MRS-III Sistemi Dairesel Uzaklık Ölçme Yöntemi

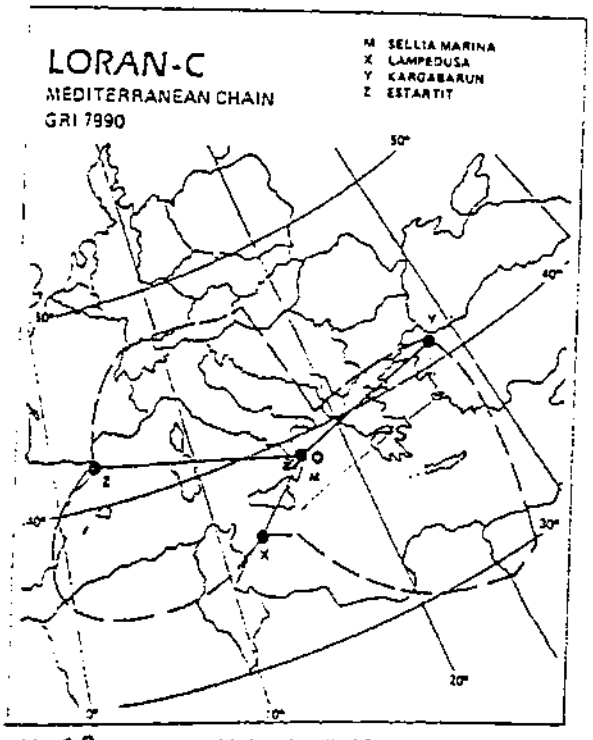


Artemis konum belirleme sistemi

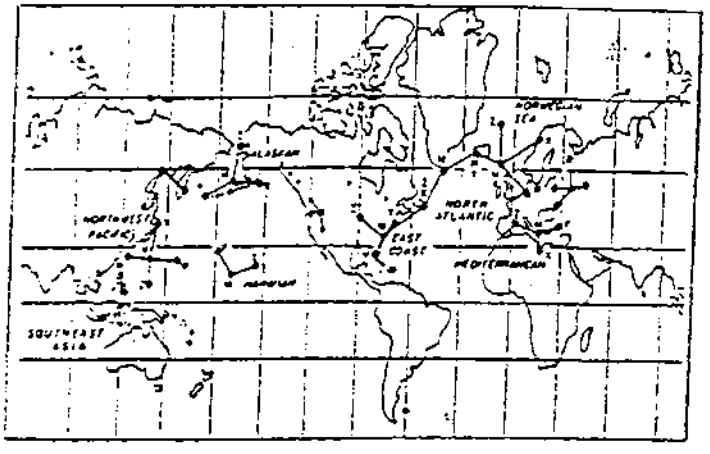
Sekil..16 Artemıs sisteminin verlesimi



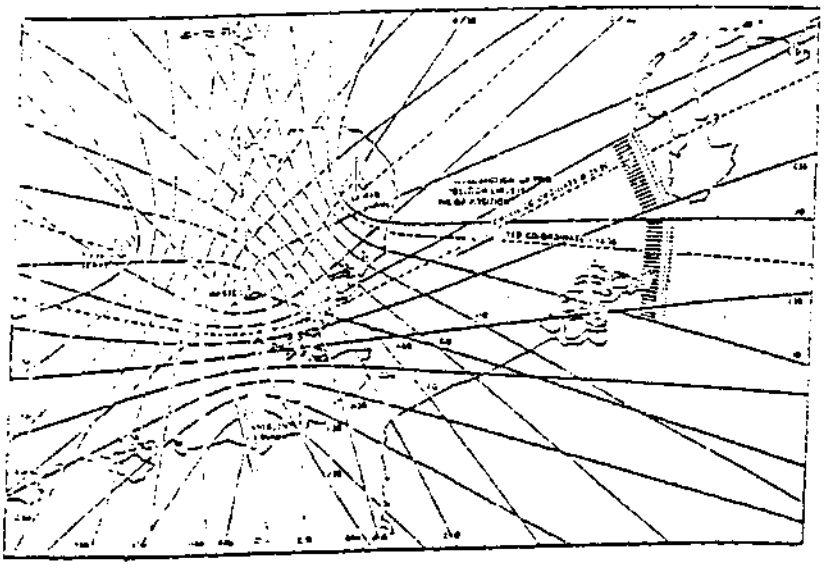
Sekil17 Konum Belirlemede açı bağıntısı



Şekil. 18 Loran-C Akdeniz Kullanım Alanı



Şekil 19 Yeryüzü Loran-C İstasyon Zinciri



Şekil 20 DECCA Hiperbolik Konum Haritası

4. UYDU BAĞLANTILI KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ

Yeryuvarından belli yükseklikteki, elips ya da dairesel yörüngelere yerleştirilmiş olan, yapay uydulardan yayınlanan parametreleri kullanarak, konum belirlemesi yapan sistemlere; Uydu ile konum belirleme sistemleri denilir.

Uydular kullanılarak, yerdeki bir noktanın, yermerkezli global dik koordinat sistemlerine göre konumunun belirlenmesi ilk olarak **SPUTNIK-1** adlı uyduya ait yörüngenin izlenmesi esnasında, uydudan yayınlanan sinyallerdeki, Doppler frekans kaymasının varlığının bilinmesi ile ortaya çıkmıştır. Konumu bilinen bir istasyonda ölçülen Doppler kaymalarından, uydunun yeri bilinebiliyorsa; konumu bilinen bir uydudan gönderilen sinyallerdeki frekans kaymaları ölçülerek, ölçü alınan noktanın konumunun da belirlenebileceği görüşü ortaya çıkmıştır(Stansell,1978).

Transit (NNSS) sistemi ile başlayan uydu projesi bu gün yerini GPS (Global Positioning System) sistemine bırakmıştır. Transit ve GPS sistemleri dışında, Rusya Uzay Mühendisliği Enstitüsü ve Glavkosmos (Amerikan NASA kuruluşunun Rusyadaki eş değeri) tarafından, **GLONASS** adlı uydu, Ruslar tarafından kullanılmak üzere seçilen 1982/1984 yılları arasında yörüngeye yerleştirildi.

Günümüzde (1994) uydulardan bir tanesi hizmet dışında kaldığı için; 6 adet PARUS , 5 adet CİKADA adı verilen uydular kullanımdadırlar. Rus uyduları Transıt uydu sisteminin hemen hemen aynı özelliklerine sahiptirler. Halen

GPS/ GLONASS ortak proje çalışmaları sürdürülmektedir. Rus Uydu Sistemi ; ülkemizde de uluslararası boyutlu araştırma projelerinde çalışan, **R/V Gelincik ve R/V RIFT** gibi Rus araştırma gemilerinde kullanılmıştır. Rusya Bilimler Akademisine bağlı, Oşinoğrafik araştırma **gemisi R/V RIFT** ile 20 Ocak 1994 günü, **SHKHUNA** adlı uydu alıcısı ile yapılan statik ölçümlerde, elde edilen nokta konum değerleri, Diferansiyel GPS sistemi ile, aynı noktada elde edilen konum değerleri karşılaştırılmıştır.

Uydu yardımı ile konum belirlemede kullanılan iki temel uydu sistemi vardır. Bunlar ;

1. Transit Uydu Konum Belirleme Sistemi (NNSS)
2. NAVSTAR-GPS Uydu Konum Belirleme Sistemi

4.1 TRANSIT UYDU KONUM BELİRLEME SİSTEMİ

4.1.1 Sistemin Gelişimi

Transit Uydu sistemi (NNSS : Navy Navigation Satellite System); özellikle askeri çevrelerde **NAVSAT** projesi olarak bilinir. Uzay teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak geliştirilen ve" **Dünya Jeofizikçiler Günü**" anısına uzaya fırlatılan (**4.Ekim.1957**) **SPUTNIK-I** adlı uydu yayınları, yerdeki izleme istasyonlarından izlenilirken, uydudan yayınlanan sinyallerin, frekanslarındaki Doppler Frekans kayması farkedilmiştir. Johns Hopkins Üniversitesi, Uygulmalı Fizik Laboratuvarında çalışan, Drs.William H. Guier ve Geoerge C. Weiffenbach adlı bilim adamları tarafından belirlenen ve uydunun yüksek hızının neden olduğu frekans kayması; öncelikle uydu yörünge parametrelerinin tanımlanması için kullanılmış, daha sonraları ; Drs Frank T. McClure ve

Richard B. Kershner adlı bilim adamları tarafından , kullanıcının konumunun, bilinen uydu yörüngesine bağlı olarak belirlenmesinde kullanılabileceği ortaya çıkarılmıştır.

1968 yılından başlayarak çalışmaları yapılan Transit sistemi; 1978 yılında geliştirilerek kullanıma giren NOVA ailesinden uydularla (30480 ve 30110) 1995 yılına kadar kullanımda kalacak şekilde güçlendirilmiştir(Şekil 21).

4.1.2 Sistemin Yapısı

Transit Uydu sistemi, üç bölümde değerlendirilmektedir;

- Uzay Bölümü,
- Yer Kontrol Bölümü,
- Kullanıcı Bölümü.

4.1.2.I Uzay Bölümü

Uzay bölümü; yeryüzünden 1076 Km uzaklıkta bulunan dairesel ve farklı konumlardaki yörüngelere yerleştirilmiş olan, iz düşümleri kutuplardan geçecek şekilde seçilen, yörüngelerdeki hareketlerini, 107 dakikalık peryotlarda tamamlayan uydulardan oluşur. Eliptik bir yörünge üzerinde hareket eden uyduların hızları; Dünyaya en yakın oldukları noktada en fazladır(Şekil.22).

Uyduların uzayda kalma süreleri, normal şartlarda; ilk fırlatılış hızına yani, yörünge yüksekliğine bağlıdır. Her yörüngede bir tane olmak üzere, altı yörüngede, 6 uydu hizmet verecek şekilde yerleştirilmişlerdir. Uydu yörüngelerinde; yeryuvarının basıklığı yeryuvarının yapısındaki farklılıklar, diğer gök cisimlerinin çekim etkileri ve az da olsa, atmosferden kaynaklanan sürtünme etkileri gibi, önlenemeyen hatalar nedeniyle bir takım sapmalar olmaktadır. Bu tür

yörünge sapmaları sonucu, bazı uydular birbirlerine çok yaklaştıkları için kullanılamaz duruma gelmektedirler. Yörünge hatalarını giderildikten sonra, uydular sonra tekrar kullanıma alınmaktadırlar. Şekil.23'de uydu yörüngelerinin 4 yıllık değişimleri görülmektedir.

Ülkemizin bulunduğu coğrafi kuşakta, ortalama nokta konum hesaplama(fix) zamanları 70 dakika civarında iken, ekvatorda bu zaman aralığı 120 dakika civarlarına kadar çıkabilmektedir.

Uydular; iki değişik taşıyıcı frekansta bilgi yayarlar. Bu yayınlanan frekanslardan biri 150 MHz, diğeri ise 400 MHz tir. Faz modülasyonlu ve uydu yörüngesini tanımlayan parametreleri içeren bu sinyaller; uygulamada 2 dakikalık bilgi yayınımları adı ile tanımlanırlar(Şekil.24).

Uydulara yerleştirilmiş olan bilgisayarlar, yer kontrol istasyonları tarafından, kendilerine gönderilen, yörüngeleri ile ilgili düzeltme parametrelerini, hafızalarında saklarlar. Yer kontrol istasyonlarından, her 12 saatte bir kez yüklenen, yörünge düzeltme değerleri, uyduların gelecek 16 saatte izleyecekleri yörünge ve uygulayacakları düzeltme değerlerinin, navigasyonla ilgili bölümleri ; uydudaki alıcılarla alınarak, kullanıcılara aktarılırlar(Hoar,1982).

4.1.2.II Yer Kontrol ve İzleme Bölümü

Uzaydaki uydular; konumu büyük bir doğrulukla bilinen, noktalara yerleştirilmiş olan, yer kontrol ve izleme istasyonları ile sürekli olarak izlenerek, yörüngelerindeki her türlü değişiklikler kayıt edilir(Şekil.25).

Uyduların yeryüzünden sürekli olarak izleyen ve gerekli düzeltme değerlerini belirleyerek, uydu belleklerine yeniden yükleyen yer istasyonları; yeryüzünde, değişik noktalara yerleştirilmiş, 4 ana istasyondan oluşmaktadır. Bu istasyonlar, California'da; Point Mugu , Minnesotada ; Rose Mount , Hawaii'de Wahiawa ve Maine'de Harbor'dadırlar. Bu istasyonlardan California'daki Point Mugu, genel merkez görevini yürütür. Genel merkezin görevi; diğer izleme istasyonlarından gelen, uydu doppler verilerini değerlendirerek, izlenen uyduya ait her türlü düzeltme değerlerini hesaplamak, yeryuvarına en uygun olan gravite modeline göre, her uydunun yörüngesinin tanımlanmasını ve daha sonra uydunun izleyeceği yeni yörüngeleri belirlemektir.

4.1.2.III Kullanıcı Bölümü (Alıcılar)

Transit sistemde, kullanıcı bölüm olarak, yeryüzünde değişik amaçlı araştırma ve ölçmelerde, konum belirleyici olarak kullanılan; Transit (NNSS) Alıcı sistemler tanımlanmaktadır.

Alıcılar iki durumda konum belirlemesi yapabilirler. Birinci durumda; bilinen sabit noktalara yerleştirilen ve uygun geçiş şartlarını taşıyan uyduları izleyerek, doppler sayımları ile nokta konum belirlemesi yapan sabit (statik) alıcıların yaptığı konum belirlemedir. İkinci durumda ise; hareketli ortamlarda yüzen, yada hareket eden araçlara yerleştirilerek kullanılan, hareketli (Dinamik) alıcılarla yapılan nokta konum belirlemesidir.

Yerdeki alıcılar, uydulardan elde ettiği bilgilerle

aşağıdaki parametreleri belirlerler;

- Uydudan yayınlanan iki dakikalık bilgi yayınlarından , uydunun yüksek hızının neden olduğu frekans kaymalarını,
- Yer Kontrol istasyonları tarafından, uydu belleklerine yüklenen uydu yörünge parametrelerini,

- İyonosferdeki elektron yoğunluğunun, yükseklik seviyelerine göre değişiklik göstermesi nedeniyle ortaya çıkan ve ışın yolu uzamalarına neden olan, kırılma düzeltmelerinin, iki değişik frekansta yapılan uydu yayınlarından belirlenerek elde edilmesi,

- Uydu ile uydu alıcısı saatlerinde ortaya çıkan zaman farklarının yüksek duyarlıklı olarak elde edilmesi.

Kullanıcı bölüm üç birimden oluşmaktadır;

- Uydu Alıcısı Anteni,
- Uydu Alıcısı
- Tüm hesaplamaları yapıldığı merkezi işlemci.

4.1.3 Sistemin Konum Belirleme İlkesi

Her türlü hava şartlarında, gece-gündüz farklılığı etkisinde kalmadan, tüm yeryüzü üzerinde, konum belirleme yapabilecek şekilde geliştirilen, Transit (NNSS) uydu sisteminin ölçme tekniği, tamamen, Doppler Frekans sayımlarının belirlenmesi esasına dayanır. Yerdeki alıcılarla uydu hareketleri zamanın bir fonksiyonu olarak izlenerek, gelen iki dakikalık mesajlardan (yayınlanan bilgilerden) doppler sayımları yapılır.

4.1.3.I Uydu Sinyallerinin Yapısı

Uydular, 150 MHz ve 400 MHz'te olmak üzere iki değişik taşıyıcı frekansla modüle edilmiş, çok yüksek duraylıklı sinyallerle (10^{-11}) navigasyon bilgisi (mesajı) yayınlarlar. Konum belirleme amacı ile her iki dakikada bir yayınlanan bilgi formatındaki (İki dakikalık bilgilerdeki); sadece 25 parametre, kullanıcı için gerekli olan, uydu

yörünge parametrelerine ayrılmıştır. Bu 25 parametrenin de 17 tanesi sabit parametreler olarak tanımlanır ve uydu belleğine yüklenmiştir. Bu 17 parametrenin 7 tanesi ise; Keppler elipsinin tanımlanmasında kullanılmaktadır. Keppler'e göre; Uydunun yörüngesi, odaklarından birinde, yeryuvarı merkezinin yer aldığı bir elipstir. Değişken parametreler olarak tanımlanan 8 düzeltme parametreleri yayınlanır ve Keppler elipsine ait küçük düzeltme değerlerini içerirler(Şekil.26).

4.1.3.II Doppler Frekans Ölçümleri

Akustik veya elektromanyetik bir dalga kaynağı, alıcı sisteme göre, hareket halinde olduğu zaman, kaynaktan alıcıya gelen dalgaların frekanslarında; uzaklığın, azalan yönünde bir artma, artan yönünde ise bir azalma görülür. Bu olaya **Doppler olayı** adı verilmektedir. Doppler olayına sistemi oluşturan alıcı yada vericilerin birbirlerine göre yer değiştirmelerini sağlayan hız neden olmaktadır.
Değişik frekanslarda yayınım yapan ve farklı yörüngelerde hareket eden kaynaklardan çıkan sinyallerde oluşan, doppler frekans kaymaları farkları , sabit bir alıcıya en yakın noktada daima sıfırdır.

Şekil.27'ye bakıldığında; alınan frekansla yayınlanan frekans arasındaki farkın değişimi, bir integral eğrisi şeklinde görülür. Öyle ise, bu eğrinin tanımlanmasıda bir integral çözümünü gerektirir. Herhangi bir t_1 zamanında, uydudan alınan F_R frekansında, uydudan yayınlanan F^T frekansına göre, hız nedeniyle farklılık oluşturacaktır. Uydudan yayınlanan frekans (F_T): 399.968 MHz ve yer referans

(F_G) frekansı ise 400 MHz tir. Yeryuvarı üzerinde herhangi bir araştırma aracında yada sabit bir noktada bulunan alıcı, F_R aldığı sinyalin frekansında (±) 8 KHz'e kadar değişen doppler frekans kayması oluşur.

Doppler sayımı; uydudan alınan sinyalin frekansındaki değişimlerin, iki dakikalık zaman işaretleri arasında sayılması ile elde edilmektedir. Bu tür yapılan ölçmelere "Birleştirilmiş Doppler Ölçmeleri "denilmektedir. Yani Doppler frekans sayımı;(F_G - F_R) frekans farklarının integralidir. Doppler sayımı, ölçüyü alan yer alıcısı ile uydu arasındaki uzaklığın, navigasyon bilgileri yardımıyla tanımlanan geometrik bir ölçme olarak tanımlanabilir.

Doppler sayımına matematik olarak bakıldığında; Alıcı tarafından yapılan her bir sayım, izlenen frekansa ait dalga boyunu verir (400 MHz'de .75cm). (F_G - F_R) doppler sayımını tanımlayan denklem bir integraldir. Doppler sayımı; bir uydunun ölçülen iki zaman işareti arasındaki frekans farkının sayımı olduğuna göre;

$$N_1 = \int_{t1+\frac{R1}{C}}^{t2+\frac{R2}{C}} (F_G - F_R) \, dt \quad \text{olur.} \qquad (4.1)$$

$$\Delta t_1 = \frac{R_1}{C} \quad \text{ve} \quad \Delta t_2 = \frac{R_2}{C} \quad \text{alınırsa ;}$$

$$N_1 = \int_{t_1+\Delta t_1}^{t_2+\Delta t_2} (F_G - F_R) dt \quad \text{yazılır.} \qquad (4.2)$$

Burada t_1 ve t_2 ; R_1 ve R_2 uzaklıklarında bulunan uydudan gönderilen (yayınlanan) zaman işaretlerinin, alıcıya gelene kadar geçen zamanı göstermektedir. C ise ortamdaki ışık hızıdır. İkinci integrali iki bölüme ayırarak yazdığımız zaman ; F_G sabitinin integrali ile F_R değişkeninin integralleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde çözüm de bulunmuş olur. (F_R) uydunun hızına bağlı bir değişkendir ve de aynı zamanda zaman işaretlerinde alınan sinyalin titreşim (cycle) sayısı olduğundan, zaman sinyallerinin başlangıcı ile bitişi arasındaki zaman içerisindeki yayınlanan titreşimlerin sayısına eşittir. Bunlar aşağıdaki gibi bir integralle gösterilebilir(Stansell,1978).

$$N_1 = \int_{t_1+\Delta t_1}^{t_2+\Delta t_2} (F_G)\, dt - \int_{t_1+\Delta t_1}^{t_2+\Delta t_2} (F_R)\, dt \qquad (4.3)$$

$$\int_{t_1+\Delta t_1}^{t_2+\Delta t_2} (F_R)\, dt = \int_{t_1+\Delta t_1}^{t_2+\Delta t_2} (F_T)\, dt \quad \text{olur.} \qquad (4.4)$$

Yukarıdaki (4.4) değerleri bir önceki integralde yerine koyalım

$$N_1 = \int_{t_1+\Delta t_1}^{t_2+\Delta t_2} (F_G)\, dt - \int_{t_1+\Delta t_1}^{t_2+\Delta t_2} (F_T)\, dt \qquad (4.5)$$

olur.

Bir uydu geçişinde , F_G ve F_T frekansları sabit kabul edildiği için (4.5) nolu integralin çözümü aşağıdaki gibi yazılabilir ;

$$N_1 = F_G\ (t_2 - t_1) + \frac{1}{C}(R_2 - R_1) - F_T(t_2 - t_1) \qquad (4.6)$$

buradan;

$$N_1 = (F_G - F_T) * (t_2 - t_1) + \frac{F_G}{C} (R_2 - R_1) \qquad (4.7)$$

yukarıdaki (4.5) nolu denklem, Doppler sayımının iki bölüm halinde olduğunu gösterir. Birinci bölümde ; uydudaki çok hassas bir saatle (10^{-12}) tanımlanmış olan zaman aralığının frekans farkının sabit olduğunu gösterir. İkinci terim ise; yer referans frekansının (F_G) dalga boyu ile doğrudan ölçülen uzaklık değişimidir. Ortaya çıkan (t_2 -t1) zaman farkı; uydudan yapılan iki dakikalık zaman işaretleri arasındaki farktır. Bu fark 120 saniye olduğuna göre ;

$\Delta F = (F_G - F_T)$ ve

$\Delta t = (t_2 - t_1)$ farklarıda sabit olacaktır.

İkinci bölümde ise ;

Yer frekansında ölçülen dalga boyundaki değişim, eğri uzaklığının doğrudan ölçülmesini sağlar. Yer frekansının dalga boyu: λ_G ise ;

$$\lambda_G = \frac{C}{F_G} \text{ olur.} \qquad (4.8)$$

(8) denklemini (7) de yerine koyacak olursak ;

$$N_1 = \Delta F * \Delta t - \frac{1}{\lambda_G} (R_2 - R_1) \qquad (4.9)$$

olur.

Buradaki R_1 ve R_2 uzaklıkları, uydu yörünge yükseklikleridir. Her bir Doppler sayımı; sabit bir uydu ile yerdeki uydu alıcısı arasındaki belirlenmiş zaman aralığındaki integral eğrisi ölçümlerinin, doğrudan toplamlarını içerdiğinden R_1 'i çözebilmek için denklem tekrar düzenlendiğinde ;

$$R_1 = (R_2 - R_1) = \lambda_G * N_1 - \lambda_G * \Delta F * \Delta t \qquad (4.10)$$

haline gelir.

4.1.4 Nokta Konum Hesaplanması

Kullanılabilirlilik şartlarını taşıyan uyduların, istenilen Doppler sayımlarının yapılabilmesi için, alıcının bulunduğu yatay düzlem üzerinde, 10 ila 20 dakika kadar hareket halinde olması gereklidir. Alıcılar, konum belirlemesi yaparken 20 ila 40 Doppler sayımı yapmaktadırlar.

Her Doppler sayımı başlangıcında ve sonunda, önce uydunun konumu belirlenir ve daha sonra da alıcının kendi konumu yaklaşık olarak üç boyutlu olarak belirlenir. Uydu alıcısının konumu; tamamen, uydu sisteminin kullandığı yer merkezli referans elipsoidine göre belirlenir.

Transit uydu sistemi ; referans elipsoidi olarak, WGS-72 (World Geodetic System) sistemini kullanmıştır. Bu nedenle belirlenen her nokta konum değeri, ancak gerekli parametre dönüşümleri yapıldıktan sonra, yerel datum (ED -50) sisteminde kullanılabilir.

Uygulamada, Doppler sayımlarında, sabit olarak kabul edilen noktanın yaklaşık konumu belirlenir. Bu noktaya" **10.cu Doppler Noktası** " adı verilir. Her Doppler sayımının başında ve sonunda konum hesaplaması yapıldığı için, 11.ci Doppler sayımı başlangıcında, belirlenen konum değeri üzerine, eğer uydu geçiş şartları uygun ise ; 40.cı Doppler sayımı yapılıncaya kadar sayma işlemi devam eder. doppler sayımlarından elde edilen, nokta konum değerlerinin ortalaması alınarak , 10.cu Doppler noktası için yaklaşık en

iyi, nokta konum değeri belirlenmiş olur.

Doppler sayımlarıyla ölçülen görünür uzaklık değişimleri ile yaklaşık olarak hesaplanarak bulunan konum değeri arasındaki farka; yerel fark denir ve e_I ile gösterilir. Konumu heasaplanan gemi yeri, yerel farkların, en küçük kareler yöntemi ile bulunur. Çözümü basit bir şekilde tanımlamak gerekirse; yerel farkların herbiri üzerinde olan değişebilir etkilerin ortalamalarıdır.

(ϕ) ' çözümü istenen noktanın enlemi, (λ) boylamı ve bilinmeyen frekans farkı $F = f_G - f_T$ olarak tanımlanırsa; aşağıdaki denklemler yazılabilir (Stansell,1978).

$$\hat{e}_i = e_i - \frac{\partial e_i}{\partial \phi}\Delta\phi - \frac{\partial e_i}{\partial \lambda}\Delta\lambda - \frac{\partial e_i}{\partial F}\Delta F$$

Bu denkleme göre, görünür konumu $\Delta\phi$, $\Delta\lambda$ ve frekans farkını (offset) ΔF ile değiştirirsek, e_I değerinin yeni şekli $\hat{e}_I$ olur. Daha sonra denklemleri kısmi türevlerini alalım. Böylece tahmini değeri En Küçük Kareler Yöntemi ile en aza indirerek, her değişken ayrı ayrı sıfıra eşitlenebilir. Sonuçta, elde edilen üç yeni denklem, m sayıda geçerli Doppler sayımını verecektir.

$$\frac{\partial}{\partial \phi}\sum_{i=1}^{m}\hat{e}_i^2 = 2\sum_{i=1}^{m}\left(\hat{e}_i \cdot \frac{\partial \hat{e}_i}{\partial \phi}\right) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial \lambda}\sum_{i=1}^{m}\hat{e}_i^2 = 2\sum_{i=1}^{m}\left(\hat{e}_i \cdot \frac{\partial \hat{e}_i}{\partial \lambda}\right) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial F}\sum_{i=1}^{m}\hat{e}_i^2 = 2\sum_{i=1}^{m}\left(\hat{e}_i \cdot \frac{\partial \hat{e}_i}{\partial F}\right) = 0$$

elde edilen türev denklemlerinde , ilk değerler göz önüne alınarak, $\Delta\phi$,$\Delta\lambda$ ve ΔF 'yi veren üç denklem elde edilir.

$$\sum_{i=1}^{m} \frac{\partial e_i}{\partial \phi}\left[e_i - \frac{\partial e_i}{\partial \phi}\Delta\phi - \frac{\partial e_i}{\partial \lambda}\Delta\lambda - \frac{\partial e_i}{\partial F}\Delta F\right] = 0$$

$$\sum_{i=1}^{m} \frac{\partial e_i}{\partial \lambda}\left[e_i - \frac{\partial e_i}{\partial \phi}\Delta\phi - \frac{\partial e_i}{\partial \lambda}\Delta\lambda - \frac{\partial e_i}{\partial F}\Delta F\right] = 0$$

$$\sum_{i=1}^{m} \frac{\partial e_i}{\partial F}\left[e_i - \frac{\partial e_i}{\partial \phi}\Delta\phi - \frac{\partial e_i}{\partial \lambda}\Delta\lambda - \frac{\partial e_i}{\partial F}\Delta F\right] = 0$$

Burada sadece ilk terimler kullanıldığı için, $\Delta\phi$,$\Delta\lambda$ ve ΔF 'değerleri tam çözüme yaklaşırlar (Stansell,1978). Bulunan $\Delta\phi$,$\Delta\lambda$ ve ΔF değerlerinin tam çözüme yaklaşması için, yeterince küçük değerler elde edilinceye kadar bu işlemler yapılmaya devam edilir. Normal işlemlerde iki yada üç kez tekrarlanan hesaplamalardan sonra istenilen değerler elde edilebilmektedir.

4.1.5 Konum Belirlemede Kullanım Teknikleri

Doppler ölçümleri ile, bir noktanın konumunun, üç boyutlu olarak belirlenmesinde değişik teknikler kullanılmaktadır.

4.1.5.I Tek Alıcı ile Konum Belirleme

Transit sistemle konum belirleme yapan teknikler içerisinde, konum belirlemedeki doğruluğu en az olan bir kullanım şeklidir.

Bu teknik iki şekilde uygulanmaktadır ;

a - Karalarda yapılan çalışmalarda (Statik ortam)
b - Denizlerde yapılan çalışmalarda (Dinamik ortam)

a - Karalarda yapılan konum belirleme çalışmalarında; bir uydu alıcısı, konumu belirlenecek noktaya yerleştirilir. Uydu alıcısı ile, uygun yükseklik açılarıyla geçen, birden fazla

uydu izlenerek, referans alınan , yermerkezli koordinat sistemine göre, nokta konum belirlemesi yapılır. Bu durumda izlenen uyduların sayısı ne kadar çok ise ; nokta konum duyarlılığı o kadar artar. Bu yöntemde, ayrıca **TRANET** adı ile bir sistem vardır. TRANET sistemi; Yeryüzü üzerinde , bilinen noktalara yerleştirilmiş olan, toplam 20 izleme istasyonu ile uydular izlenerek, elde edilen uydu yörüngelerine ait parametreleri, veri toplama merkezine gönderen bir ağ olarak oluşturulmuştur(Şekil.28).

b - Denizlerde yapılan, kıyı ötesi her türlü araştırmada kullanılan, konum belirleme yöntemi; aynı noktada birden fazla uydu izlenemediği için, doğruluk olarak kötüdür.

4.1.6 Denizlerdeki Konum Belirlemede Hatalar

Denizlerde yapılan, kıyı ötesi etüdlerde, genellikle karadaki çalışmalara göre, farklı üç çeşit hata ile karşılaşılır.

4.1.6.I - Kullanılan sistemden kaynaklanan hatalar:

Denizlerdeki dinamik ölçü şartları nedeniyle, belirlenemeyen hatalar olarak tanımlanırlar. Sistem hatalarının büyüklükleri; ancak sabit bir noktada kurulacak ikinci alıcı ile elde edilen hata değerlerinin, kıyaslanması sonucu belirlenebilir(Şekil.29).

Sistem hataları içinde ; Uydu yayınımına etki eden çeşitli büyüklüklerdeki atmosferik hatalar, tam anlamıyla tanımlanamayan, atmosferik modellemelerden kaynaklanan hatalar ile hesaplamalardan kaynaklanan önlenemiyen hatalar yer alır.

4.1.6.II- Hız nedeniyle ortaya çıkan hatalar :

Bu hatalar genellikle , uydu geçişi esnasında , alıcının içinde bulunduğu geminin, tam olarak belirlenemiyen yatay düzlemdeki vektöriyel hız bileşenlerinden kaynaklanır.

4.1.6.III- Anten Yüksekliği Hataları:

Anten yüksekliklerinin , Jeoid yüksekliğindeki belirsizlikler nedeniyle, tam olarak bilinememesinden kaynaklanan hatalardır. Uydu alıcıları , tüm konum belirleme hesaplamalarını , seçilen referans elipsoidine göre yaptıkları için, yeryuvarının doğal yüzeyi ile matematiksel yüzeyler arasındaki uyumsuzluk hata kaynağı olmaktadır.

4.1.7 Transit Diferansiyel Yöntem İle Konum Belirleme
(Translokasyon Yöntemi)

Bu konum belirleme sisteminde, kullanılmak üzere en az iki uydu alıcısı gerekmektedir. Uydu alıcılarından birisi, konumu jeodezik anlamda bilinen bir noktaya yerleştirilir. Diğer uydu ise; konumu belirlenecek noktaya yerleştirilir. İki uydu alıcısı, aynı anda, aynı uyduları izleyerek, birbirinden bağımsız olarak, konum belirleme hesaplamaları yaparlar(Hoar,1982).

4.1.7.I Arazi Translokasyonu

Bu yöntemde, konumu belirlenecek olan noktaya yerleştirilen uydu alıcısı, uydu geçişi esnasında kendi konumunu yaklaşık olarak belirler (Şekil.30). Böyle bir durumda, ölçülerde var olan, hata miktarları tam olarak tanımlanamadığı için, uygun düzeltmeler yapılamaz. Bu nedenle ikinci bir uydu alıcısı konumu bilinen ve diğeri ile aynı

uyduyu izleyebileceği bir noktaya yerleştirilir. Aynı uyduyu, aynı anda izleyen, birbirine yakın (75 Km) iki uydu alıcısında, oluşacak hata miktarları da aynı olacaktır. Alıcılardaki değişik ortamlarda saklanan konum bilgileri , daha sonra, bir işlemle karşılştırılır. Konumu bilinen alıcının yaptığı konum hesapları, bilinen konum değerleriyle karşılaştırılarak, aradaki farklar, konumu bilinmeyen alıcının, hesapladığı değerlere, düzeltme değerleri olarak uygulanır. Bu yöntemde en az 4 kullanılabilir uydu geçişi izlenmelidir. Bu yöntemle nokta konum doğruluğu (1) metre kadar olabilmektedir(Hoar,1982).

4.1.7.II Anlık Translokasyon Yöntemi

Bu yöntemde; alıcılar arazi translokasyon sistemi ile aynı çalışma düzenine göre yerleştirilir. Burada konumu bilinen noktaya yerleştirilen alıcı kontrol birimi görevini üstlenmiştir. Kontrol istasyonu (alıcısı) tarafından belirlenen anlık düzeltme değerleri, konumu bilinmeyen noktaya yerleştirilen uydu alıcılarına gönderilir. Alıcı tarafından, hem uydudan alınan parametreler, hem de kontrol istasyonundan gönderilen düzeltme değerleri alınarak, nokta konum hesaplamasında kullanılır. Bu yöntemle nokta konum duyarlılığı, izlenen uydu sayısı artırılarak 40 cm'ye kadar artırılabilmiştir(Hoar,1982).

4.1.8 Karalarda Transit Uydu Kullanımı

Uydu sistemleri ile konum belirleme yöntemleri, klasik sistemlere göre daha kullanışlı olmaktadır. Klasik konum belirlemelerde en az 4 kişinin yaptığı işi, uydu ile konum

belirlemede bir kişi yapabilmektedir.

Konum Belirlemede, transit uyduların kullanımı ile elde edilebilecek doğruluk değerlerinin, ancak uydu alıcıları ile oluşturulacak jeodezik ağ kullanılarak, uzun süre de birden fazla uydunun geçişlerinin izlenmesi ile (1) metrenin altına indirilebilir.

4.1.9 Denizlerde Transit Uydu Kullanımı

Deniz araştırmalarında, yapılan çalışmaları üç grupta toplamak olasıdır.

4.1.9.I - Nokta Konum Belirleme olarak yapılan çalışmalar

Bu çalışmalarda, uydu taşıyıcısını taşıyan araç hareketlidir. Bütün deniz araçları, ortamın dinamizminden az yada çok mutlaka etkilenirler. Denizin hareketli ortamından (akıntı vb.) etkilenen deniz aracı, ancak THRUSTER adı verilen sistemleri varsa ; olduğu yerde, kısa bir süre dahi olsa, sabit kalabilir. Bu sabit kalma süresi, normal şartlarda, uydu geçişi ve doppler sayımı için geçecek zaman kadar olamaz. Deniz aracı, ancak çalışma peryodu içinde değişik zamanlarda yaptığı Doppler sayımları sonucunda elde ettiği konum değerini, Dead Reckoning gidişine dönüştürerek kullanabilir. Özellikle oşinoğrafik çalışmalarda, akıntı istasyonlarındaki ölçmelerde ve derinliğin fonksiyonu olarak (STD) log'u alan sistem kullanımlarındaki çalışmalarda kullanılırken oldukça dikkatli olmak gerekmektedir.

4.1.9.II - Profil Boyunca Yapılan Çalışmalar

Profil boyunca yapılan çalışmalar, genellikle Kıyı ötesi Jeofizik çalışmalardır. Jeofizik çalışmalar ise; sismik arama

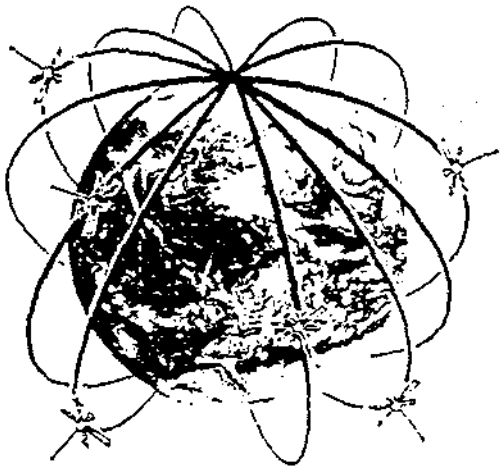
yöntemleri, Gravimetrik arama yöntemleri , Manyetik arama yöntemleri, yandan taramalı sonar yöntemleri ve batimetrik çalışmalar olarak yapılmaktadır. Bütün bu yöntemlerdeki çalışmalar bir profil boyunca yapılır. Jeofizik yöntemlerde, kullanılan sistemleri ve uydu alıcılarını taşıyan gemilerin hızları, genellikle 5 Knot civarında olduğu için hayli yavaş hızda yapılan çalışmalardır. Bu nedenle, profil boyunca gidilen uzaklıkların, zaman karşılıkları, özellikle kendi karasularımızda her zaman , uydu geçişi için gereken zamandan daha fazla olduğu için, profil boyunca her zaman bir yada birden fazla uydu ile , konum belirlemesi yapılarak , hesaplanacak fark değerler, aradaki noktalara post-process işlemi adı verilen bir yazılımla yada el ile dağıtılarak, yaklaşık konum değerleri bulunur. Profil çalışmalarında; profil başlarken ve biterken uydu geçişi izlenecek şekilde zamanlama yapılarak, elde edilecek düzeltme değerleri en uygun şekilde kullanılmaya çalışılır.

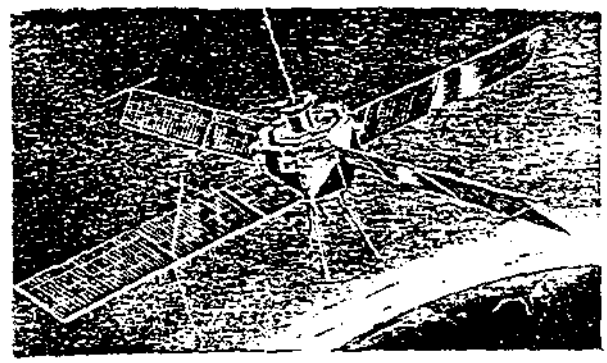
4.1.9.III - Navigasyon amaçlı Uydu Kullanımı

Özellikle yolcu gemileri ile bir limandan başka bir limana yük taşıyan gemilerin kullandığı bir yöntemdir. Aslında bu yöntem de profil çalışmaları gibi düşünülebilir.

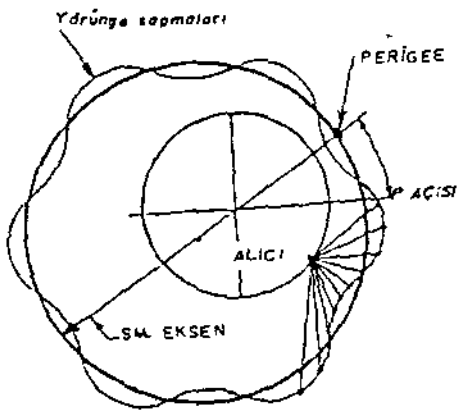
4.1.10 Havada Transit Uydu Kullanımı

Hava taşıtlarında konum belirleyici , yardımcı navigasyon sistemleri olarak kullanılmaktadır. Uçakların hızlarının, Doppler hesaplamalarına, bozucu yönde etkilerinin fazla olması nedeniyle, bu konuda fazla başarılı olamamıştır.

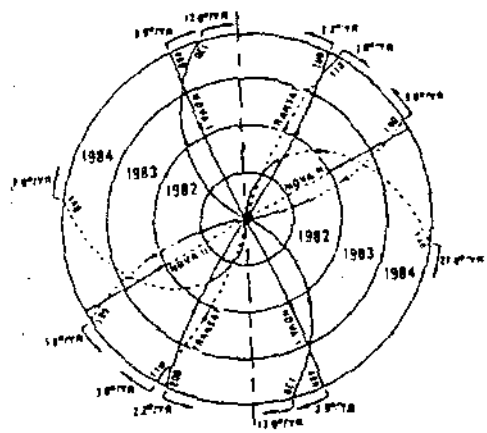




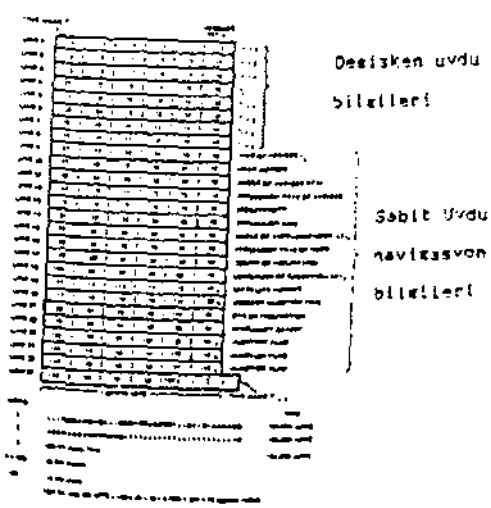
Şekil.21 Transit(NNSS) Sistemi Uydu ve Yörüngeleri



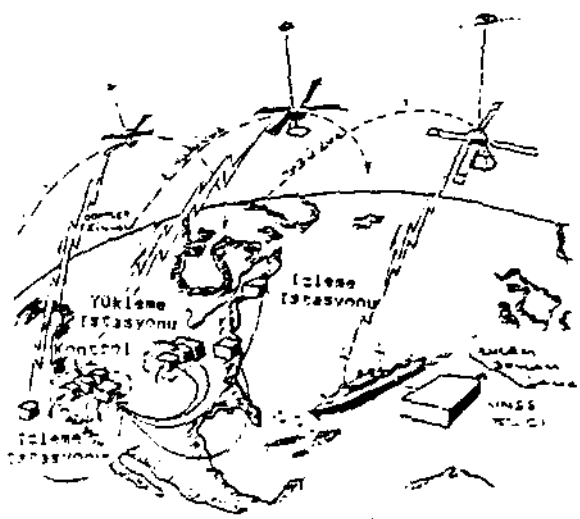
Şekil.22 Uydu Yörüngesi ve Perigee Noktası



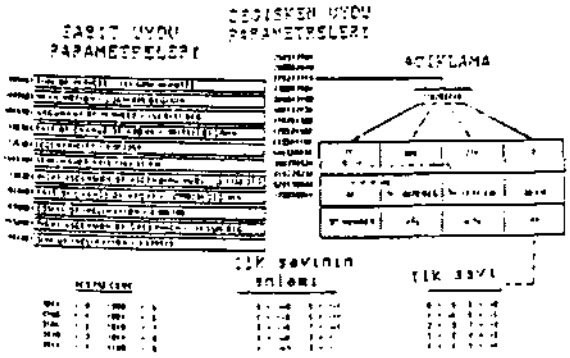
Şekil.23 Transit Uydu Yörünge Değişimi(J.Hoar 1982)



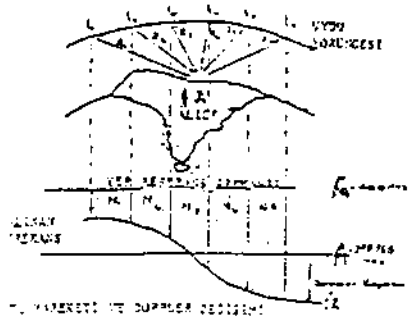
Şekil.24 İki Dakikalık Uydu Mesaj İçeriği



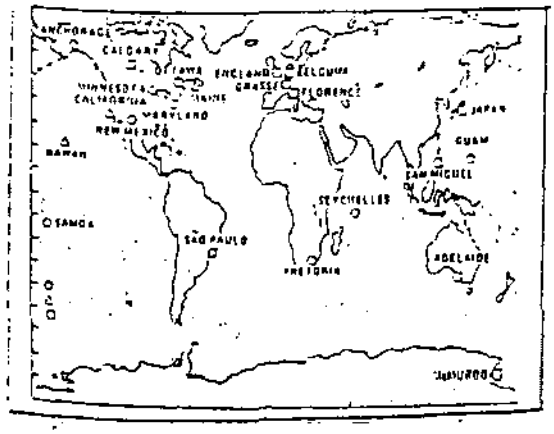
Şekil.25 Transit Kontrol Ağı



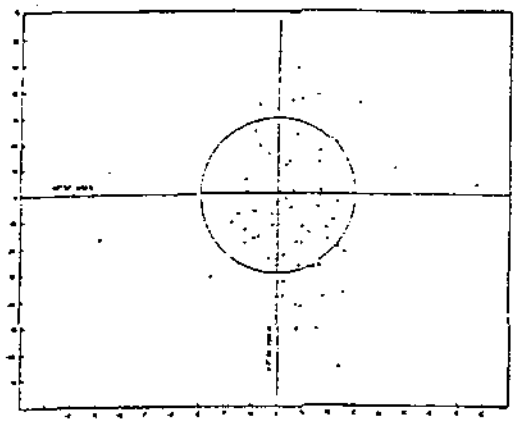
Şekil.26 Navigasyon Parametreleri



Şekil.27 Uydu Hareketi ve Doppler Değişimi

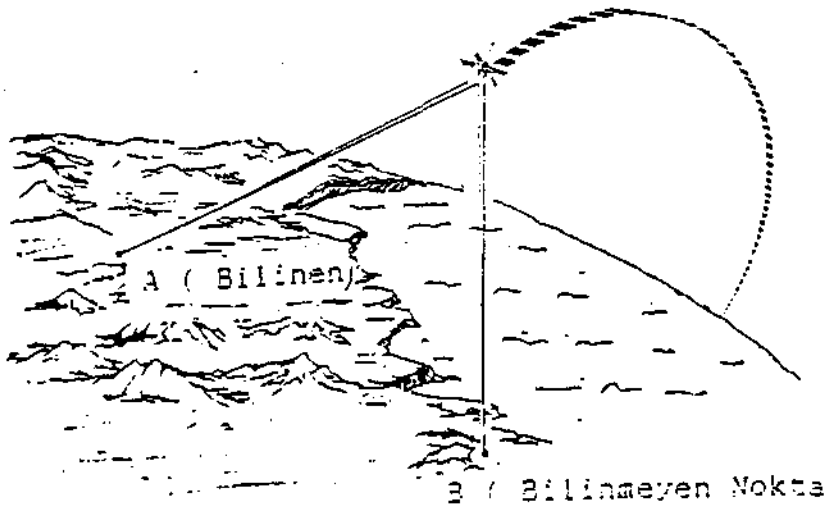


Şekil.28 Transit TRANET Ağ'ı



Şekil.29

Nokta Konum Değerleri Dağılımı (RMS:32m.Magnovax,1976)



Şekil.30 Arazi Translokasyonu

5 GPS UYDU KONUM BELİRLEME SİSTEMİ

NAVSTAR olarakta tanımlanan GPS (Global Positioning System) sistemi, her türlü hava şartlarında, 24 saat nokta konum belirlemesi yaparak, hareketli araçların hızını ve anlık zamanı verecek şekilde proğramlanarak uygulamaya konulmuş bir nokta konum belirleme sistemidir.

5.1 GPS sisteminin Tarihi Gelişimi

Transit uydu sistemi (SATNAV-NNSS) büyük umutlarla kullanıma girdikten sonra, sistemin, zaman içinde bazı gereksinimlere, yeterli duyarlılıkta cevap verememesi nedeniyle, 1973 yılında **GPS-NAVSTAR** (Global Positioning System-Navigation Satellite Timing and Ranging) projesi, uydu konum belirleme sistemi olarak, 27 Haziran 1977 günü, ilk uydunun uzaydaki yörüngesine yerleştirilmesiyle yürürlüğe girmiş oldu. 1978 yılı ocak ayında ise; ikinci bir uydu yörüngeye oturtularak, konum belirlemede geleceğin sistemi olan, GPS proğramı başlatılmış oldu(Mueller ve diğ,1981).

GPS sistemi; aşama aşama geliştirilmiş bir sistemdir. Bu aşamalar üç bölümde tanımlanmıştır. Birinci aşama(Phase I) yada bölüm; Sistemin gelişimi için hazırlık dönemi olarak bilinir. Hazırlık dönemi; 1973 yılında başlar, 1979 yılında biten hazırlık ve proğram geliştirme dönemidir. Bu dönemde" Blok I" olarak tanımlanan toplam 11 adet uydu yörüngelerine yerleştirilmek üzere proğrama alınmış ve bunlardan (2) tanesi çalışır duruma getirilmiştir. Bu dönemde prototip olarak tanımlanan uydular, transit sistemle ortak olarak kullanılmışlardır. İkinci dönem olarak tanımlanan (Phase II)

dönem, 1979 yılında başlamış ve 1 yıllık bir gecikme ile 1985 yılında tamamlanmıştır. Bu dönemde, Blok I grubuna ait (7) tane uydu yörüngelerine yerleştirilmiştir(Şekil.31).

Üçüncü dönem 1985 yılında başlamış fakat, 26 Şubat 1986 günü **Challanger** kazası nedeniyle proğram zamanında aksamalar olmuştur (Magnovax,1987). Kaza'dan sonra, yeni tip fırlatma roketlerinin yapımına başlanılmış ve yapılan denemelerin başarılı olduğu görüldükten sonra, (Phase III) Dönem III, 14.Şubat.1988 günü (PRN14) uydusunun yörüngesine yerleştirilmesi ile "Blok II" grubu uyduların yerleştirilmesi yeniden başlamış oldu. "Blok I" grubundan PRN 08 uydusu, kullanılan kristali nedeniyle normal GPS ölçmelerinde kullanılamamıştır. Yapılan denemeler sonunda; bu uydunun ancak, diferansiyel çalışmalarda kullanılabileceği ortaya çıkmıştır. Bu dönemde, alıcıların geliştirilmesine yönelik çalışmalar, ön planda tutulmuştur. Bu nedenle bazı firmalar, özellikle Magnovax firması," GPS T-Set " serisi alıcıları kullanıma sokmuştur. Daha sonraları Magnovax firması; MX-4400 , MX-110, MX-1107 (MTA Sismik-1 gemisi) model olarak tanımlanan ve Loran-C, Transit ve Omega sistemlerinin hepsini kullanabilen alıcıları kullanıma sunmuştur. Bunlardan başka, TRIMBLE Navigasyon sistemleri yapımcısı firma, Trimble GPS 10X sistemini (DEÜ-Koca Piri Reis araştırma gemisi), yine Magnovax 5400 serisi (ODTÜ BİLİM Araştırma Gemisi), Del Norte GPS-1005 , Racal-Decca ,Sercel NR 101, 103 , 104, Globos M 200 , ONİ , Magellan, Goetracer 100, Wild-102 , Navstar GPS-XR4 ve Ashtech gibi firmaların sürekli olarak

yeniledikleri sistemlerle, GPS kullanımını tüm dünyaya tanıtmışlardır.

İki boyutlu ve üç boyutlu konum hesaplamaları, ancak 1990 yılında, "BLOK IIR" grubu uydularının yörüngelerine yerleştirilmesi ile, yapılmaya başlanmıştır. Günümüzde (Ocak 1994) uydu yerleşim takvimi başarılı bir şekilde tamamlanmış olup, konum belirlemede yeryuvarının her yerinde kara, hava ve deniz araştırmalarında konum belirleyici olarak büyük bir başarı ile kullanılmaktadır(Şekil.32).

Uydular, her yıl iki kez olmak üzere, bir aylık zaman dilimi kadar, yeryuvarının karanlık yüzünden geçtikleri için, güneş ışınlarından faydalanamazlar. Bu ise; güneş pillerinin, güneş enerjisini depolayamaması nedeniyle, enerjinin tükenmesine neden olmaktadır. Böyle durumlarda uydular kullanım dışı bırakılmaktadırlar (Bender ve Bossler,1980).

1.12.1989 günü, KODEN (KGP-900) GPS alıcısı ile yaptığımız, Marmara ve Ege denizlerimiz için, uydu görünürlülük testinde; yörüngede (9) toplam uydu olmasına karşın, 5 uydu aynı anda ancak 4 saat, (6) uydu ise; 1 saat izlenilebilmiştir (Şekil.34). Karadenizdeki durum ise; günün 7 saatinde tek uydu 3 saatinde ise, 3 uydu izlenebilmiştir(Şekil.33). 17 Ekim 1990 günü İzmir'de Trımble GPS 10X alıcısı ile yaptığımız testte izleme zamanları, kullanıma giren uydu sayısındaki artışa bağlı olarak artmıştır. Hemen hemen günün yarısında sürekli olarak iki boyutlu konum belirlemesi yapılabilmek mümkün olmuştur. 30 Mayıs 1991'e gelindiğinde ise durum oldukça iyileşmiş ve

günün 20 saatinde 3D konum belirleme olanağı olmuştur.

Üçüncü dönem yada aşamada , uydu sayısı 18 kullanılır ve 3 yedek olmak üzere yerleştirilerek, uydu sayısı 21'e ulaşmıtır. Yeryuvarının neresinden olursa olsun, aynı anda izlenebilecek uydu sayısı en az (5) taneye çıkmış ve de zaman boyutu ile birlikte, ölçülen boyut sayısı 4 olmuştur (zaman, enlem, boylam ve yükseklik). 3-D ölçmelerinde sadece, enlem, boylam, yükseklik değil zaman da boyut olarak alınmaktadır.

5.2 GPS Sistemini Oluşturan Birimler

GPS Sistemi üç ana bölümden oluşmaktadır. Bu birimler; Uzay Bölümü, Kontrol Bölümü ve Kullanıcı Bölümü olarak tanımlanmaktadır.

5.2.1 Uzay Bölümü

Uzay bölümü ; uzayda, belirlenen ve yeryuvarından yükseklikleri 20200 Km kadar uzaklığındaki, toplam (6) dairesel yörünge ve her yörüngede 3 uydu olacak şekilde yerleştirilmiş (18) kullanım uyduları ile (3) yedek uydulardan oluşmaktadır. Uydular yörüngelerindeki, bir tam dönüşünü, yaklaşık 12 saatte tamamlarlar(Stansell,1988).

Uyduların yörünge düzlemleri, ekvator düzlemi üzerinde 60° lik dilimler oluşturacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Şekil.35'de yörünge düzlemlerinin yer aldığı dilimler ve her yörüngedeki uydular, yedekleriyle birlikte gösterilmiştir. Yeryuvarının çekim etkisindeki uyumsuzluklardan kurtulabilmek için, yörüngeler özellikle yüksek seçilmişlerdir. Böylece ; Transıt sistemde görülen ve uydu yörünge hareketlerini oldukça etkileyen, yörünge ondülasyonlarından da kurtulunmuş

oldu. İlk uydularda seçilen 63°'lik eğim açıları da, 55° olarak değiştirilmiştir. Değiştirilen bu eğim açısı nedeniyle yeryuvarının hertarafından, en az 6 uydu ile konum belirleme yapılması sağlanmış olmaktadır(Şekil.31).

Uydular iki farklı şekilde tanımlanmaktadırlar. Bunlardan birinci tanım; (SVN, Space vehicle NO) kod'uyla gösterilen uzay aracı numarası, diğeri ise;(PRN; Pseudo Random Noise No.) olarak tanımlanan kod numarasıdır. Bu kodlardan SVN; Uydunun yörüngeye yerleştirildiği tarihsel sıralamayı gösterir. PRN ise; uydu yayınlarında kullanılan bir kodlama adıdır. GPS uydu sisteminde, uydular için, 32 tane kod (PRN) tanımlaması yapılmıştır.

Günümüzdeki sayıları 21 olan GPS uyduları, yer kontrol merkezinden aldıkları, düzeltilmiş navigasyon bilgilerini kullanıcılara ve kontrol istasyonlarına aktarırlar. Uydular Yer kontrol istasyonlarından aşağıdaki bilgileri alırlar;

- Düzeltilmiş Efemeris (Yörünge bilgileri) değerleri,
- Uydu Hareket takvimi bilgileri,
- Düzeltilmiş Uydu zaman bilgileri.

Uydular, aldıkları bilgiler karşılığında, hem yer kontrol istasyonlarına, hemde kullanıcılara aşağıdaki bilgileri gönderirler;

a- Kontrol İstasyonlarına;

- Uydunun hareket bilgilerini,
- Uydu yörünge bilgileri(efemeris),
- GPS zamanı ile ilgili Uydu zamanını bilgisi.

b- Kullanıcılara;

- Veri kalitesi ile ilgili bilgiler,
- Düzeltilmiş yörünge parametreleri,
- Uydunun hareketi ile ilgili takvim bilgileri,
- Zaman bilgilerini, yayınlarlar.

Efemeris bilgileri; uydunun yörüngesi ile ilgili tüm anlık konum bilgilerini ve diğer yörünge parametrelerini içerir. Her uydu kendi yörüngesine ait bilgileri yayınlar. Bu bilgileri alan kullanıcı, kendisi için gerekli, en sağlıklı bilgileri hangi uydulardan sağlıyacağını, önceden kararlaştırabilir (Doğan ve Danışman,1989).

5.2.2 Yer Kontrol Bölümü

Yer Kontrol bölümü, uydu izleme istasyonlarından elde edilen bilgileri değerlendiren, gerekli düzeltme değerlerini hesaplayarak bu değerleri, bilgi yükleme istasyonları ile uyduların belleklerine yükleyen birimlerden oluşmuştur. Yer izleme istasyonları yerleri ve bulundurduğu birimler aşağıda verilmiştir;

1 - Falcon Air Force Station, COLORADO (USA)
Ana Kontrol İstasyonu,
Yükleme İstasyonu,
İzleme İstasyonu,

2 - Kwajalein, (Büyük Okyanus)
İzleme İstasyonu,
Uydu İzleme Anteni

3 - Diego Garcia,(Hint Okyanusu)
İzleme İstasyonu,
Uydu İzleme Anteni

4 - Ascension (Güney Atlantik)
İzleme İstasyonu,
Uydu İzleme Anteni

5 - Hawaii
İzleme İstasyonu
Uydu İzleme Anteni

Uydulardan yayınlanan sinyaller; uydu yörüngelerine, ait yörünge parametrelerini(efemeris bilgilerini), uzaklık bilgilerini, zaman bilgisi ve uyduya ait yörünge takvim

bilgilerini içerirdiklerinden, yer izleme istasyonları, bunları alarak, ana kontrol istasyonuna gönderirler. Bu sinyaller, Ana kontrol istasyonu tarafından değerlendirilir ve uydu efemerislerine ait düzeltme değerleri belirlenir. Hesaplanan düzeltmelerle birlikte, uydunun gelecekteki yörünge bilgileri, yükleme istasyonlarına gönderilerek oradan, uydu belleklerine yüklenmesi sağlanır(Şekil.36).

5.2.3 Kullanıcı Bölüm

Kullanıcı bölüm; Navstar uydularını izleyerek, ölçü aldıkları noktanın konumunu belirleyen, uydu alıcılarından oluşmaktadır. Kullanıcı bölümde kullanılan sistem ;

- Anten Birimi,
- Alıcı Birim,
- Sinyal İşlemcisi,
- Veri İşleme Birimi,
- Veri İzleme Birimi olmak üzere değişik birimlerden oluşmaktadır.

Uydudan yayınlanan navigasyon bilgileri, kullanıcı anteniyle alınarak, gelen bilgideki PRN kod'u çözülür ve buradan pseudo uzaklık olarak adlandırılan, uydu/alıcı arasındaki yaklaşık uzaklık bulunur. Daha sonra izlenen en az dört uyduya ait bilgiler, aynı şekilde diğer kanallarla alınarak, kullanıcının durum vektörü olarak tanımladığımız; alıcının konumu, Hızı ve veri işlemin yapıldığı zaman hesaplanarak bulunur (Stansell,1984).

5.3 GPS Uydu Sinyallerinin Yapısı

GPS uyduları, kendi belleklerine yüklenen navigasyon bilgilerini, bilinen frekanslarda yere doğru gönderirler. Gönderilen bilgiler, iyonosfer ve Troposfer tabakalarını

geçerek alıcıya gelirler. İyonosferin neden olduğu kırılmalar nedeniyle, küçük frekanslarda(100 MHz den küçük)yol uzamaları büyük olmaktadır. Bu nedenle, uydulardan gönderilen bilgilerin frekansları yüksek seçilir. Çok yüksek frekanslar ise; troposferde yutulmalara uğramaktadırlar. Uydularda kullanılacak bilgi yayın frekansları en uygun aralıklarda seçilir(Jeske,1988).

GPS Uyduları belleklerine yüklenmiş olan bilgileri iki frekansta, yere doğru gönderirler. Bilgilerin iki frekansta yere doğru gönderilmesindeki esas hedef; yayınların iyonosferden ve Troposferden geçerken uğradıkları kırılma nedeniyle ortaya çıkan yol uzamalarını, yani zaman gecikmelerini belirlemektir. Uydudan gönderilen bir bilginin GPS alıcısına gelmesi için geçecek zaman aşağıdaki formülden bulunabilir(Spilker,198?);

$$T = \frac{s}{c} + \frac{A}{f^2} + \frac{B}{f^3} \quad \text{dır.} \qquad (5.1)$$

Burada;
T= Sinyalin gidiş-geliş zamanı,
c= Işığın boşluktaki hızı,
f= Taşıyıcı frekans,
A,B= Sabit katsayılar.

Formüldeki, ikinci dereceden büyük terimler atılarak; değişik iki frekansta yayınlanan sinyallerin (bilgilerin), alıcıya geliş zamanları arasındaki fark;

$$T = \frac{A}{(f_1)^2} - \frac{B}{(f_2)^2} = \frac{A}{(f_1)^2} - \frac{(f_2)^2 - (f_1)^2}{(f_2)^2} \qquad (5\text{-}2)$$

Yayınlanan iki frekanslı sinyallerin, geliş

zamanlarındaki farklar ölçülerek, A katsayısı, yani sinyalin frekansa bağlı olarak uğradığı zaman gecikmesi hesaplanır. Yapılan ölçmelerle bulunan değerlerden de iyonosfer hataları belirlenmektedir. Tek frekansta yapılan yayınlardaki iyonosfer hataları ise; birinci bölümdeki iyonosferik hatalar kısmında verilen modellemelerle belirlenebilir.

GPS uydularında yer alan osilatör, fo= 10.23 MHz lik frekansta, çok duraylıklı ana sinyali üretir. Uydu sistemi içinde bulunan çoklayıcılarla sinyal; L_1 ve L_2 olmak üzere iki değişik frekansa dönüştürülür. Bu sinyal frekansları;

L_1 = 1575.42 MHz (154. fo)

L_2 = 1227.60 MHz olarak (120.fo),

frekanslarda, yerdeki alıcılara doğru yayınlanırlar. Burada asıl kullanılan sinyal L_1 'dir, diğer sinyal yedek olarak yayınlanır ve sadece L_1 sinyalinin kaybedilmesi sırasında kullanılır. Uygun alıcılarla (çift kanallı) bu iki sinyalde alınarak, atmosferik düzeltmelerde kullanılan düzeltme değerleri elde edilir. Bunlardan başka, GPS uyduları S-bandında da yayınım yaparlar. S- Bandında yayınlanan bilgiler; GPS uyduları ile Yer kontrol istasyonları arasındaki bilgi iletişim hattı görevini yerine getirirler.

5.3.1 GPS Uydu Sinyallerinin Kod'lanması

L_1 ve L_2 sinyalleri, aslında taşıyıcı dalga olarak görev yaparlar. Bu taşıyıcı dalgalar üzerine, C/A ve P kodlarıyla tanımlanan bilgiler modüle edilirler. Modüle edilen bu dalgalar; uydudan yayınlanan bilgilerin, alıcıya kadar ulaşması sırasında, geçen zamandan alıcının konumunun

belirlenmesinde kullanılırlar. Modüle edilen bu bilgilerden başka, navigasyon bilgisi adı verilen ve uydu yörüngelerine ait her türlü bilgiyi taşıyan bir bilgi katarı da L_1 ile L_2 üzerine bindirilir (Nieuwejaar,1988).

5.3.1.I L_1 Sinyalinin Kodlanması

(L_1) frekansı, sinüs ve kosinüs olmak üzere (90°faz farkı) iki ayrı taşıyıcı dalga bileşenine ayrılmıştır.

a- Sinüs Dalgasının Modüle Edilmesi ;

- **C/A Kod'u** (Clear/Aquisition veya Coarse/Access),
- **Data Kod'u** (Uydu bilgileri) bilgileri modüle edilir.

Sinüs dalgası üzerine modüle edilen C/A ve Data Kod'ları, serbest kullanıma açıktırlar. Bütün GPS alıcıları bu kodlanmış bilgileri kullanırlar. C/A kod'u, 1 milisaniye aralıklarla ve 1.023 MHzlik bilgi katarı olarak yayınlanır. Yayınlanan sinyaller (+) ve (-) işaretli olarak yayınlandığı için, her işaret değişiminde, sinyallerde 180°'lik bir faz sıçraması görülür. C/A kod'undaki dalga boyu 293 metre, ve bu C/A kodu kullanılarak hesaplanan konum değerlerindeki doğruluk ise; 10 ila 30 metreler arasındadır (Şekil.37).

b - Kosinüs Dalgasının Modüle Edilmesi

Kosinüs dalgasına,(**Precise yada Protected Code**) olarak tanımlanan, **P- Kod'lu (Y Code)** veri blok'u modüle edilir. P Kod'u 10.23 MHz (bit rate) de 288 gün boyunca yayınlanır ve her GPS alıcısı, bu kod'un sadece 7 günlük bölümünü alır. P Kodundaki sinyal sadece cumartesi / Pazar gece yarısı yayınlanır. P kodu da C/A da olduğu gibi L_1 ve L_2 olmak üzere iki taşıyıcı frekansa modüle edilerek yayınlanmaktadır. P

kodu yayınlandığı frekans nedeniyle C/A kodundan daha hızlı olduğu için, GPS uydusundan yayınlanan sinyalin geliş zamanı daha hassas olarak ölçülebildiği için, nokta konum doğruluğu da yüksektir. Bu P-Kodu sinyalleri gizli olduğu için sivil kullanımlara kapalıdır.

5.3.1.II L_2 Sinyalinin Kodlanması

L_2 Sinyali de L_1 sinyali gibi kodlanmıştır. Tek fark bu sinyal sadece kosinüs dalgası olarak modüle edilmiştir. Bu kodlamada P Kod'u ve Data Kod'u (D-Code) modüle edilmiştir.

5.4 GPS Uydu Navigasyon Bilgileri

Navigasyon Bilgisi olarak; GPS uydu konumlama sisteminde uydu konumu ile uydu alıcının konumunun hesaplanmasında kullanılmak üzere yayınlanan bilgiler tanımlanmaktadır.

Sinüs dalgası üzerine modüle edilen bilgilerde; uydu yörüngesine ait parametreler ile uydu saati ile ilgili düzeltme katsayıları vardır. Bu bilgilerin tümüne birden "**Data Blok'u** adı verilmektedir(Şekil.38).

5.5 GPS Uydu Alıcıları ve Aranan Özellikler

GPS uydu alıcısı gereksinimleri ; kullanıcının konumu , hızı , navigasyon bilgilerinin alınış zamanı ve diğer yardımcı navigasyon sistemlerine(Gyro, radar, sonar , Trisponder, Mini Ranger vd.) olan uyumlu bağlantı gibi bilgilerdir.

GPS alıcılarının gücü; uydulardan alınan navigasyon bilgilerinin geçerlililiğine, kullanılan sinyal işlemlerini yapan yazılımlara, seçilen koordinat sistemi dönüşümlerinin doğruluğuna, çalışma alanının geometrisine ve taşıyıcı aracın

hareket özelliklerine bağlıdır(Nieuwejaar,1988).

Uydu alıcıları, yörüngelerinde hareket halinde olan uyduları izleyerek, yayınlanan bilgileri alır ve uygun yazılımlarla değerlendirirler. Kullanılan alıcıları topladıkları veri yöntemine göre üç'e ayırmak olasıdır ;

- Sürekli olarak uydu izleyen alıcılar,
- Kesintili olarak uydu izleyen alıcılar,
- Multipleks GPS Uydu Alıcıları.

5.5.1. Sürekli Olarak Uydu İzleyen Alıcılar

Sürekli veri toplayan alıcılar , kanal sayılarına göre uyduları, kesintisiz izleyerek konum belirlemesi yaparlar. İzlenen anlık uydu sayısı, tamamen alıcının sahip olduğu kanal sayısına bağlıdır. Uydu alıcılarında bulunan her kanal, sadece bir tek uyduyu sürekli izleyerek , zaman ve uzaklık belirlemesini yapar. Bu nedenle, uydu alıcılarındaki kanal sayısı, alıcının belirlediği konum değerlerinde ki doğruluğun bir göstergesidir. Böylece en az dört kanallı olan bir GPS uydu alıcısı kullanılarak, elde edilen navigasyon bilgilerinden, üç bilinmeyen konum parametresi (enlem , boylam ve yükseklik) ile zaman bilgisi elde edilebilir.

Bir GPS alıcısında , alıcı kanal sayısı, beş olduğu zaman ; konum bilgisi (enlem, boylam ve yükseklik) ve zaman bilgisinin dışında, hareketli aracın hızının bilinmesine de yardım eder. İzleme kanallarından başka, aynı anda, bir GPS uydusundan iki değişik frekansta yayınlanan (L_1 ve L_2) sinyalleri alabilecek kapasitedeki, çift kanal frekans ölçümü yapabilen alıcılar vardır. Bu çift kanal alıcılardan elde edilen ölçü değerlerinden de ; kanallar arası düzeltmeler ,

İyonosferdeki gecikme düzeltmeleri ve her durumda mutlaka uydu izlemesi yapılır. Bu nedenle özellikle beş (5) kanal ve daha çok kanallı uydu alıcıları, yüksek doğruluklu ölçü değerleri vermesi bakımından en kullanışlı alıcılar olarak tanımlanmaktadırlar. Sürekli bir şekilde uyduları izleyerek konum belirlemesi yapan alıcılardaki kanal sayısı 12 ye kadar çıkarılmıştır. Bu tür alıcıların en büyük avantajları; sürekli olarak (4) 'den fazla uyduyu, aynı anda izleyebilmesidir. Böylece yapılan pseudo uzaklık ölçmeleri sırasında, ortaya çıkan (GDOP= geometric dilution of position) , geometrik kesişim yerleri sorunları da ortadan kalkmış olmaktadır. Çünki; hazırlanan yazılımlarla, alıcılar izleyecekleri uydular içinde, konum belirlemede kullanılabilecek, en uygun şartları taşıyanları izlemek için seçerler. Çok kanallı uydu alıcıları; sadece konum belirlemeye yetecek kadar (4 uydu) uyduyu izlemezler ve konum belirlemesi sırasında, kanal sayısına bağlı olarak, diğer uyduları da izleyerek, geometrik bakımdan en iyi kesişimi yapacak uyduları belirler ve gerekirse, kullanıma alırlar . Çok kanallı alıcıların bir diğer özelliği ise ; özellikle yüksek hızla hareket eden ve ani manevra değişiklikleri yapan hava taşıtlarında kullanılabilmeleridir. Özellikle savaş uçakları, helikopterler ve denizaltılarda, nokta konumu belirlenecek noktalar arasının kısa olması ve kısa zamanda yüksek doğruluklu konum değerleri verdiği için kullanılmaktadır(Ananda ,1988).

5.5.2 Kesintili Olarak Uydu İzleyen Alıcılar (Seri Alıcılar)

Bu tür alıcılarda , alıcının kanalı belli bir süre bir uyduyu izler. Her ölçü anında , uydu alıcısı sadece bir uydu ile bağlantı kurarak, navigasyon bilgisini alır. Bu ölçüler esnasında, alıcı ile uydu arasındaki bağlantı çok kısa sürer. Uydu alıcısının kilitlendiği uydudan, aldığı bilgi katarının sonuna gelindiğinde, alıcı bu kez başka bir uydu ile bağlantı kurarak, o uyduya ait navigasyon bilgilerini almaya başlar. Bu işlem en az 4 uydudan navigasyon bilgisi alınıncaya kadar devam eder. Alınan bilgiler ışığında hesaplanan pseudo uzaklık değerleri, ilgili uydular merkez oluşturacak şekilde kesiştirilerek, alıcının yaklaşık konumu belirlenmiş olur. Kesiştirilen pseudo uzaklık değerlerinin kesim noktalarının yeri, uyduların geometrik yerlerine bağlı olarak farklı doğruluk derecelerine sahip olurlar. En iyi kesişim (GDOP); uydulardan birinin alıcının tam tepe noktası doğrultusundaki bir yörüngede, diğer üç uydunun ise; alıcının yatay düzleminde bulunduğu durumdaki olan kesişimleridir. Şekil. 'de iki uydudan alınan navigasyon bilgilerinden hesaplanarak bulunan, uzaklık değerlerinin kesiştirilmesi ile ortaya çıkan, uzaklık hatalarına bağlı yatay nokta konum belirsizlikleri gösterilmiştir. İzlenen uydu yörüngeleri birbirlerine ne kadar yakın olurlarsa, nokta konum belirlemdeki belirsizlik alanıda o kadar büyümektedir. Bu tür kesikli olarak izleme yaparak konum belirlemesi yapan uydu alıcıları, yüksek duyarlıklı ve yüksek hareket ivmesine sahip araçlarda kullanılamazlar. Fakat ekonomik olarak, çok kanallı

alıcılara göre oldukça ucuzdurlar. Diğer bir olumsuz yanları ise ; neredeyse duran araçlarda kullanılabilmeleri ve veri toplama zamanlarının da oldukça uzun olmasıdır (Tıpkı NNSS Transit sistemde olduğu gibi). Kesintili olarak ölçü alan uydu alıcıları, tek kanallı ve iki kanallı olmak üzere üretilmişlerdir. Tek kanallı alıcılar, çok yavaş hareketli ortamlarda kullanılabildikleri için, insanlar tarafından taşınabilir, özellikte üretilerek kullanıma sunulmuşlardır. İki kanallı alıcılar ise; L_1 ve L_2 frekanslarının karşılaştırılmasından, iyonosferik gecikmenin belirlenmesine yönelik, dört görünür uzaklık ölçümü (İyonosferik gecikme içerir) yaparlar. Uydu alıcısı tek kanallı ise ; o zaman iyonosferik gecikmelerin ölçülmesi söz konusu değildir. Tek kanallı alıcılar iyonosfer ve troposfere ait geliştirilen matematiksel modellerden , gecikmeleri hesaplarlar ve düzeltmelerde kullanırlar. Fakat bu düzeltmeler, geliştirilen matematiksel modelin doğruluk derecesine doğrudan bağlı oldukları için, doğruluğu azdır.

5.5.3 Multipleks GPS Uydu Alıcıları

Multipleks uydu alıcıları, bünyelerindeki yüksek dönüşüm hızına sahip anahtarlama sistemiyle, uyduyu belli bir zaman aralığında izleyerek, konum belirlemesi için gerekli bilgileri, seri olarak toplayan alıcılardır. Zaman aralıklarına göre çalışan bu sistemler sıra ile dört uyduyu izledikleri için, seri olarak çalışan uydu alıcıları olmalarına karşın, sanki sürekli olarak uydu izleyen sistemler gibi çalışırlar.

Uydu alıcısı ilk açılışı sırasında, ilk kilitlendiği uydunun hafızasından, navigasyon bilgilerini ve diğer tüm uydulara ait almanak bilgilerini(hareket takvimi) alır. Bu bilgileri alırken, hangi uydudan bilgi aldığını belirler(Wells,1986).

5.6 GPS Ölçme Yöntemleri

Yerdeki uydu alıcıları tarafından alınan, GPS uydu sinyalleri, değişik şekillerde değerlendirilerek, önce uydu/alıcı arasındaki uzaklık ve zaman belirlenir. Daha sonra yapılan işlemlerle, uydunun bilinen yörüngesi , değerlendirmeye alınarak, yerdeki alıcının konumu, seçilen uydu referans sistemine göre (WGS-84) belirlenir.

GPS uydu alıcıları, konum belirlemesi yaparlarken iki tip sinyali değerlendirerek uzaklık bilgilerini elde ederler.

1- Pseudo Uzaklık Ölçümleri
2- Taşıyıcı Dalganın Faz Ölçümleri

Bu ölçülerin dışında da, ölçü yöntemleri düşünülmüş (İnterferometrik ölçümler gibi) fakat, gerek kıyı ötesi araştırmalarda, gerekse jeodezik amaçlı ölçmelerde kullanılmamaktadır. GPS sisteminde kullanılan dalgalar da iki tiptedir;

I- Pulse tipi dalgalar,
II- Sürekli dalgalar

I- Pulse Tipi dalgalar

Pseudo uzaklık ölçümleri yapılan bu sistemde, navigasyon bilgisi yayınlanan kod'lardan birisi kullanılarak , uydu vericisinden darbeler halinde, kesik kesik yayınlanan dalgaların, uydu alıcısına geliş zamanları ölçülerek ,

dalganın seyahat zamanı belirlenir. Buradan da uzaklık (pseudo) bulunur. Şekil.39'de bu dalga sistemi basit olarak gösterilmiştir.

Pulse tipi dalga yayınımından elde edilen uzaklık bilgisinin olumsuz yanı; yayınların sürekli olmasına karşılık bilgiler ayrı ayrı bölümler (darbe) halinde olmasıdır. Bu ise bilgi alınmasında kesikliklere neden olduğu için , ölçme duyarlılığını azaltmaktadır(Wells,1986).

II- Sürekli Dalga Yayınlanması

Bu sistemde, uydu sürekli olarak dalga üreten bir osilatör durumundadır. Bu dalgaların fazları, uzay ve zaman ortamında değişir. Bu ölçmede uydu alıcısı ile uyduda bulunan verici, birbirleine zaman olarak tam anlamıyla senkronize olmuşlardır(Şekil.*40*).

5.6.1 Pseudo Uzaklık Ölçümleri

Pseudo Uzaklık; Alıcıda oluşturulan ve uydudan yayınlanan sinyalin kopyası olan sinyal ile, uydudan kod'lanarak gönderilen ve alıcıya gelen sinyaller arasındaki zaman farkının, ışık hızı ile çarpılmasından elde edilen uzaklığa denilmektedir. Buradaki Pseudo anlamı; uydu saati ile alıcıdaki saatler arasında, farklı iki zaman noktası nedeniyle ortaya çıkan zaman farkının , uydu-alıcı arasındaki uzaklığın tam olarak, doğrudan ölçülemediği için verilmiştir. Uydu ile alıcı iki farklı ortamlarda olması nedeniyle, zamanlarında da farklar ortaya çıkmaktadır.

Bu sistemde; uydudan alıcıya gelen sinyalin, geliş zamanı ölçülür. Bu ise; uydudan yayınlanan sinyalin

yayınlanış zamanı ve alıcı tarafından aynı sinyali alınış zamanlarının bilinmesi ile elde edilir. Yayınlanan sinyal zamanı ile alınan sinyal zamanları arasındaki zaman farkının, ışık hızı ile çarpılmasından, uydu/alıcı arası uzaklıklar bulunur. Bazı yazarlar pseudo ölçümleri, kod'lanmış dalgalardaki faz ölçümü olarak tanımlamaktadırlar (Altıner,1992). Kodlanarak uydudan yayınlanan, navigasyon bilgilerini içeren dalgaların frekanslarında , uydunun yüksek hızdaki hareketi nedeniyle "Doppler frekans kayması" ortaya çıkar. Alıcı içindeki bir osilatörde de uydu sinyalinin aynısı üretilir. Alıcıda üretilen sinyalin başlangıç zamanı ile uydudan gönderilen sinyalin başlangıç zamanları, zaman senkranizasyonu nedeniyle aynıdır. Alıcıda üretilen sinyal, referans sinyali olarak kullanılır. Alıcıdaki referans sinyali ile uydudan alınan ve Doppler frekas kaymasına uğramış olan sinyaller birbiriyle karşılaştırılır(Şekil.41). Referans sinyali, alınan sinyale uyacak şekilde kaydırılır. Her iki frekans eşit olunca, referans frekansı olarak alınan alıcının sinyali, uydu sinyali gibi kodlanır. Yani alıcıda bir nev'i alınan sinyalin kopyası yaratılmış olur.

Bu arada sistem, uydudan yayınlanan sinyalin, kabaca aldığı yolu, uydu sinyallerindeki zaman işaretlerinden yaklaşık olarak belirler. Ayrıca alınan sinyal ile alıcıda oluşturulan sinyaller arasındaki kod farkına denk gelen, zaman farkı da belirlenir. Belirlenen zaman farkları birleştirilerek ışık hızı ile çarpılır ve uydu/alıcı uzaklığı bulunur. Hesaplanarak bulunan uydu/alıcı uzaklığı ile gerçek

uzaklık arasında ortaya çıkan farklara neden olan hata kaynakları aşağıdaki gibi sıralanbilir;

- Uydu saatindeki kaymalar,
- Alıcıdaki gürültüler,
- Alıcı saatinin ortam nedeniyle GPS saatinden olan farkları,
- İyonosfer ve troposferde oluşan gecikme hataları,
- Uydudan alıcıya gelen sinyalin yolundaki çok yollu yayınım hataları olarak yazılabilir.

5.6.1.I Pseudo Uzaklık Ölçümlerinden Konum Hesabı

Yeryuvarı üzerindeki, herhangi bir noktaya yerleştirilen GPS uydu alıcısı ile bir uydu arasındaki hesaplanan uzaklık, (Rı) ise; kullanıcının bulunduğu nokta, uydudan ölçülen uzaklığı, yarıçap kabul eden bir daire çizildiğinde, bu dairenin yeryuvarını kestiği noktalar GPS alıcısının bulunduğu aranan noktalar olacaktır. Bu tür ölçüler, çok kanallı bir alıcı ile birden fazla uydu izlenerek yapılırsa , yeryuvarı üzerindeki alıcının yeri belirlenebilir. GPS alıcısının yerinin büyük bir doğrulukla belirlenebilmesi için en az (4) uydu ile kestirme yapmak gereklidir. En az (4) uydu , (4) bilinmeyenli konum denklemlerinin çözümü için (Enlem, Boylam, Yükseklik ve Zaman) gerekli olduğundan, bilinen uzaklık sayısı (4) olmalıdır. Bilinmeyenlerden zaman değeri, Atomik saat kullanılarak GPS zamanı belirlenebilir. Ayrıca , alıcının yerleştirildiği ölçü noktasındaki Jeoid yüksekliği tam olarak bilinebilirse, yükseklik için gerekli olan diğer bilinmeyen de bulunmuş olur. Böylece 4 bilinmeyen parametrenin çözümü için gerekli olan, en az 4 uzaklık değeri de belirlenmiş olur. Seçenekler arasında aşağıdaki gibi sıralama yapılabilir (Şekil 42);

I - 4 Uydu Uzaklığı (ölçülen zamana bağlı),
II - 3 Uydu uzaklığı ve Jeoid uzaklığı(yer merkezinden),
III - İki Uydu , Jeoid uzaklığı ve Atomik saat(uzaklık eş değeri

Uydularla, alıcı arasındaki pseudo-uzaklığı belirlemek için, alıcılar tarafından uydulardan alınan bilgi formatları üç değişik durum için, ayrı ayrı formatlı olarak şekillerle verilmiştir. Şekillerdeki $\Delta t_{1,2,3,4}$ sinyalin geliş sürelerini, T zaman açıklığını (offset) , $_{1,2,3,4}$ değerleri ise; uydu aracındaki saat farkını (bias) vermektedirler. Görüldüğü gibi hem uyduda hemde alıcıda saat hatalarının olmadığı durumlarda, alıcının konumunu belirleyebilmek için (3) uydudan uzaklık ölçümleri yeterli olmaktadır. Yine uydu saatinin çok iyi, fakat alıcı saatinin hatalı olduğu durumlarda, zaman faktörü hesaplamalara girmektedir. Üçüncü bir durum ise; uydu ve alıcının ikisininde saatlerinde farkın (Bias) söz konusu olduğu durumdur. Burada hem zamanlar, hemde uydu saatindeki düzeltme değerleri de hesaplamalara girmektedir.

Uydulardan belirlenen, Uydu/Alıcı arasındaki uzaklıklar "Konum Denklemleri"nde yerine konularak ; X , Y ve Z koordinat değerleri seçilen referans sistemine (WGS-84) göre tanımlanmış olur (Şekil.43). Konum denklemlerindeki (C_B) kullanıcı (alıcı) saat ayar farkı (clock bias) ve Ux, Uy, Uz alıcının konum koordinat değerleridir. X , Y ve Z yer merkezli koordinat sisteminde uydunun konum değerleri olarak alınır ve navigasyon mesajının (bilgisinin) içinde yer alır.

Bilinen temel navigasyon denklemleri aşağıdaki gibidir;

$$\left[(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 + (Z - Z_i)^2 \right]^{1/2} + T = R_i$$

Burada;

X,Y,Z Navigasyon bilgilerinden elde edilen, uydunun konum koordinatları,

$(X,Y,Z)_i$ Belirlenecek alıcının konum koordinatları,

T ise ; GPS zamanından alıcı zamanının farklılığı (hesaplanacak)

R_i = (İ) Uydusuna ait pseudo uzaklık(Kod karşılaştırma tekniği ile belirlenir)

Yukarıdaki denklemler kullanılarak, bilinmeyen konum değerleri için, yeterli uydu izlemesi yapılarak, gerekli bilgiler elde edilir (Denaro,1988).

5.6.2 Taşıyıcı Dalganın Faz Ölçümleri

Uygulamalarda kullanılan GPS uydu alıcılarının bir kısmı uydudan gönderilen navigasyon bilgilerinin fazı ile kendi içinde yer alan bir osilatörde ürettiği aynı tür dalganın fazlarını karşılaştırarak, gelen dalgada oluşan faz farkını ölçebilmektedirler. Bu ölçmelerde, kullanılan değer; uydudan yayınlanan dalganın fazı ile alıcının kendi içinde ürettiği dalganın fazları arasındaki farktır.

Uydudan, belli bir T1 anında gönderilen navigasyon sinyali ile , alıcıda üretilen sinyal arasındaki faz farkı;

$$\phi (T1) = \phi_G (T_{G1}) - \phi_R (T1 + \Delta t_1)$$

formülü ile verilir (Altıner,1992). Bu formülde;

ϕ_G = Uydudan yayınlanan sinyalin fazı,
ϕ_R = Alıcı referans sinyalinin fazı,
T1 = Sinyalin uydudan yayınlandığı zaman noktası,
Δt_1 = Alıcının saat hatası olarak tanımlanmıştır.

Uydudan T1 anında gönderilen sinyal, uzaklığa ve ortam

şartlarına bağlı olarak, yerdeki alıcıya belli bir gecikme ile gelecektir. Bu nedenle uydudan yayınlanan sinyalin alıcıdaki alınış zamanı; ($T_1 + \Delta t_1$) olur. Faz hesaplamaları yapılırken , sinyal üzerinde sadece, son dalga boyundaki faz kayması ölçülebilir. Halbuki gelen sinyalin , geliş yolunun uzaklığına bağlı olarak tam dalga sayılarının da bilinmesi gerekir. Bir sinyalin, geliş yolu boyunca tekrarladığı tam dalga sayılarını veren formül;

$\phi (T_1) = \phi_G (T_{G1}) - \phi_R (T_1 + \Delta t_1) + N$ olarak verilmiştir(Altıner,1991).

N= Bilinmeyen tam dalga sayısıdır.

Ölçmelerde tam dalga sayısının bulunması ile , alıcı sistemler içindeki mikro işlemcilerle, yazılıma uygun olarak, uydu ile alıcı arasındaki uzaklık faz farkları yöntemi kullanılarak belirlenmiş olmaktadır. Bu ölçü tekniği , genellikle jeodezik amaçlı ölçmelerde kullanılabilir. Kıyı ötesi deniz araştırmalarında ve seyir amaçlı çalışmalardaki konum belirlemelerde, pseudo uzaklık ölçümleri yapılarak , alıcının konumu belirlenir.(Bauer,1989 Hoffman.1988, Remondi.1985 vd.).

5.7 GPS Uzaklık Ölçmelerinde Hata Düzeltmeleri

Uydudan yayılan ve alıcı tarafından alınan sinyalin, uydudan alıcıya kadar olan uzaklıktaki geliş zamanı uydu sinyallerinde yayınlanan zaman işaretlerinden bulunur. Bu geliş zamanı ışık hızı ile çarpılarak, uydu-alıcı arasındaki uzaklık (Pseudo uzaklık) bulunmuş olur. İşte bulunan bu uzaklık değerlerinden, gerçek uzaklık değerlerini belirlemek

için, bir takım düzeltmeler uygulanır(GPS workshop,1985). Bu düzeltmeler ;

1- Uydu saatindeki kayma düzeltmeleri,
2- Alıcı gürültülerinin düzeltilmesi,
3- Alıcı saatinin GPS zamanından olan farkı(offset),
4- İyonosfer ve troposfer deki kırılma düzeltmeleri,
5- Uydu yörünge parametrelerindeki hataların düzeltilmesi,
6- Sinyal üzerindeki çok yollu yayınım etkilerinin düzeltilmesi olarak sayılmaktadır.

Bütün bu düzeltmeler, alıcıların durgun ortamlarda olmaları durumunda yapılmaktadır. Deniz araştırmalarının yapıldığı dinamik ortamlarda , ayrıca alıcıyı taşıyan hareketli aracın hızı ve yönü nedeniyle yapılacak olan düzeltmelerde vardır. Eğer sistem yüksek hareket kabiliyeti olan hava taşıtlarında kullanılıyorsa ; o zaman da , hava taşıtının uçuş ivmesi, yükseklik kaybetmesi yada kazanması , ani rota değişikliklerine neden olan manevraların etkilerinin de hesaplamalarda göz önüne alınarak gerekli düzeltmelerin yapılması gerekir.

5.7.1 Atmosferik Kırılma Düzeltmeleri

GPS uydularından yayınlanan sinyaller, yeryuvarı üzerindeki herhangi bir noktada, statik yada dinamik olarak bulunan bir GPS alıcısına gelirken, iyonosferden ve troposferden geçerler. Gelen elektromanyetik dalgalar , atmosferden geçerlerken yolun uzaklığına bağlı olarak , yayınım gecikmelerine uğrarlar. İyonosfer (1000-50 Km) ve troposferdeki (50- 0 Km) yoğunluk değişimleri nedeniyle (daha önceki bölümlerde verilmişti), yayınlanan dalgaların hızlarında da bir takım azalmalar ortaya çıkar. Dalganın hızındaki değişimlerin dışında, ayrıca, yine atmosfer

ortamındaki yoğunluk değişimlerinin neden olduğu, dalga yolu sapmaları yani kırılmalar olacaktır. Bu kırılmalar ve hız azalmaları, uydu/alıcı arasındaki uzaklık belirlemeleri yapılırken, alınan dalganın geliş zamanında bir takım uzamalara ve bunun karşılığı olarak ta uzaklık belirlemelerinde hatalara neden olacaktır. Yayınlanan bir sinyalin, ortam nedeniyle olan gecikmeleri, gelen sinyalin frekansının karesi ile ters orantılı olarak değişir. İyonosferdeki iyonlaşmaların neden olduğu, yoğunluk değişimlerinin, yayınlanan GPS sinyalleri üzerindeki, geliş zamanını artırıcı gecikmelerin frekansla ilgisi aşağıdaki denklemlerde verilmiştir(Wells,D. 1988) ;

$$dt_{iyon} = (1.3436\ N_T)/ f^2$$

N_T= Toplam elektron sabiti (10^{16} elektron/m²),
f = Frekans (GHz),
dt= nano saniye olarak alınmıştır.

Burada verilenler, GPS sinyalinin grup hızındaki, yerdeki alıcıya gelirken olan gecikme zamanını belirlerler. Bilindiği gibi, bir sinyal yayınlandığında iki hız bileşenine sahiptir. Bu hız bileşenlerinden birisi, yukarıda verilen grup hızı (farklı frekanstaki dalgaların ortak hızı), diğeri ise , sinyalin faz hızıdır (dalganın yayılım hızı). KOnu edilen hızlara ait bağıntıları aşağıda verilmiştir(Özkan,1983);

$$\text{Faz hızı} = V_f = \frac{C}{\left[1 - 81\ N/\ f^2\right] 1/2}$$

Bu bağıntıya bakıldığında, iyonosferde yayınan bir sinyalin faz hızı ışık hızından büyük olduğu görülmektedir.

İyonosferdeki yayınım nedeniyle faz hızındaki gecikmeyi de

aşağıdaki bağıntı vermektedir (Wells ,D.1988);

$$dO_{iyon} = - (8.442 N_T) / f$$

burada dO_{iyon} ; radyan cinsindendir.

$$\text{Grup Hızı} = V_G = \frac{V_f}{1 - \frac{dV_f}{f\ d}} \quad \text{olur.}$$

Buradan da; elektromanyetik bir sinyalin , iyonosferdeki yayılım hızı ışık hızından küçüktür.

Uydulardan, iki farklı frekansta (L_1 ve L_2) yayınlanan navigasyon bilgilerinden alıcının yaptığı karşılaştırmalarla, frekansa bağlı zaman gecikmelerinin büyüklüğü belirlenerek düzeltmelerde kullanılır.

Troposferik kırılma hataları, yayınlanan sinyallerin frekanslarına doğrudan bağlıdırlar. Fakat bu tür hatalar, troposferin yüksekliğinin az olması nedeniyle oldukça küçük olurlar. Atmosferik olayların neden olduğu hata miktarları statik ortamlarda yapılan testler sonucunda, 2 - 5 metreler arasında bulunmuştur(Ananda,M.1988). İzlenen uyduların yörünge yükseklik açılarına bağlı olarak hata oranları değişmektedir.

5.7.2 Alıcı Saat Farkı (offset) Düzeltmeleri

Yeryuvarı üzerinde, GPS uydularının gönderdikleri navigasyon bilgilerini alan alıcılar, bilgiler üzerindeki zaman işaretlerini kontrol ederek, uydudan yayınlanan sinyalin, alıcıya gelene kadar olan zaman farkını ölçerler. Alıcı saati ile, GPS uydu saati arasında zaman bakımından eş zamanlılık olmasına rağmen yinede aralarında sabit bir

fark olmaktadır. İşte bu sabit olan zaman farkı, uzaklık ölçmelerinde ışık hızı ile çarpılarak, ölçülen uzaklığa uygulanması gereken düzeltme değerleri bulunur.

5.7.3 GPS Uydu Saatlerindeki Kayma Düzeltmeleri

GPS Uyduları içine yerleştirilen saatler yüksek duyarlıklı saatlerdir. Bu saatler Sezyum ve Ribidyum gibi duraylılıkları çok yüksek kristallerden yapılmaktadırlar. Bu kristallerden, Kuars kristalinin doğruluğu ; 10^{-10}, Rubidyum; 10^{12} ve Sezyum kristali ise ; 10^{13} kadardır. Bu değerler atomik saat zaman doğruluğu olarak kabul edilmektedir. GPS uydularında kullanılan bu atom saatleri yer kontrol istasyonları tarafından sürekli olarak kontrol altında tutularak, GPS sistem zamanı olarak adlandırılan bir zaman oluşturulmuştur. GPS uydu saatleri çok yüksek duraylılıkta olmasına rağmen yinede GPS sistem zamanı ile aralarında şok küçükte olsa bir zaman farkı olmaktadır. İşte bu düzeltmelere de GPS uydu saat kayma düzeltmeleri adı verilmektedir.

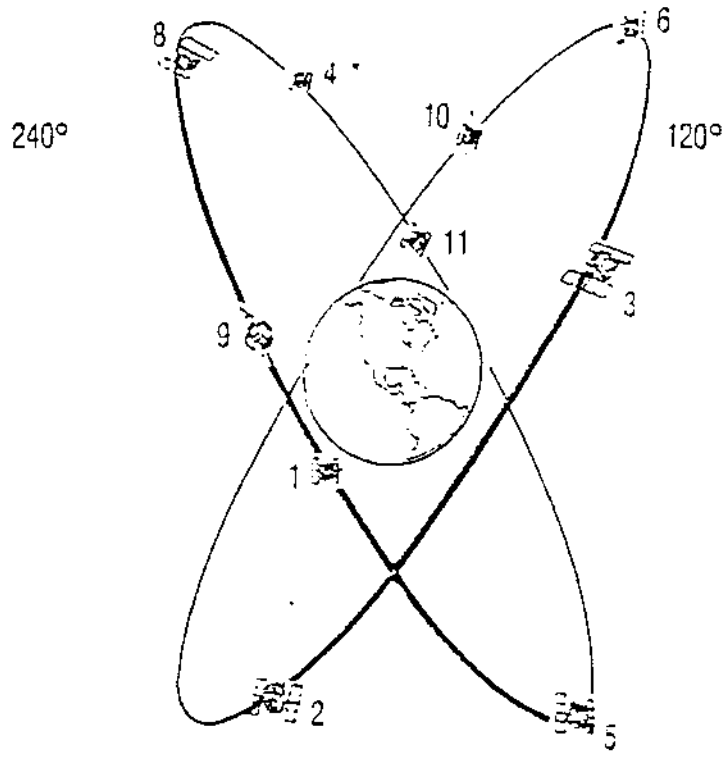
5.7.4 Multıpath Düzeltmeleri

Multıpath; herhangi bir kaynaktan çıkan sinyalin, yansımalar nedeniyle, alıcıya, birden fazla yoldan gelmesi olarak tanımlanmaktadır. GPS uydularından yayınlanan navigasyon bilgisi, yerdeki alıcılara değişik yollardan geldiği zaman, alıcılarda bir takım zararlı sinyal girişimlerine neden olurlar. Çok yollu yayınım olarak tanımladığımız bu sinyaller özellikle alıcıların bulundukları yerlere yakın bulunan, engeller, büyük binalar, gemiler ve kıyı çizgisinin aniden yükseldiği topoğrafik yükseltiler

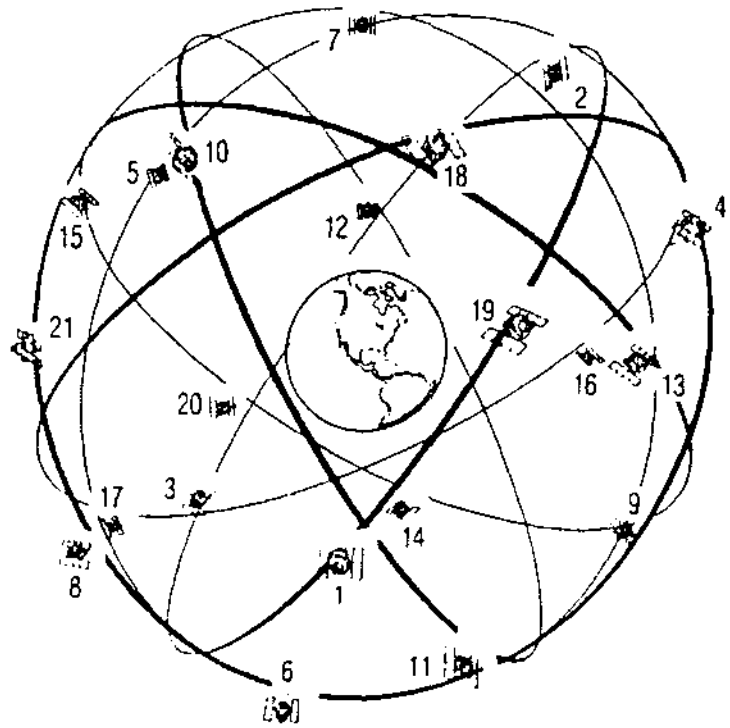
nedeniyle, alıcıya birkaç değişik yönden gelerek girişime neden olurlar. Çok yollu yayınım hataları statik ölçmelerde elimine edilebilirler. Dinamik çalışmalarda ise sinyallerin kaybedilmelerine neden olurlar(loss of lock).

5.7.5 Taşıyıcı Araçtan Kaynaklanan Hatalar

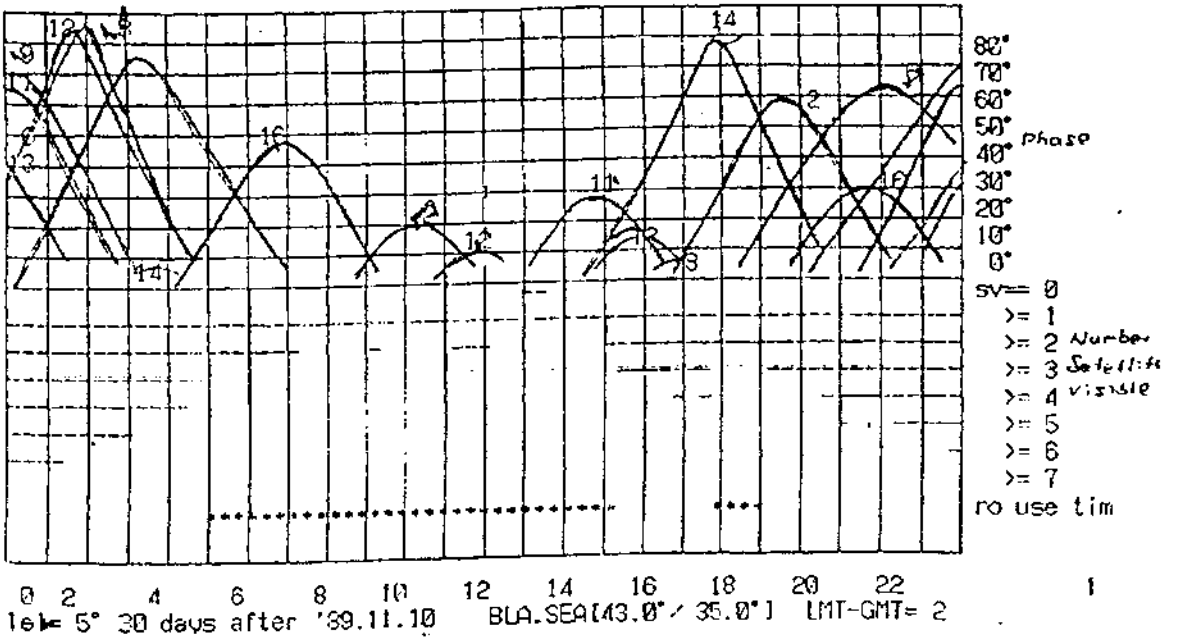
Statik ölçmelerde görülmeyen bu hata, Kıyı ötesi araştırmalarda, alıcıyı taşıyan aracın hızına ve yaptığı manevralara bağlı olarak, özellikle tek kanallı alıcılarda büyük sorunlar yaratırlar. Kullanılan alıcı tek kanallı ise; alıcı konum hesaplamalarını tamamlamadan, aracın hareket bileşenlerinden hiç birinin değiştirilmemesi gerekir. Eğer kullanılan tek kanallı alıcı, multiplex türünden ise; bu durumda da deniz araştırmalarında pek fazla önemsenecek hatalar olmaz.



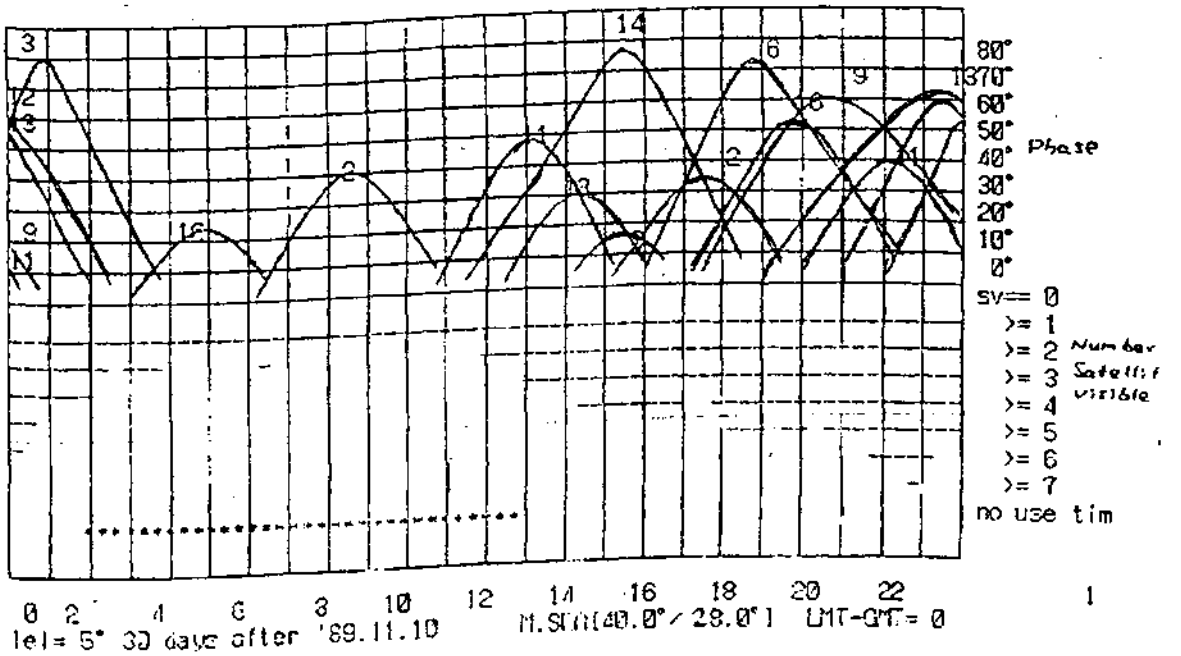
Sekil.31 Uydu Yörüngeleri Düzlem Açıları



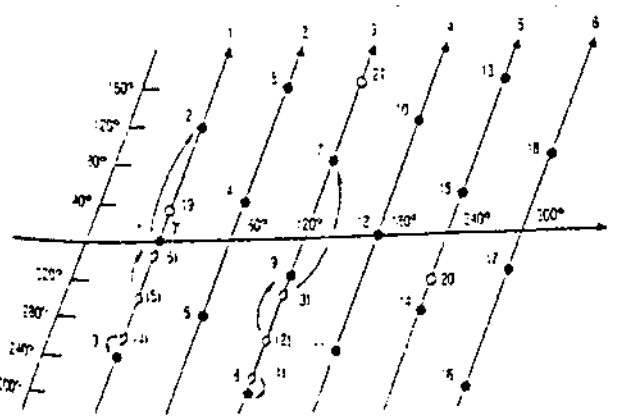
Sekil.32GPS Uyduları ve Yerlesim Geometrileri
(Ananda,M.1988)



Şekil.33: Karadeniz GPS Uydu Görünürlük Grafiği



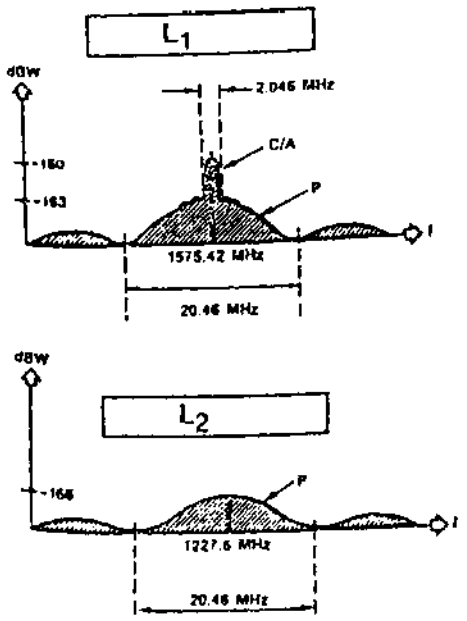
Şekil.34: Marmara ve Ege Denizi GPS Uydu Görünürlük Grafiği(Koden,1989)



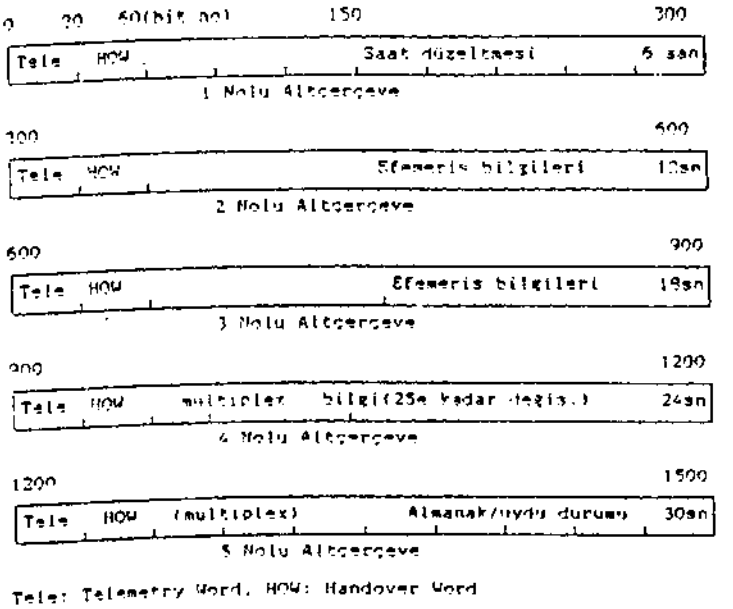
Şekil.35. GPS Uydu Yerleşimi (uydu yer değiştirmesi)



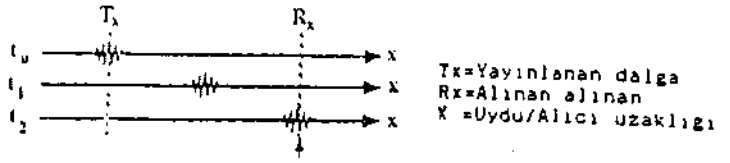
Şekil.36. GPS Yer İzleme İstasyonları



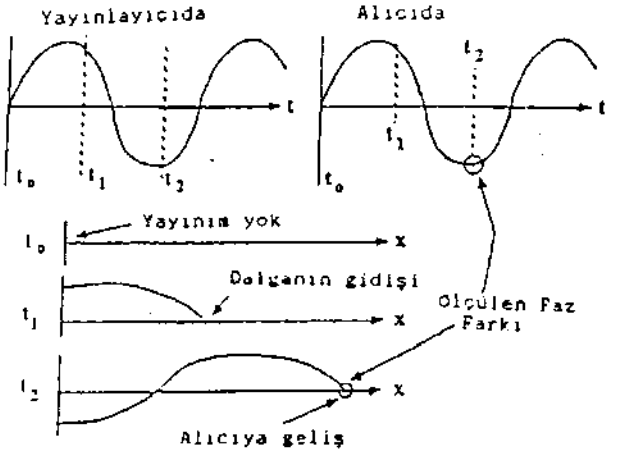
Şekil.37. GPS Uydu Sinyali Kodlanması



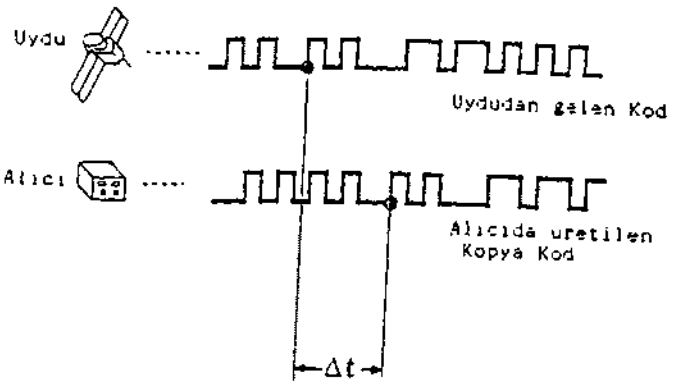
Şekil.38. Navigasyon Bilgi Formatı



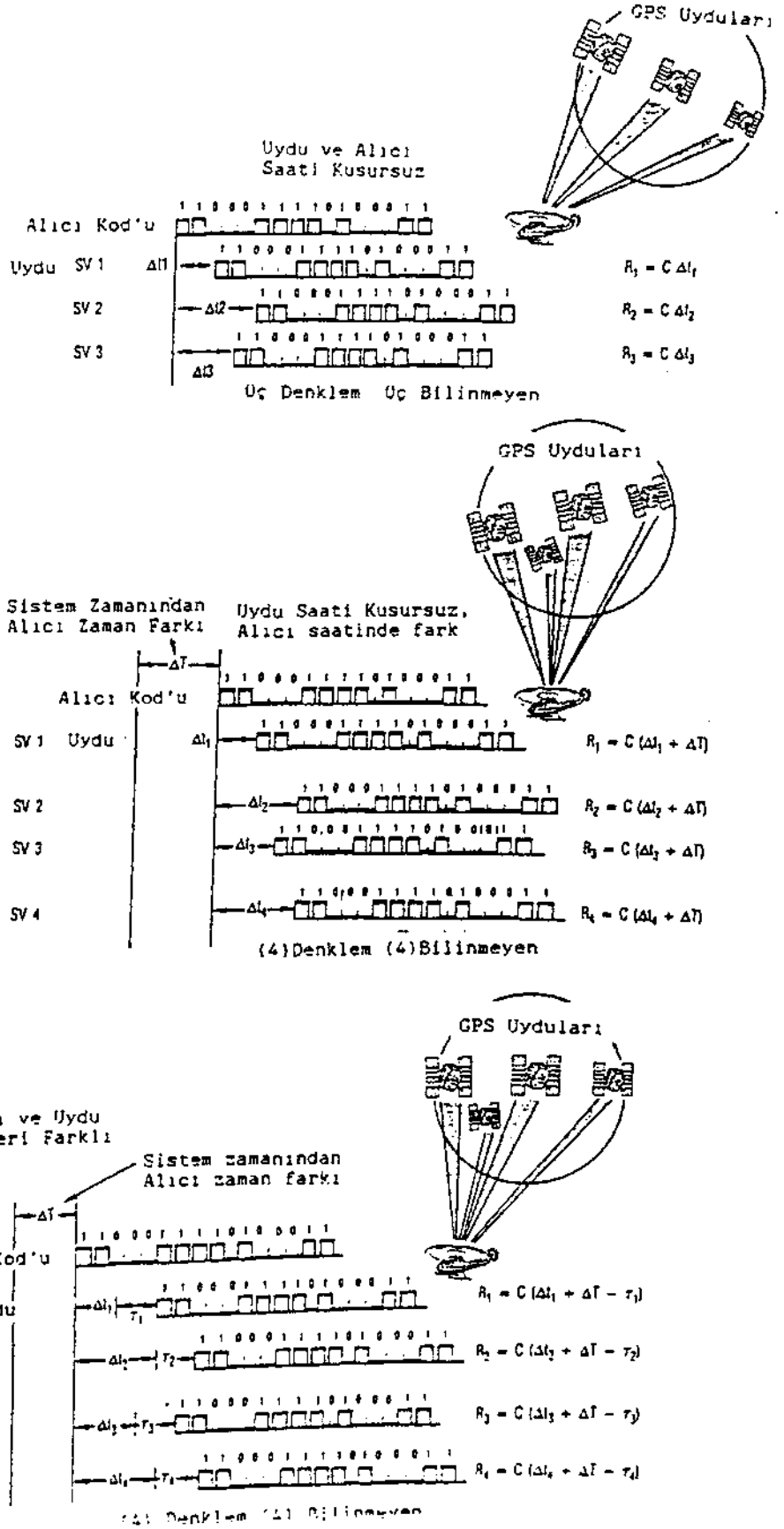
Şekil.39. Pulse Dalgası ile Uzaklık Ölçümü



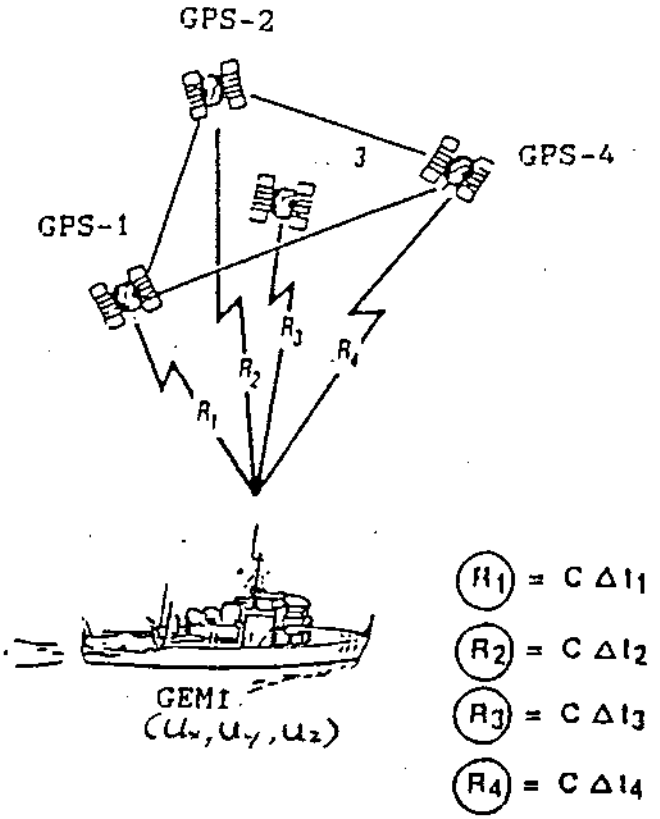
Şekil.40. Sürekli Dalga ile Uzaklık Ölçümü



Şekil.41. Pseudo Uzaklık Ölçümleri



Şekil 42.Uydulardan Alınan Efemeris Bilgileri ile Konum Belirleme (Lassiter,1988)



$$(X_1 - U_x)^2 + (Y_1 - U_y)^2 + (Z_1 - U_z)^2 = (R_1 - C_\Theta)^2$$
$$(X_2 - U_x)^2 + (Y_2 - U_y)^2 + (Z_2 - U_z)^2 = (R_2 - C_\Theta)^2$$
$$(X_3 - U_x)^2 + (Y_3 - U_y)^2 + (Z_3 - U_z)^2 = (R_3 - C_\Theta)^2$$
$$(X_4 - U_x)^2 + (Y_4 - U_y)^2 + (Z_4 - U_z)^2 = (R_4 - C_\Theta)^2$$

KONUM DENKLEMLERI
$R_{1,2,3,4}$ =Uzaklıklar
C= Işık hızı
Θ =Kullanıcı ile Uydu arasındaki gecikme hatalarını iceren görünür uzaklıklar.

Şekil.43.Pseudo-Uzaklık ölçümleri ile Kullanıcının Koordinatlarının Bulunması

6 Diferansiyel GPS Ölçme Yöntemi

Diferansiyel GPS; klasik GPS ölçümlerindeki hataların giderilmesine yönelik bir konum belirleme yöntemidir.

6.1 Diferansiyel GPS Anlamı

Diferansiyel ölçme yöntemi; GPS, Transit (NNSS) uydu sistemi, Omega ve Loran-C gibi uzak mesafeli konum belirleme sistemlerinin, ölçmelerdeki doğruluğunu artırmak amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, bölge olarak tanımlanan alan; bilinen noktadan, 200- 500Km uzaklığına gider. Bu uzaklıklar, tamamen bilinen noktaya kurulan, diferansiyel istasyonunun, hesapladığı düzeltme değerlerini, alçak frekanslarda, gönderebileceği yayınım gücüne bağlıdır (Jensen,1992).

GPS uydu sisteminde kullanılan referans istasyonu tarafından belirlenen düzeltme değerleri, ya doğrudan ilgili GPS alıcılarına (VHF) gönderilir yada; uzayda bulunan, **INMARSAT** gibi, değişik iletişim uyduları üzerinden, karalardaki yada denizlerdeki, GPS alıcılarına gönderilir. Referans DGPS istasyonu tarafından bulunan hatalar; aynı bölgedeki değişik noktalar için ortak hatalar olacağından, 500/ 800 Km alan içinde bulunan her alıcı, aynı düzeltmeleri kullanabilir.

GPS Diferansiyel yöntemi; Aynı anda farklı yerlerde konumlandırılmış GPS alıcıları kullanılarak ölçülen konum değerlerinin, bilinen bir noktaya yerleştirilmiş olan başka bir alıcıdaki değerlerle, karşılaştırılması sonucu hata miktarlarının belirlenerek, diğer alıcıların konumlarının

doğruluğunun artırılmasına dayanan bir yöntemdir.

Diferansiyel GPS yönteminde; referans olarak alınan GPS alıcısı, konum koordinatları çok doğru olarak bilinen bir noktaya yerleştirilir (Şekil.44). Bir GPS alıcısında, deneysel olarak bulunan hatalar, aynı bölgede kullanılmış olan, diğer alıcılarda ortaya çıkan hatalarla aynı olacağı için referans istasyonunda belirlenen hatalar, konumu kesin olarak bilinmeyen hareketli araçlar içinde bulunan, GPS uydu alıcılarına yüksek frekanslı yayınlar olarak gönderilirler. Konumu kesin olarak bilinmeyen alıcılar, kendilerine gelen bu düzeltme bilgilerini alarak, anında değerlendirerek, kendi konumlarını büyük bir doğrulukla belirleyebilirler.

6.2 Diferansiyel GPS Sisteminin Yapısı

Referans istasyonundaki çok kanallı GPS alıcısı, görüş alanına giren tüm uyduları izler. Bu GPS referans uydu alıcısı, tüm uydulara ait düzeltme farklarını hesaplar. Yeri kesin olarak bilinmeyen GPS alıcısı da, aynı anda, referans istasyonu tarafından izlenen uyduları kanal sayısına göre izleyerek, kendi konumunun koordinat değerlerini bulur.

Alıcıdaki, konum belirleme işlemcisi, alıcı ile alınan, düzeltme değerlerini, uydulardan doğrudan aldığı bilgilere uygulayarak, kendi konumunu büyük bir doğrulukla hesaplar. Bu hata düzeltme değerlerinin özelliği; gerek hareketli, uydu alıcısı ile gerekse diferansiyel referans uydu alıcısı ile, aynı anda izlenen uydulara ait düzeltme değerleri olmasıdır.

6.3 DGPS Ağ'ının Kurulması

Diferansiyel GPS ağı iki şekilde kurulabilir. Bunlar;

1- Diferansiyel Referans GPS İstasyonu ve Alıcılar,
2- İki GPS Alıcısı Kullanarak Hazırlanan ağ.

6.3.1. Diferansiyel Referans GPS İstasyonu ve Alıcılar

Bu yöntemde; Diferansiyel Referans GPS İstasyonu olarak, özel olarak tasarlanan sistemler kullanılır(Şekil 45). Referans istasyonu olarak kullanılacak sistemin yapısında;

- Çok kanallı GPS Uydu alıcısı (12 kanala kadar),
- Hata belirleyici işlemci,
- Düzeltme değerleri belirleyici,
- Bilgi Depolayıcı hafıza birimi,
- Hataları Yayınlayan Verici ve Anten Birimi bulunur.

Bu yöntemin özelliği; konumu bilinen noktaya yerleştirilmiş olan referans istasyonuna ait çok kanallı GPS alıcısının, izlediği en az 5 uyduya ait sinyallerin kodlarını çözerek, kendi yerini bulmasıdır. Bulunan konum değerleri ile, daha önceden hafızasına yerleştirilmiş olan, nokta konum değerleri karşılaştırılarak, aradaki farklar sürekli olarak hesaplanır.

Gemilerde yada diğer araçlarda bulunan DGPS uydu alıcıları ile; hem uydu konum değerleri, hemde, DGPS referans istasyonundan alınan düzeltme değerleri, ayrı ayrı kanallardan alınarak, eş noktalara ait düzeltilmiş, nokta konum değerleri bulunur ve navigasyon bilgisi olarak kullanılır.

Diferansiyel GPS Referans İstasyonları; yüksek doğruluklu konum bilgilerini belirleyerek, tekrar 1.6 - 3.5 MHz frekans band aralığında, çok uzaklara gönderebilecek sistemler (500 - 800 Km) olarak yapıldıkları gibi; Ülkelerin kendi kıyılarında kullanabilecekleri ve taşınabilir özellikleri olan portatif sistemler olarak ta yapılmışlardır.

Taşınabilir referans istasyonların, düzeltme değerlerini yayınlandıkları frekans bandı ise; 405 -470 MHZ (UHF) aralıklarında değişmektedir. Diferansiyel GPS alıcılarında iki anten vardır. Bu antenlerden birisi; normal GPS uydu alıcısı anteni diğeri ise; Diferansiyel GPS istasyonundan gelen düzeltme değerlerini alabilecek antendir.

6.3.2 İki GPS Alıcısı Kullanılarak Hazırlanan Ağ

Bu yöntem; birbirinden bağımsız olarak kullanılan, iki GPS alıcısı kullanılarak yapılır. GPS alıcılarından birisi, konumu bilinen ve çalışma alanına yakın olan bir noktaya yerleştirilir (Şekil.46). Bu GPS alıcısı, bulunduğu noktada sürekli olarak, nokta konum değerlerini kayıt ederek, bir bilgisayar belleğinde depolar. Alıcı sürekli olarak aynı noktaya ait konum değerlerini kayıt edeceği için, alınan konum değerleri arasında ortaya çıkabilecek farklar, ölçü anında izlenen uydulara ait konum düzeltme değerleri olacaktır.

İkinci olarak kullanılacak GPS uydu alıcısı, konumu hassas olarak belirlenmesi istenen araca monte edilir. Karadaki referans noktasına yerleştirilmiş olan uydu alıcısı ile aynı anda, aynı uyduları izleyecek olan, araçtaki alıcının hesapladığı konum değerleri, aracın hareketi nedeniyle, istenen doğruluk sınırlarında olmayacaktır. Çalışmalar sona erdikten sonra, büro çalışmaları ile, birinci alıcıdan elde edilen eş noktalara ait fark değerler, ikinci uydu alıcısı ile bulunan nokta konum değerlerine düzeltme olarak uygulanarak, ilgili noktalara ait doğru konum

değerleri belirlenmiş olur. Bu yöntem; hem ucuz, hemde ek olarak bir referans sistemine gerek duyulmadan kullanılabilecek bir yöntemdir. Bu sistemde iki uydu alıcısı arasındaki uzaklık birkaç yüz kilometreye kadar olabilir. Uydu alıcıları, birbirlerinden bağımsız oldukları için, gerektiğinde, farklı iki araçtada ayrı ayrı konum belirleyici sistemler olarak kullanılabilirler.

İyonosferik ve Troposferik hatalar; bazı bilim adamları tarafından geliştirilmiş modellerle tanımlanarak formülüze edilmiştir (Hopfield ve Saastamoninen gibi).

Diferansiyel GPS uygulamaları, bazı GPS alıcısı yapan firmalar tarafından, geniş alanlarda kullanılmak üzere, referans alıcı ve ölçülen düzeltmeleri, firmaya ait GPS alıcıları kullanan gemiler tarafından, alınabilecek şekilde yayınlayan sabit istasyonlar kurularak yapılmaktadır. Bu firmalardan birisi olan SERCEL'in, Portekiz ile İskandinavya yarımadası arasındaki her noktadan, DGPS düzeltme değerlerini alınabileceği şekilde oluşturduğu DGPS ağı halen kullanılmaktadır. Kurulan bu DGPS ağ'ı sayesinde; tüm İngiltere adasının her noktasında ve batı Avrupa kıyılarında, Sercel-GPS alıcısı kullanan, tüm gemilerin navigasyon sorunları, giderilmiş olmaktadır.

Belirlenen düzeltme değerlerinin ilgili alıcılara iletimi için değişik yöntemler vardır. En çok kullanılan yöntem; referans istasyonundan elde edilen diferansiyel düzeltmelerin, anında (Real Time) hareketli istasyonlara gönderilmesidir. İstasyondaki alıcı bilgileri alarak , kendi

konum hesaplamalarında kullanır.

Bilgi iletimindeki ikinci yöntem ise; Pseudolite diye adlandırılan ve zamana bağlı yöntemdir. Bu yöntemde uydu sinyali; L_1 bandında modüle edilerek, diferansiyel düzeltmelerde GPS alıcıları ile kullanılabilecek duruma getirilerek yayınlanır. Bu kotlanmış (Modüle edilmiş) bilgilerde, diferansiyel düzeltme değerleri bulunur. Bu yöntemin özelliği; uydudan alınan bilgiler için, diferansiyel düzeltme bilgilerine gerek olmamasıdır. Sadece, uydudan yayınlanan sinyalin, yayınlanma zamanı ile, GPS alıcısı tarafından, aynı sinyalin alınış zamanlarının, bilinmesi yeterlidir. Dolayısı ile, uzaklık ölçümleri, yayınlanan sinyalin geliş zamanına göre yapılır. Bu nedenle bu tür ölçmelere Pseudo uzaklık ölçümleri denir. Bu ölçümler, uydu geometrisinin kötü olduğu durumlarda yararlı olur.

Sonuç olarak; duran yada hareket eden istasyonlara bağlı olmayan; her iki durumda da kullanılabilen bir yöntem olan GPS diferansiyel yöntemi, kıyı ötesi jeofizik araştırmalarda, Hidroğrafik çalışmalarda ve her türlü Oşinoğrafik Çalışmalarda kullanılabilir, en kolay ve en güvenilir bir yöntem olmaktadır.

6.4 Diferansiyel GPS Çalışmaları

DGPS çalışmaları; dinamik çalışmalarda nokta konum hatalarını bir kaç metreye kadar düşürmüştür. Özellikle, diferansiyel uygulamalarda, uydu destekli konumlamalarla (referans istasyonundan gelen bilgileri kullanıcılara aktarıcı iletişim uyduları) topoğrafik engeller aşılmış ve

referans istasyonu yer seçiminde de çalışma alanı sınırları genişlemiş olmaktadır .

6.5 Diferansiyel GPS ölçümlerindeki Hata Kaynakları

Diferansiyel GPS, ölçme doğruluğunu etkileyen faktörler, aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Ortak hataların, uzay ortamında, yeniden karşılaştırılması,
- istenen uzaklıklarda, geçici olarak düzeltme yada karşılaştırma,
- Kontrol edilemeyen, araç hareketlerinin ortaya çıkarttığı hatalar,
- Referans istasyonunun yada taşıyıcı aracın, konumundan gelen hesaplama hataları.

GPS hata kaynakları, ölçü noktası ile referans istasyonunun dağılım uzaklığına bağlı olarak, değişik değerler gösterir.

NOMİNAL HATA	Difer.Hata
* Uydu yörünge parametreleri hatası	Küçük
* Uydu saat kayma hatası	Çok küçük
* Seçilen kullanma kodu (C/A Code)	Büyükten biraz
* İyonosferik yayınımdaki gecikme hatası	Büyük
* Troposferik yayınımdaki gecikme hatası	Orta
* Doğrusal olmayan yayınım hatası(Multipath	Orta-Büyük
* Alıcı saat kayma hatası	Çok küçük
* Alıcılardaki gürültü hataları	Küçük

Tablo.1 Uydu konum hata kaynakları

Diferansiyel kullanım durumundaki, diğer hataların dağılımları da, yukarıdaki tabloda gösterilmiştir.

Dünya denizlerindeki konum belirlemelerde; diğer seyir sistemlerine göre, GPS diferansiyel sistemi, çok daha kullanışlı olması nedeniyle , hidroğrafik, oşinoğrafik ve kıyı ötesi jeofizik araştırma gemileri için vazgeçilmez

gereksinim olarak yerini almaktadır. Jeodezik konum belirlemek için, kıyı bağlantılı radyo konum belirleme sistemleri gibi kullanımı hem zor hem de daha çok insan gücüne gerek duyan sistemler, bazı çok özel durumlar dışında (küçük bölgelerde askeri amaçlı hassas çalışmalar gibi), kurulmasını gerektirmeyecektir.

Diferansiyel GPS kullanan araçlar, herhangi bir düzeltme yada kalibrasyona gerek duymadan, 24 saat hertürlü hava şartlarında çalışabilirler. Her türlü bilimsel araştırmada, DGPS nin kullanılması mümkündür. Deniz bilimlerinde her türlü kıyı ötesi jeofizik, hidroğrafik ve oşinoğrafik çalışmalarda, nokta konum belirlemelerde 5 metrelik doğruluk değeri (2drms), C/A kodunda iyi değer olarak kabul edilmiştir. Bu doğruluk 10 m olduğu zamanlarda, yapılacak çalışmalardaki, belirlenen doğruluğun % 90'nını karşılayabilecek demektir.

6.6 Diferansiyel Sistem Yerleşimi

Diferansiyel GPS sistemi, aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir.

1- Referans istasyonu
2- Veri hattı (data Link)
3- Hareketli birimler (Ölçü istasyonu)

1- Rerefrans istasyonu seçimi

Diferansiyel GPS sisteminde kullanılan referans istasyonu aşağıdaki tüm özellikleri taşımalıdır;

- Konumu bütün uyduları izleyebilecek bir şekilde seçilmelidir .
- Her uydu için (Gerçek zaman) anında düzeltme hesaplarını yapabilmelidir,
- Diferansiyel düzeltmelere etki edebilecek bütün faktörleri

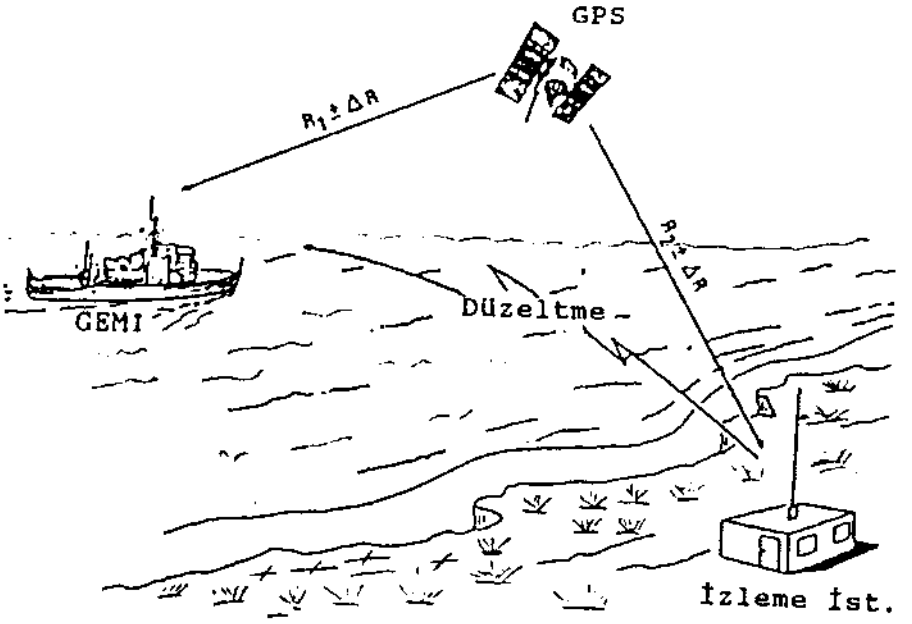
izleyebilecek şekilde yerleşimi sağlanmalıdır,

- Her uydu yayını üzerindeki sistem düzeltmelerini kesintilere ya da başlama zamanlarına karar verebilmelidir,
- Yayın için diferansiyel düzeltme mesajları, gerekli kullanım formatına uygun olmalıdır,
- Test yapmak, izlemek, veri analizi yapabilmek, mesajların formülasyonu ve mesaj iletişimini verebilecek operatör Interface' inin olması gerekir,
- Arşiv ve veri depolama özelliğinin olması gereklidir,

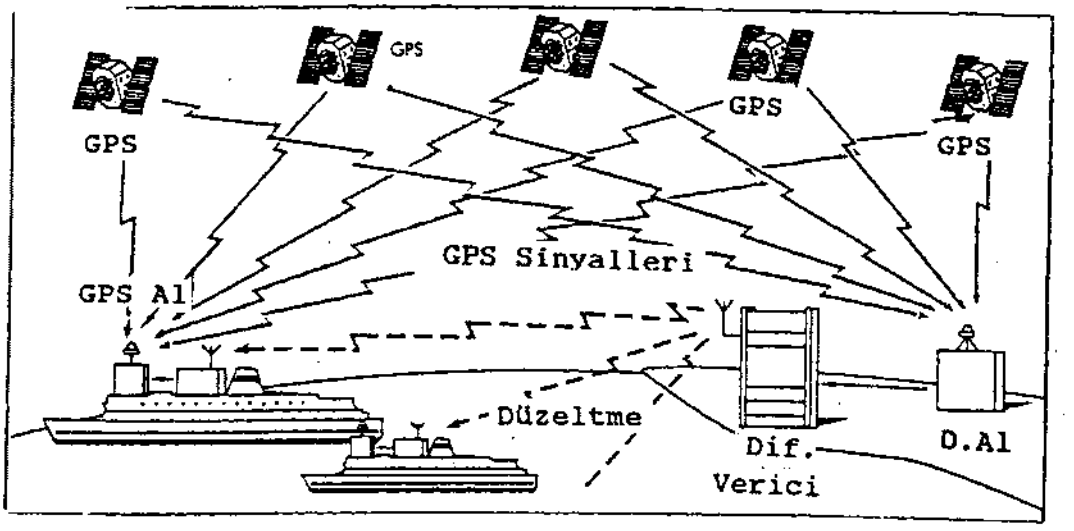
Ek olarak, diferansiyel GPS' te kullanılan referans istasyonundaki P Code; iyonosferik kırılmaları hesaplamak, troposferik etkileri ölçebilmek ve uygun modellemeyi yapabilmek için ikinci frekansın kullanılmasından , varolan doğal gürültüler de mümkün olduğunca tanımlanabilmelidir. Düzeltme değerlerinin etkileri, zaman bakımından bir takım gecikmelere uğrarlar. Ortaya çıkan gecikmeler, troposfer ortamındaki kırılmalarla doğrudan bağlantılıdır ve bu gecikmelerin neden olduğu, yol uzama miktarlarının bilinmesi gereklidir.

Anlık düzeltmelerin hesaplanması; üç aşamalı işlemle yapılır. Bunlar, görünür uzaklıktaki hata (yuvarlatması) ortalaması, saat düzeltmesi ve olası çizgisel düzeltmelerdir.

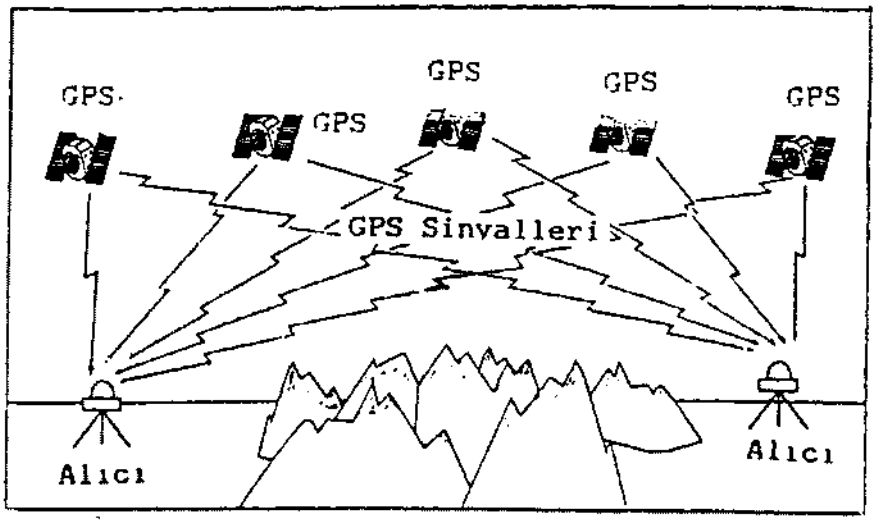
Görünür uzaklık hatalarının tahmin edilmesinde, bir takım filtreleme teknikleri kullanılmaktadır. Eğer ölçü anında (Real-Time), ölçülen değerlerde, Kallman filtresi kullanılmış ise, uzaklık bilgilerinde oldukça büyük doğruluklar sağlandığı, deneysel olarak görülmüştür(Denaro ve Loomis,1988).



Şekil.44. Diferansiyel Sistem Yerleşimi



Şekil 45.Diferansiyel GPS Ölcümünün Blok Gösterimi



Şekil 46 Iki GPS Alıcısı ile Diferansiyel Ölcme Yöntemi

7 DENİZLERDE KONUM BELİRLEME VE TÜRKİYE UYGULAMALARI

Konum belirleme çalışmaları, kullanılan sistemler açısından, Kara bağlantılı konum belirleme ve Uydu bağlantılı konum belirleme olmak üzere iki ana grupta toplanmıştı. Konum belirleme çalışmalarını, uygulama alanları olarak ta gruplamak mümkündür. Uygulama alanları olarak, konum belirleme çalışmaları, iki bölümde toplanabilir;

1- Karalarda Yapılan Konum Belirleme uygulamaları,
2- Denizlerde Yapılan Konum Belirleme uygulamaları .

7.1 Karalarda Yapılan Konum Belirleme Uygulamaları

Karalarda yapılan konum belirleme uygulamalarının hemen hemen tamamını jeodezik uygulamalar oluşturmaktadır. Bu uygulamalarıda, seçilen referans sistemlerine göre, Jeoid yüksekliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar oluşturmaktadır. Özellikle birinci dereceden nivelman ağının oluşturulduğu noktalarda, Türkiye temel nirengi ağ'ının iyileştirilmesi ve yapılan ölçülerin elipsoid yüzeyine doğru olarak indirgenebilmesi için sağlıklı olarak elde edilmiş ülke jeoidine gereksinim vardır. İşte bu nedenle, sürekli olarak yapılan ölçme ve değerlendirmeler sonucunda TG-91 jeoidi belirlenmiştir (Şekil.47 ve 48). Türkiye jeoidinin belirlenmesinde, 62250 noktada ölçülen gravite değerleri kullanılmıştır (Ayhan,1993).

Karalarda yapılan konum belirleme uygulamalarının en büyük bölümü, klasik ölçme sistemleri ile açı, kenar ve baş ucu açıları (azimut) ölçümleri olarak yapılmaktadır. Ancak;

batısında bir genişleme olduğu hesaplanmıştır. (Ayhan ve diğ.1993). Depremler sırasında ortaya çıkan, yer değiştirmelerin belirlenmesi amacıyla, 13 mart 1992 Erzincan depreminin etkili olduğu alanlarda çalışmalar yapılmış ve bunun sonunda, deprem öncesi ve deprem sonrası 6.1 cm'lik uzamalar belirlenebilmiştir (Kınık ve diğ,1993).

Kuzey Anadolu Fay zonunda, gerilim birikim ve boşalımların izlenmesini amaçlayan projeler çerçevesinde Trimble-4000STD , 4000SST , TI- 4100 ve WM-102 gibi GPS alıcılarının kullanımı ile yapılan çalışmalar sonunda, yıllık hareketin, 20-25 mm/ yıl olduğu saptanmıştır (Kınık ve diğ,1993). Uydularla karalarda yapılan çalışmaların büyük bölümü, uluslararası ortak projeler olarak yapılmıştır (**MEDLAS-WEGENER** projesi gibi). Ülkemizden Harita Genel Komutanlığı ile DEÜ Mühendislik Fakültesi Jeofizik Bölümünün katıldıkları çalışmalara ülkemiz dışında ; Massachusetts Institude of technology, Amerika Birleşik Devletleri (MIT), Institude fur Angewandte Geodasia, Frankfurt, Almanya (IFAG) ve İngiltereden Departmant of Geological Sciences, University of Durham gibi kuruluşlar katılmışlardır.

Son yıllarda GPS teknolojisinin sağladığı doğrulukların yeterli görülmesi nedeniyle , uydu jeodezisi bilim dalı olarak, değişik ölçme teknikleri kullanılarak fotogrametri alanlarında da kullanılmaya başlanılmıştır.

7.2 Denizlerde Yapılan Konum Belirleme Uygulamaları

Ülkemizde yapılan deniz çalışmalarında, konum belirleme amacına yönelik, kullanılan sistemler ve seçilen

yöntemler; çalışma alanının büyüklüğü, çalışmalarda istenilen doğruluk değerleri, kara'da seçilecek referans noktalarının yükseklikleri ve olabilecek atmosferik ortam değişiklikleri, planlama aşamasında dikkate alınarak belirlenir.

Ülkemizde, deniz araştırmalarının sistemli olarak başlaması, 1974 yılındaki Kıbrıs Barış Harekatının getirdiği Uluslararası sıkıntılardan sonra, denizlerde petrol aramaları ve Kıt'a Sahanlığı konularının gündeme gelmesiyle başlamıştır Daha önceki yıllarda, askeri amaçlı deniz araştırmaları; sadece Seyir, Hidroğrafi ve Oşinoğrafi Dairesi Başkanlığı tarafından yapılmakta idi. Denizlerde yapılan askeri amaçlı çalışmaların büyük çoğunluğunu; plaj etüdleri olarak adlandırılan, kıyıya yakın bölgelerle koyların batimetri haritalarının hazırlanması ve denizlerdeki ortam şartlarındaki değişimlerin belirlenmesi (akıntı yönleri ve şiddetleri, türbididite, tuzluluk vd.) için mevsimlere göre yapılan veri toplama ve değerlendirme çalışmaları oluşturmaktadır.

Yazımıza konu olan, deniz araştırmalarını; özellikle kıyı ötesi jeofizik çalışmalar, hertürlü hidroğrafik ve Oşinoğrafik çalışmalar ile canlı yada cansız doğal kaynakların belirlenerek, bulunan kaynakların kullanımına sunulması gibi bilimsel çalışmalar oluşturmaktadır.

Tüm konu edilen çalışmalarda ortak olan özellik; araştırma yada çalışma yapılan alanlardan toplanan verilerin yerlerinin, aynı tür konum belirleme sistemleri ile belirlenmesidir.

Denizlerde konum belirleme uygulamaları; Kara bağlantılı sistemlerle uydu bağlantılı, Transit ve GPS sistemlerinin kullanıldığı çalışmalardan seçilen örneklerden verilecektir. Seçilen uygulamalarda, çalışma tarihi göz önüne alınarak bir sıralamaya gidilmiş ve böylece, konum belirleme sistemlerinin de gelişim sıraları yapılmış olmaktadır.

Uygulamalar;

Transit Sistem Uygulamaları,
Trısponder ve Mini Ranger Uygulamaları ,
Loran-C Uygulamaları,
GPS Uygulamaları olarak sıralanabilir..

7.2.1 Transit Sistem Uygulamaları

Ülkemiz denizlerinde, Transit sistem uygulaması; ilk olarak, 1976 yılında Sismik-1 araştırma gemisinin yaptığı, kıyı ötesi jeofizik çalışmalarında, HP 2100 bilgisayarının kontrolunda, MX-702A model çift kanallı alıcı ile olmuştur.

MX-702A transit uydu alıcısı, 150 MHz ve 400 MHz frekanslarında yayınlanan transit uydu sinyallerini alabilen, iki kanallı bir yer alıcısıdır.

Uydu alıcısı ile yapılacak çalışmalarda; jeofizik profillerin başlangıcında, transit uydu sistemi ile elde edilecek olan, fix noktaları kullanılmalıdır. Fix noktaları; uydu alıcısı tarafından, Doppler sayımları ile hesaplanmış, uydu hassasiyetine bağlı olarak, koordinatları belirlenen baz noktalarıdır. Transit sistemde, bir noktadaki uydu geçişleri arasındaki zaman farkları, genellikle bir saatten fazladır. Bu nedenle, sürekli olarak herhangi bir uydu izlenerek, anlık (real time) konum bulma olanağı yoktur. Hesaplanan Fix

noktasından (10.Doppler noktası), ikinci fix hesaplaması yapılıncaya kadar, nokta konum hesaplamaları; geminin hızı, yönü ve geçen zaman farklarının fonksiyonu olarak, matematiksel olarak yapılır ve bu tür gemi gidişine de" Dead Reckoning " hareketi denir. Geminin, deniz üzerinde olan hareketinde, deniz akıntılarının ve rüzgarların etkisi olduğu için, yön(pruva) değişmediği halde, profil üzerinden sapmalar görülür(Şekil49 ve 52). Bu sapmaları belirleyebilmek ve gerekli düzeltmeleri yapabilmek için, geminin gidiş doğrultusu (Heading) değiştirilmemek şartıyla, ikinci Fix hesaplaması yapılıncaya kadar, ayni doğrultuda geminin gidişine gerek duyulur. İkinci Fix hesaplaması yapılarak belirlenen konum ile, Dead Reckoning konumlamaları arasındaki farklar; profil başlangıcına doğru, hataların eşit oranda dağılımı ilkesine göre, her noktaya dağıtılarak, düzeltmeler yapılır. Bu tür Fix konum hesaplamalarında, dikkat edilmesi gereken husus; 10.cu Doppler sayımından itibaren, Doppler sayımlarının tamamlanmasına kadar geçen zaman içinde, gemi yönünün (pruva) ve hızının değiştirilmemesidir. Şekil.50'de, yapılan bir jeofizik çalışmada, hesaplanan konum değerlerinin ve Fix değerlerinin belirli atış aralıklarındaki hata değerleri görülmektedir. Şekildeki profil; sismik, gravite ve manyetik ölçülerin birlikte alındığı konum bilgilerini veren, navigasyon dökümüdür. Profil doğrultusu, 90° olmasına rağmen, gemi sürekli olarak sancak tarafına kaymıştır. Bu kaymaların birinci nedeni; Karadeniz akıntılarının çalışma alanında, kuzeyden güneye doğru etkili olması, ikinci nedeni

ise; konum belirlemede kullanılan uyduların kuzeyden batıya doğru geçiş yapmaları nedeniyle yaklaşan yönde, uydu zamanı ile alıcı zamanı arasındaki farklardır. Profil boyunca, ikinci uydu geçişinde de aynı durum görüldüğü için, profil doğrultusundan olan sapmalar da aynı doğrultudadır.

Transit uydu sistemi kullanılarak yapılan jeofizik çalışmalarda, profiller boyunca olan nokta konum değerleri, kullanılan yazılımın gereği, doğrudan WGS-72 referans sistemine göre elde edilmekte idi (1989 yılından itibaren referans sistemi olarak WGS-84 seçilmiştir). Daha sonra, yerel datum sistemine dönüşüm için gerekli parametreler kullanılarak, dönüştürülmüş konum değerleri elde edilebilir (Molodensky dönüşümleri).

Orta Karadenizde, yapılan çalışmalardan seçilen iki örnek profil, kesişmeleri nedeniyle derinlik değerleri olarak karşılaştırılabilir(Şekil 51). İki profil 457 (A)ve 326 (B) numaralı atış noktalarında kesişmişlerdir. A profili 90° yani kıyıya paralel, B profili ise; 205° doğrultulu ve kıyıya yaklaşan yöndedir. Derinlik kayıtlarına bakıldığında iki profilin başka bir noktada kesişmesi gerekmektedir. A profili üzerindeki kesim noktası civarında değişen bir derinlik görülmemektedir. Fakat B profili; karaya yaklaşan yönde olduğu için derinlik değişimi daha hızlı olmaktadır. Eko sounder kayıtlarından okunan, derinlikler arasındaki 5 m lik fark; geminin Dead Reckoning gidişi nedeniyle ortaya çıkan hız belirsizliğinden olabilir. Bu hatada, yön ölçerin etkisi olamaz, çünkü; karaya yaklaşan yönde sürekli olarak karadaki

sabit noktalar da kerteriz olarak alınır ve yön kıyaslaması yapılabilir. Konu edilen iki profile ait değerlendirmeler Şekil.53'de görülmektedir. Aslında bu profiller boyunca kullanılan, Doppler Sonar hız sisteminin hata oranının da oldukça düşük olması gerekir. Çünkü; deniz tabanı topoğrafyası çok düzgün ve de derinlik çok uygundur.
Yalnız bu bölgedeki askeri radarın da ölçüleri etkilediğini gözden uzak tutmamak gerekir.

Transit uydu sistemi ile konum belirlemesi yapan ikinci bir alıcı da, MNS-2000 Sistemi olarak **TCG/Çubuklu** araştırma gemisinde bulunmaktadır. MNS-2000 uydu ile konum belirleme sistemi; Decca, Loran-C, Omega ve NNSS Transit uydu sistemlerini birlikte kullanabilen entegre bir sistemdir. Bu nedenle, herhangi bir konum belirleme sistemi kullanım dışı kaldığında, seçilen öncelik sırasına göre, diğer sistemler otomatik olarak kullanıma alınarak konum belirlemesi yapılabilir. Ülkemiz kara sularında, yeterli kara istasyonları olmadığı için, gerek Loran-C ve Omega, gerekse Decca sistemlerinin kullanılabildiği söylenemez.

Transit uydu sistemi; klasik nokta konum belirleme sistemlerine göre, uygun uydu geçişlerinde, daha iyi sonuçlar vermesine rağmen, yine de jeofizik ve hidroğrafik bir çok deniz çalışmalarında kullanılabilme duyarlılığına sahip olamamıştır. Teknolojideki gelişmelerle, Transit uydu sistemi daha modern ve daha yüksek duyarlılığa sahip olan GPS Sistemine yerini devretmiştir.

7.2.2 Trisponder ve Mını Ranger Uygulamaları

Trisponder uygulamaları ile Mını Ranger(MRD III) uygulamaları aynı kullanım şartlarına bağlı olarak aynı tür ölçme sistemleridirler. Bunları ayıran tek özellik; farklı firmalar tarafından kullanıma sunulmuş olmalarıdır.

Trisponder uygulamaları 1978 yılında ilk olarak, Marmara Denizinde, MTA Sismik-1 gemisi ile derin sismik çalışmaları sırasında yapılmıştır. Test çalışmalarından elde edilen konum bilgileri, Transit sistemle aynı zamanda değerlendirildiği zaman; çalışma yapılacak profilin başlangıcında ve bitiminde uydu fix noktalarına, göre Trisponder sistemi ile, uydu sisteminin belli bir uyum içinde olduğu görülmüştür.

Uygulamalarda, Trısponder sistemi ile Transit uydu konum belirleme sistemi alıcısının, yazılımlarındaki uyumluluk nedeniyle, birlikte kullanılabilmeleri, deniz araştırmalarına yeni bir boyut getirmiştir. Trisponder; geliştirilen yazılımlarla, deniz aracının, derin deniz araştırmalarında hızının belirlenmesinde de kullanılabilmektedir. Trisponder sistemi; sabit ve konumu bilinen iki noktaya göre hareket eden bir noktanın, hareket değişimini belirleyerek hız dönüşümleri yapmakta ve böylece deniz aracının hızını verebilmektedir.

Orta Karadeniz bölgemizde yapılan kıyı ötesi jeofizik çalışmalardan birinde Transit uydu sistemi ile Trisponder sistemi birlikte kullanılarak, nokta konumlama hesaplamaları yapılmıştır. Uzunluğu 35.350 Km olan bu profilin tamamlanması yaklaşık 4 saat sürmüştür(180° doğrultulu). Atış aralıkları

50 metre seçilmiş, Gravite ölçümü, Manyetik Ölçümü, Derinlik ölçümü ve derin sismik kayıtları alınmıştır. Bu etüd boyunca Trisponder sistemleri, hız düzenleyici(Velocity Compansater) olarak kullanıldığı için, konum değerlerinde kullanılan hız bilgileri; sabit iki kara istasyonuna olan hareketli bir istasyonun, yer değiştirmesinin hız'a dönüştürülmesi ile elde edilmiştir. Geminin hız ölçeri olan Doppler sonar sistemi, deniz tabanı eğiminin fazla değişmediği durumlarda 350/400 metre derinliğe kadar, deniz tabanına göre (Bottom Track) hız ölçümü yapabilmektedir. Derinlik daha fazla arttığında yada deniz tabanı eğiminin hızlı değişiklik gösterdiği durumlarda yapılan hız ölçüm değerlerinde, büyük hatalar ortaya çıkmaktadır. Bu bir durumda ise; üzerinde çalışma yapılan profilin boyunda, matematiksel olarak uzamalar veya kısalmalar olduğu için, nokta konum değerleri de yanlış olarak hesaplanmaktadır.

Profil üzerinde, trisponder kullanılarak konum belirlemesi yapılırken, 85 nolu atış noktası civarında elde edilen uydu fix değerlerinde, boyda 130 metre uzama olduğu görülmesine rağmen, sancak/iskele konumunda herhangi bir sapma olmamıştır(Şekil.49). WGS-72 referans elipsoidinin ED-50 referans elipsoidine olan uyumsuzluğu nedeniyle 130 metrelik fark ortaya çıkmıştır. Molodensky dönüşüm denklemleri kullanılarak elde edilecek düzeltme değeri, çalışma alanının boylamına göre, boydaki uzamanın nedeni olarak görülmelidir.

Uydudan elde edilen nokta konum değerlerinde, trisponder

nokta konum değerleriyle olan farklar, uygun koşullarda hemen hemen sadece, her iki sistemin kullandıkları, referans sistemlerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan hesaplamalarda çalışma yapan gemi, bu profil boyunca sürekli olarak iskele tarafına kaymıştır.

10.647E TR 10.764E Uydu

o 15.097N Uydu

o 15.055N TR

130 nolu atış noktasındaki uydu ve trisponder konumları arasındaki farklar

10.645E TR 10.763E Uydu

o 12.798N Uydu

o 12.753N TR

210 nolu atış noktasındaki uydu ve trisponder konumları arasındaki nokta konum farkları

Yukarıdaki nokta konumlar arasındaki farklar, fix hesaplamaları sonunda da aynı çıkmışlardır. Hata oranları da yaklaşık aynı zaman aralığında aynı oranda artmış olarak görülmektedir. Bunun nedeni ise; hatanın sabit olması nedeniyle, sistemlerin kullandıkları referans kaynaklarının farklı olması düşünülebilir. Trisponder'lar kullanım dışı kaldıktan sonra hatalar artmaya başlamıştır.

Günümüzde (Ocak,1994), GPS uydu sisteminin tam olarak kullanıma girmesi ile, bu sorunlar büyük ölçüde çözüme kavuşmuştur. Transit sistemin yakın zamanda tamamen kullanımdan kaldırılacağı bilinmektedir.

7.2.3 Loran-C Uygulamaları

Loran-C yerleşim zincirinin etki alanı, Türkiye denizlerini içine almaması nedeniyle, MTA Sismik 1 , TCG Çubuklu ve K.Piri Reis gemilerimizde sistem olarak var olmasına rağmen kullanılamamıştır. Sadece 1976/1980 yılları arasında sadece Ege denizindeki araştırmalarda yardımcı konum belirleme sistemi olarak kullanılmış fakat başarılı sonuçlar elde edilememiştir.

7.2.4. GPS-NAVSTAR UYGULAMALARI

GPS sisteminin, özellikle 1990 yılından sonra üç boyutlu konum belirleme sistemi olarak kullanılmaya başlanılmasından sonra, uydu ile konum belirlemede hassasiyet kavramları da değişmiştir. Konum belirleme amaçlı projelerle uğraşan bilim adamları, statik nokta konumlamalarda, santimetre seviyesinde doğrulukla uğraşmaya başlamışlardır.

GPS uygulamaları, ölçme yöntemlerine göre iki başlık altında toplanmıştır. Bunlardan birincisi; değişik gemilerde bulunan, farklı firmaların yapımı olan, GPS alıcıları ile gerçekleştirilen ve alıcıların performansı ile Ülkemizden izlenebilen GPS uydularının kullanım özelliklerinin belirlenmesi çalışmalarıdır. Test çalışmaları, gelişme takvimine göre değerlendirilmek üzere, hem kendi ülkemiz araştırma gemilerinde, hem de yabancı bandıralı araştırma gemilerinde gerçekleştirilmiştir. En son yapılan test çalışmaları ise; Şubat/94'te Rus bayraklı **RIFT** gemisinde, **Oceonics** firması çalışanları ile hem statik ortamlarda hem de dinamik ortamlarda yapılmıştır. İkinci olarak, kıyı ötesi

jeofizik, oşinoğrafik ve hidroğrafik çalışmaları içeren uygulama çalışmalarıdır.

GPS uydu alıcıları ile ilk test çalışmaları; **KGP-900** serisi KODEN firması yapımı alıcı ile, Marmara ve Karadeniz için uydu görünürlülük izlemeleri olmuştur. 10.Kasım.1989 günü, Karadenizdeki 43°.00 Kuzey ve 35°.00 Doğu noktası esas alınarak yapılan uydu izlemeleri 24 saatlik bir zaman aralığını kapsamaktadır. İzleme süresince 10 adet uydu ancak kullanılmış ve bunların yörünge geçiş düzlemleri ve izledikleri yol grafik halinde Şekil. 33 'de verilmiştir. Şekle bakıldığında; 06/16 saatleri arasında ancak tek uydu geçişi olduğu için, GPS alıcıları kullanılarak konum belirlemede üç boyutlu belirleme yapmak olanağı yoktur. 19/24 ve 24/04 saatleri arasında ise izlenebilecek uydu sayısı fazlalaştığı için üç boyutlu nokta konum belirleme olanağı olmaktadır. İkinci yapılan uydu izlemeleri ise; Marmara denizi ile Ege denizinin kuzey kısımlarını da içine alan görünürlülük izlemeleridir. Şekil. 34 'den de görüleceği gibi, bu bölgede bir günlük zaman içinde izlenen uydu sayısı (8) tanedir ve ancak 13/24 ile 00/03 saatleri arasında kalan zaman dilimi içinde nokta konum belirleme olanağı olmaktadır.

İkinci olarak GPS uydu sistemi ile yapılan test çalışması; **NATO** araştırma gemisi **"ALLIANCE"** ile yapılmıştır. Allıance araştırma gemisi; zamanımızın en iyi donatılmış bir araştırma gemisidir. Bu gemide navigasyon sistemleri dışında kalan tüm araştırma sistemleri, çalışmanın amacına göre, kızaklar yerleştirilmiş gemideki laboratuvarlara monte

edilerek geçici olarak, çalışma süresince gemide tutulmaktadır. Bu özelliği nedeniyle, Alliance gemisi ile, bilimsel amaçlı her türlü projeleri gerçekleştirme olanağı vardır. Boy uzunluğu 93 metre ve eni, 15.2 metre olan bu gemide konum belirleme için; **MX GPS T-SET** uydu alıcısı, **MX 1107 SATNAV** Transit uydu alıcısı, **MX 1105 OMEGA+SATNAV** alıcısı ile **LORAN-C** konum belirleme sistemlerinin tamamı, uygun yazılımla birleştirilerek birlikte kullanılmaktadır.

ODTÜ-BİLİM (R/V) gemisi ile 08.06.1990 güne İstanbul Haliçteki Atatürk köprüsünün, Haliç tersanesi ayağında yapılan statik deneme çalışmalarında, **MX 5400 GPS NAVİGATOR** ile **MX 5102 Transit** uydu alıcısı kullanılmıştır. Bu çalışmanın en ilginç yanı; hem GPS uydularının hemde transit sistem uydularının ayrı ayrı, aynı noktada, nokta konum hesaplamalarında kullanılmış olmasıdır. Transit uydularının nokta konum hesaplamalarında kullanılması için, uzun zaman izlenmesi (en az 20 dakika) ve uydu geçişlerinin de oldukça sık aralıklarla olması gerekmektedir. Halbuki yapılan bu karşılaştırmalı deneme çalışmasında da görülmüştür ki, iki uydu geçişi arasında 2 saat 46 dakika gibi zaman aralıkları olabilmektedir. Deniz ortamının dinamik olduğu düşünülürse; ölü gidiş olarak geçecek zaman aralığında yapılacak hatalar da kabul sınırlarının dışında olacaktır.

UYDU geçiş sıra no	Uydu Geçiş zamanı (GMT)	Uydu Yörünge Yükseklik açısı	Uydu Tanım numarası ID
1-1	08.14	25°	30490
1-2	08.40	15°	30490
1-3	09.54	58°	30490
2	11.47	7°	30490
3	13.04	42°	30500
4	13.49	84° yük.	30200
5	14.59	3° alç.	30500
6	15.37	11° alç.	30200
7	16.17	7° alç.	30480
8	18.04	54°	30480
9	19.29	14°	30490
10	19.53	27°	30480
11	21.16	82° yük.	30490
12	22.39	20°	30500
13	23.09	17°	30490
14	00.27	73° yük.	30500
15	00.51	36°	30200
16	02.17	11° alç.	30500
17	02.39	35°	30200
18	04.33	12° alç.	30480

Tablo. 1 Transit Uydu Geçiş takvimi (8.Haziran.1990)
(Atatürk Köprüsü,41°01.53N,28°58.01E)

Deneme çalışmasının yapıldığı güne ait Transit uydu geçiş takvimi ve uydu yükseklikleri Tablo. 2 de verilmiştir.

Tablodaki uydular GPS sistemine geçiş uyduları olarak tanımlamaktadırlar ve eski uyduların tamamı bu tarihte kullanım dışı bırakılmışlardır. Kullanılabilir toplam Transit uydu sayısı 4 tanedir ve bu uydularında en geç 1995 yılında kullanımdan kaldırılacağı ve sadece GPS uydularının kullanımda kalacağı bildirilmiştir.

Transit sistem uydularındaki zaman sınırlamalarına karşın, GPS uydularında ise; herhangi bir zaman boşluğu söz konusu değildir. Deneme sırasında, yörüngelerine yerleştirilmiş GPS uydu sayısı (7) olmasına rağmen günün her saatinde GPS uydusu izlemek mümkündür. Bu ise GPS uydularının

üstünlüğünün bir belirtisi olarak alınabilir. ODTÜ-EDB enstitüsüne ait Bilim araştırma gemisi ile, yapılan deneme çalışmaları sonunda, elde edilen nokta konum değerleri Şekil. 54'de görülmektedir. Değerlerdeki dağılıma bakıldığında; GPS sistemiyle elde edilmiş olan noktaların yerlerinin, Transit sistemle elde edilen nokta yerlerine göre daha az değişken ve birbirlerine daha yakın olduğu görülmektedir. Gemi kıyıya bağlı olduğu halde, ortaya çıkan bu nokta konum yer değişiklikleri; sistemler arasındaki hassasiyet derecesinden ve geminin kısa peryotlu salınımlarından ortaya çıkmaktadır.

Şekil.55'de ise; GPS veTransit uydu sistemlerinden elde edilen nokta konum değerleri, eş değerdeki dik eksenler sisteminde birlikte gösterilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi; GPS fix ölçü noktaları daha az değişken yani; sabit noktadan olan sapma değerleri oldukça küçük kalmaktadır. GPS ölçümleri ile aynı noktadaki en büyük hata; enlem doğrultusunda ve 46 metre iken (matematiksel ortalama hata;25 metre), boylamdaki en büyük hata, 20 metredir. Transit sisteme bakıldığında; boylam hatası olarak kabul edilebilecek değişkenliğin en büyük değeri; 450 metre, enlemde ise; 200 metre civarında olduğu görülür. Bu verilen değerlerden de görüldüğü gibi; GPS sistemiyle elde edilen nokta konum doğruluklarının, Transit sistemle elde edilen değerlerle kıyaslaması dahi yapılamaz.

Urla İskele limanında yapılan test çalışmaları Trımble-GPS 10X uydu alıcısı ile yapılmıştır. GPS 10X uydu alıcısı aynı zamanda Loran- C sistemini de konum belirlemede

kullanabilmektedir. Loran- C konum belirleme sistemi konum belirleyici olarak hiç kullanılmamıştır.

MTA İzmir Bölge müdürlüğü ile Seyir Hidroğrafi ve Oşinoğrafi Dairesi topoğraflarının yaptıkları ölçmeler sonucunda belirlenen baz noktasında GPS uydu alıcısı ile belirlenen fix noktaları Şekil.56 ve 57'de aynı eksenler sisteminde gösterilmiştir. Şekilde; iki ayrı topoğraf tarafından belirlenen fix noktaları karşılaştırıldığı zaman, bunların düzlem koordinatlarında; Y=10.68, X= 42.51 m kadar birbirine göre farklı değerler olduğu görülmektedir. Bu hatalar; iskele üzerindeki, iki değişik iskele babasının baz alınarak değerlendirilmesinden kaynaklanmaktadır. İskele babaları arası uzaklık yaklaşık 40 metre kadar olduğu düşünülürse, iki değerin, GPS uydu alıcısı için gerekli baz noktası olarak kabul edilebileceği görülür. Düzelteme değeri düşünülürse; SHOD topoğraflarının belirlediği nokta konum değeri, aynı zamanda GPS uydu alıcısı için de baz noktası alınabilir. Buna göre yapılan testler sonunda; GPS uydu alıcısı ile bulunan baz noktası değerleri (fix) güney yönünde 200 metre, batı yönünde ise 40 metre kadar kayık olduğu ortaya çıkmıştır. Burada elde edilen GPS uydu alıcısı fix değerleri, değişik zamanlarda yeniden ölçüldüğü zaman, değerler arasında, güneye doğru; 100 m batıya doğru ise; ortalama 40 m kadar sapmalar gözlenmiştir. Bu farkların seçilen referans sistemine ait düzeltme değerlerinin, yerel datum sistemine olan farklardan kaynaklandığı düşünülebilir. GPS uydu değerleri, uydu referans sistemi olan WGS-84

sisteminden, ülkemiz datumu olarak kabul edilen ED-50 referans sistemine dönüştürülerek kullanılmaktadır. Şekil.57 'de GPS uydu fix noktaları ile aynı noktaya ait topoğraflar tarafından hesaplanmış değerler birlikte gösterilmişlerdir.

Urla iskelede yapılan çalışmalarda elde edilen uydu görünürlülük grafikleri, zaman içindeki değişimleri vermesi açısından Şekil.68 ve 69 'da verilmiştir. Yörüngeye yerleştirilen uydu sayıları arttıkça, izlenebilen uydu sayısında da artış olmaktadır.

19.Aralık.1992 günü Urla iskelede elde edilen ölçümler sonunda belirlenen uydu görünürlülük grafiğine bakıldığında; kullanıma giren uydu sayısındaki artışa bağlı olarak, en az (4) uydu günün 24 saatinde izlenebilmektedir. Kulanılır uydu sayısı bu dönemde, 18 olmuştur. En az(4)uydu izlenerek yapılan nokta konum hesaplamaları(3)boyutlu olarak yapılabilmektedir.(5)uydu ise; sadece günün 01.30 saatlik bölümünde izlenememektedir. Bunun anlamı; Türkiyenin her tarafında, günün tamamında (3) boyutlu konum hesaplaması yapılabilir demektir. Halbuki aynı yılın başlarında (11.Şubat.1992) günü İstanbul boğazı, Emirgan önlerinde yapılan testlerde; iki boyutlu nokta konum hesaplamaları 24 saat boyunca yapılabilirken, ancak 11 saatlik bir zamana aralığında (3) boyutlu konum belirlemeleri çalışır durumda olan (15) uydu sayesinde yapılabilmekte idi. Özellikle, uydu alıcılarının kanal sayısının artması ile birlikte, izlenen uydu sayısı da artmış ve nokta konum belirlemede kullanılan

kestirmeler de çoğaldığı için, uydu yerleşim geometrisine bağlı olarak ortaya çıkan hatalar en az'a indirilmiştir. Böylece, herhangi bir proses işlemine gerek olmadan en iyi nokta konum değerleri belirlenmiş olmaktadır. Şekil.58 Marmara denizinde 19. Ocak. 1994 günü yapılan bir çalışmada kullanılan uydu sayıları ile yapılan bu ölçümlere referans istasyonları kullanılarak uygulanan düzeltme değerleri görülmektedir. Bu çalışmadan da görüldüğü gibi, aynı anda (8) uydu izlenmiş ve bunlardan PRN-4 uydusu yükseklik açısındaki uyumsuzluk nedeniyle değerlendirilmeye alınmamıştır. Bilindiği gibi uydu kullanımlarında, uydu geçiş yüksekliği 15°den küçük değerlerde olduğu zaman, hesaplamalarda büyük kesişim hatalarına neden olmasından dolayı, değerlendirilmeye alınmazlar. Aynı bölgede ve 13 dakika sonra alınan kayıtta yine (8) GPS uydusu izlenmiş fakat bunlardan sadece (5) tanesi kestirim hesaplamalarında kullanılabilmiştir. Diğer üç uydunun geçiş yükseklikleri belirtilen sınırlar dışında kalmaktadır. Bütün bu olumsuzluklara rağmen, nokta konum belirlemelerde, üç boyutlu konum belirlemeye yetecek kadar, uygun kullanım şartlarını taşıyan uyduları izlemek mümkün olmaktadır.

7.3 DİFERANSİYEL GPS UYGULAMALARI

Diferansiyel yöntem kullanılarak yapılan GPS ölçmeleri, Marmara denizi tabanına döşenmiş olan, **Ambarlı-Pendik** doğal gaz boru hattının, görüntülü olarak izlenerek kontrol

edilmesi çalışması başlangıcında yapılan, dinamik ve statik denemeler sırasında, Ülkemizde ilk kez kullanılmıştır. Daha sonra, Nisan 1994 ayı içinde, DEÜ K.Piri Reis gemisi için alınan DGPS(Trımble) sistemi, İstanbul Boğazı zemin etüdünde kullanılmıştır.

Doğal gaz boru hattı; Pendikten başlayıp adaların güneyinden geçtikten sonra, Ambarlıya kadar uzanır ve yaklaşık 55 Km lik bir uzunluktadır(Şekil.59). İki hat halinde uzanan doğal gaz boru hattının, iki tarafında koruma kabloları ve beton koruyucular vardır. Koruyucu kablo; şamandıralarla askıya alınmış ve beton ağırlıklarla da deniz tabanına sabitleştirilmiştir.

ROV Sistemi (Scorpıon); 1000 metreye kadar deniz derinliğine inebilecek şekilde donatılmıştır. Araç; deniz içindeki her türlü hareketini, (dalma, yüzme ilerleme ve yukarı çıkış) **TRUSTER** adı verilen yüksek devirli ve pitch kontrollu denilen, değişik yönlendirilmiş 6 adet pnomatik pervanelerle yapmaktadır. Sistem tamamen uzaktan kablo kumandalıdır.

ROV üzerinde, aracın gittiği yönün belirlenmesi ve deniz tabanındaki hareketinin dengelenebilmesi için, MK-10 serisi Gyro monte edilmiştir. Sistemle kullanılmak ve ROV aracının hertürlü hareketini izleyebilmek için 5 video kamera sürekli olarak kayıt almakta ve anında monitörlerle izlenmektedir.

ROV sisteminde iki değişik derinlik ölçme sistemi vardır. Bunlardan birincisi; sadece aracın su içinde bulunduğu derinliği belirlenmekte kullanılan Transponder

sistemi diğeri ise; video kameralarla izlenen boru hattının sancak/İskele derinlikleri ile gömülü derinliği belirlemek için kullanılan, yüksek doğruluk değerine sahip elektromanyetik derinlik ölçme sistemidir. Borunun gömülü derinliklerinin bulunması için, akustik derinlik ölçme sistemlerinin (Eko sounder), kullandıkları frekanslara bağlı olarak, yeterli olmaması nedeniyle, elektromanyetik dalga kullanarak derinlik ölçen sistemler kullanılmaktadır.

Boru hattı araştırmasının en etkili bölümünü, kulanılan nokta konum belirleme sistemi oluşturmaktadır. Navigasyon sistemi olarakta tanımlanan bu bölümde, klasik konum belirleme sistemlerinin dışında, **EBA NERA SATURN 3s.90** diferansiyel GPS sistemi kullanılmaktadır. Sistemde ayrıca, yardımcı olarak kullanılan kominikasyon uydusu ile gerekli iletişimleri sağlaması için **BT.FRAM 460R** uydu alıcısı kullanılmaktadır.

7.3.1 DGPS Sisteminin Özellikleri

DGPS sistemini iki bölümde incelemek gerekir.

I- Sabit Kara İstasyonu (Referans İstasyonu)
II- Kullanıcı DGPS Alıcıları

7.3.1.1 Sabit Kara Referans İstasyonları

DGPS kullanımının özünü, karalardaki bilinen noktalara yerleştirilmiş olan, GPS uydularından elde ettiği uzaklık bilgilerinden, gerekli düzeltme parametrelerini hesaplayarak, bu bilgileri, aynı uyduları izleyebilecek kadar uzaklıktaki, DGPS alıcılarına gönderir. Düzeltme parametrelerini alan DGPS uydu alıcıları da kendi hesapladıkları nokta konum değerlerine, bu değerleri uygulayarak, kendi konumlarının

hassasiyetini artırırlar.

Kullanılan sistem; Akdeniz, Ege denizi, Kara deniz ile Kuzey denizini de kullanım alanı içine alacak şekilde oluşturulmuş DGPS ağ'ından oluşmaktadır. Sistemi oluşturan ağ içinde 9 tane sabit referans istasyonu vardır. Bu istasyonlar gerek duyulduğu anda çalışır duruma getirilerek, DGPS ağ'ı içindeki tüm uygun alıcıların kullanımına sunulur(Şekil.60). Her referans istasyonu birbirinden bağımsız görev yapar. Referans istasyonlarından birisi de İstanbul'da kurulmuştur.

Marmara denizindeki doğal gaz boru hattının kontrolunda kullanılan, İstanbul referans istasyonunun kullanım alanı; Şekil. 60 'da görüldüğü gibi, Marmara denizi ile Ege denizinin tamamını, Kara denizin ise; batısını içine almaktadır. Referans istasyonlarının etkili kullanım alanları, uzaklığa bağlı olarak tanımlanmıştır. Bunlardan birinci bölgenin; etkili olduğu ve düzeltme değerlerinin en iyi olduğu uzaklık olarak, referans istasyonundan 500 KM yarıçaplı bir daire içinde kalan alan olarak alınır. Kuş uçuşu olarak alınan bu uzaklıklar, yer yuvarının topoğrafik yükseklik etkilerinden kurtulmak için, **İNMARSAT** uydusu üzerinden iletilen sinyallerle elde edilmektedir. Yarı çapı 500 Km olan dairesel alan içinde kalan tüm alıcılar, nokta konum belirlemede aynı uyduları kullanırlar. İkinci bölge ise

1000 Km yarıçaplı bir dairenin oluşturduğu alandır. Bu kadar uzakta bulunan referans istasyonları, ancak zor durumlarda kullanılır. Çünkü bu alanın görüş açıklığı içine farklı GPS uyduları girdiği için, farklı uydulardan elde edilecek olan düzeltme değerlerinde de farklar olacaktır.

NERA SATURN uydu alıcısı 8 kanallı olduğu için aynı anda, 8 uydudan aldığı uzaklık bilgilerinden nokta konum hesaplamalarını yapmaktadır(Şekil.58).

7.3.1.2 Hareketli İstasyonlar (DGPS Alıcıları)

Kullanıcı alıcı sistemler, kendilerine ya doğrudan referans istasyonlarından gelen, yada yardımcı uydu aracılığı ile gelen, düzeltme bilgilerini kullanarak, izlediği uydulardan elde ettiği uzaklık bilgilerine göre kendi nokta konum değerlerini belirler.

Diferansiyel GPS (Differantial Global Positioning System) olarak tanımlanan DGPS deneme çalışmaları iki aşamalı olarak yapılmıştır. Birinci aşama; Pendik tersanesi Kuru havuz kıyısında, gemi borda'dan bağlı olduğu statik deneme çalışmasıdır.

7.3.2 Statik Deneme Çalişmaları

Statik çalışmalarda amaç; kendi yörüngelerinde hareket halinde olan GPS uydularının, sabit alıcıya olan uzaklık değişimlerinin belirlenmesiyle, GPS nokta konum değerlerinin duraylılık sınırlarının ortaya konmasıdır.

Statik çalışmalarda ideal olan durum, belirlenen nokta konum değerlerinin tamamının aynı büyüklükte olmasıdır. Uygulamada bu şartların sağlanması olanağı yoktur. Bunun

içinde kaldığı görülmektedir. Aynı gün elde edilen başka bir grafikte ise; nokta konum değişimlerinin hareket doğrultuları Şekil. 63 'de verilmiştir. Bu grafik gösterimde ise; 31 fix hesaplaması yaptırılmış ve değerler başlangıçtan itibaren zamana göre sıra ile çizimi yapılarak, konum değişikliğinden kaynaklanan hareket ortaya çıkmıştır. Yine aynı anda ve aynı veri log'u devamında, bu kez 53 fix noktasının çizimi yapılarak, değişim hareket yönü izlenmiştir. İki grafik gösterim ölçekleri uygun gelmek koşulu ile birbiri üzerine bindirildiğinde, toplam 84 fix noktasının, yaklaşık ±3 metrelik bir alan içinde değiştiği görülür.

İkinci deneme, 23.Ocak.1994 günü yine aynı yerde yapılmıştır. Elde edilen fix nokta değerlerine bakıldığı zaman, değişim değerlerinin yine dar bir alanda dağılım gösterdiği görülür (Şekil. 64). Bu grafikte eksenler metre olarak alındığı için dağılım izlendiğinde, dağılımın yaklaşık ± 2 metrelik bir alan içinde kaldığı görülür. Yalnız , bu grafikte sol taraftaki 4 fix değerinin ortalamaya katılmaması gerekir. Yine, aynı yerde farklı zamanlarda elde edilen fix değerlerinin grafik gösterimi çizildiğinde, ortalama olarak, bütün noktaların 4x4 (metre)'lik bir alan içinde kaldığı görülür. Bunun anlamı ise; statik ölçmeler yapıldığı zaman elde edilebilecek doğruluk değerlerinin sınırı, en iyi şartlarda ± 2 metre kadar olacaktır.

R/V RIFT gemisinde 20. Ocak.1994 günü yapılan bir diğer karşılaştırma ise; Rus uydu sistemi olan **GLONASS** (Parus ve Cıkada uyduları) ile Amerikan **DGPS** sistemi arasındadır.

Gemi, Pendik tersanesi kuru havuz kenarında bağlı iken yapılan ölçümlerle; hem GLONASS uydu sistemini kullanan alıcı ile, hemde DGPS ölçümü yapan GPS alıcısı ile elde edilen nokta konum değerleri, Şekil. 65 'de aynı eksenler sisteminde gösterilmiştir. Görüldüğü gibi enlemde 115 metre, boylamda ise; 130 metrelik bir fark ortaya çıkmıştır. DGPS ölçümleriyle, elde edilen nokta konum değerlerinin doğru olduğu kabul edilirse; diğer uydu sistemi olan **GLONASS** ile elde edilen nokta konum değerlerinin, statik durumda bile, çok büyük hata değerleri içerdiği sonucuna varılabilir. Glonass sisteminden elde edilen, nokta konum değerleri için seçilmiş olan referans elipsoidinin de farklı olması ve Rus harita sistemlerinin **Krassowsky** (1948) elipsoidine göre hazırlanmış olmasının da, hata olarak kabul edilen değerleri etkilediği düşünülmelidir. Krassowsky elipsoidini tanımlayan uzun yarı eksen, 6378245 m uzunluğunda olduğu halde, GPS uydularının kullandığı **Uluslararası elipsoidin** uzun yarı ekseni, 6378388 m dir. Sadece, seçilen referans sistemlerine bakıldığında, uzun yarı eksenler arasında, 143m fark olduğu görülür.

7.3.3 Dinamik Deneme Çalışmaları

Diferansiyel GPS ölçümleri, yapılacak doğal gaz boru hattı çalışmalarına başlamadan önce, gerek geminin manevra özelliklerinin belirlenmesi ve gerekse GPS sisteminin çalışma sınırlarının belirlenmesi çalışmaları olarak, normal etüd şartlarında yapılmıştır.

Çalışma düzeninde; doğal gaz boru hattı boyunca,

izlenmesi gereken profilin, 5 m güneyinden ve 5 m kuzeyinden, profile parelel olarak iki yedek profil oluşturularak, DGPS nokta konumlama yöntemiyle, geminin kalan alan içinde hareket etmesi kararlaştırılmıştır. DGPS statik deneme ölçümlerinden elde edilen sonuçların ışığında, nokta konum belirlemelerde, belirlenen nokta yoğunluğu ±4 m arasında dağılım göstermektedir. Bunun anlamı; gemi statik ortamlarda, herhangi bir düzeltme proğramı uygulanmadan, ±4 m bir hata yapabilecek demektir. Statik ortamlardaki çalışmalarda yapılabilecek hatalar,dinamik ortamlara göre daha azdır.

Marmara denizi, Büyük ada ile Heybeli adaları güneyinde belirlenen profil üzerinde yapılan çalışmalarla, deniz aracının hareketi, (8) kanallı GPS uydu alıcısı ile kontrol edilerek izlenmiştir. Deniz aracının gitmesi gereken profil doğrultusu sabit olduğu halde, yapılan anlık navigasyon dökümleri sonucunda, gidilen yolun sürekli olarak rota değişikliklerine uğradığı görülmektedir(Şekil. 66).
Profil üzerinde sabit bir doğrultuda gidilememesinin nedenlerini aşağıdaki gibi açıklamak olasıdır;

- Deniz Akıntıların neden olduğu kaymalar,
- Gemi Gyro'sundan kaynaklanan Bıas hataları,
- Rüzgar Akıntılarının neden olduğu sürüklenme hataları.

7.3.3.I Deniz Akıntısının neden olduğu kayma hataları:

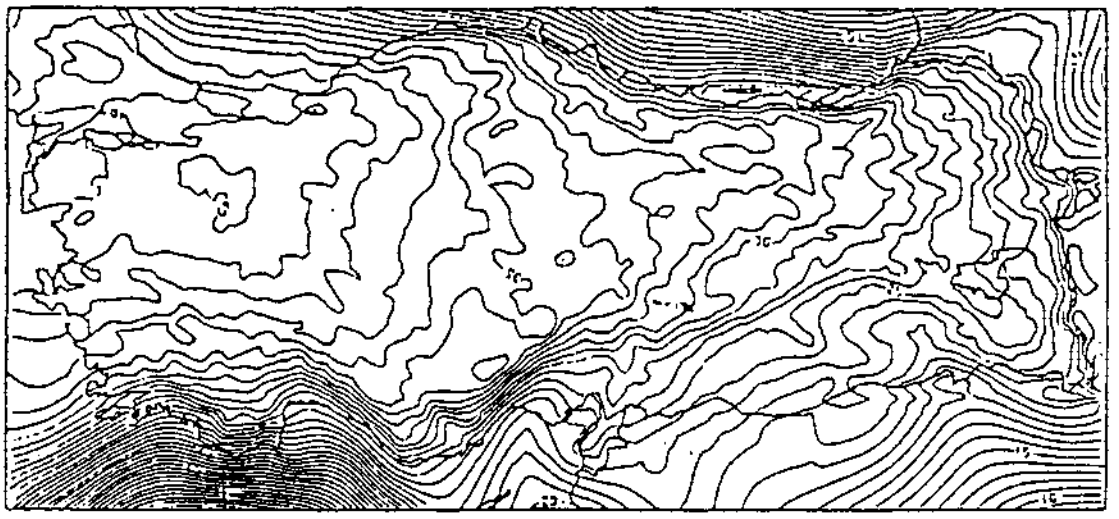
Çalışma bölgesinde hakim deniz suyu akıntıları güney-doğu yönlü olduğu için; çok düşük hızda yapılan (600 metre/saat) etüd çalışmalarında, gemiyi sabit bir doğrultuda tutmak, ancak çok güçlü THRUSTER sistemleri ile başarılı olmaktadır. Gemi Thruster'larının yeterli güce sahip

olamaması ile, gemi dümeninin elle kumanda edilmesi nedeniyle yeterli zaman içinde müdahale imkanının olmaması, geminin istenen rotada gitmesini engellemektedir.

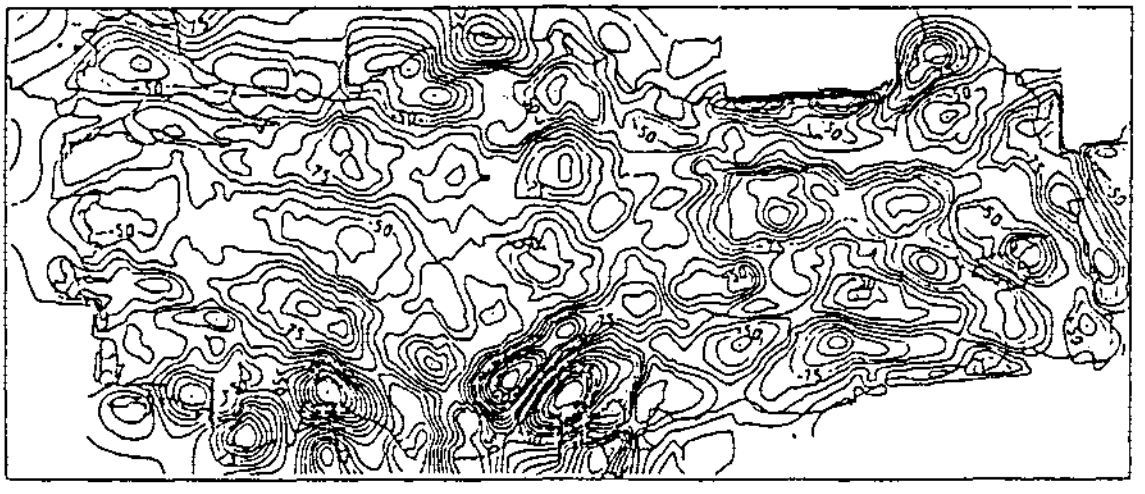
7.3.3.II Gemi Gyro'sundandan kaynaklanan kayma hataları;

Gemilerin, çalışma yapılan profillerin doğrultusu boyunca yön bilgileri, gyro adı verilen yön belirleyicilerle elde edilir. Gyro ölçmelerini, çalışılan bölgenin enlemi ve hareket eden geminin hızı etkiler. Bu etkileri olabildiğince giderebilmek için bir gyro sisteminde, hız ve enlem düzeltmeleri yapılır. Yön değişimi olmadığı halde, geminin dinamik bir ortamda yüzmesi nedeniyle sancak/iskele doğrultularında, rüzgar şiddetine bağlı olarak kayma hataları olur. Bütün hatalar etüd sonrası yapılan bir takım yazılımlarla istatistiki anlamda düzeltilmeye çalışılır. Şekil.27 'de hazırlanan grafikte, geminin çalışma profili boyunca olan hareketinin, hesaplanan (1374) fix noktasındaki gemi hızındaki değişimler, % 'de olarak gösterilmiştir. Bu grafiğe bakıldığında; gemi hızının değişiminin ortalamasının (0.05) metre olduğu görülür. Bunun anlamı ise; aslında geminin olabildiğince dengeli bir hareket yaptığı ve profil doğrultusundan olabilecek sapmaların kontrol altında tutulabileceğidir. Şekil. 6.5 'e bakıldığında, proğramlanan yol ile gidilen yol arasındaki uzaklık farklarının, aynı yönlü fakat farklı büyüklüklerde olduğu görülür. Aslında, bu tür çalışmalarda, en büyük etken, dümeni kullanan gemici personelin deneyimli olmasıdır. Gemici izleme monitörlerinden geminin anlık gidişi ile ilgili tüm seyir bilgilerini

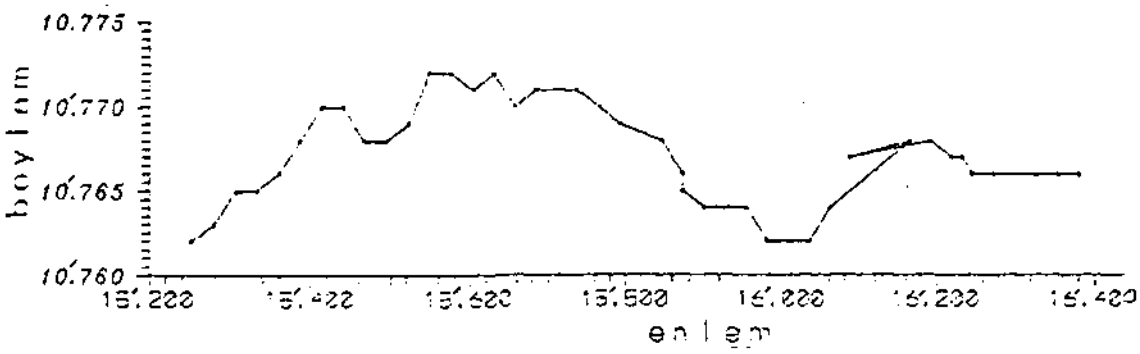
görmekte ve dümeni de anlık bilgilere göre tutmaktadır. Gemi hızındaki ivme değişimi çok yavaş olduğu için, istenen hareketin etkisi zaman içinde ve gemi teknesinin manevra kabiliyetine bağlı olarak görülür. Bu nedenle anlık hatalar hemen düzeltilemez ve gemi kendi ataleti ile bir miktar gittikten sonra istenen rotaya veya konuma dönebilir. Bu hareketlerde, gemi rotasındaki, gemi eni büyüklüğünü aşmayacak uzaklıktaki önlenemiyen sapmalara neden olmaktadır. Bu kaymalar ancak deneyimli personelle, DGPS hata sınırları içine çekilebilir. Şekil 68 belirlenen deneme profilinin son bölümünün (fix no:2480-2644), daha büyük ölçekle gösterimidir ve profil doğrultusundan olan sapmalar daha görünür olmaktadır. Yine aynı profilde, 164 örnek nokta konum ile 101 nokta konum değerlerinin, profil doğrultusundan olan uzaklıkları, grafik olarak % de oranlarıyla verilmiştir. İlk şekil 101 örnekten oluşmakta ve profil doğrultusundan olan sapma, 0-6 m arasında olan, ortalaması ise; -3.57 m iken, 164 örnekle yapılan dağılım grafiğinde, -10 m bir sapmanın % 26.2 olduğu ve buna karşılık gelen ortalama sapmanın da (-6.24) m olduğu görülmektedir(Şekil 69 ve 70). Bu kadar büyük hatanın gerçek nedeni; ölçüler sırasındaki gemici vardiyasındaki değişim ve buna bağlı olarak ortaya çıkan deneyimli personel farkıdır. Bu nedenle her türlü kıyıötesi araştırmalarda mutlaka deneyimli denizciler olmalıdır.



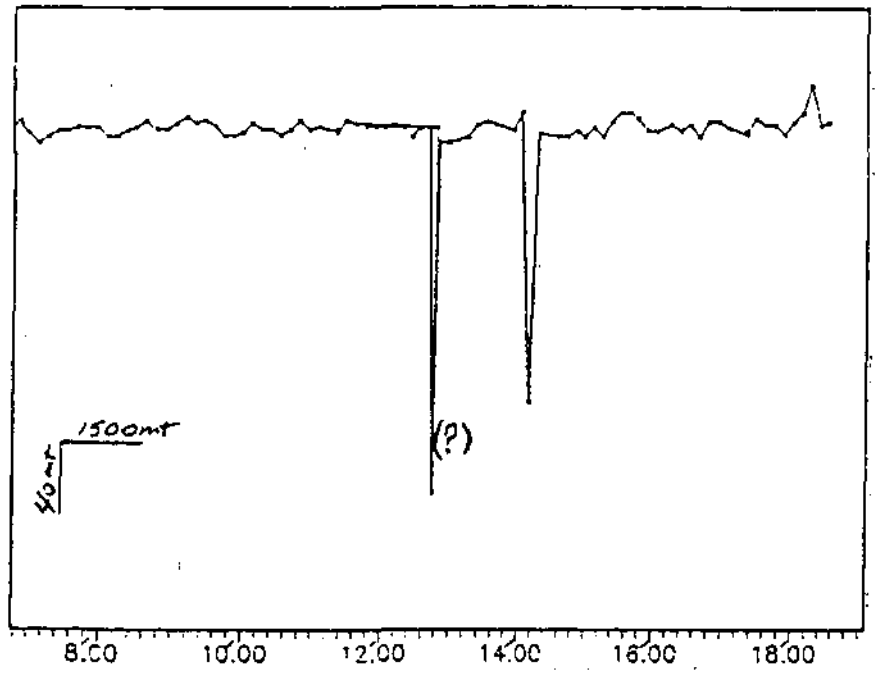
Sekil.47 TG-91 Türkiye Jeoidi(GRS-80 baz alınarak)
(Ayhan, 1993)



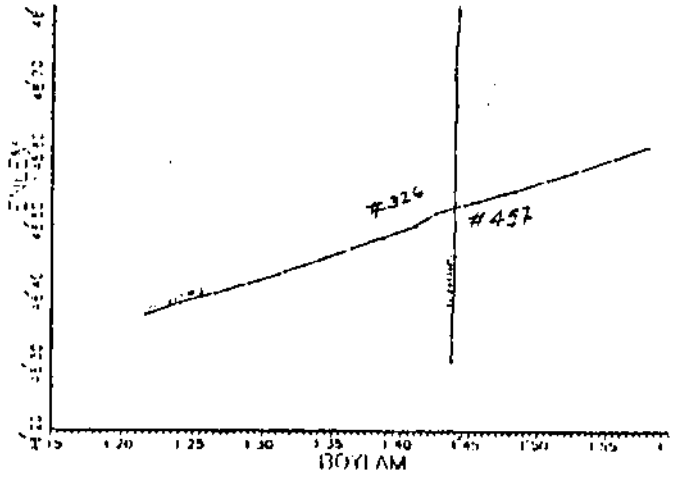
Sekil.48 Türkiye Jeoidindeki yerel degisimler(Cm)
(Ayhan, 1991)



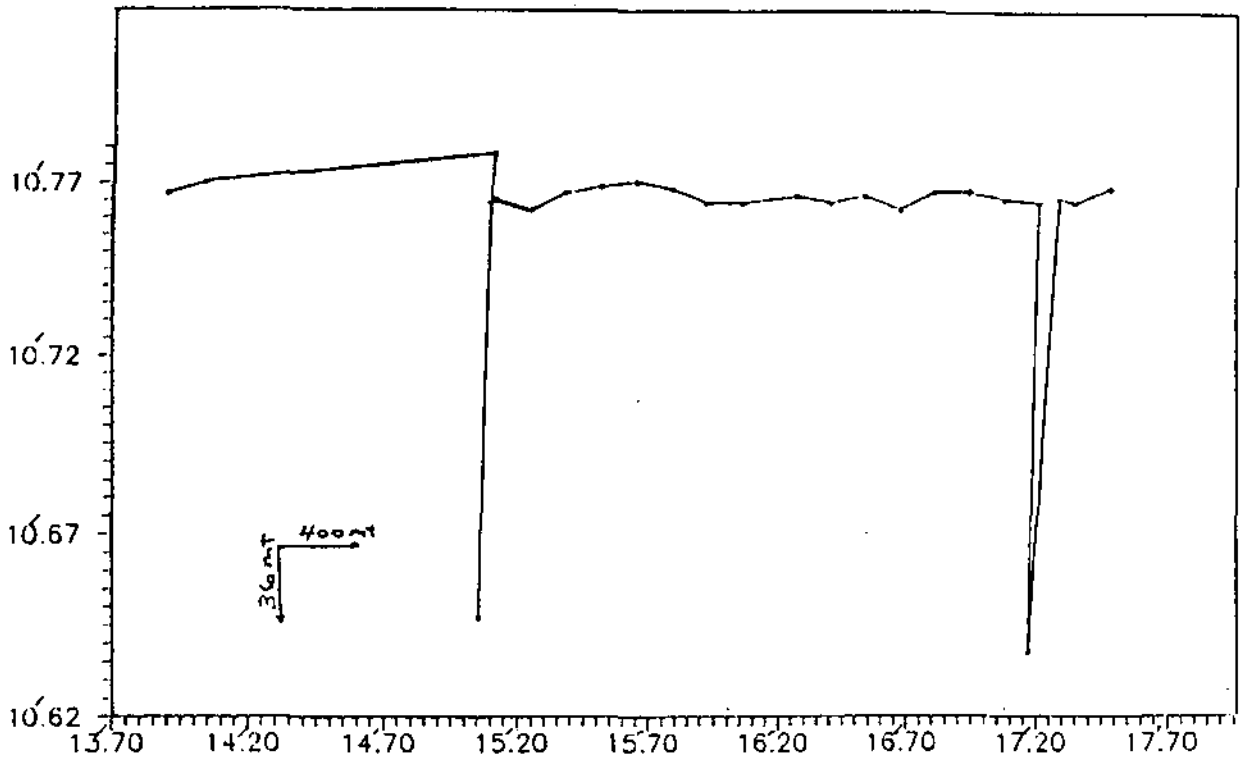
Şekil. 49 Profil Çalışmalarda Gemi Rota Sapmaları



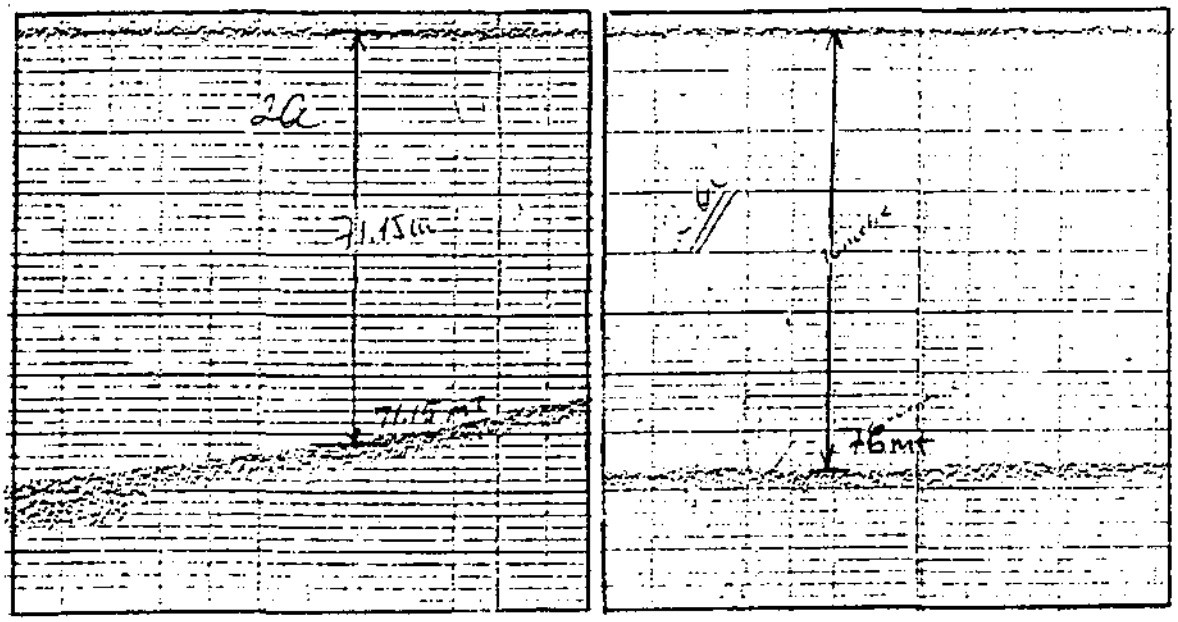
Şekil. 50 Karadeniz Çalışmalarında Profil Değişimi
(90° doğrultulu, Transit)



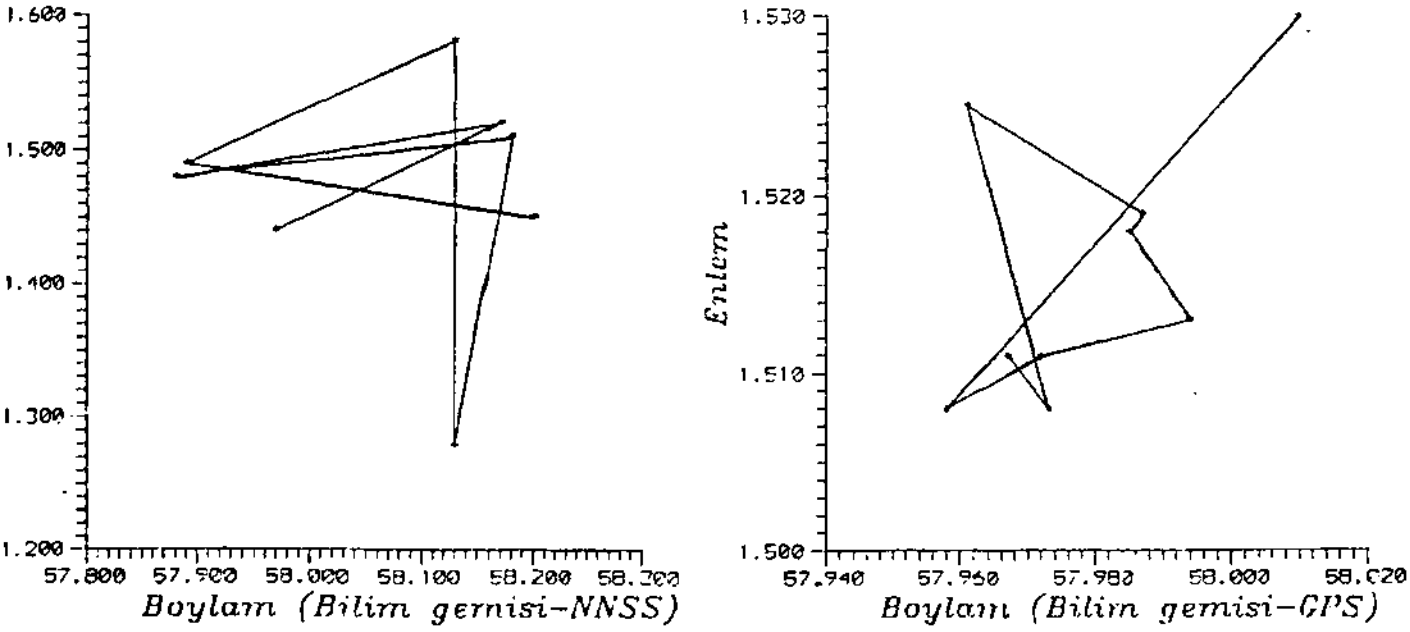
Şekil. 51 İki Profilin Kesişimi ve Karşılaştırılması



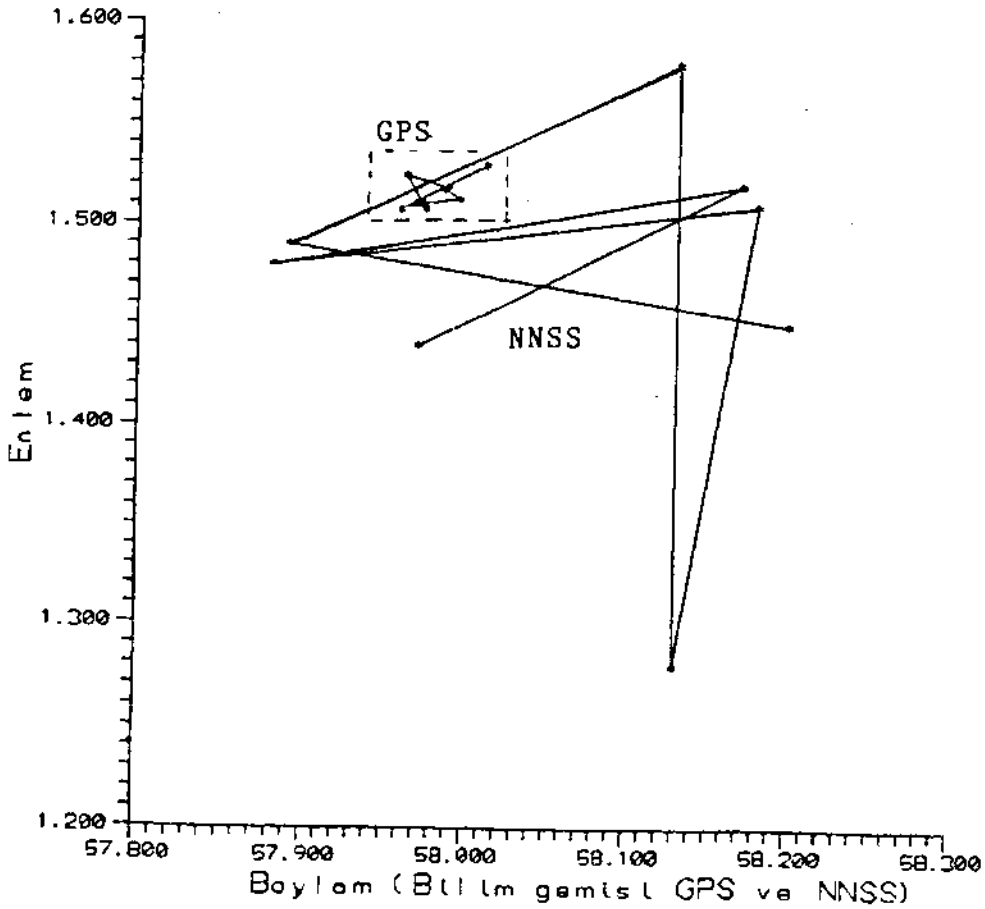
Şekil. 52 Profil Doğrultusundaki Nokta Konum Sıçramaları



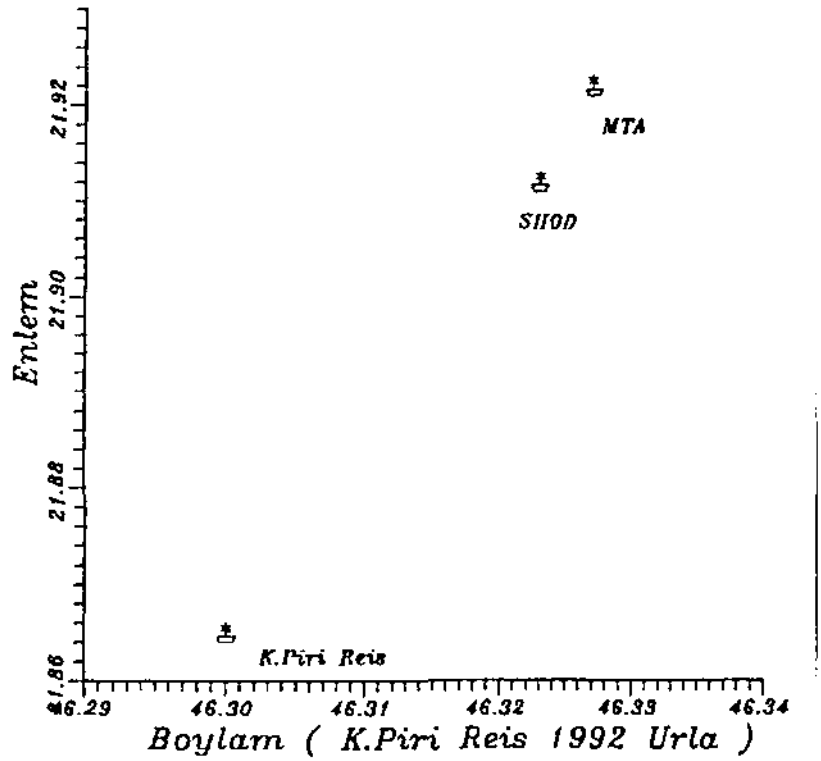
Şekil. 53 Kesişen İki Profildeki Kesim Noktası Derinlik Karşılaştırması



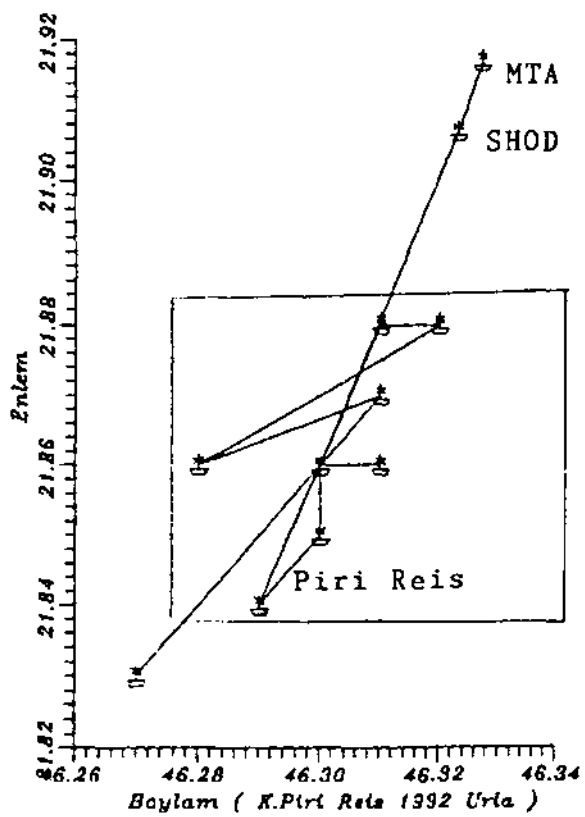
Şekil. 54 GPS ve NNSS Statik Nokta Konum Değerleri
(Bilim gemisi,Atatürk Köprüsü 1990)



Şekil. 55 GPS ve Transit(NNSS) Nokta Konum Değerleri
Karşılaştırması(Bilim Gemisi)



Şekil. 56. Topoğraflar ile GPS Nokta Konum Değerleri



Şekil. 57. GPS İzlenerek Elde Edilen Nokta Konum Değerleri
(Topoğraf Değerleri ile Karşılaştırmalı)

11:11:18 MN8qc POSITION 19 Jan 1994

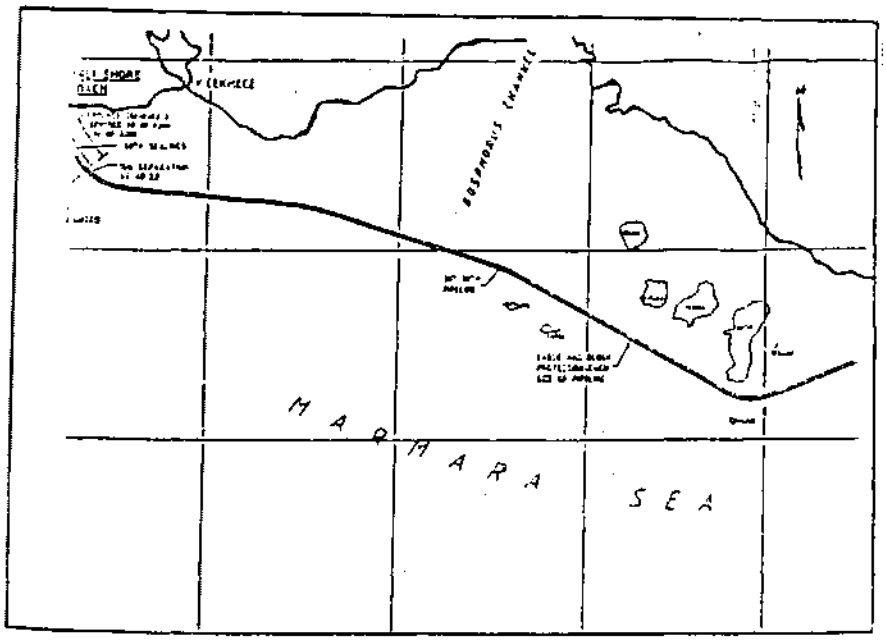
#	LATITUDE	LONGITUDE	HEIGHT	MODE	REFERENCE	DEAS	DNOR	DHGT
1	40%51'46.710"N	29%15'37.387"E	54.9	3D+H	Istanbul	0.0	-0.1	-1.2

#	STD_LAT	STD_LON	STD_HGT	PDOP	HDOP	NOBS	AGE	FTEST	SMA	SMI	HDG
1	1.4	1.0	0.9	2.0	1.7	7	6s	1.5	1.5	0.9	22

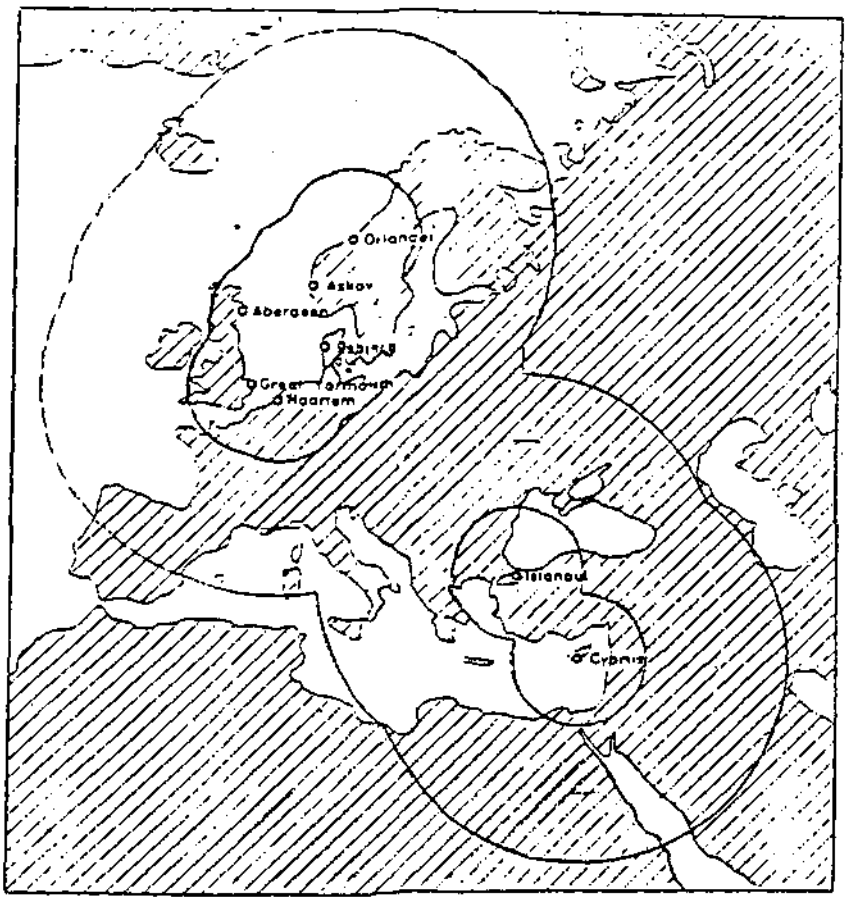
MEASUREMENTS

PRN	ELV	AZM	SNR	LCK	PSEUDO-RANGE	CORRECTION	RESIDUAL	WTEST	STD	STATUS
2	19	186	43	23m	24016099.58	-21.74	0.16	0.1	2.1	
4	9	224	32	01m	24757366.20	0.00	0.00	0.0	5.2	ELEVATION
16	29	313	41	34m	22926134.16	-19.02	0.89	1.9	1.0	
18	50	091	48	34m	21309001.98	14.67	0.16	0.3	1.0	
19	75	031	46	34m	20357508.97	4.55	-1.35	-1.7	1.0	
24	17	257	39	21m	23989114.96	-50.62	2.29	1.0	2.7	
27	69	261	42	33m	20489859.47	-7.63	-0.73	-1.0	1.0	
29	16	103	40	33m	24093614.33	-9.82	6.05	2.3	2.9	

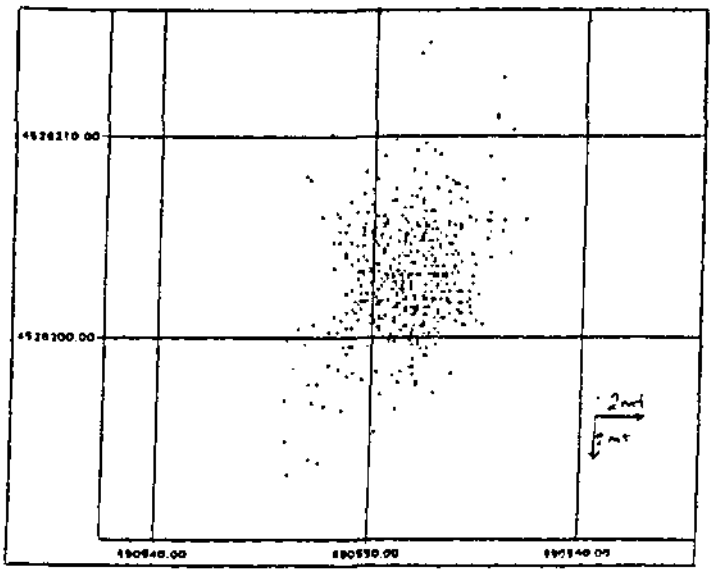
Şekil.58. DGPS İle (8) Uydu Uzaklık ve Düzeltme Değerleri



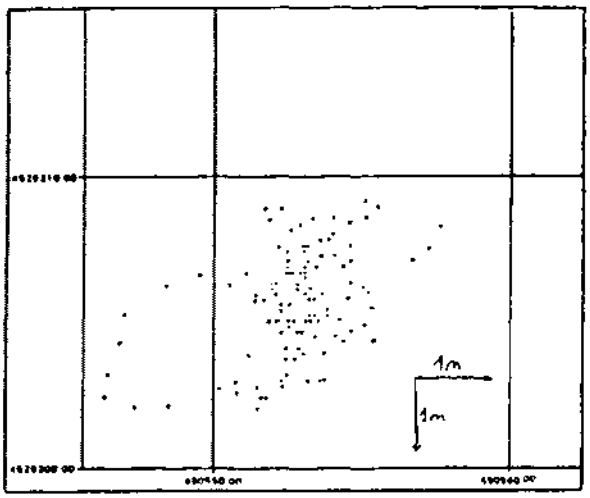
Şekil.59 Doğal Gaz Boru Hattı Çalışma alanı



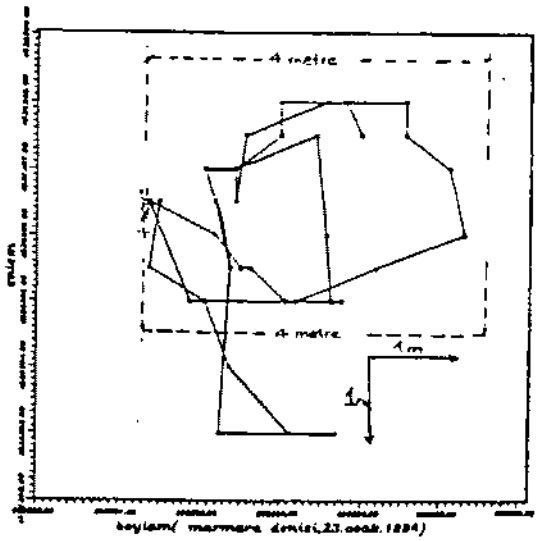
Şekil 60. Oceonics DGPS Avrupa Kullanım Ağı'nı



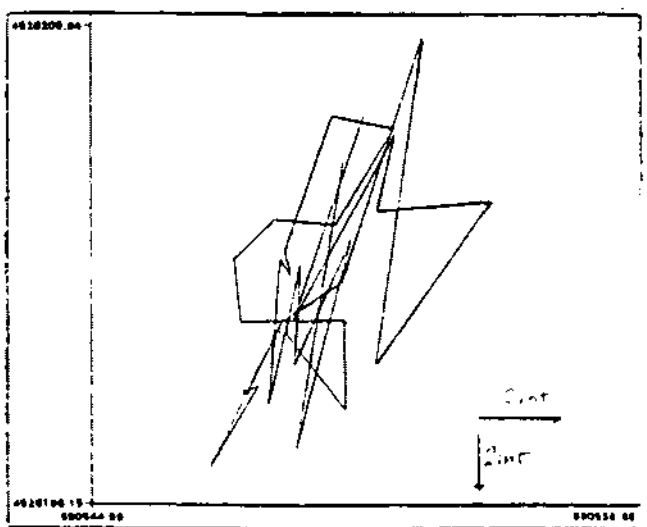
Şekil. 61. Pendik Tersanesi DGPS Statik Nokta Konum Değerleri (19.Ocak.1994, RİFT Gemisi) (metre)



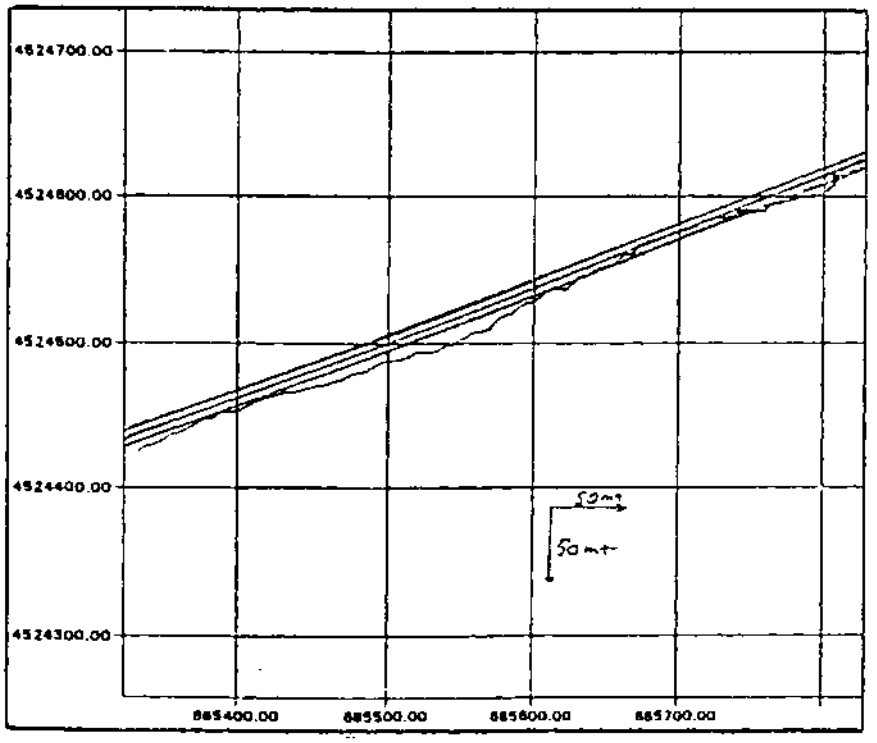
Şekil. 62 Pendik Tersanesi DGPS Statik Nokta Konum Değerleri (23.Ocak.1994, RİFT Gemisi)



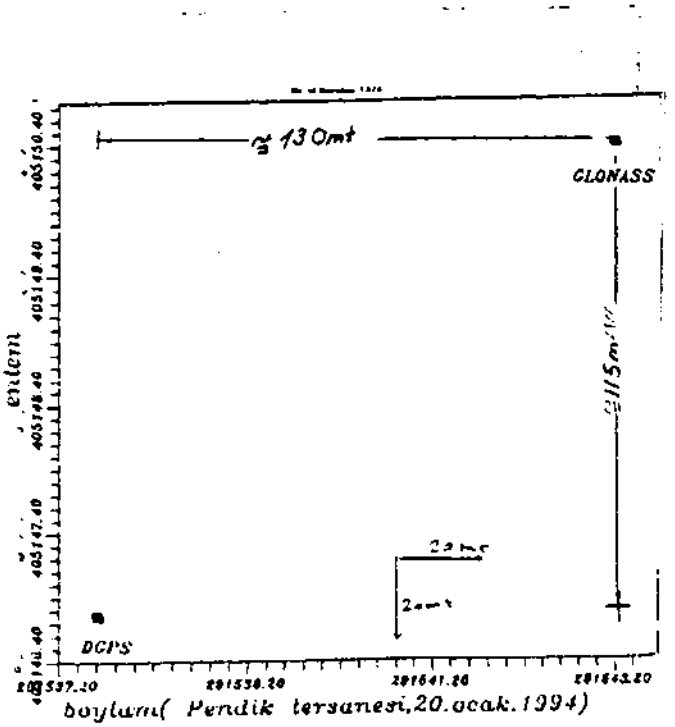
Şekil. 64 Pendik Tersanesi DGPS Statik Nokta Konum Değişimi (23.Ocak.1994, RİFT Gemisi)



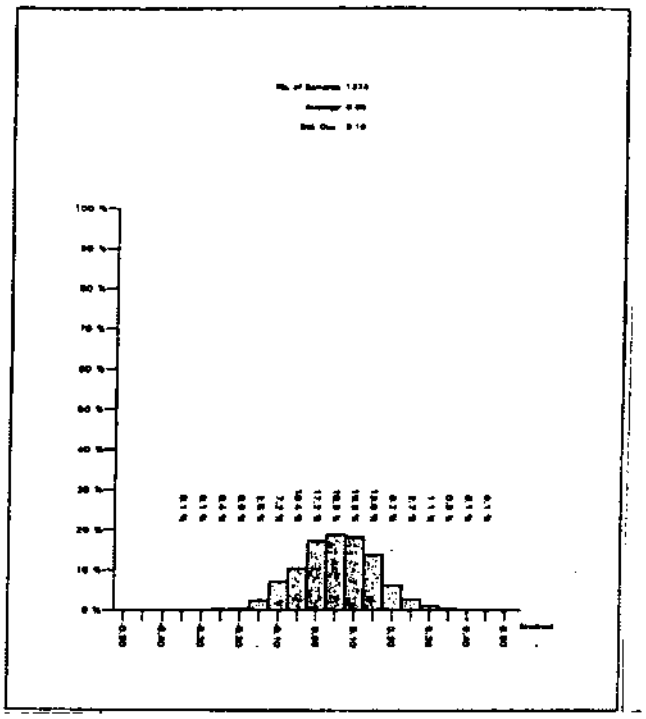
Şekil. 63 Pendik Tersanesi DGPS Statik Nokta Konum [illegible] (23.Ocak.1994, RİFT Gemisi (metre)



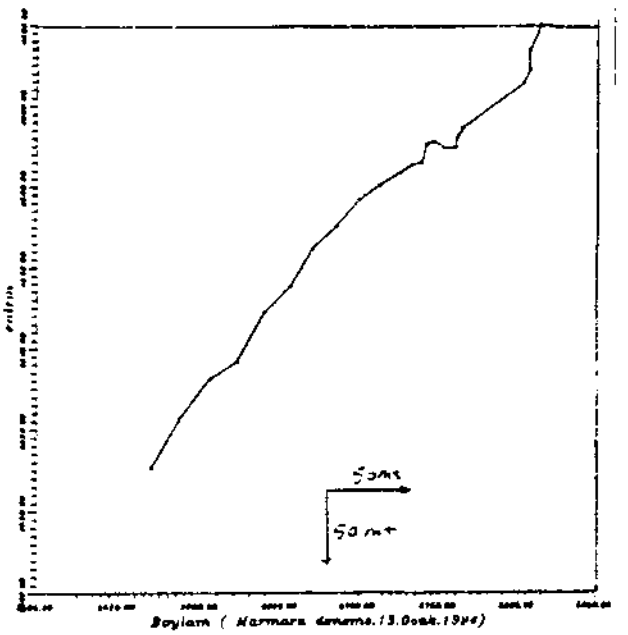
Şekil.66 Araştırma Profili ve Hata Kabul Sınırları (19.01.1994 Marmara Adalar)



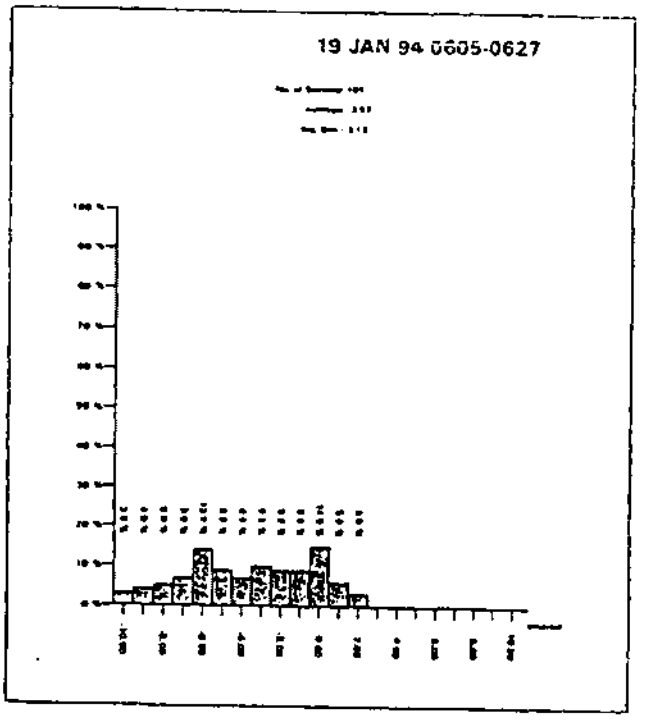
Şekil. 65 DGPS İle GLONASS Nokta Konum Karşılaştırması



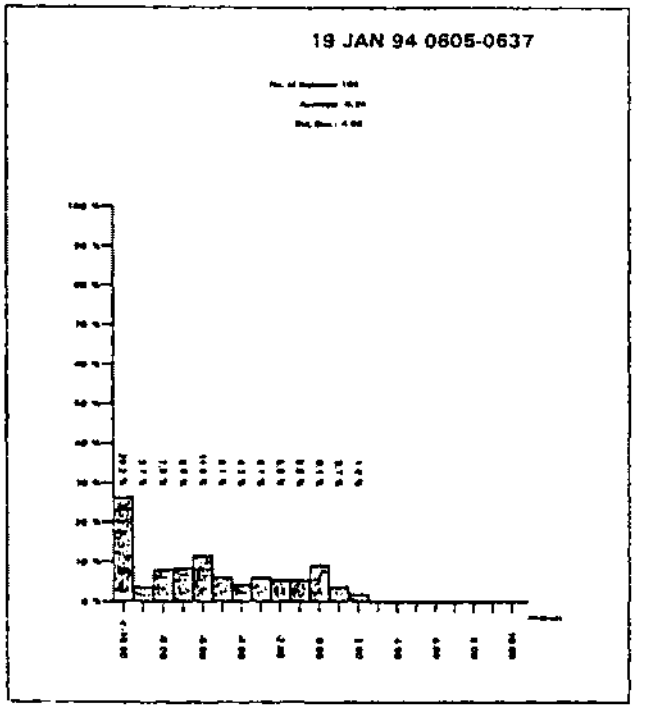
Şekil. 67 Çalışma Profili Üzerindeki Gemi Hızı Değişimleri (19.01.1994, 1374 Örnek nokta)



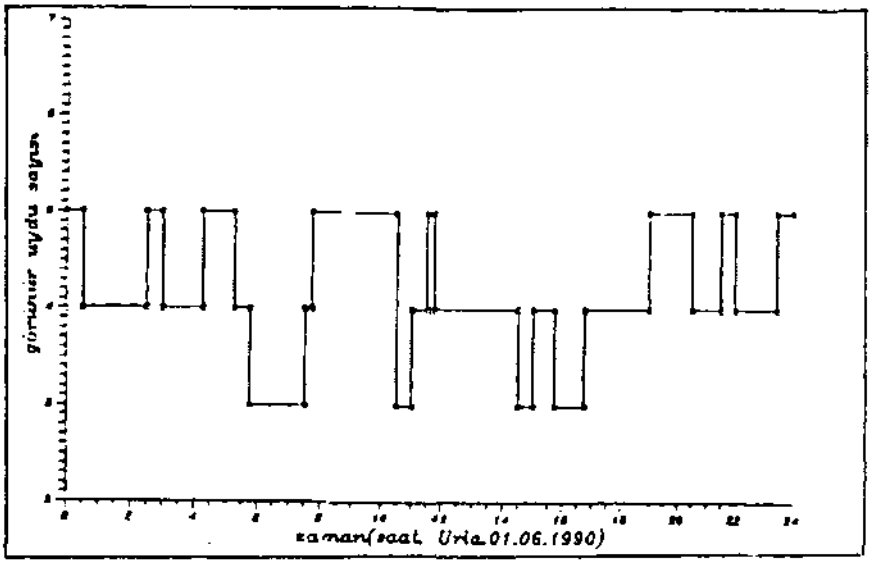
Şekil. 68 Çalışma Profili Dökümü(19.01.1994)

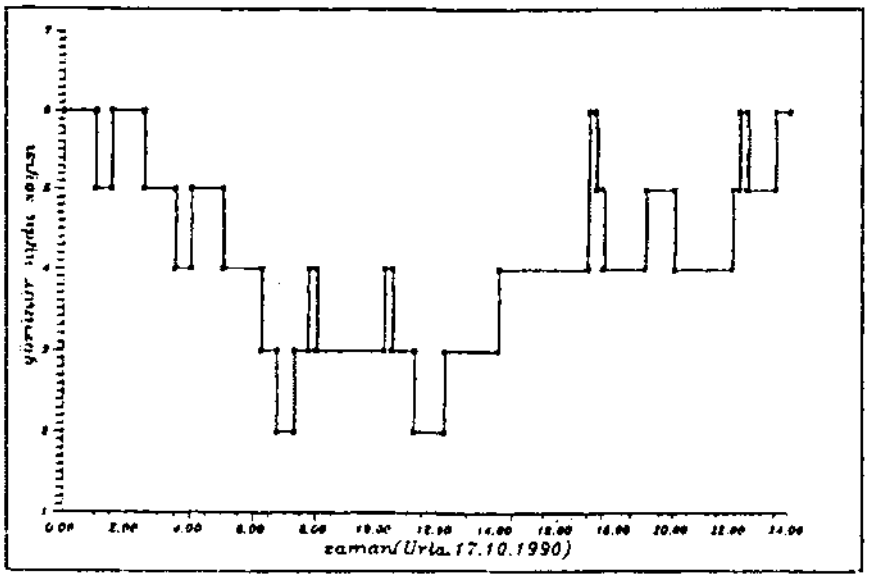


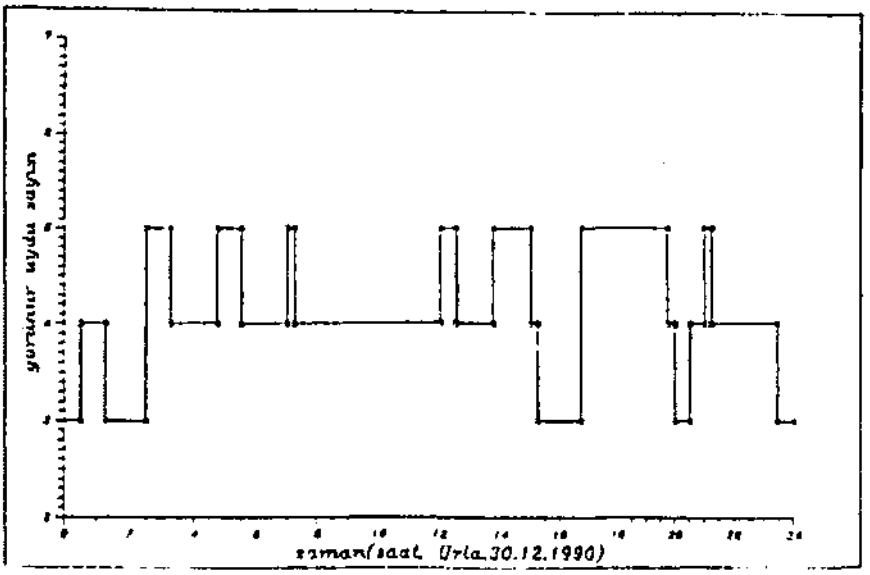
Şekil. 69 Çalışma Profilinden Olan Sapmaların % Oranı (19.01.1994, 101 Örnek fix noktası için)



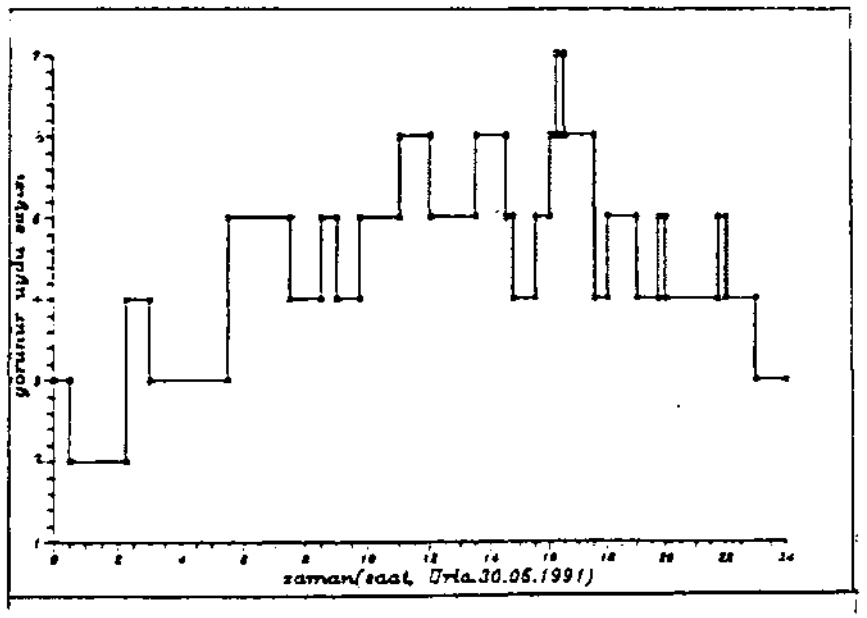
Şekil. 70 Çalışma Profilinden Olan Sapmaların % Oranı (19.01.1994, 164 Örnek Fix noktası için)

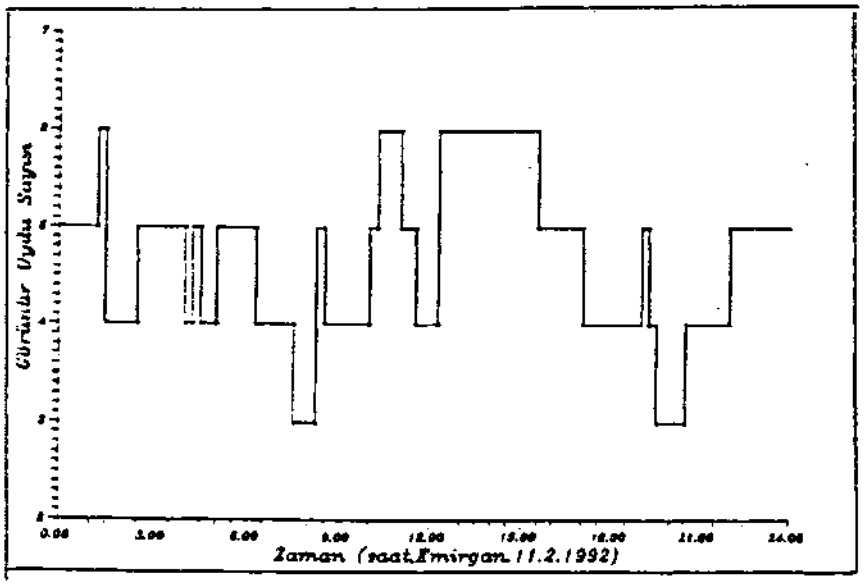


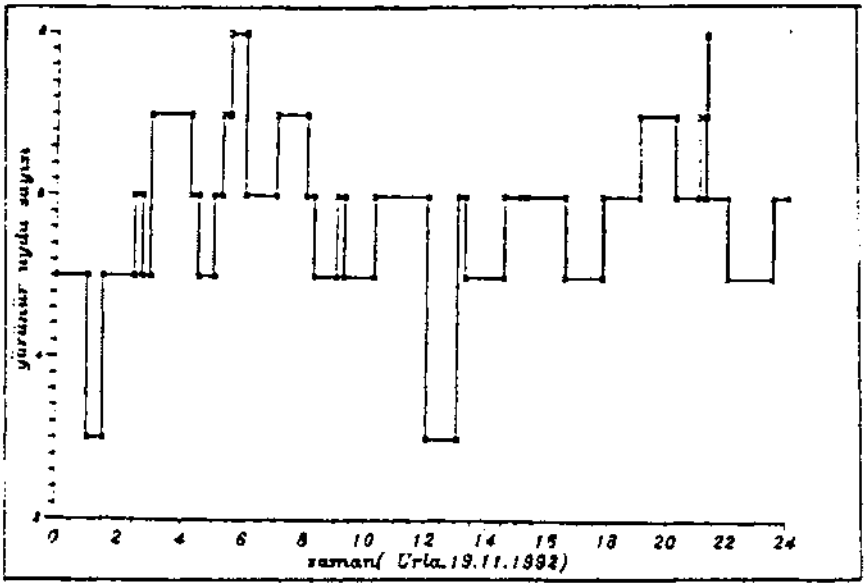




Şekil. 71 Urla İskele GPS Uydu Görünürlük Grafikleri







Şekil. 72 Urla İskele GPS Uydu Görünürlük Grafikleri

12 SONUÇ VE ÖNERİLER

Denizlerde yapılan çalışmaların sonunda en önemli beklenti, elde edilen deniz verilerinin alındıkları yerlere ait nokta konum değerlerinin doğruluğunun , çalışmanın öngördüğü sınır şartlarının içinde kalmasıdır.

Karalarda yapılan çalışmalarda, ölçü alınan nokta herhangibir şekilde kalıcı duruma getirilebilmektedir. Bu kalıcı nokta yerleri, ya yakındaki nirengi noktalarının kullanılması ile elde edilen baz bağlama tekniği ile yada ölçü noktasına kalıcı beton kazıklar çakılarak yapılabilir. Denizlerin, bu konudaki en büyük olumsuzluğu; dinamik ve sıvı ortam olması nedeniyle, ölçü alınan nokta bilgilerinin sabitleştirilememesidir. Denizlerde elde edilen ölçü noktaları, karalarda seçilecek yardımcı sabit noktalardan faydalanılarak, kara bağlantılı olarak harita düzlemleri üzerinde sabitleştirilebilir. Denizlerin en güvenilir yanı, küçük alanlarda düzlem yüzey kabul edilebilen ve yükselti farklarının olmadığı ortamlar olmasıdır.

Denizlerde konum belirlemede kullanılan, kara bağlantılı olarak tanımladığımız ve elektromanyetik dalga yayınım kurallarına göre çalışan sistemler(Trisponder,MiniRanger vd.), 40 Km uzaklığa kadar, baz uzunluğu ölçmelerinde ± 1 m kadar, 40 Km'den büyük uzaklıklarda ise; ±3 m doğrulukla uzunlukları verebilmektedirler. Bu uzaklık hataları, geriden yada ilerden kestirme teknikleri kullanıldığında, alan olarak, kesişim uzaklık sayısı arttıkça, ortalamalarla en

az'a indirilebilmektedir. Uydu sistemlerine ve Loran-C gibi erişim uzaklıkları 200Km ve daha yukarı olan sistemlere bakıldığında kara bağlantılı Trisponder serisi sistemlerin verdiği doğruluk küçümsenemiyecek boyuttadır. Deniz çalışmaları her zaman, kontrol edilemiyen hareketli ortamlar olduğu için, hatsız ölçü yapmak olanağı yoktur.

Kara bağlantılı uzaklık ölçme sistemlerinin en büyük kazançlarından birisi de, sadece kullanıcının istemine bağlı olarak çalışır duruma getirilebilmesidir. Halbuki, erişim uzaklığı büyük olan sistemler (Omega,Loran ve Decca gibi) ile uydu bağlantılı nokta konum belirleme sistemlerinin kullanım şartları, her zaman kullanıcın istemi dışındadır. Bu durum şu anda GPS sisteminde özellikle uygulanmakta ve uydu efemerisi adı ile tanımlanan uydu yörünge bilgilerindeki doğruluk kasıtlı olarak azaltılmaktadır. Halbuki kara bağlantılı sistemlerin doğruluk değerlerinin en üst düzeye çıkarılması, tamamen kullanıcının, uygulama şartlarına uygun sistem yerleşimi yapmasına bağlıdır.

Kara bağlantılı ölçmelerde alınan koordinat sistemi, çalışmanın yapıldığı alanlarda kullanılan haritaların koordinat sistemi ile aynı olduğu için , ölçülen değerlerin sadece harita düzlemine göre indirgenmesi yeterlidir. Halbuki Uydu bağlantılı sistemlerin kullandıkları referans sistemi ile bölgedeki haritaların kullandıkları referans sistemleri farklıdır ve bu nedenle uydulardan elde edilen konum değerlerinin mutlaka yerel Datum sistemine dönüştürülmesi gereklidir.

Kara bağlantılı sistemlerin olumsuzluklarının başında erişim uzaklıklarının çok sınırlı olması gelmektedir. Deniz çalışmaları, kıyı çizgisine yakın olduğu gibi kıyıdan 100 Km'yi aşan uzaklıklarda da yapılmaktadır. Doğrudan görüş şartlarına, sinyal yansıma ve kırılma yasalarına göre çalışan sistemlerde kullanılabilen en büyük faydalı uzaklık 80 Km kadar olmaktadır. Hatta bazı kıyı şeridinde yeterli yükseklikler bulunmadığı için, yeryuvarının küreselliğinden kaynaklanan eğrilik nedeniyle doğrudan görüş sağlanamadığı (Antenlerin birbirini doğrudan görmesi koşulu) için sinyaller alınamamakta ve uzaklık ölçümleri de yapılamamaktadır. Bunların dışında, kara bağlantılı sistemlerdeki doğruluğu artırabilmek için, kesişim sayısını yani karalarda kurulacak yardımcı kara istasyonları sayısının artırılması gerekmektedir ki bu ise; hem personel sayısının hemde donanımın artırılması dolayısıyla çalışma maliyetlerinin artması anlamına gelmektedir. GPS gibi uydu bağlantılı sistemlerde ise sadece bir alıcı istasyon bir çok durumda yeterli olabilmektedir.

Kara bağlantılı sistemlerin hepsi de, günlük Troposferik olaylardan etkilenir, hatta yoğun sisli ortamlar ile yağışlı ortamlarda ölçü yapılamaz. Yine yardımcı kara istasyonların kurulabileceği yerlerin bulunması zorluğuda her zaman vardır. Yeryüzünün fiziksel şekli de her zaman engel olarak çalışanların önüne çıkar.

Uydu bağlantılı sistemlerdeki hata payı her zaman kara bağlantılı sistemlerde büyük olacaktır. Ancak statik ölçme

yapılması durumunda, aynı noktada birden fazla ve uzun süreli uydu izlemeleri yapılarak, hata oranları, kara bağlantılı sistemler kadar düşürülebilir. Uydu sistemlerinin en büyük faydası, şüphesiz ölçme uzunluklarında sınır tanımamasıdır. Her türlü hava şartlarında kesintisiz olarak konum belirleme olanağı veren uydu sistemleri, gerek kullanılan personel sayısının az olması ve gerekse sistem maliyetlerinin, kara bağlantılı sistemlere göre az olması gibi nedenlerlerin yanında, günümüzde gelişmiş bilgisayarlar ve uygun yazılımlar nedeniyle en çok tercih edilen konum belirleme sistemleri olmaktadır. Burada konu edilen; sadece GPS uydu bağlantılı konum belirleme sistemidir. Çünkü; Transit uydu konum belirleme sistemi kullanım yaşamını doldurmuştur.

Uydu bağlantılı konum belirleme sistemlerinin en önemli yanı; kullanılan ölçme tekniğine göre doğruluk değerlerinin artırılmasıdır. Kullanılan Diferansiyel ölçme yöntemi ile, her türlü deniz çalışmalarında istenen doğruluk değerine ulaşmak artık sorun olmaktan çıkmıştır. Diferansiyel yöntemde kullanılan referans istasyonundan gönderilen sinyallere olan topoğrafik engellemeler de, iletişim uydularının (Inmarsat gibi) yayın kanalları kullanılarak, belirlenen konum düzeltme değerleri, yaklaşık 1000 Km yarıçaplı bir dairesel alan içindeki alıcıya her türlü şartlarda iletildiği için ortadan kaldırılmış olmaktadır.

Ülkemizde, birisi Orta Karadeniz kıyısında diğeri de Akdeniz kıyısında kurulacak iki referans istasyonu ile, uygun alıcılar kullanılarak tüm denizlerimizdeki konum belirleme

sorunları çözülmüş olacaktır. Ülkemiz araştırma gemilerinin bağlı bulundukları kurumların, kendi aralarında yapacakları basit bir organizasyonla, ortak alınacak iki referans istasyonlu diferasiyel GPS sistemi ve her gemiye yerleştirilecek uygun alıcı ile, hem ölçülerde birlik sağlanmış olacak hem de sistemler birbirinin yedeği durumuna getirilerek tasarrufa gidilmiş olacaktır.

Geleceğin sistemi olarak bugün konum belirlemede kullanılan GPS uydu sistemi, en küçük özel tekneden en büyük kıtalararası deniz araçlarına ve askeri gemilere kadar geniş bir yelpazede kullanım alanı bulmuştur.

GPS sistemi; deniz araştırmaları dışında da uzun süreli ölçü alma teknikleri ile, jeodezi alanında da çığır açmıştır. Ülkemizdeki bir çok proje bazındaki, GPS ile nokta konum belirleme çalışmaları değerlendirildikçe, Anadolu yarımadasını oluşturan hareket mekanizmaları da çözülmeye doğru gitmektedir(Medlas-Wegener projeleri gibi).

KAYNAKLAR

ALGÜL,E., 1985: Türk Hidroğrafi Tarihçesi. Harita Dergisi, S.94 s.61-67

ALGÜL, E., 1985: Hidroğrafide Konum Belirleme Yöntemlerine Genel Bakış. Harita Dergisi S.94 s68-82

ALTINER, Y., 1992: Global Pozisyon Belirleme Sisteminin (GPS) Ana Hatları,Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi s.71, s.9

ANANDA,M., 1988: The Global Positıonıng System(GPS) Constellation and Coverage, AGARD Lecture Series No.161 ref.3,Los Angeles. CA USA.

ANANDA, M. ,1988: The Global Positioning System(GPS) Accuracy,SystemError Budget, Space and Control Overwiev AGARD Lecture Series No.161, ref.4 Los Angeles CA. USA

ARGO 1981 :Precıse Posıtıonıng Systems For Hydrographıc Surveyıng. IHO 39-2-7 Monaco.

ARTEMİS 1981 : Precıse Posıtıonıng Systems For Hydrographıc Surveyıng. IHO 39-2-8 Monaco.

AYHAN, M.E., ŞEKER,A.,BANK,E.,LENK,O. 1987: Güneybatı Anadolu(Ege Bölgesi) Doppler Jeoidi. Harita Dergisi S.99 S.50-69

AYHAN,M.E., 1993: Geoid Determination In TURKEY (TG-91) Bulletin Geodesique, No.67

AYHAN,M.E., 1993: Fast Fourier Transfom (FFT)Yöntemi ile Yerel Jeoid Belirleme.Harita Gn Komutanlığı-Ankara

AYHAN,M.E.,DEMİR, C., 1992: TÜRKİYE Düşey Kontrol Ağ'ı (TUDKA-92) Harita Dergisi,Temmuz92 ,Sayı.109

AYHAN,M.E., KILIÇOĞLU,A., 1993: Türkiye Ulusal Doppler Datumu 1992(TUDD-92).Harita Dergisi,Ocak 1993 Sayı.110

BAUER,M. 1989: Vermessung und Ortung Mit Satelliten.HW Verlag Karlsrude

BOSSLER,j., BENDER,P. 1980: Using The GPS For Geodetic Positioning. Bulletin Geodesy

CURLEY, R.A., !: Application Of The GPS to Modern Day Seismic Surveys,GSI. England(Paper)

DANIŞMAN,M.A., 1988: Denizlerde Uydularla Konum Belirleme(Master Tezi). İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Deniz Jeofiziği-Jeolojisi A.B.D.

THE DEFENCE MAPPING AGENCY (DMA) Technical Report 1987: World Geodetic System-84.DMA TR 8350.2 DoD, USA

DEL NORTE Technıcal Manuel, 1978: Del NorteTechnology Inc.(Mıcrowave Systems Trısponder) Texas USA

DEL NORTE System Manuel 1977: Del Norte Tecnology (MTA (Sismik 1 deki Sisteme ait)

DEL NORTE, 1984: Antennas Tecnical Paper.Del Norte Technolgy Inc. Texsas USA

DENARO,R.P.,GEİER,G.J., 1988: GPS/INERSİAL Navigasyon System Integration For Enhanced Navigation Performance and Robustness. AGARD-NATO Lecture Series No.161 ref.7

DENARO,R.P., LOOMIS,P.V.W., 1988: GPS Navigation Processing and Kalman Fıltering. AGARD_NATO Lecture Series No.161 ref.11

DENARO,R.P.,KALAFUS M.R. 1988: Dıfferantial Operation of Navstar GPS For Enhanced Accuracy. AGARD-NATO Lecture Series. No.161,ref.10

DOĞAN, E., DANIŞMAN, M.A. 1988: Konum Belirlemede Uydu Sistemleri ve Geleceği.İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Bülten(Bulletın) Dergisi Sayı.5,No.5

DOĞAN,E., DANIŞMAN,M.A. 1989: Konum Belirlemede Yeni Sistem; GPS -Navstar ve Özellikleri. İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Bülten(Bulletın) Dergisi, sayı.6 no.6

DOĞAN,E., DANIŞMAN,M.A. 1991: Denizlerde Konum Belirleme ve Uygulamalarda Trisponder Kullanım İlkeleri, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü,Bülten(Bulletın) Dergisi sayı.8 No.8

ERCAN,A. 1982: Jeofizik Prospeksiyon 2 Ders Notları İTÜ. Jeofizik Müh. Bölümü

ERDEN,F., 1982: Jeofizik Uygulamalarda Topoğrafik Ölçmeler ve Harita Projeksiyonları. MTA Jeofizik Dairesi Hizmet içi Eğitim Kurs Notları

EREN, K. 1982: Uydular ve Jeodezideki Yeri. Harita Dergisi Ocak 1982, Sayı.88 s.41-58

GİLB, T., WEEDON G.F.C., ?: Range Holes and What to do About Them , MOTOROLA Inc.(AP series)

GPS WORKSHOP, 1985: Agents Conference The Hague Nowember 9-11 ,1985 -Magnovax.

HEKİMOĞLU,Ş. ŞANLI,D.U. 1993: Düşey Datum Belirlemede Sorunlar ve Aşamalı Yaklaşım. TUJJB Genel Kurul Bildiri Kitabı Haziran,1993 Ankara

HOAR, J. G. 1982: Satellite Surveying.Theory, Geodesy, Map Projections,Applıcation,Equipment. Magnovax 1982.

HOFFMANN-WELLENHOF,B. und Lichtenegger,H. 1988: GPS von der Theorie zur Praxis.Mitteilungen der geod. Inst.der techn.Unıv.Graz. Folge 62

HOPFİELD, H.S.1979: Improvements in the Troposferic refraction correction for range measurements, London 1979.

HURN,J., 1989: GPS- A Guide to The Next Utility. Trimble Navigation Ltd. USA

JENSEN, M.H.B., 1992 GPS İn Offshore Oil and Gas Exploration.Geophysics The Leading EDGE of Exploration Now.1992, Vol.11 No.11

JESKE, H., 1988: Ground/Lower Atmospherıc Consideration Media Effects on Electronic Systems ın Hıgh Latitude Region, AGARD-NATO.Lecture Series No.162 ref.3

KINIK,İ.,ŞANLI,İ. 1992: Başlangıçtan Günümüze Türkiyede Yapılan Uydu Jeodezisi Faaliyetleri.Harita Dergisi Sayı:109

KINIK,İ., ŞAHİN,K.,ŞANLI,İ., 1993: Ankara Test Ağ'ında GPS Ölçülerinin Değerlendirilmesi. Harita Dergisi Sayı:110

KINIK, İ., KAHVECİ,M.,GÖNÜLALAN, U., 1993: GPS İle Pratik Konumlama Uygulamaları .Türkiye Ulusal Jeodezive Jeofizikçiler Birliği Genel Kurul Bildiri Kitabı. Harita Genel Komutanlığı-Ankara

KLOBUCHAR, J.A., 1983: Ionospherıc Effects on Earth-Space Propagation. AFGL-TR-0004,

LANGERAAR,W., 1984: Surveying And Charting of The Seas. Elsevier, Amsterdam, Oxford

LASSİTER,E., ANANDA,M., 1988: The GPS Overwiev and Navigation System Concept.AGARD- Lecture Series No.161 ref.1

MAGNOVAX Inc. 1976: Integrated Navigation System. Operation Manuel(MX-200).

MAGNOVAX Inc. 1987: After Challenger:Marine Satellite Navigation at the Crossroads

MERSİNOĞLU,S., 1973: Yer Bilimleri Kartoğrafyası.M.T.A. Enstitüsü Yayınlarından, Eğitim serisi No.12

MUELLER,I.,ARCHINAL,B., 1981: Geodesy and The GPS. IAG Symposıum on Geodetıc Networks and Computation Munıch.

MRD-1. 1980: Precise Positioning Systems. (IHO).International Hydrographıc Organızation.SP.39-2-5

NİEUWEJAAR,P.W., 1988: GPS Signal Structure. The Navstar GPS System, AGARD Lecture Series No.161 ref.5

NİEUWEJAAR,P.W., 1988: Aiding And Integration of a GPS Receiver, The Navstar GPS System, AGARD Lecture series No.161, Ref.8

ÖNDER,M 1993: Harita Genel Komutanlığı Harita Dergisi,Sayı:111

ÖZBENLİ, E., 1991: JEODEZİ Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon

ÖZAYDIN,D.,DEMİRKOL,Ö. ve KINIK,İ. 1993: TÜRKİYE'de Uydu Jeodezisi Faaliyetleri.TUJJB Genel Kurul Bildiri Kitabı, 1993 Ankara.

ÖZKAN, T., 1983: MİKRODALGA. Milli Eğitim Basımevi İstanbul-1983

SPİLKER,J.J. ? : Signal Structure and Performance Characteristics.Navigation Volume I, Washington.

REMONDİ,B.W.,1985: Global Positioning System Carrier Phase: Description and Use.Rockville(USA)

STANSELL,A.T., 1978: The Transit Navigation Satellite System, Status, Theory,Performance Applications. Magnovax, U.S.A.

STANSELL,A.T., 1984: GPS Marine User Equipment. Magnovax Technical Paper. U.S.A.

STANSELL,A.T., 1988: GPS Perspectives. International Navigation Congress Sydney 1988.

TANNI,L.,NISKANEN,E., 1951: The Geoidal Undalations and Disturbing Masses. Publications of the Isostatic Institute of the International Association of Geodesy No.25 Helsinki-1951

TRIDENT III,1981:Precise Positioning Systems For Hydrographic Surveying. IHO.39-2-7

TRISPONDER, 1981:Precice Positioning Systems For Hyrographic Surveying.IHO,39-2-4

ULSOY, E., 1977: Matematiksel Jeodezi.İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Yayınları Sayı.144

WELLS,D., 1986: Guide To GPS Positioning. Canadian GPS Associates 1986

EK-A

Yeryuvarının Şekli

Yeryuvarının şeklinin belirlenebilmesi çalışmaları, insanların çevrelerini merak etmeye başladıklar andan itibaren gündeme girmiştir.

Özellikle, denizciliğin gelişmesiyle birlikte, çevre araştırmaları; önceleri görünen kara parçalarına (Adalar vb.) daha sonraları deniz aşırı karalara ulaşmak isteği, insanları yeryuvarı üzerinde daha fazla düşünmeye zorlamıştır.

1. Tarihçe

Thales (MÖ:624-546) yeryuvarını, bir denizin içinde yüzen düzlem parçası olarak tanımlamış ve bu denizin de içinde yüzen kara parçası içine de bu günkü Akdenizi yerleştirmiştir.

Yeryuvarının küre şeklinde olması gerektiğini tarihte ilk olarak savunan **Pythogoras(MÖ:570-496)** olmuştur. **Arısto (MÖ:384-322)** yaptığı gözlemlere dayanarak yeryuvarının küre şeklinde olması gerektiğini savundu.

Abbasiler devrinde(MS:827), **Halid Bin Abdülmelik** ve **Ali Bin İsa** başkanlığında oluşan iki ekip, Bağdat yakınlarındaki Sincar adlı bölgede meridyen yayı uzunluğunu ölçmüşlerdir. Bu ekiplerin yaptığı hesaplamalar sonucunda; Yeryuvarının çevresi 41437 Km ve yeryarıçapı ise 6595 Km olarak bulunmuştur. Büyük bilgin **İBN-İ SİNA**'nın öğrencilerinden **BİRUNİ;** Yeryuvarı çevresini ölçerek 42538 Km, yeryuvarı yarı çapını da 6770 Km olarak bulmuştur. Yine bu dönemlerde, büyük

bilgin **İDRİSİ**'nin **(1099-1164)** hazırlamış hazırlamış olduğu yeryuvarı haritasında ilk olarak paralel daireler kullanmıştır.

15.yy başlarında, Büyük Türk Amirali **PİR-î REİS** 'in hazırlamış olduğu ve o zamanın bilinen 4 Kıt'asını bir arada gösteren ilk Yeryuvarı haritası,en önemli kaynak sayılabilir. Şekil.A1'de Bu haritanın bulunabilen ve şu anda Topkapı Sarayı müzesinde koruma altında tutulan bir parçasının kopyası görülmektedir. Harita 1513 yılında Gelibolu'da tamamlanmıştır. Bu haritanın ilk kopyası 1933 yılında Büyük Önder **ATATÜRK**' ün emirleri doğrultusunda, Devlet Matbaasında basılmıştır.İkinci baskısı ise; 1966 yılında Seyir,Hidroğrafi ve Oşinoğrafi dairesi başkanlığınca aslına uygun olarak yapılmıştır.

Snellıus (1580-1626) ilk kez olarak, Nirengi tekniğini kullanarak, yerin şekli ile ilgili çalışmalar yapmıştır.

Newton(1643-1727) ve **Huygens(1629-1695)** yaptıkları çalışmalarda, yerçekimi kuvvetinin ekvatora yaklaştıkça azaldığı gerçeğinden hareketle, yeryuvarı şeklinin küre yerine **Elipsoid** olması gerektiğini savumuşlardır.
Huygens yerin basıklığını; 1/578,Newton ise; 1/230 olarak hesaplamışdır. Dünya Elipsoidinin belirlenmesine yönelik parametreler **Clairaunt(1743)** tarafından formüle edilmişlerdir.

Gauss, 1828 yılında bütün yeryuvarının Nirengi ağıyla kaplanarak, tüm ülkelerin nirengi ağlarının birleştirilmesi

önerisini getirmiştir. 1909 **Hayford** Nirengi ağları içinde kalan çok sayıda noktaların yardımı ile Elipsoid parametrelerini hesaplamıştır.

2 Yeryuvarının Fiziksel Şekli

Yeryuvarı genel anlamda 3 değişik yüzeyle tanımlanır;

- Yerin fiziksel şekli (Topoğrafik şekil),
- Yerin eş potansiyel yüzeyi (Jeoid),
- Yerin matematiksel şekli (Elipsoid) olarak

adlandırılırlar(Şekil.B4).

2.1 Yeryuvarının Biçimi Olarak Jeoid

C.F.Gauss, 1828 yılında yaptığı bir tanımla; « Geometrik anlamda yeryüzü dediğimiz şekil; her noktasında ağırlık kuvvetini dik olarak kesen yüzeyden başka bir şey değildir. Dünya denizlerinin yüzeyi, bu anlatılan yüzeyin bir bölümüdür.» diyerek tanımlamıştır. 1872 Yılında **J.B.Listing**, durgun su yüzeyi olarak tanımlanan bu matematiksel şeklini, **JEOİD** olarak tanımlamıştır. Böylece yerbilimleri, yeryuvarı ile ilgili ilk bilimsel tanımına kavuşmuştur.

EK-B

YER REFERANS SİSTEMLERİ

Yeryuvarına ait bir takım matematiksel hesaplamaların yapılabilmesi için, yeryuvarına en uygun referans sistemlerinin belirlenmesi gereklidir. Referans sistemleri , gerek harita yapımında ve gerekse, yapılan haritaların kuullanımlarında, yapılacak hesaplamalara temel oluştururlar. Yeryuvarına en uygun olan model olarak; eş potansiyel yüzeylerin tanımından Jeoid doğmuştur. Jeoidin matematiksel olarak tanımlanamaması sonucu, yeryuvarını matematiksel olarak tanımlayabilecek dönel elipsoidler seçilmiştir.

1. JEOİD

Yeryuvarı; kapalı bir şekildir, herhangi bir köşesi yada sonu yoktur. Yeryuvarı üzerindeki her bir noktada bulunan, çekül doğrultularına dik olan yüzeyler birleştirildiğinde, ortaya çıkan yeni şekle Jeoid denilmektedir. Jeoid bir eşpotansiyel yüzeydir ve aynı noktadaki Gravite potansiyel yüzeyi ile aynıdır. Jeoid yüzeyi; oşeonoğrafik olaylardan etkilenmemiş bir okyanus yüzeyiyle çakışır, fakat karalarda bu seviyenin üzerinden geçer.

Jeoid, deniz seviyesinde nivo yüzeyi ile çakışır. Bu nedenle; Küçük çalışma alanlarında, Jeoid yüzeyi yada nivo yüzeyi, bir düzlem yüzey olarak kabul edilebilir (Tanni,1951).

1.1 TÜRKİYE JEOİDİ

Türkiye jeoidi belirleme çalışmaları, Harita Genel Komutanlığı ve MTA gibi kamu kurumları ile bazı üniversiteler tarafından proje bazında yapılmaktadır.

Ölçme sistemlerinin gelişmelerine paralel olarak, jeoid belirlenmesinde yeni yeni teknikler uygulamaya konulmaya başlanmıştır. Bu yeni tekniklerin ilk uygulaması; Transit uydu sisteminin kullanıma girmesi ile yapılan Doppler ölçümleridir. Jeoid belirleme çalışmalarında kullanılacak olan noktalar, birinci derecede Nivelman ağ'ının bulunduğu bölgelerde oluşturulmuştur. Belirlenen noktalara ait nivelman ağ'ı, jeopotansiyel sayılarla dengelenerek, ortometrik yükseklikler ile normal yükseklikler hesaplanmıştır(Ayhan,1987). Şekil.B1 ve B2'de Ayhan tarafından yayınlanan Türkiye Jeodi verilmiştir.

Jeoid yükseklikleri, deniz düzeyi ölçer istasyonlarında sürekli olarak kayıt edilen yükseklik değerlerinden elde edilmektedir. Yapılan uzun süreli ölçümler sonunda, deniz düzeyinin yaklaşık olarak 1-2 mm/yıl yükseldiği belirlenmiştir (Hekimoğlu,1993). Deniz düzeyi yüksekliğinin giderek artması, yüksek doğruluklu jeoid yükseklik hesaplanmalarında göz önüne alınarak, denizlerimiz için de jeoid belirlemelerinin yapılması gerekmektedir.

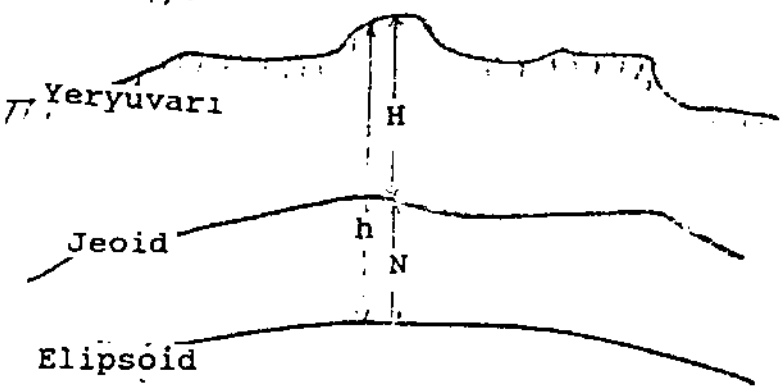
Ülkemiz denizlerinde yapılan hertürlü araştırmalarda, jeoid yükseklik değeri olarak; +30 metre yükseklik değeri alınmaktadır (WGS-84'e göre).

1.2 WGS-72 JEOİDİ

World Geodetıc System-72 Jeoidi uydu teknolojisinin kullanıma sunduğu ilk referans jeoididir. WGS-72 Jeoidi 1988 yılına kadar bütün uydu konum hesaplamalarında kullanılmıştır. WGS-84 Jeoidi Transit ve GPS-Navstar sistemleri içinde yer alan uydular kullanılarak yapılan doppler ölçmeleri sonucu kullanılır duruma getirilmiştir. Şekil.B3'te WGS-72 Jeoid haritası verilmiştir.

1.3 WGS -84 JEOİDİ

Jeoid; Yerin eşpotansiyel yüzeylerinin oluşturduğu, Okyanusların üstünden, Karaların altından geçen, ortalama deniz seviyesine en yakın yüzey olarak tanımlanabilmektedir. Jeoidin; Elipsoidin altında kalan değerleri (-N) yükseklikler, elipsoidin üstünde kalan değerleri ise;(+N) yükseklikler olarak tanımlanır ve bunlara jeoid yükseklikleri denir(Şekil.B.4).



Şekil B 4. Üç değişik yeryüzü şekline ait yükseklikler

h = Elipsoid üstündeki yükseklik(Elipsoid yüksekliği)
(Elipsoid ile Fiziksel yüzey arası)
N = Jeoid yüksekliği,
(Jeoid ile Elipsoid arası)
H = Deniz seviyesinden olan yükseklik

(Jeoid ile fiziksel yüzey arası Ortometrik yükseklik)

WGS-84 Jeodine ait yükseklik değerleri, küresel harmonik açınım formülleri kullanılarak, n=m=180' e kadar olan açınımlarla ve bilinen gravite sabitleri kullanılarak hesaplanmışlardır. WGS-84 Jeoid yüksekliklerinin hesaplanmasında kullanılan formül aşağıda verilmiştir.

$$N = \frac{GM}{r\delta'}\left[\sum_{n=2}^{n_{max}}\sum_{m=0}^{n}\left(\frac{a}{r}\right)^n\left(\bar{C}_{n,m}\,\mathrm{Cos}m\lambda+\bar{S}_{n,m}\,\mathrm{Sin}m\lambda\right)\bar{P}_{n,m}(\mathrm{Sin}\phi')\right]$$

Yukarıdaki formülde verilen parametreler;

N = Jeoid yüksekliği
γ' = Teorik (normal) Gravite değeri
GM= Yerin kütlesel gravite etkisi(Atmosferle birlikte)
a = WGS-84 Elipsoidinde Uzun yarı eksen
λ = Yermerkezli boylam(0-360°)
ϕ'= Yermerkezli enlem(0,90°)(0,-90°)
r = Yarıçap vektörü uzunluğu

$\bar{P}_{n,m}(\mathrm{Sin}\phi')$= Normalleştirilmiş Legendre fonksiyonları

$\bar{C}_{n,m}$;$\bar{S}_{n,m}$ =Normalleştirilmiş gravitasyon katsayıları (Stokes katsayıları)

Legendre serileri; Coğrafi koordinat farklarını S mesafesine göre veren formüllerdir. Legendre serileriyle birinci temel ödevin çözümü yapılabilir. Ancak bu seriler çabuk küçülmedikleri için uygulamalarda fazla kullanışlı değildirler (Ulusoy,1977).

Referans yüzeyi olarak seçilen elipsoidin jeoidden olan sapmaları, eş yükseklik eğrileri yardımıyla verilir. Şekil B3 de, WGS-84 Jeoid Eş Yükseklik haritası görülmektedir (DMA Tech.Report,1988).

2 ELİPSOİD

Yeryuvarının, biçim modeli olarak belli parametrelerle tanımlanamıyan jeoid yerine, Elipsoidin alınması uygun görülerek, tüm konum belirleme hesaplamaları, bu geometrik modele göre yapılır. Buradaki Elipsoid anlamından, dönel elipsoid anlaşılmalıdır. Dönel Elipsoid ; Bir elipsin küçük ekseni sabit kalmak şartıyla,büyük eksenin küçük eksen etrafında döndürülmesiyle elde edilen kapalı bir yüzey olarak tanımlanmaktadır(Şekil.B.6).

Jeoid; homojen olmayan kütle dağılımı nedeniyle, dönel elipsoid'den ±100 m kadar değişen yükseklik sapmalarına, diğer bir anlatımla; Jeoid ondülasyonu dediğimiz değişiklikleri gösterir.

2.1. HAYFORD ELİPSOİDİ

Ülkeler; Kendi bölgelerinden geçen Jeoide en uygun olan elipsoidi belirleyerek ölçümlerde belirli bir datum birliği sağlamışlardır. Çeşitli referans elipsoidlerine ait hesaplamış oldukları parametreler ve değerleri **Tablo-B1'** de verilmiştir. Yeryuvarı ölçümlerinde,referans elipsoidi olarak en çok kullanılan modeller; **BESSEL, CLARK, HAYFORD** ve **KRASSOWSKY** adlı bilim adamları tarafından belirlenmiş olan elipsoidlerdir.

Ülkemiz, 1931 yılına kadar **CLARK-1880** Elipsoidini referans yüzeyi olarak almıştır. Daha sonra alınan bir kararla 1931 yılında, Ülkemiz de **Hayford-1909** elipsoidinin kullanılması karara bağlanmıştır. **Hayford-1909** elipsoidi daha

sonra, çoğu Avrupa ülkelerinin kullanımı nedeniyle **Uluslararası Elipsoid** adını almıştır.

2.2. WGS-72 ELİPSOİDİ

WGS-72 (World Geodetic System-1972) Yeryuvarı Jeodezik Sistemi; Uydu teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak, yapılan hesaplamalar sonucunda ortaya konulmuş bir elipsoid modelidir. 1966 Yılında da bir referans elipsoidi tanımlanmıştır. WGS-72 Referans Elipsoidi, WGS-66 yerine kullanılmaya başlamıştır.

WGS-72 referans elipsoidi özellikle denizlerde yapılan araştırmalarda, deniz taşımacılığında ve uçaklar da 1988 yılına kadar kullanılmıştır.

Transit Uydu sisteminden faydalanılarak yapılan konum belirlemelerde, istenilen doğruluk sağlanamadığı için, WGS-72 Jeoid eş yükseklik haritaları da fazla kullanışlı olmamıştır. Aşağıda WGS-72 Elipsoid parametreleri verilmiştir;

Yarı uzun eksen uzunluğu (a) : 6378135.0 metre
Yarı kısa eksen uzunluğu (b) : 6356750.5 metre
Kutuplardan olan basıklık(f) : 1/298.26
Dış merkezlik(Eksantrisite(e): 0.08181881066

2.3. WGS-84 Elipsoidi

Daha önce kabul edilen, GRS-80 (Jeodezik Referans Sistem-80) jeodezik sistemine göre değerlendirilen WGS-84 referans elipsoidi, şu ana kadar yapılan en uygun matematiksel model olarak kabul görmektedir. Deniz araştırmalarında ve her türlü Seyir amaçlı gemiler için geliştirilen uydu konum belirleme sistemleri, referans olarak WGS-84 Elipsoidini kullanarak, gerekli datum düzeltmelerini yapmaktadırlar. Geliştirilen tüm yazılımlarda da, referans olarak öncelik WGS-84'e aittir.

3 WGS-84 Koordinat Sistemleri

WGS-84 Koordinat sisteminde, başlangıç meridyeni olarak, Greenwich'ten geçen astronomik meridyen alınmıştır. Referans olarak ta, bu sıfır meridyeni, bir merkezden geçen eksen etrafında döndürülerek, World Geodetic System-84 koordinat sistemi elde edilmiştir. WGS-84 Koordinat sistemindeki duyarlık nedeniyle, daha önceleri kullanılan NSWC-9Z koordinat sistemi (WGS-72) olarak tanımlanan, sisteme göre bazı değişiklikler getirmiştir. NSWC-9Z koordinat sistemi(Naval Surface Warfare Center-Deniz Üstü Savaş Merkezi),merkezi Parıs'te bulunan"Uluslararası Zaman Bürosu"nun (BIH), kabul ettiği sıfır Meridyenini başlangıç alan, ölçekli, merkezi Transit Uydu (NNSS) sistemindeki Doppler ölçmeleriyle belirlenmiş olan bir referans yüzeyidir. Bu referans yüzeyi; 1980 sonrasındaki uydu teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak yapılan LASER ölçmeleriyle daha da

doğru tanımlanarak, bu günkü WGS-84 referans yüzeyi ve WGS-84 Koordinat sistemi belirlenmiştir.

NSWC-9Z (WGS-72) koordinat sistemi ile yeni WGS-84 koordinat sistemi arasında yapılan iyileştirmeler aşağıdaki gibidir;

1- WGS-84 Koordinat sisteminin merkezi, WGS-72 koordinat sisteminin merkezine göre; 4.5 metre daha aşağıdaki bir noktaya çekilmiştir(Şekil.B7).

2- WGS-72 Koordinat sistemindeki Referans meridyenine göre, WGS-84 Referans meridyeni 0.814 Arcsaniye kadar batıya doğru kaydırılmıştır (Şekil.B8).

3- Ölçek olarak; WGS-84'ün ölçeğinde, WGS-72'nin $-0.6*10^{-6}$ kadarı bir değişiklik yapılmıştır.

WGS-84 koordinat sisteminin merkezi, yeryuvarının merkezi olarak tanımlanmıştır. Tablo.B1'de WGS-84 ile WGS-72 koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm parametreler verilmiştir.

Şekil.B9 'de, Yerel Datum sistemi olan ED-50 nin WGS-84'e olan dönüşüm değerleri eş değer çizgileri olarak ΔX, ΔY ve ΔZ olarak verilmektedir. WGS-84 Koordinat sistemi ; Astronomik bir kutup etrafında, yerin sabit bir oranda, standart bir dönüşünün meydana getirdiği bir düzlem şekil olmaktadır.

WGS-84 Referans elipsoidi, gravite parametresinin ve atmosferin kütle etkisinin de kullanılması ile elde edilmiş bir elipsoiddir. WGS-84 Elipsoidine ve diğer elipsoidlere ait parametreler aşağıda verilmiştir;

$a_{WGS-84} = 6378137 \pm 2$ metre,

$a_{WGS-72} = 6378135 \pm 0$ metre dir.

a = 6378140±0-637813S±0 metre

GRS-80

Tablo B3'de değişik ölçme teknikleri kullanılarak hesaplanan Yer Gravite Sabiti değerlerini(GM) göstermektedir.

Uzay aracı-Radyo izleme	$=(3986005\pm0.5)10^{8}\ m^{3}\ /s^{2}$
Uydularla LASER veri Analizleri	$=(3986004.6\pm0.3)10^{8}\ m^{3}\ /s^{2}$
Uydularla(Satellite) Laser Uzaklık ölçümleri	$=(3986004.4\pm0.2)10^{8}\ m^{3}\ /s^{2}$
Ortalama Değer	$=(3986004.7\pm0.3)10^{8}\ m^{3}\ /s^{2}$

Tablo B3 GM Ölçme sistemleri ve bulunan değerler (DMA Tech.Report,1988)

WGS-84 Referans Elipsoidinin tanımlanmasında kullanılan başka bir parametre de yeryuvarının açısal hızıdır.Bu (w) değer;

$w = (7292115\pm0.1500)*10^{-11}$ Radyan/sn ' dir.

Bu değer, Uluslararası Jeodezi Derneğinin (IAG) kabul ettiği açısal hızdır. Genellikle hesaplamalarda açısal hız fazla önemsenmez. Daha önce tanımlanan dört parametrenin dışında,WGS-84 Referans Elipsoidinin, Jeodezik ve Gravimetrik uygulamalar için, kullanılacak yardımcı sabitler, Tablo.B5 ve Tablo B4 'de verilmiştir.

Sembol	Tanımlanan parametrelerin adı	Değerleri
a	Uzun Yarı Eksen	6378137 m
GM	Yerin Gravitasyonal Sabiti	$3986005*10^{8}\ m^{3}\ s^{-2}$
w	Yerin Açısal Hızı	$7292115*10^{-11}$ Rad/sn
$\bar{C}_{2,0}$	Normalleştirilmiş ikinci Dereceden zonal Gravitasyonal Sabiti	$-484.16685*10^{-6}$

Tablo B4 WGS-84 Elipsoidinde tanımlanan parametreler

Sembol	Kullanılan fiziksel Sabitler	Değerleri
Vo	Elipsoidin Teorik(normal) Gravite potansiyeli	62636860.8497m^2s^{-2}
m	$m= w^2a^2b/GM$	0.00344978600313
γ_e	Ekvatordaki Teorik(nor)Gravite	9.7803267714 ms^{-2}
γ_p	Kutuplardaki Teorik Gravite	9.8321863685 ms^{-2}
f*	Basıklık Gravitesi	0.00530244012894
k	$(b\gamma_p - a\delta_e)/a\gamma_e$	0.00193185138639
	Teorik Gravitenin gerçek değeri	9.7976446561 ms^{-2}
M_A	Yer yuvarının Kütlesi (Atmosferle birlikte)	5.9733328*10^{24} kg

Tablo B 5 WGS-84'te Hesaplanmış Fiziksel sabitler (DMA Report 1988)

Tablo B6 'de, WGS-84 Referans Elipsoidinde kullanılan Gravite formülüne ait parametrelerin açıklamaları verilmiştir.

TANIMLAMALAR
WGS-84 Elipsoid yüzeyindeki teorik gravite WGS-84 Elipsoid enlemi
δ_e WGS-84 Elipsoidine ait Ekvatordaki teorik Gravite γ_e = 9.7803267714 m/s²
k = (b.γ_p/a.δ_e)-1 k = 0.00193185138639
a WGS-84 Elipsoidindeki Uzun yarı eksen a = 6378137 metre
b WGS-84 Elipsoidindeki kısa yarı eksen b = 635672.3142 metre
γ_p Kutuplardaki teorik gravite (φ=90°, λ=-90°) γ_p = 9.8321863685 m/s²
e^2 WGS-84 Elipsoidindeki birinci dışmerkezlik e^2 = 0.00669437999013

Tablo B 6 WGS-84 Elipsoidindeki Gravite parametreleri (DMA Report,1988)

3.1 Yeryuvarının Gravite Modeli

WGS-84 Referans Elipsoidine ait, yer gravite modeli; yer çekimi kuvvetinin, küresel harmonik açılımıdır (DMA,1988). Tablo B7'da bu açınım ve açınımla ilgili parametreler verilmiştir.

$$V = \frac{GM}{r}\left[1 + \sum_{n=2}^{n_{max}} \sum_{m=o}^{n} \left(\frac{a}{r}\right)^{n} \bar{P}_{n,m}(\sin\phi')\left(\bar{C}_{n,m}\cos m\lambda + \bar{S}_{n,m}\sin m\lambda\right)\right]$$

Parametre	Tanımlama
V	Potansiyel Gravitasyon fonksiyonu
GM	Yerin Gravıtasyonal sabiti
r	Yer kütle merkezi yarıçap vektörü
a	WGS-84 Elipsoidi yarı uzun eksen
ϕ'	Yermerkezli enlem
λ	Yermerkezli Boylam
$\bar{C}_{n,m}, \bar{S}_{n,m}$	Normalleştirilmiş gravitasyon katsayıları
$\bar{P}_{n,m}(\sin\phi')$	Normalleştirilmiş Legendre fonksiyonu $\left[\frac{(n-m)!(2n+1)k}{(n+m)!}\right]^{\frac{1}{2}} P_{n,m}(\sin\phi')$
$P_{n,m}(\sin\phi')$	=Legendre fonksiyonu

Tablo B 7 WGS-84 Elipsoidi yeryuvarı gravite modeli ve parametrelerin açıklamaları (DMA Tech.R.1988)

WGS-84 Referans Elipsoidindeki Gravite modelini tanımlamak için; 32755 sabit istasyon ölçü değerleri kullanılmıştır. WGS-84 Jeoid hesaplamalarında kullanılan, WGS-84 yer gravite modeli, n=m=180 olarak alınmıştır. Yer gravite değişiminin n=m=41 'e kadar açınımı, uydu yörüngesinin hesaplanması ve gelecekteki konumunun belirlenebilmesi için yeterli olmaktadır (DMA Technıcal Report,1988).

4. Jeoid Yükseklik Verilerinin Yararları (WGS-84)

Hazırlanmış olan Jeoid haritaları, değişik kuruluşlar tarafından, gerek ülkeler, gerekse yeryuvarı bazında hazırlanarak kullanıcılara sunulmuştur.

Jeoid yükseklik haritalarından elde edilebilecek bazı bilgiler aşağıda sıralanmıştır;

- WGS-84 Jeoid haritaları, bütün yeryuvarını kapsıyacak şekilde ve 5 metrelik eş yükseklik çizgileri geçirilerek hazırlanmıştır.

- WGS-84 Jeoid haritaları hazırlanırken, Yeryuvarı; önce 1°*1°'lik örneklenmiş, daha sonra da bu alanlar 30'*30' olarak yeniden örneklenerek, jeoid yükseklikleri belirlenmiştir. Jeoid haritalarında, okunamayan yükseklikler; okunabilen değerlerden yola çıkılarak yaklaşık olarak bulunabilir.

- WGS-84 Jeoid haritası hazırlanırken, Yeryuvarı üzerindeki 259200 noktada yapılan, yükseklik ölçü değerleri kullanılmıştır.

  Özellikle uydu ile konum belirleme sistemlerinin kullanıldığı, Kıyı ötesi Jeofizik ve Oşinoğrafik çalışmalarda, WGS-84 Jeoid yükseklikleri, yayınlanan jeoid haritalarından elde edilmektedir.

5. WGS-84 Sisteminin Diğer Jeodezik Sistemlerle Olan İlişkileri

WGS-84 Jeodezik sisteminin en iyi özelliklerinden birisi; tek merkezli bir sistemi referans kabul eden, bölgesel Jeodezik sistemlere geçişi sağlayabilen bir sistem olmasıdır.

WGS-84 Referans sistemi projesi içinde kurulmuş olan, Doppler ölçme istasyonları ve bilinen yerel jeodezik koordinat sistemleri, WGS-84 Sisteminden yerel jeodezik

sistemlere olan dönüşümlerinin bulunmasında temel elemanlardır.

5.1. WGS-72'den WGS-84'e DÖNÜŞÜM

Transıt (NNSS) Sistemi ile geliştirilen WGS-72 Referans sisteminde bulunan yada kullanılan koordinat değerlerinin WGS-84 günümüz referans sistemine olan dönüşümünü yapmak için Tablo B8'deki basit formüller kullanılabilir.

Tablo B8'de WGS-72 Koordinatlarından, WGS-84 koordinatlarına dönüşüm için gerekli parametreler ve formüller verilmiştir.

5.2. Yerel Koordinat Sisteminden WGS-84'e Dönüşüm

Haritalama ve planlama çalışmalarının çoğunda yerel jeodezik sistemden WGS-84 sistemine geçiş, dönüşüm değerleri kullanılarak yapılabilir. Buna göre;

- Eğrisel koordinat değerleri için;

$$\phi_{WGS-84} = \phi_{YEREL} + \Delta\phi$$

$$\lambda_{WGS-84} = \lambda_{YEREL} + \Delta\lambda$$

$$H_{WGS-84} = H_{YEREL} + \Delta H \qquad \text{veya,}$$

Uygulamalarda bir kaç dönüşüm formülünden yararlanılmaktadır. En çok kullanılan bir teknik, eğrisel koordinatlarda; MOLODENSKY yada Kısaltılmış Molodensky formülleri, dikkoordinat sisteminde ise; 3, 4 yada 7 parametre dönüşüm için kullanılmaktadır. Genellikle 3 parametre kullanımı dikkoordinat sistemi için yeterli sayılmaktadır.

5.3. MOLODENSKY Dönüşüm Formülleri

Standart ve kısaltılmış Molodensky Datum dönüşüm formülleri, açıklamalarıyla birlikte Tablo B9'de ve Tablo B10'da verilmiştir. Molodensky dönüşüm formülleri kullanılırken, dönüşüm yapılması düşünülen noktalardaki yerel jeodezik sistemdeki, enlem ve boylam değerleri ile birlikte, o noktadaki elipsoid yüksekliklerinin bilinmesi gereklidir. Elipsoid yükseklik değerleri, hazırlanmış olan eş yükseklik haritalarından alınır. Ayrıca eski ve yeni referans sistemlerine ait elipsoid parametrelerinin de hesaplamalarda göz önüne alınması gerekir. Bu formüllerle hesaplanan fark değerleri kullanılarak düzeltilmiş datum değerleri bulunur. Ölçülen tüm değerler belli bir datum düzlemine indirgendiği için, ölçülen değerlerde belli bir anlam birliği, diğer bir anlatımla kalibrasyon birliği de sağlanmış olur.

Ülkemiz haritacılığında da kullanılan, Avrupa Datum(ED-50) sistemi ile WGS-84 Referans sistemi arasındaki datum kaymaları X, Y, Z,ile enlem ve boylamlar arasındaki farkları veren eş değer eğriler şekil B11'de verilmiştir.

6 WGS-84 Koordinatlarının Doğruluğu

Yeryuvarı üzerinde bulunan herhangi bir noktanın, bir koordinat sisteminde belirlenebilmesindeki doğruluk derecesi; seçilen koordinat sisteminin doğruluğuna, istatistiksel olarak veri toplanan, Doppler istasyonlarının sıklığına ve dönüşümde kullanılmak üzere seçilen yöntemin doğruluğuna bağlıdır.

EK-C

Harita Projeksiyon Sistemleri

Yeryuvarının, eğri bir yüzeye sahip olması nedeniyle, ölçülen yada hesaplanan uzaklıklar, doğrudan doğruya bir düzlem üzerinde gösterilemezler. Bu nedenle eğrisel yüzeyler, bir düzlem yüzey üzerine (harita düzlemi vb.) , bir takım matematiksel ve geometrik kurallardan yararlanılarak aktarılırlar. Eğrisel yüzeylerin belli kurallar içerisinde, düzlem yüzeyler üzerine aktarılmasına projeksiyon adı verilmektedir.

Harita projeksiyonları yapılırken ortaya çıkan bozulmalar, özet olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1-Yeryüzü üzerinde, değişik doğrultular arasındaki benzer açılar, harita düzlemine geçirilirken aynı kalabilir yada değişebilir.

2-Belli bir bölümün alanı, bilinen bir oran sınırları içinde büyütülüp küçültülürken, başka bir kısmının alanına uyar yada uymayabilir.

3-Küre üzerindeki bütün noktalar arasındaki uzaklık ilişkileri, haritalarda bozulma olmadan gösterilemez.

4-Farklı yönlerde bulunan noktalar arasındaki yönler, harita üzerinde bozulma (deformasyon) olmadan gösterilemez.

Harita Projeksiyonları; Projeksiyon için kullanılan yüzeylere göre, konik düzlem veya silindirik projeksiyonlar diye ayrılır.

Harita projeksiyonu yapılacak Yerkürenin, hayali eğrilerle kaplanmış olduğu kabul edilmiştir(Mersinoğlu,1973). Hayali olan bu eğrilere, coğrafi koordinat sisteminde, Enlem

ve Boylam daireleri adı verilir. Enlem ve Boylam daireleri, her noktada birbirlerini dik olarak keserler.

Türkiye, harita sisteminde 1931 yılı öncesinde , **CLARK** elipsoidini kullanmıştır. Bu elipsoide göre hazırlanan haritaların düzleme geçirilmesi için ise ; **BONNE** Projeksiyonu kullanılmıştır. Bu projeksiyonda başlangıç meridyeni olarak İstanbul Ayasofya Camisinin kubbesindeki alem alınmıştır.

1931 yılında referans sistemi değiştirilerek **HAYFORD** Elipsoidi, daha sonra da bu projeksiyon sistemi de değiştirilerek, GAUSS-KRUGER (Transversal Merkator) Projeksiyon sistemi harita yapımında kullanılmaya başlanılmıştır. Başlangıç meridyeni olarak da Greenwıch alınmıştır. Deniz haritalarında kullanılmak üzere ise; Gauss-Kruger projeksiyonu yerine, normal Mercator Projeksiyonu seçilmiştir(Erden,1982).

1 Mercator Projeksiyonu

Günümüz havacılık ve denizcilik çalışmalarında kullanılan haritaların tamamı, normal Mercator Projeksiyonu ile yapılmıştır. Uygulamalarda sadece Mercator projeksiyonu olarak tanınmaktadır.

Mercator projeksiyonu, Yeryuvarının silindire, dolayısıyla düzleme açınımı olarak tanımlanabilir. Bu projeksiyon alan korur. Enlemler birbirlerine paraleldir ve kutuplara doğru gidildikçe; aralarındaki uzaklıklar artar. Boylam daireleri de birbirlerine paraleldirler ve aralarındaki uzaklıklar değişmez, Enlem dairelerini her

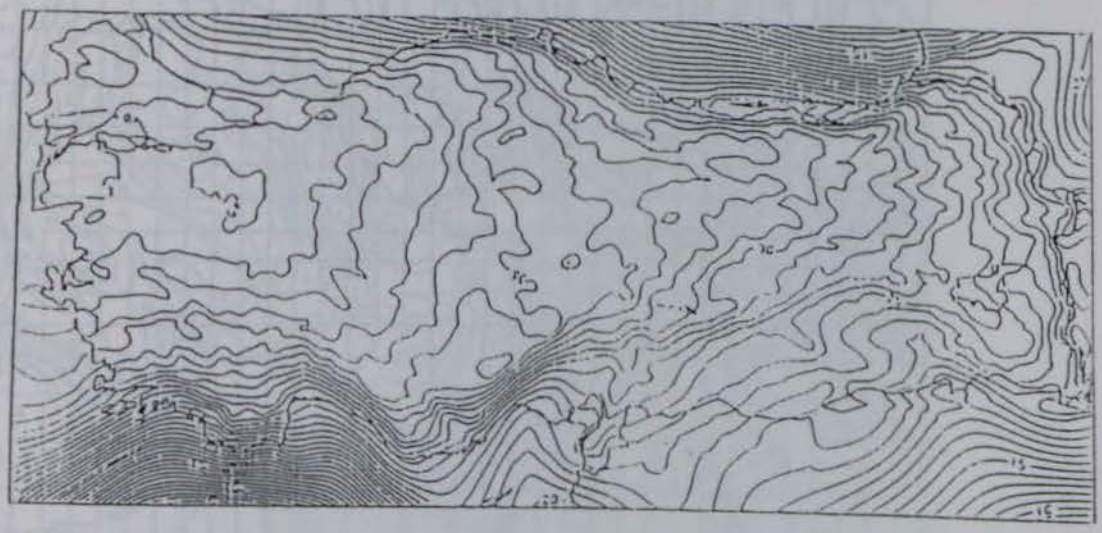
noktada dik olarak keserler. Bu projeksiyonda kullanılan silindir yeryuvarına ekvator dairesi boyunca teğettir. Yani düzlem açınımı yapılan silindirin merkez ekseni kutuplardan geçer. Buradanda anlaşılacağı gibi, kutuplarda bozulma sonsuz olacaktır. Genel olarak Mercator projeksiyonu, kutuplardaki 6° Kuzey ve 6°Güney enlemlerine kadar başarılı bir şekilde kullanılabilir (Mersinoğlu,1973).

Mercator projeksiyonunda bozulmalar ekvatordan kutuplara gidildikçe artar. Deniz haritalarında, yani; Mercator projeksiyonunda yapılan haritalarda, enlemler ölçek olarak alınır.(1 dakika= 1 Mil). Boylamlar arasındaki farklar eşit olduğu için; Ekvatorda 1 dakikalık uzaklık (Boylam yayı uzunluğu) 1855.398 metre olduğu halde, 42° enleminde, 1 dakikalık yay uzunluğu 1380.909 metredir. Bu tür sakıncaları ortadan kaldırabilmek için , Mercator haritaları hazırlanırken; bölgelere göre, ortalama enlem değeri olarak, bir baz değer alınır. Böylece hiç değilse, bölgesel olarak bozulmalar en aza indirgenmiş olur. Mercator haritalarına bakıldığı zaman, Enlem dereceleri arasındaki çizgisel uzaklıklar, kuzeye doğru gidildikçe artar. Boylamlar birbirine paralel çizgiler şeklinde oldukları için, aralarındaki uzaklıklarda eşit olur.Boylamlardaki 1 dakikalık yay uzunluğu 1 Mil yani 1852 metredir(Erden 1982).

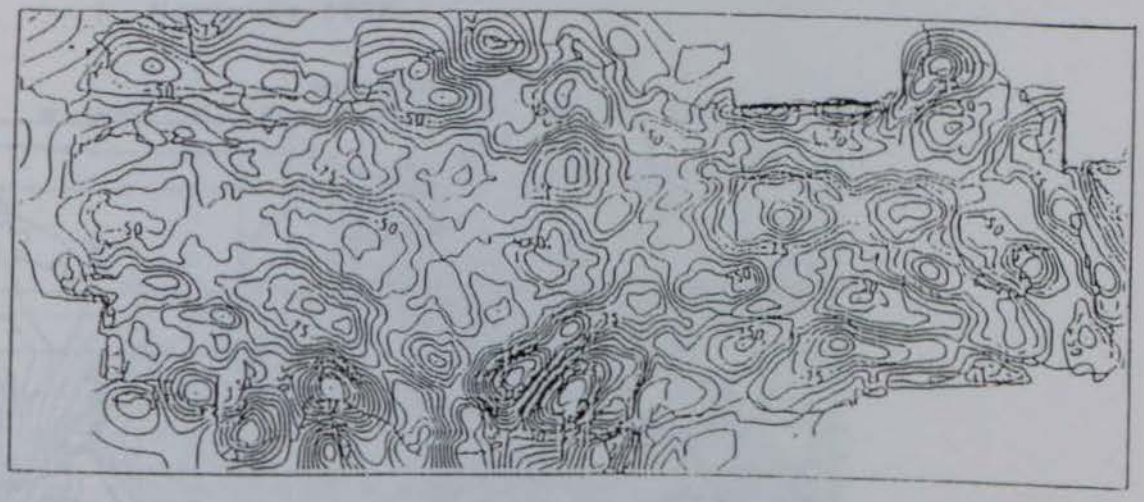


Şekil. A1

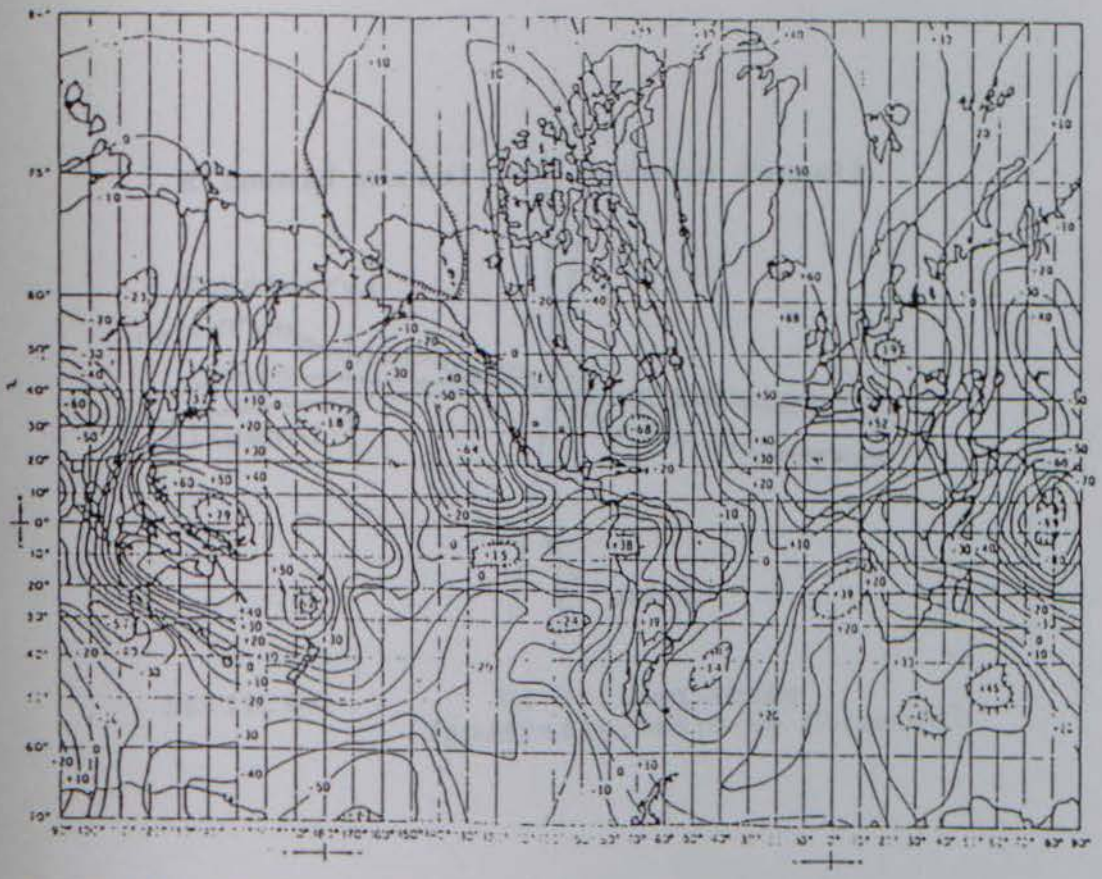
Piri Reis'in Dünya haritasının bulunabilen bir kısmı. 1513 yılında Gelibolu'da çizilmiş, 1517 de Mısır Fatihi Sultan Selim Pa verilmiştir. Parşömen üzerine renkli olarak yapılmıştır. Afrika'nın Muhit-i Atlası sahilindeki mevki isimleri öz Türkçedir (*T.T.K. Yayınlarından No 1*).



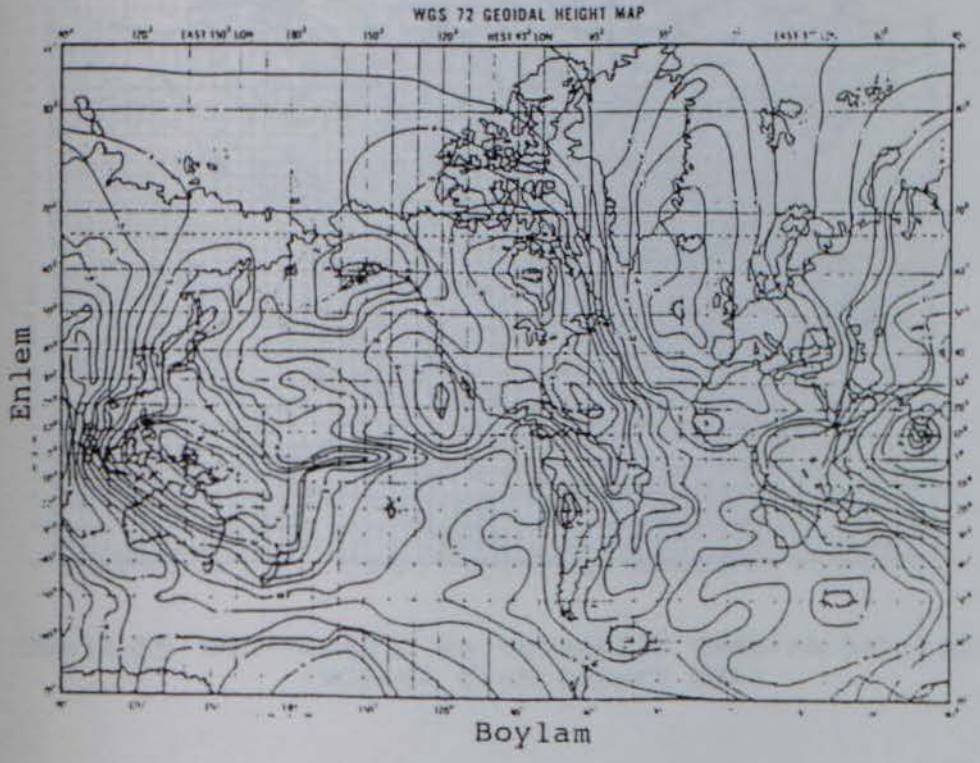
Sekil.81 TG-91 Türkiye Jeoidi(GRS-80 baz alınarak)
(Ayhan,1993)



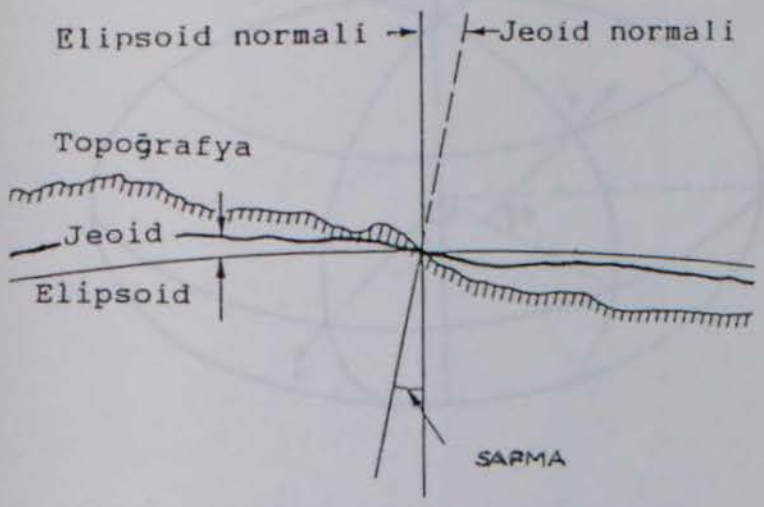
Sekil 82 Türkiye Jeoidindeki yerel değişimler(Cm)
(Ayhan,1991)



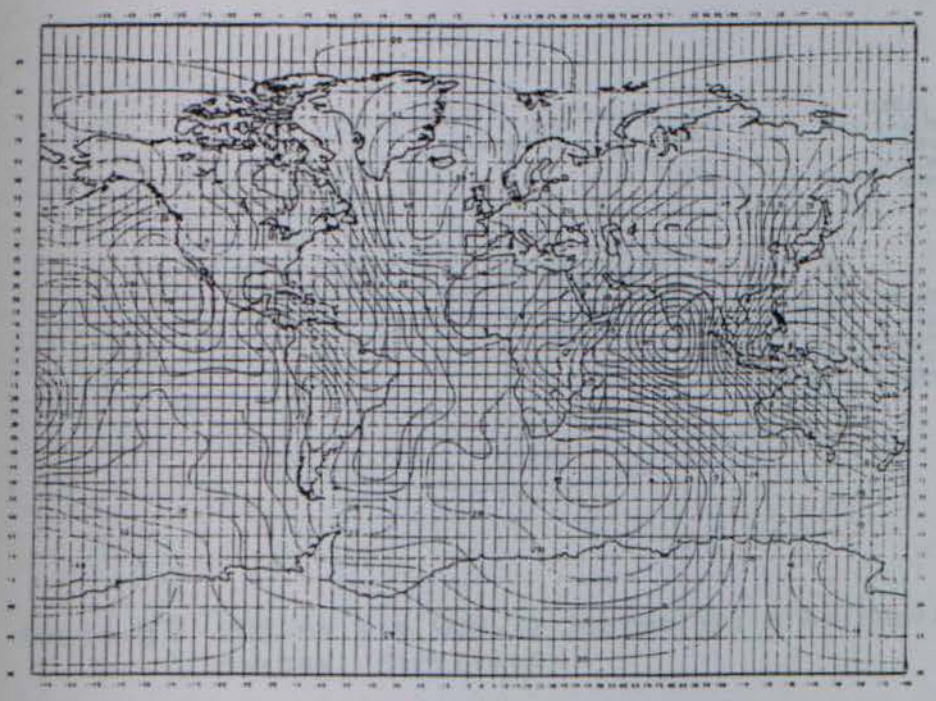
Sekil.83 WGS-72 Jeoid eş yükseklik dagılım haritası
(Magnovax 1978)



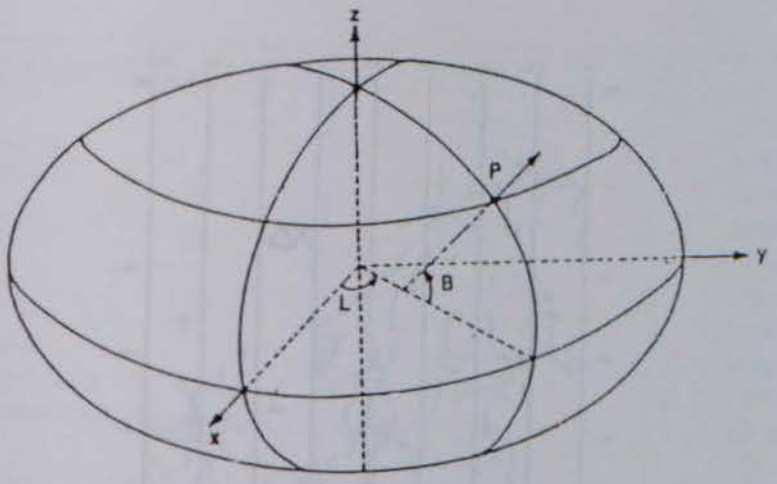
Sekil-83 WGS-72 Jeoid eş yükseklik haritası
(Gregory,1982)



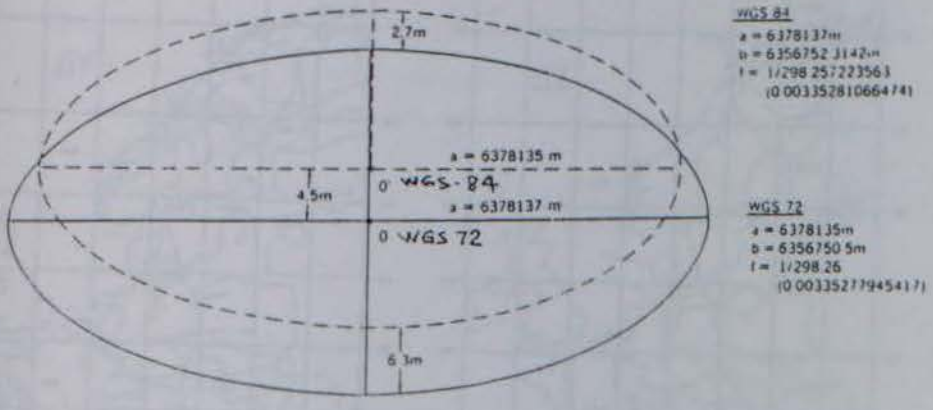
SEKIL.84 Üc bilinen yüzey
(Tapoğrafik,Jeoid ve Elipsoid)



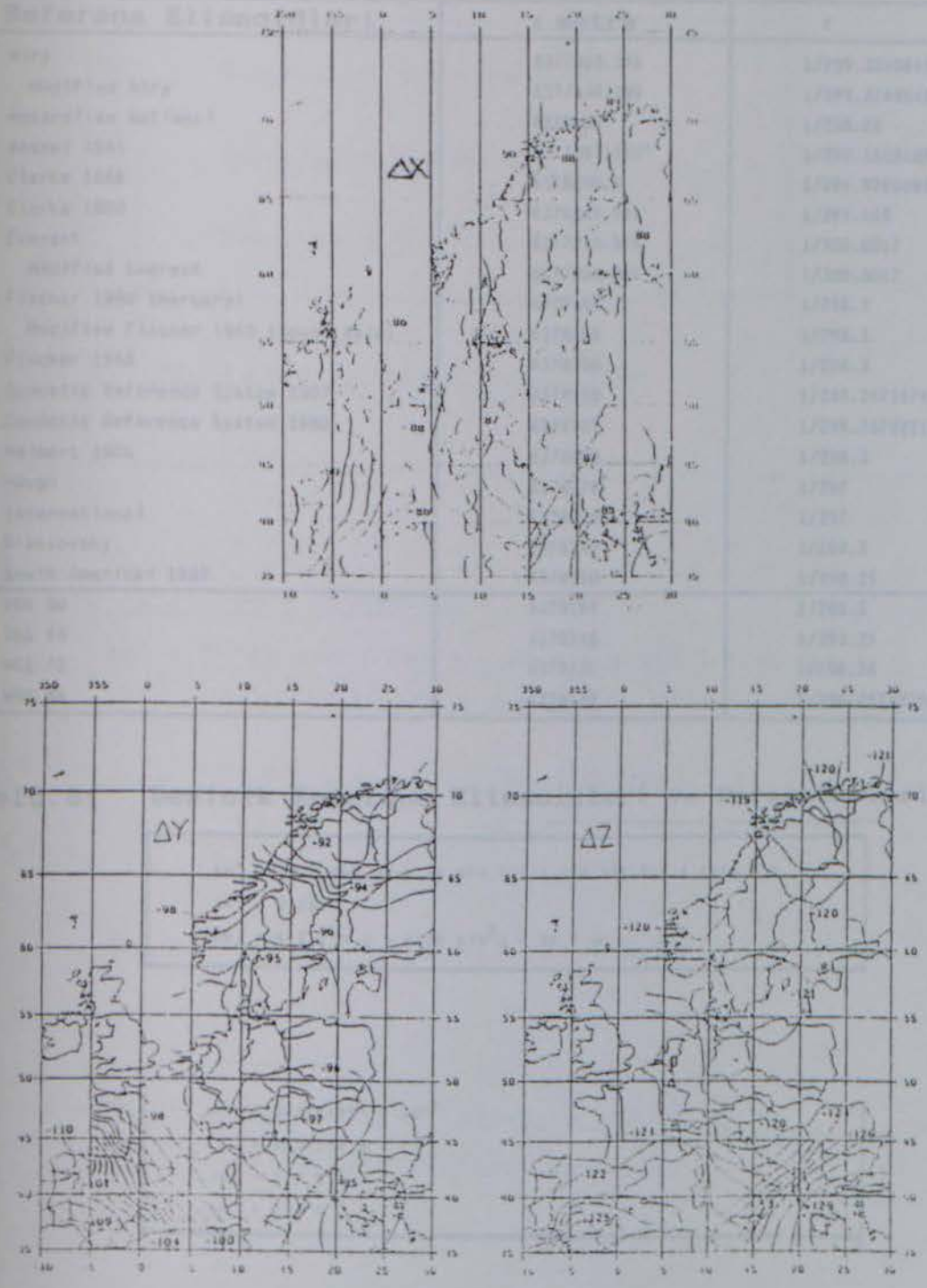
Sekil.85 WGS-84Jeoid es yükseklik dağılım haritası
(WGS-84 Tech.Report DMA)



SEKIL-86 Dönel Elipsoid



Sekil-87 WGS-84 ile WGS-72 Sistemleri arasındaki merkez noktası farklılığı



Şekil 30 Yerel Datum Düzlemi ED-50'nin WGS-84'e Olan Dönüşüm Değerleri(metre)ΔX, ΔY, ΔZ

Referans Elipsoidleri	a metre	f
Airy	6377563.396	1/299.3249646
Modified Airy	6377340.189	1/299.3249646
Australian National	6378160	1/298.25
Bessel 1841	6377397.155*	1/299.1528128
Clarke 1866	6378206.4	1/294.9786982
Clarke 1880	6378249.145	1/293.465
Everest	6377276.345	1/300.8017
Modified Everest	6377304.063	1/300.8017
Fischer 1960 (Mercury)	6378166	1/298.3
Modified Fischer 1960 (South Asia)	6378155	1/298.3
Fischer 1968	6378150	1/298.3
Geodetic Reference System 1967	6378160	1/298.247167427
Geodetic Reference System 1980	6378137	1/298.257222101
Helmert 1906	6378200	1/298.3
Hough	6378270	1/297
International	6378388	1/297
Krassovsky	6378245	1/298.3
South American 1969	6378160	1/298.25
WGS 60	6378165	1/298.3
WGS 66	6378145	1/298.25
WGS 72	6378135	1/298.26
WGS 84	6378137	1/298.257223563

Tablo.B1 Degisik Referans Elipsoidleri ve Parametreleri

$$\Delta\phi'' = (4.5 \cos\phi) / (a \sin 1'') + (\Delta f \sin 2\phi) / (\sin 1'')$$

$$\Delta\lambda'' = 0.554$$

$$\Delta H_m = 4.5 \sin\phi + a\,\Delta f \sin^2\phi - \Delta a + \Delta r$$

$$\Delta f = 0.3121057 \times 10^{-7}$$

$$a = 6378135\ m$$

$$\Delta a = 2.0\ m$$

$$\Delta r = 1.4\ m$$

Tablo.B2 WGS-84 ile WGS-72 Koordinatlari arasindaki dönüsüm parametreleri( )

$$\Phi_{WGS-84} = \Phi_{WGS-72} + \sigma\Phi$$

$$\Gamma_{WGS-84} = \Gamma_{WGS-72} + \sigma\Gamma$$

$$H_{WGS-84} = H_{WGS-72} + \sigma H$$

Tablo 38 Dönüşüm formülleri

The Standard Molodensky

$$\Delta\phi'' = \{- \Delta X \sin\phi \cos\lambda - \Delta Y \sin\phi \sin\lambda + \Delta Z \cos\phi + \Delta a\,(R_N e^2 \sin\phi \cos\phi)/a + \Delta f\,[R_M(a/b) + R_N(b/a)] \sin\phi \cos\phi\} \cdot [(R_M + H) \sin 1'']^{-1}$$

$$\Delta\lambda'' = [- \Delta X \sin\lambda + \Delta Y \cos\lambda] \cdot [(R_N+H) \cos\phi \sin 1'']^{-1}$$

$$\Delta H_m = \Delta X \cos\phi \cos\lambda + \Delta Y \cos\phi \sin\lambda + \Delta Z \sin\phi - \Delta a\,(a/R_N) + \Delta f\,(b/a)\,R_N \sin^2\phi$$

Tablo 39 Standart Molodensky formülleri

Tablo. 10

Molodensky formüllerinde kullanılan parametrelerin acıklamaları aşağıda verilmiştir.

$\Delta\varphi''$ = Jeodetik enlem. Bir noktanın jeodetik ekvator düzlemi ile elipsoidal normal arasında kalan açı. Kuzeye doğru (+) , güneye doğru (-) değer alır.

$\Delta\lambda''$ = Jeodetik boylam.Bir noktanın , jeodetik meridyen düzlemi ile başlangıç meridyeni düzlemi arasında kalan açı.Doğuya doğru(+), batıya doğru(-)

ΔH_m= Jeodetik yükseklik(Elipsoidal yükseklik).Bir noktada elipsoidal normal boyunca,elipsoid ile nokta arasında kalan uzaklık.

N = Jeoid/Elipsoid dağılımı.Jeoidin ,elipsoidden olan uzaklığı.(-)veya (+) olabilir.

h = Jeoidden tapoğrafik yüzeye olan uzaklık.Deniz seviyesi üstü (+), altında(-) değerler alır.

Yerel jeodetik sistem koordinatlarının WGS-84 e olan dönüşüm düzeltme değerleri.

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ =

WGS-84 Elipsoidi ile yerel jeodetik sistemlerin merkezleri arasındaki kayma miktarı.

a = Uzun yarı eksen(Yerel jeodetik elipsoid için)

b = Kısa yarı eksen(: : : :)

f = Yerel jeodetik sistem elipsoidinin basıklığı

$\Delta a, \Delta f$ = WGS-84 Elipsoidi ile yerel sistemin bağlı olduğu elipsoidin basıklıkları ve uzun yarı eksenleri arasındaki farklar.

e = Birinci eksantiriklik

R_N = Ekvatorun egrilik yarıçapı

$$R_N = a / (1-e^2\varnothing)^{1/2}$$

R_M = Meridyenin egrilik yarıçapı

$$R_M = a (1-e^2)/ (1-e^2.Sin^2\varnothing)^{3/2}$$

Bütün degerler,WGS-84 Elipsoid degerlerinden yerel jeodetik sistem elipsoid degerlerinin çıkarılmasına göre düşünülmelidir.

Ülkemiz deniz haritalarının hazırlanmasında ve kullanımlarında,Seyir Hidrografi ve Osinografi Dairesi, (IHO) Uluslar arası Osinografi ve Hidrografi merkezi tarafından hazırlanmış olan ve Molodensky dönüsüm (Tablo) formüllerinin kullanımında kolaylık saglayan bir formu kullanmaktadır.Ayrıca uydu konum belirleme hesaplamalarında kullanılan Molodensky formülleri basit bir bilgisayar yazılımı haline getirilerek,gerekli düzeltme degerleri kolaylıkla bulunabilmektedir..