



Yıldız Teknik Üniversitesi
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



JEODEZİK METROLOJİ

Prof.Dr.Engin GÜLAL

2019-2020

DERSİN AMACI

Ölçme Bilgisi 1 dersinde verilen temel ölçme aletlerinin dışında kalan modern jeodezik ölçme alet ve sistemleri hakkında öğrencileri bilgilendirmek.

DERSİN İÇERİĞİ

Metroloji, Total Stationlar, Digital Nivolar, Uydu Bazlı Ölçme Sistemleri, İnersiyal Ölçme Sistemleri, Aletlerin Kontrol ve Kalibrasyonu

KAYNAKLAR

Jeodezik Metroloji Ders Notu

ETKİNLİK	SAYI	KATKI PAYI
Ödev	1	20
Ara Sınav	1	40
Final	1	40

HARF	ARALIK	SAYI
AA	86-100	4.0
BA	77-85	3.5
BB	68-76	3.0
CB	59-67	2.5
CC	50-58	2.0
DC	40-49	1.5
DD	30-39	1.0
FD	20-29	0.5
FF	0-19	0.0

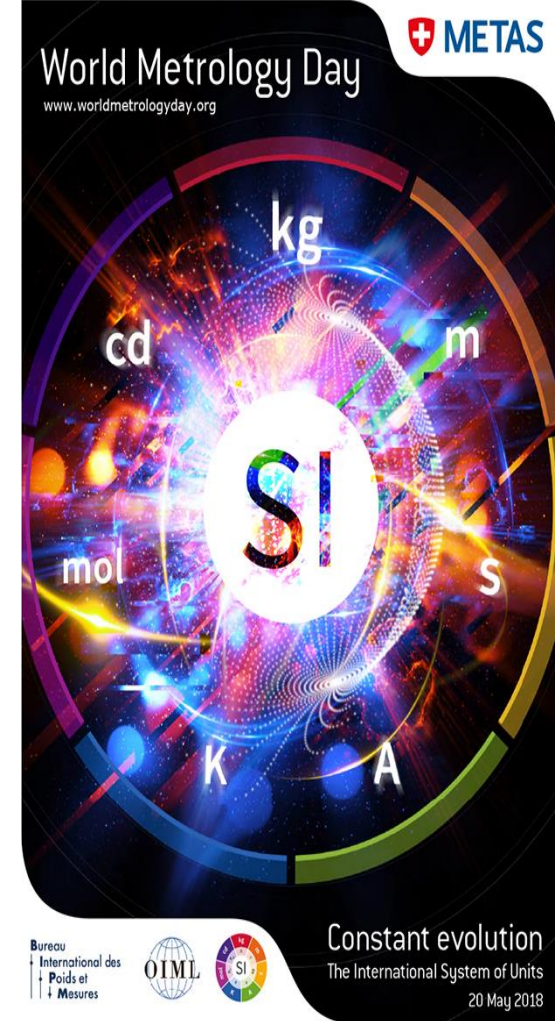
Metroloji

Metroloji kelime olarak Yunanca “**METRON**” kelimesinden türetilmiş olup, Türkçe karşılığı “**Ölçüm Bilimi**” dir.

Metrolojinin amacı bütün ölçme sistemlerinin temeli olan **Uluslararası Birimler Sistemi (SI)** ve SI’ dan türetilen ölçüm birimlerini tanımlayarak bilim ve teknolojinin kullanımına sunmak ve yapılan bütün ölçümlerin **güvenirliğini** ve **doğruluğunu** sağlamaktır.

20 Mayıs 1875'de Paris'de **Metre Konvansiyonu'nun** imzalanmasından sonra bir bilim dalı olarak kabul görmeye başlamıştır.

20 Mayıs – Dünya Metroloji Günü



Metroloji



Metroloji

ULUSAL METROLOJİ ENSTİTÜSÜ



BİLİM, SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI

Bilimsel
Metroloji

Yasal (Legal)
Metroloji

Metroloji

Endüstriyel
Metroloji



TÜRKAY KALİBRASYON

Metroloji

Bilimsel Metroloji

Uluslar arası geçerliliği olan Primer Standardların ülke düzeyinde oluşturulması ile ilgili faaliyetleri kapsamaktadır. Ülkemizde bu konuda **TUBİTAK** bünyesinde hizmet veren Ulusal Metroloji Enstitüsü (**UME**) görevlendirilmiştir.

1

Endüstriyel Metroloji

Bilimsel metrolojinin faaliyetleri sonucu elde edilen primer standartlara izlenebilirliği sağlanmış sekonder standartlarla Endüstride kullanılan izleme ve ölçme cihazlarının kalibrasyonlarının yapıldığı hizmet alanını kapsar. **TSE**, 132 sayılı kuruluş kanunu ile bu alanda da görevlendirilmiştir.

2

Kanuni (Legal) Metroloji

Ticarete esas teşkil eden ölçü ve kontrol aletlerinin kalibrasyonları ile ilgilenir. Bu kategoriye giren cihazlar mecburi olarak kalibre ettirmek zorundadır. Ülkemizde **T.C. SANAYİ VE TİCARET BAKANLIĞI** bu konuda görevlendirilmiştir.

3

Metroloji

Bilimsel Metroloji

- SI'a uygun referans ölçüm standartları oluşturma ve muhafaza etme

Endüstriyel Metroloji

- Endüstrinin Uluslararası Ölçüm Sistemine Entegrasyonu

Yasal Metroloji

- Tüketici Haklarını Koruyucu Yasal Düzenlemeler

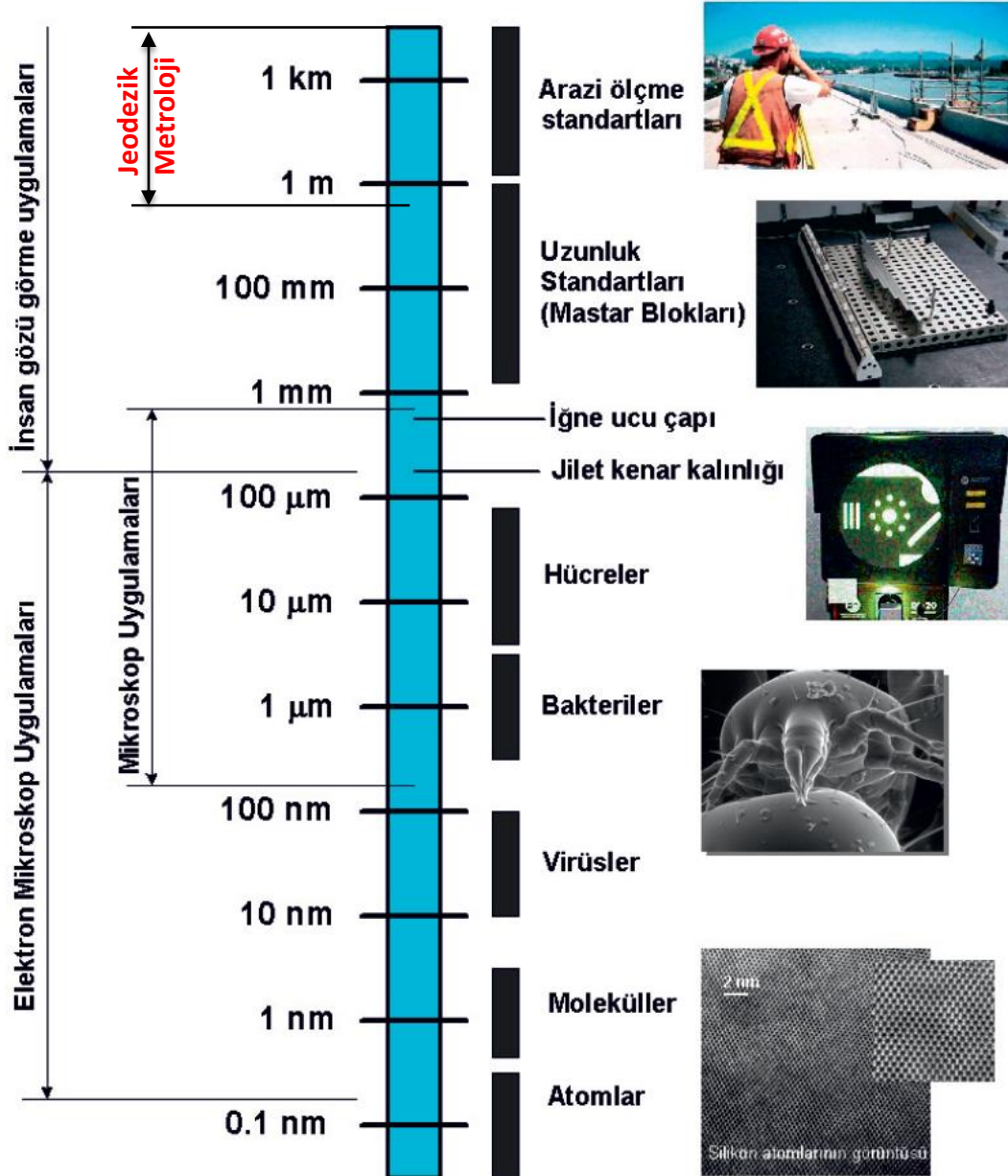


TÜBİTAK UME



T.C. SANAYİ VE TİCARET BAKANLIĞI

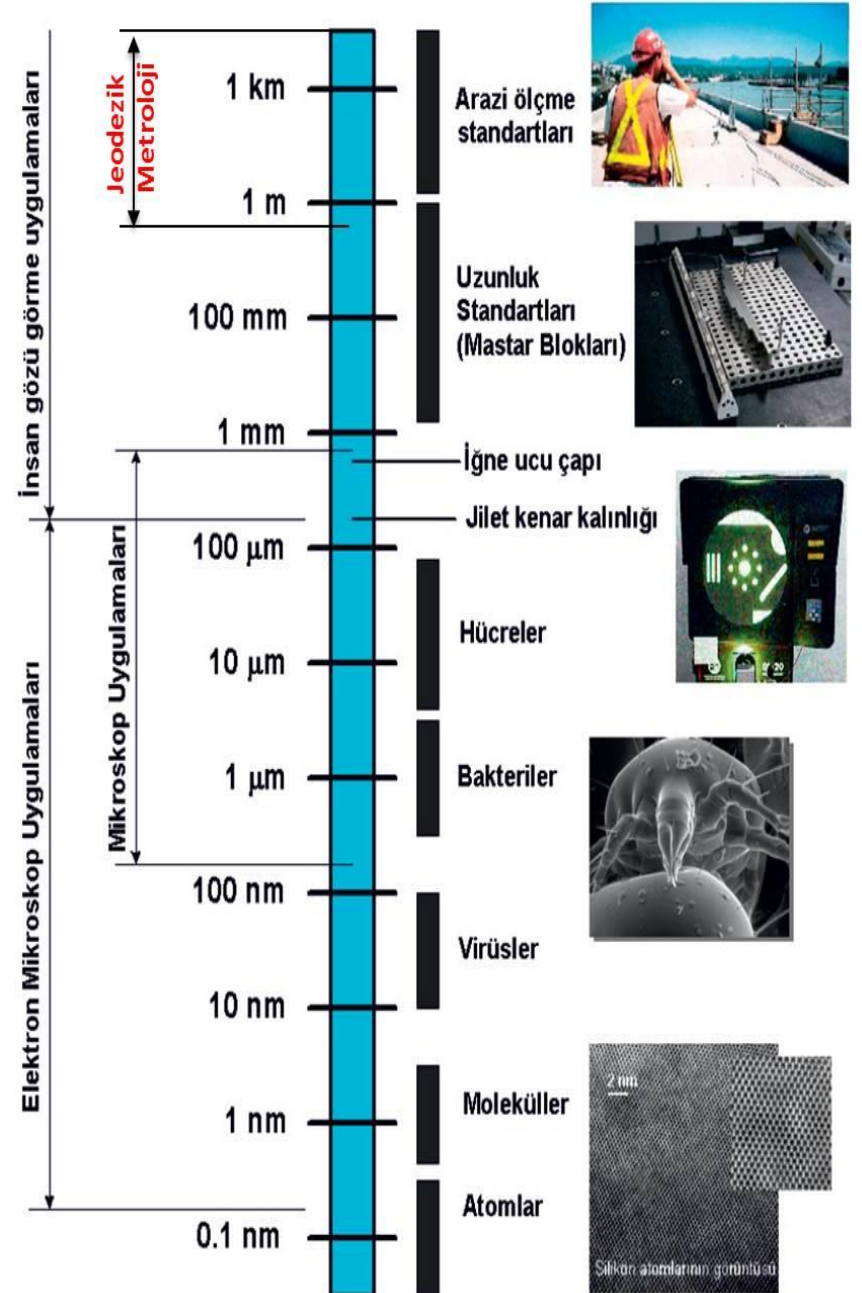
Jeodezik Metroloji



Metroloji, ölçüm belirsizliği ve uygulama alanına bakılmaksızın, ölçüm ile ilgili bütün teorik ve uygulamaya yönelik unsurları içerir.

Jeodezik Metroloji

Metrolojinin en önemli alanlarından biride uzunluk ve açı ölçümlerin yapıldığı **boyutsal metrolojidir**. Boyutsal metrolojinin temel çalışma alanları: Frekans kararlı lazer ve frekans ölçümleri, master blokları ve interferometrik ölçümler, açı ölçümleri, yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, nanometroloji, çap ve form ölçümleri, uzun mesafe ölçümleri, endüstriyel ölçümler ve optik takımlama ölçümleridir.

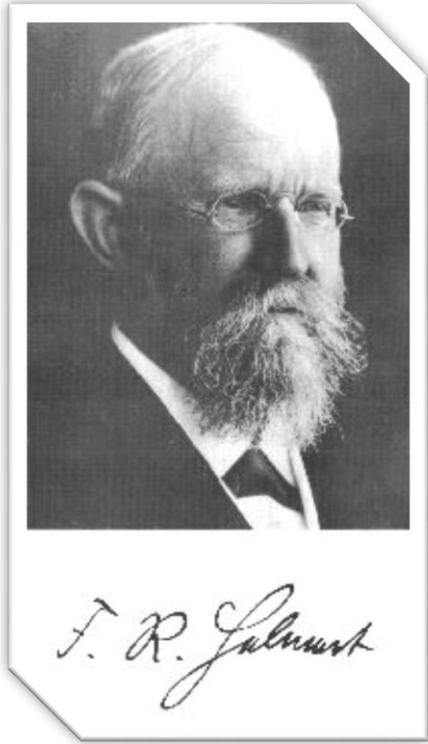


Jeodezik Metroloji



Ölçüm
Haritacılığın
içinde var!

Jeodezik Metroloji



1843 - 1917

Alman bilim adamı Helmert, 1880 yılında jeodeziyi “fiziksel yeryüzünün ölçülmesi ve tasviri bilimi” şeklinde tanımlamıştır. Jeodezinin görevi “fiziksel yeryüzünün geometrisinin belirlenmesidir” şeklinde tanımlanabilir. Yeryüzünün tamamının ya da bir kısmının şekil, büyüklük ve konum bakımından belirlenmesi jeodezinin amacını oluşturmaktadır. Yeryüzünün ölçülmesi, hesabı ve çiziminde kullanılan araç ve yöntemlerin incelenmesi de jeodezinin konusunu oluşturur.

DIE
MATHEMATISCHEN UND PHYSIKALISCHEN
THEORIEEN
DER
HÖHEREN GEODÄSIE.

EINLEITUNG UND I. THEIL:
DIE MATHEMATISCHEN THEORIEEN.

VON
DR. F. R. HELMERT,
PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU AACHEN.



LEIPZIG,

DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER.
1880.

MATHEMATICAL AND PHYSICAL

THEORIES
of
HIGHER GEODESY

Preface and Part I
THE MATHEMATICAL THEORIES

by

DR. F. R. HELMERT,
Professor at the School of Technology, Aachen.

LEIPZIG,

PRINTING AND PUBLISHING HOUSE OF B. G. TEUBNER,

1880

E.GÜLAL

Jeodezik Metroloji

Harita Mühendisleri yeryüzün tamamını veya bir kısmını ölçerler.

Jeodezik Metroloji kavramı ise Harita Mühendisliğinde kullanılan doğrultu, uzunluk, yükseklik farkı ve baz vektörleri gibi temel ölçü büyüklüklerinin ölçülmesi ve bu büyüklüklere ilişkin **belirsizlik değerlerinin** hesaplanması ile ilgilenen bilim dalı olarak tanımlanabilir.



MÜHENDİSLİK ÖLÇMELERİ

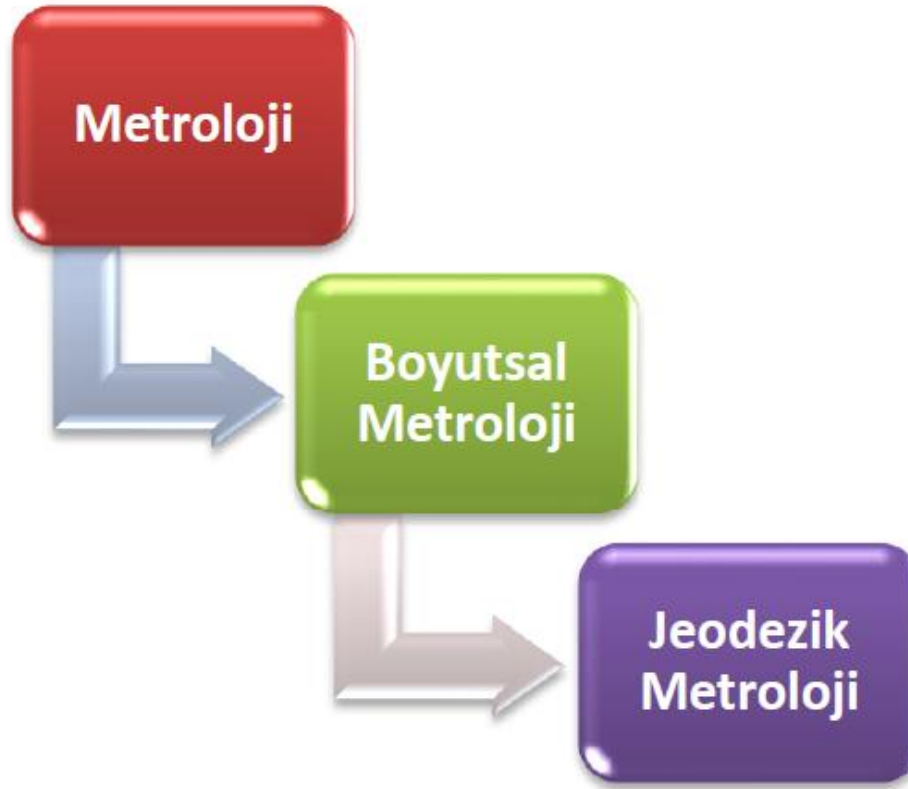


ARAZİ ÖLÇMELERİ



ENDÜSTRİYEL ÖLÇMELERİ

Jeodezik Metroloji



Tavsiye edilen kaynaklar:

http://www.ume.tubitak.gov.tr/sites/images/ume/metroloji_kitabi.pdf

http://www.ume.tubitak.gov.tr/sites/images/kisaca_metroloji.pdf

<http://www.ume.tubitak.gov.tr/sites/images/ume/ume-95-014.pdf>

Jeodezik Metroloji

Ölçü: ölçülecek niceliğin sayılabilen, azalıp çoğalabilen durumunun ya da miktarının belirli standartlarla veya yöntemlerle tanımlanmış işlemler sonucunda elde edilen tahmini değerdir.

Ölçü Sonucu: Ölçülen büyüklüğün ölçüm sonucunda elde edilen değerdir. Ölçüm sonucunda tahmini bir değer elde edildiği için yapılan ölçüme ait belirsizlik ifadesi ile birlikte verilmelidir.

Ölçüm Hatası: Ölçü sonucundan, ölçülen büyüklüğün gerçek değerinin çıkarılmasıyla elde edilen sonuç. **Her ölçü bir hata içerir.**

Ölçü Büyüklüğü: Uzunluk, açı ve sıcaklık gibi ölçülebilen fiziksel bir büyüklüktür. Değeri ölçme yöntemleri ile belirlenebilen ve rastlantıdan bağımsız fiziksel gerçektir.

Ölçü Donanımı: Ölçmeler için kullanılan algılayıcılar, gösterge üniteleri, gibi kullanılan bileşenlerin tamamı olarak tanımlanır.

Ölçüm Belirsizliği

Ölçüm belirsizliği, ölçülen büyüklüğün gerçek değer etrafında bulunabileceği aralığı tanımlayan tahmini değerdir.

Ölçüm bilimi anlamına gelen metrolojide, temel unsurlardan biri de **ölçümün ne kadar doğrulukta** yapıldığının bilinmesidir.

Ölçüm sonuçlarının doğru değerlendirilmesi sonuçların **güvenilirliğine** bağlıdır.

Ölçülen aynı büyüklüğün değeri **ölçümden ölçüme farklılık** gösterir.

Her ölçümün sonucunda verilen sayı mutlaka belli bir **şüphe içerir**.

Bu sebeple ölçüm sonucu verilirken ölçülen veya hesaplanan değer **belirsizliği** her zaman verilmelidir.

Ölçüm Belirsizliği

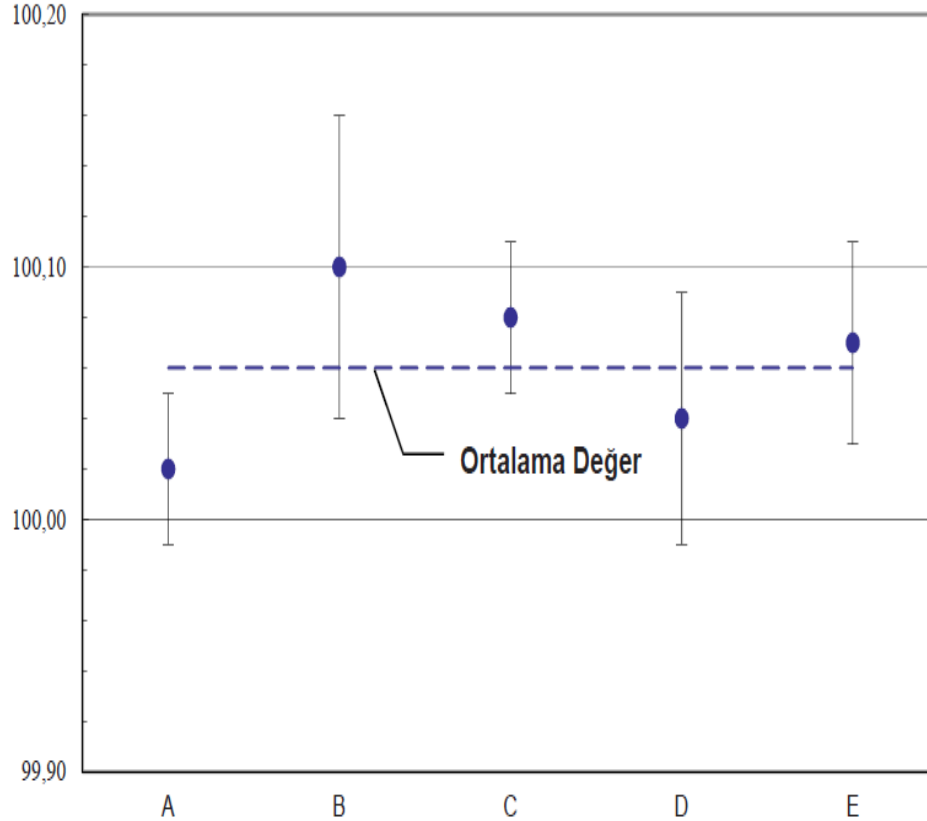
5 farklı kişi $L=100$ m uzunluğundaki bir uzunluğu ölçtüğünü varsayalım. Her bir kişinin yaptığı ölçümler ve belirsizlik değerleri aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Kişi	Ölçüm Sonucu (m)	Belirsizlik (m)	Ortalamadan Sapma (m)
A	100.02	0.03	-0.04
B	100.10	0.06	+0.04
C	100.08	0.03	+0.02
D	100.04	0.05	-0.02
E	100.07	0.04	+0.01

$$L_{ORT} = \frac{L_A + L_B + L_C + L_D + L_E}{5} = 100.06$$

$$v_i = L_i - L_{ORT}$$

Ölçüm Belirsizliği



Ölçüm sonucu elde edilen belirsizliklere bakıldığında en doğru sonucun belirsizlikleri **en küçük değerler** olan A ve C kişilerinin yaptıkları ölçüler olduğu söylenir.

Kişilerin ölçtükleri değerlerin ortalama değerden farkı olan her bir ölçüme gelecek olan **düzeltilme değerlerinin** o ölçünün **belirsizlik** değerinden **küçük** olmalıdır.

Ölçüm belirsizliği,

Ölçülen büyüklüğün gerçek değer etrafında bulunabileceği aralığı tanımlayan tahmini değerdir.

Ölçüm Belirsizliği

Herhangi bir ölçme aleti ile yapılan ölçüm sonucu bulunan değer yaklaşık değerdir. Bir büyüklük aynı ölçme aleti ile iki kez ölçüldüğünde farklı sonuçlar elde edilebilir.

Elde edilen bu fark **ölçüm belirsizliği** ya da **hata** olarak adlandırılır.

Hata kavramı ölçme belirsizliğinin matematiksel ifadesidir.

Diğer bir ifade ile **hata**, ölçülen değer ile gerçek değer arasındaki farktır.



Ölçüm Hataları



Ölçüm Hataları

Kaba Hatalar

Ölçme aletindeki yanlış okuma hatası, yanlış hedefe bakmaktan doğan hatalar gibi ölçü yapanın dikkatsizliği, yorgunluğu vb. nedenlerle ortaya çıkabilecek hatalardır. Kaba hatalar kontrol ölçmeleriyle kolayca ortaya çıkarılabilir.



Aynı büyüklüğün birkaç kez ölçülmesi kaba hataların ortaya çıkarılmasının en basit yoludur.

Bir uzunluk aşağıdaki şekilde 5 kez ölçülmüştür;

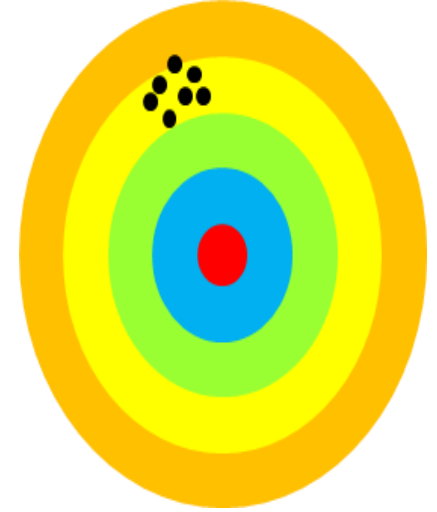
67.91, **76.95**, 67.89, 67.90, 67.89.

İkinci ölçünün diğerlerinden farklı olduğu, bu ölçüde kaba hata olduğu kolayca anlaşılmaktadır.

Ölçüm Hataları

Sistematiik Hatalar

Ölçme sonuçlarına **aynı yönde etkiyen** hatalardır. Bu hataların büyüklüğü ve işaretleri belli bir parametreye bağlıdır. Bu parametrelerin etkileri ortadan kaldırılmadan ölçmeler ne kadar tekrar edilirse edilsin bu tür hatalar ortadan kalkmaz. Bu tür hataların etkisinin ortadan kaldırılabilmesi için, bazen hataya neden olan parametrelerin bilinmesi ve ölçme düzeninin ona göre seçilmesi gerekir.

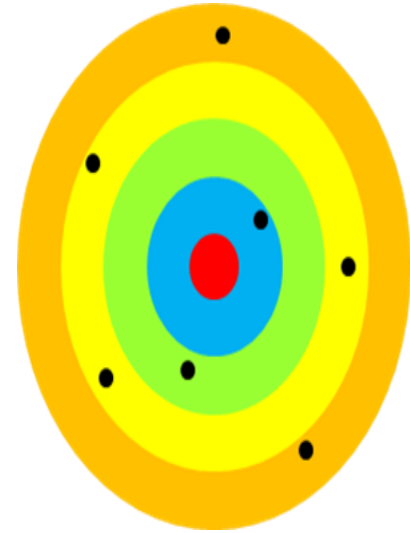


Sistematiik hata

Ölçüm Hataları

Rastlantısal Hata

Kaba ve düzenli olmayan diğer bütün hatalar **rastlantısal** hata olarak adlandırılırlar ve bu hatalar, kontrol ölçmeleriyle de ortaya çıkartılamaz. Hataların işaretleri bazen artı bazen de eksi olabilir. Rastlantısal hataların etkisini azaltabilmek için aynı büyüklüğe ait ölçüler, **yeterince tekrarlanır ve bunların ortalaması alınır.**

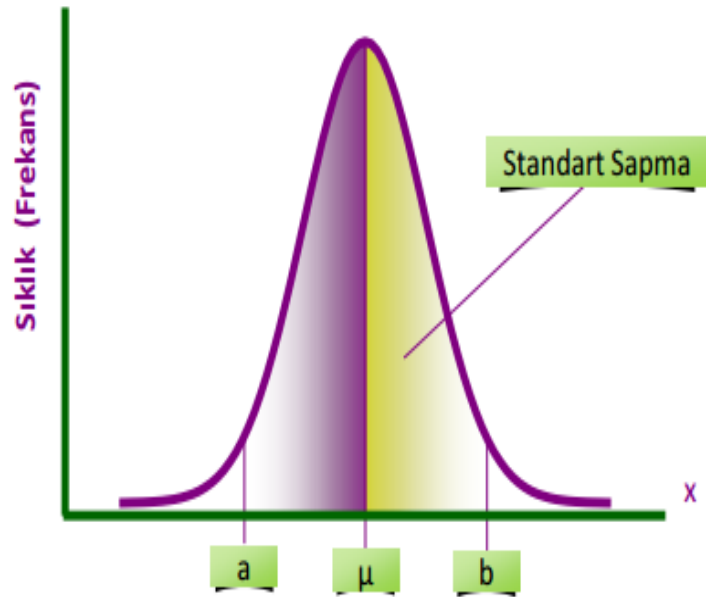


Rastlantısal hata

Ölçüm Hataları

Normal Dağılım

Rastlantısal hatalar istatistikte normal dağılımlı olarak ifade edilirler.



$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

μ : Ortalama

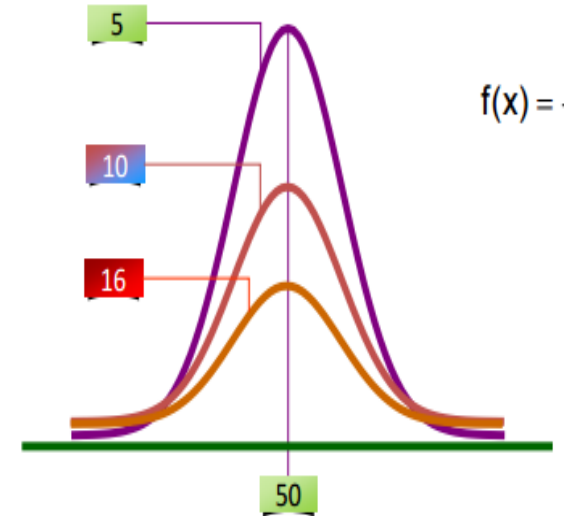
σ : Standart Sapma

π : 3.14159

e : 2.71828

a : x 'in alabileceği en küçük değer

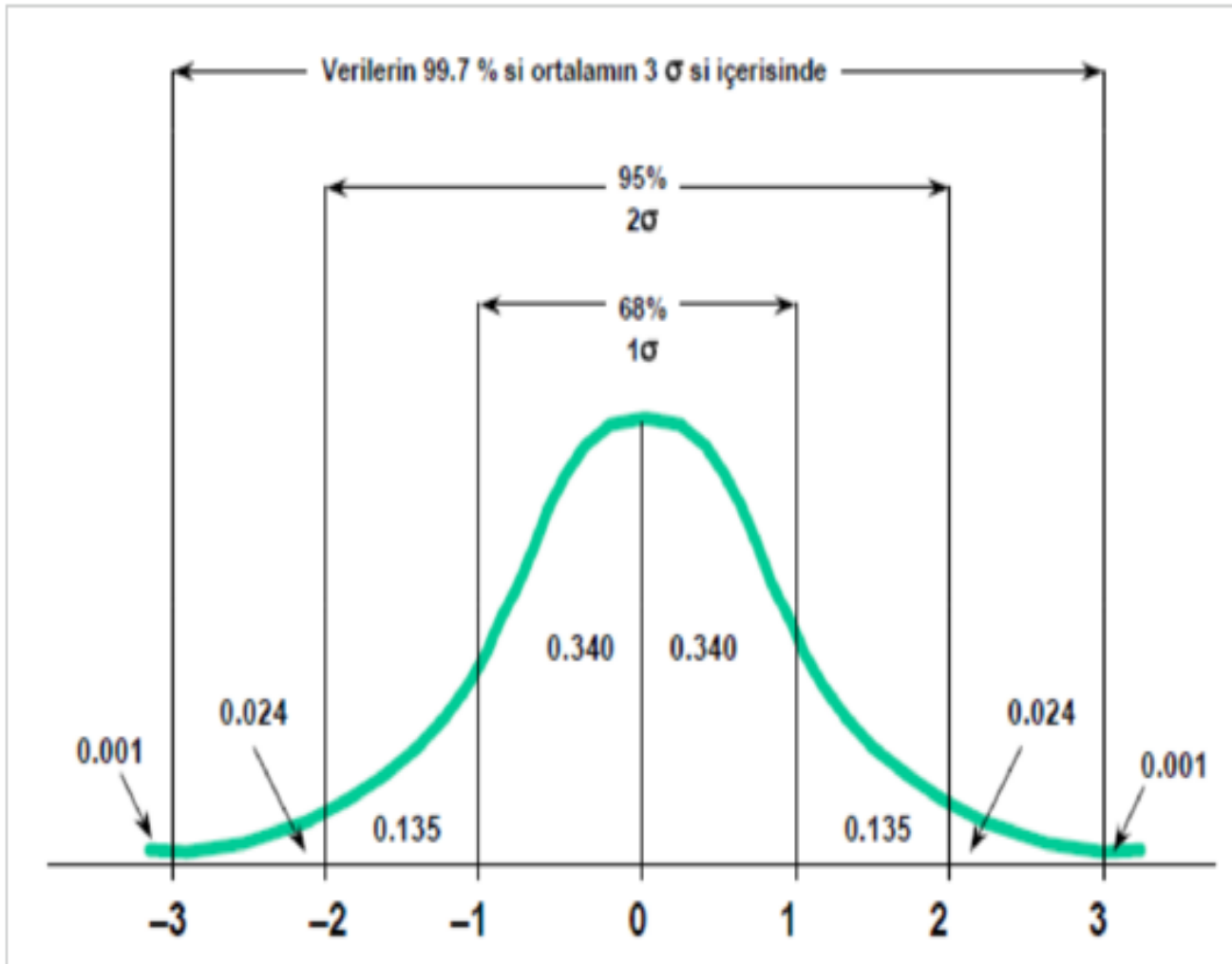
b : x 'in alabileceği en büyük değer



Ölçüm Hataları

Normal Dağılım

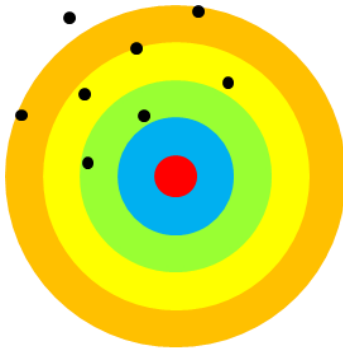
Rastlantısal hatalar istatistikte normal dağılımlı olarak



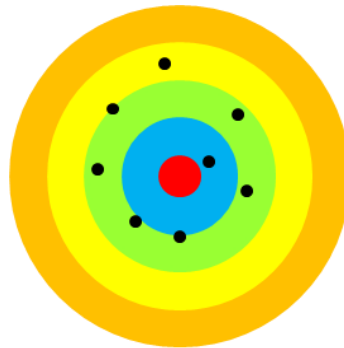
Ölçüm Hataları

Doğruluk (Accuracy): Ölçülen büyüklüğün, **gerçek değeri ile ölçüm sonucu** arasındaki uyuşumun yakınlığıdır. Bir ölçümün doğruluğu niteleyici bir kavramdır. Bu nedenle, rakamsal olarak ifade edilmemeli, rakamlar **ölçümün belirsizliği** için verilmelidir. Doğruluk sistematik hatanın bir gösteresidir.

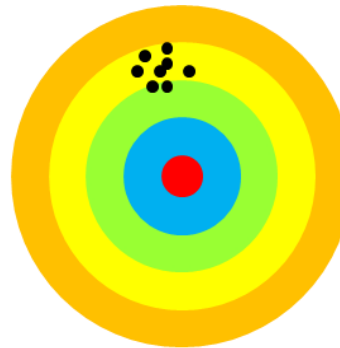
Kesinlik (Precision): Belirli koşullar altında aynı veya benzer nesneler üzerinde **tekrarlanan ölçümler** ile elde edilen göstergeler veya ölçülen büyüklük değerleri arasındaki uyuşmanın yakınlığıdır. **Ölçüm kesinliği** belirli ölçüm koşulları altında **varyans ve standart sapma** gibi tutarsızlık ölçütleri ile ifade edilir. Kesinlik rastlantısal ölçü sapmasının bir gösteresidir.



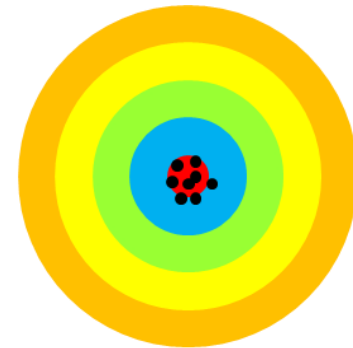
Düşük Kesinlik
Düşük Doğruluk



Düşük Kesinlik
Yüksek Doğruluk



Yüksek Kesinlik
Düşük Doğruluk



Yüksek Kesinlik
Yüksek Doğruluk

Ölçüm Hataları

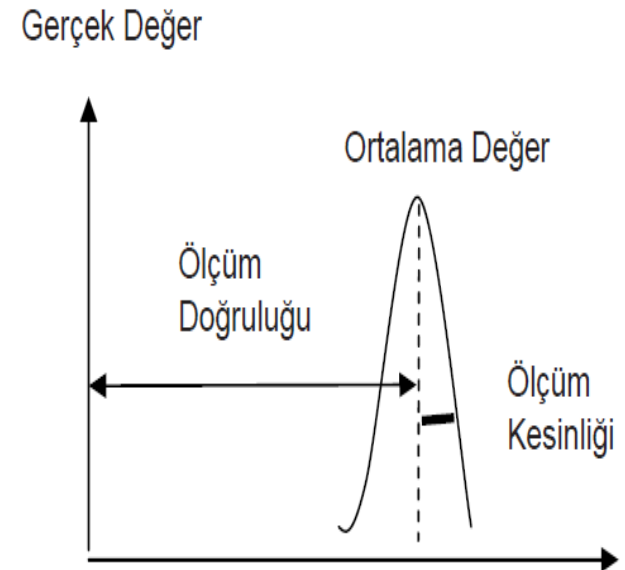
Bir büyüklüğün gerçek değeri bilinemez. Ancak eğer fazla ölçü yapılmışsa, **beklenen değeri (x)**, gerçeğe en yakın değer hesaplanabilir.

Beklenen değer basit olarak ölçülen değerlerin **aritmetik ortalaması** olarak hesaplanabilir.

$$x = (\Sigma I / n)$$

ΣI = ölçülen değerlerin toplamı,

n = ölçü sayısı



Ölçüm Hataları

Düzeltilme (v)

Beklenen değer ile ölçülen değer arasındaki farktır.

Düzeltilmenin matematiksel ifadesi;

$$V_i = x - l_i$$

V_i herhangi bir l_i ölçüsünün düzeltme miktarı ve x beklenen değer olarak ifade edilir.

$$\sum V_i = 0 \quad [V] = 0 ;$$

Ölçüm Hataları

$$v_1 = x - L_1$$

$$v_2 = x - L_2$$

⋮

$$v_n = x - L_n$$

Düzeltilmelerin karelerinin toplamının

$$[vv] = [v^2] = v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2 = \min$$

En Küçük Kareler Yöntemi

Standart sapma olarak ifade edilen yaklaşık veya tahmini bir istatistik değeri olarak

$$S = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$$

Elde edilen **aritmetik ortalamanın standart sapması** ise aşağıdaki eşitlik ile bulunur.

$$s_x = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Ölçüm Hataları

ÖRNEK

Bir uzunluk 6 kez ölçülmüş ve değerleri tabloda verilmiştir. Ölçülen uzunluğun ortalama değerini ve belirsizliğini hesaplayınız.

L_i	Ortalama Değer	Standart Sapma	Standart belirsizlik
52.356	$\bar{X} = \frac{[L]}{n}$	$s = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$	$s_x = \frac{s}{\sqrt{n}}$
52.348			
52.346			
52.347			
52.352			
52.355	Düzeltilme		
	v_i		
	$= x - \bar{L}_i$		

Ölçüm Hataları

Ortalama değer

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6) =$$

$$= \frac{1}{n} [L] = \frac{314.104}{6} = 52.3507 \text{ m}$$

L_i	$v \text{ (mm)}$	$vv \text{ (mm}^2\text{)}$
52.356	5.3	28.44
52.348	-2.7	7.11
52.346	-4.7	21.78
52.347	-3.7	13.44
52.352	1.3	1.78
52.355	4.3	18.78
Σ	0.0	91.33

Standart Sapma

Ortalama değer
standart
belirsizliği

$$s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = \sqrt{\frac{91.33}{5}} = 4.3 \text{ mm}$$

$$s_x = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{4.3}{\sqrt{6}} = 1.7 \text{ mm}$$

Ölçüm Hataları

ÖRNEK

Bir uzunluk 7 kez ölçülerek aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

Ölçüler(m):

$$l_1 = 125.165$$

$$l_4 = 125.160$$

$$l_2 = 125.162$$

$$l_5 = 125.161$$

$$l_7 = 125.164$$

$$l_3 = 125.166$$

$$l_6 = 125.163$$

Yukarıda verilen değerlere göre;

a) Uzunluğun ortalama değerini($\bar{x}$)

b) Bir ölçünün standart sapmasını (s)

c) Ortalama değerin standart belirsizliğini (S_x) hesaplayınız.

Ölçüm Hataları

ÇİFT ÖLÇÜLERDEN STANDART SAPMA HESABI

Çok kez n tane aynı tür büyüklük (aç, kenar, yükseklik farkı, alan vb.) güvenilir olması için her biri aynı duyarlılıkta ikişer kez ölçülür.

1. L_i **2.** L_i' Ölçü çiftleri arasındaki fark $d_i = L_i - L_i'$

Tek tek gözlenen her bir ölçünün standart sapması

$$s = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}}$$

İki ölçmeden elde edilen ortalama ölçünün standart sapması

$$s_m = \frac{s}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[dd]}{n}}$$

Kesin değerin standart sapması

$$S_x = \frac{s_m}{\sqrt{n}}$$

Ölçüm Hataları

ÖRNEK

Bir kenar çelik şerit metre ile gidiş-dönüş şeklinde 5 kez ölçülerek aşağıdaki tablonun 1. ve 2. sütunlarındaki değerler elde ediliyor. Bir ölçünün, bir çift ölçüden elde edilecek değerin ve kesin değerin standart sapmasını hesaplayınız.

Gidiş	Dönüş
<u>1.Ölçme (m)</u>	<u>2.Ölçme (m)</u>
98.65	98.66
98.64	98.63
98.65	98.67
98.63	98.64
98.66	98.65

Ölçüm Hataları

L		d	<i>dd</i>
Gidiş	Dönüş		
1	2	3	4
m	m	cm	cm ²
98.65	98.66	-1	1
98.64	98.63	+1	1
98.65	98.67	-2	4
98.63	98.64	-1	1
98.66	98.65	+1	1
		Σ =	8

$$d_i = L_i - L_i^I$$

Bir ölçünün standart sapması:

$$s = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} = \sqrt{\frac{8}{2 \times 5}} = 0.9 \text{ cm}$$

Bir **çift** ölçünün standart sapması:

$$s_m = \frac{s}{\sqrt{2}} = \frac{0.9}{\sqrt{2}} = 0.6 \text{ cm}$$

Kesin değerin standart sapması:

$$s_x = \frac{s_m}{\sqrt{n}} = \frac{0.632}{\sqrt{5}} = 0.3 \text{ cm}$$

Ölçüm Hataları

ÖRNEK

Kişi	Ölçüm Sonucu (m)	v (cm)	vv (cm) ²
A	100.02	4	16
B	100.10	-4	16
C	100.08	-2	4
D	100.04	2	4
E	100.07	-1	1

Bir ölçünün standart sapması:

$$s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = \sqrt{\frac{41}{4}} = 0.9 \text{ cm}$$

Ortalama değerin standart sapması

$$s_x = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.9}{\sqrt{5}} = 0.4 \text{ cm}$$

Ölçüm Belirsizliği:

$$u_z = 0.4 \text{ cm}$$

%68 Güven alanı ile

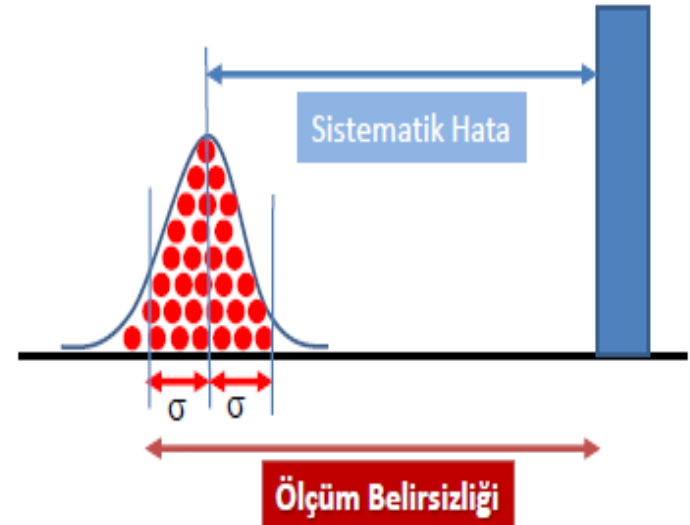
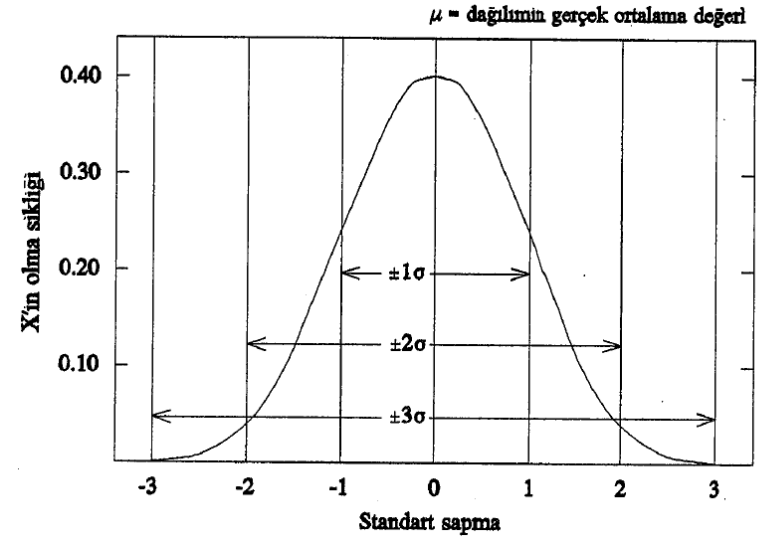
$$U = 2 * 0.4 = 0.8 \text{ cm}$$

%95 Güven alanı ile

Ölçüm Sonucu:

$$(100.06 \pm 0.008) \text{ m}$$

$$100.052 \text{ m} < \mu < 100.068 \text{ m}$$



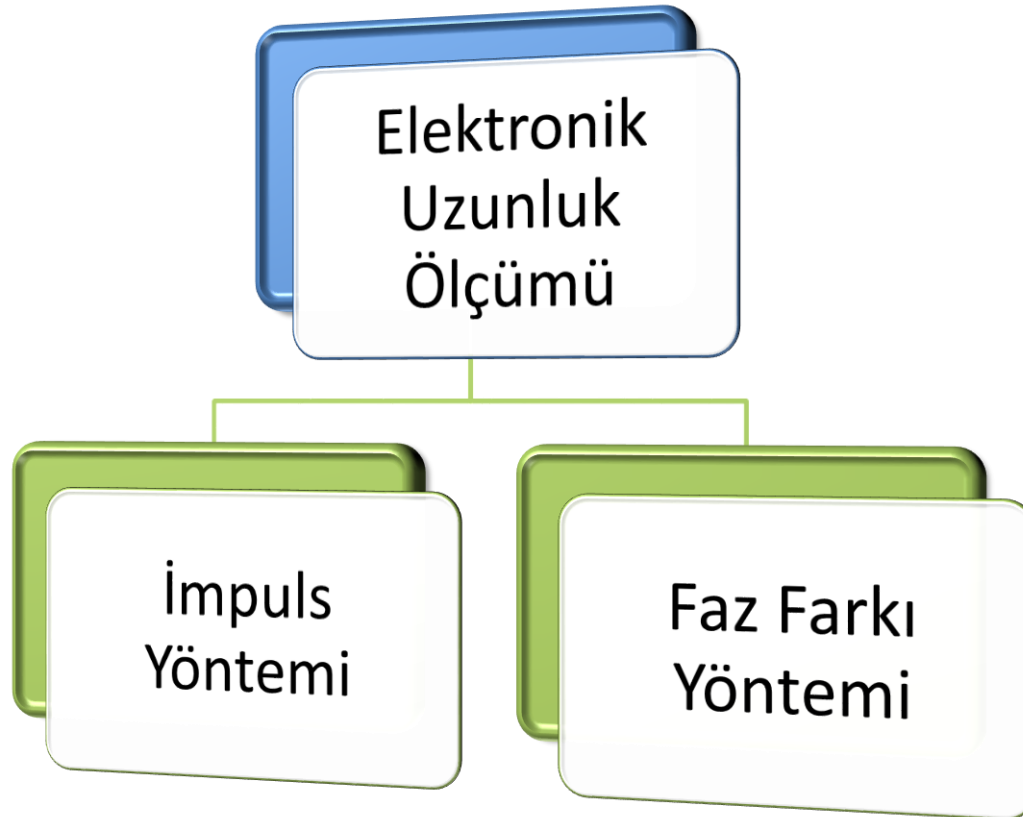
BÖLÜM 1

Elektronik Uzunluk Ölçümü

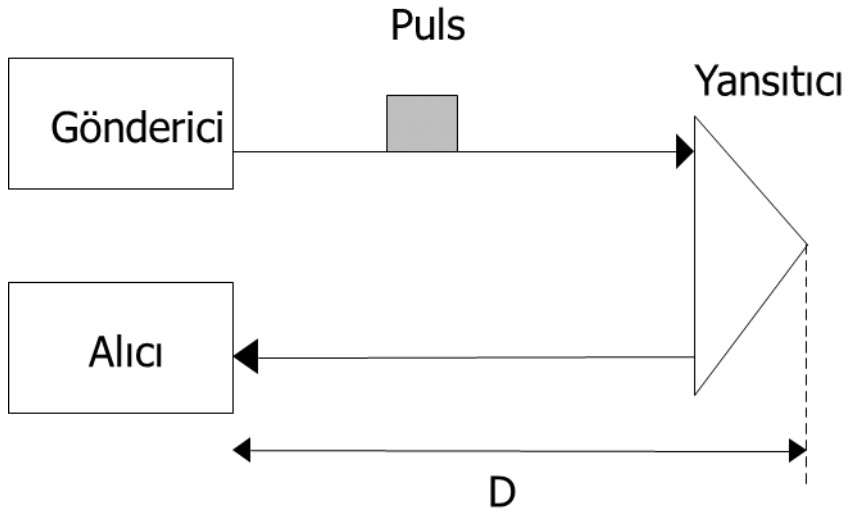
Elektronik Uzunluk Ölçerler



Elektronik Uzunluk Ölçüme Yöntemleri

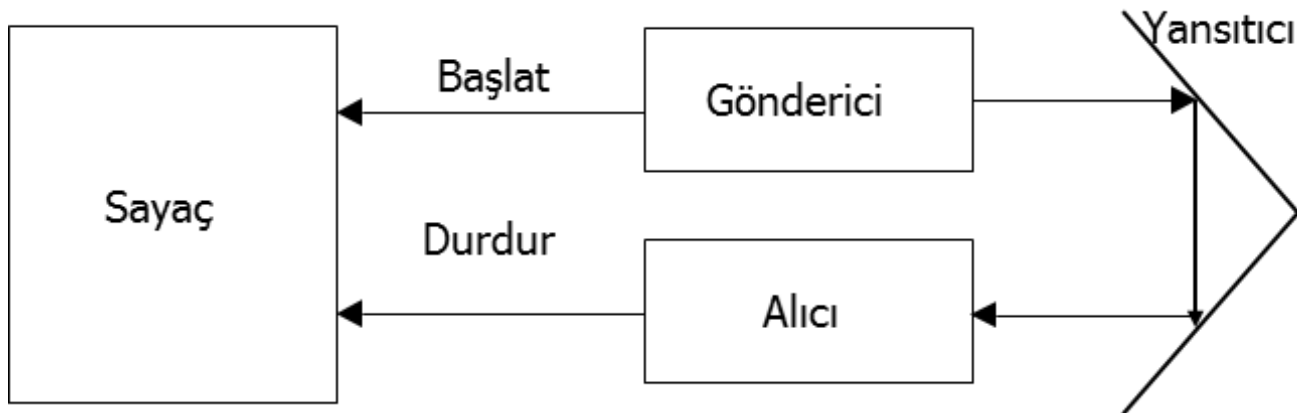


İmpuls Ölçme Yöntemi



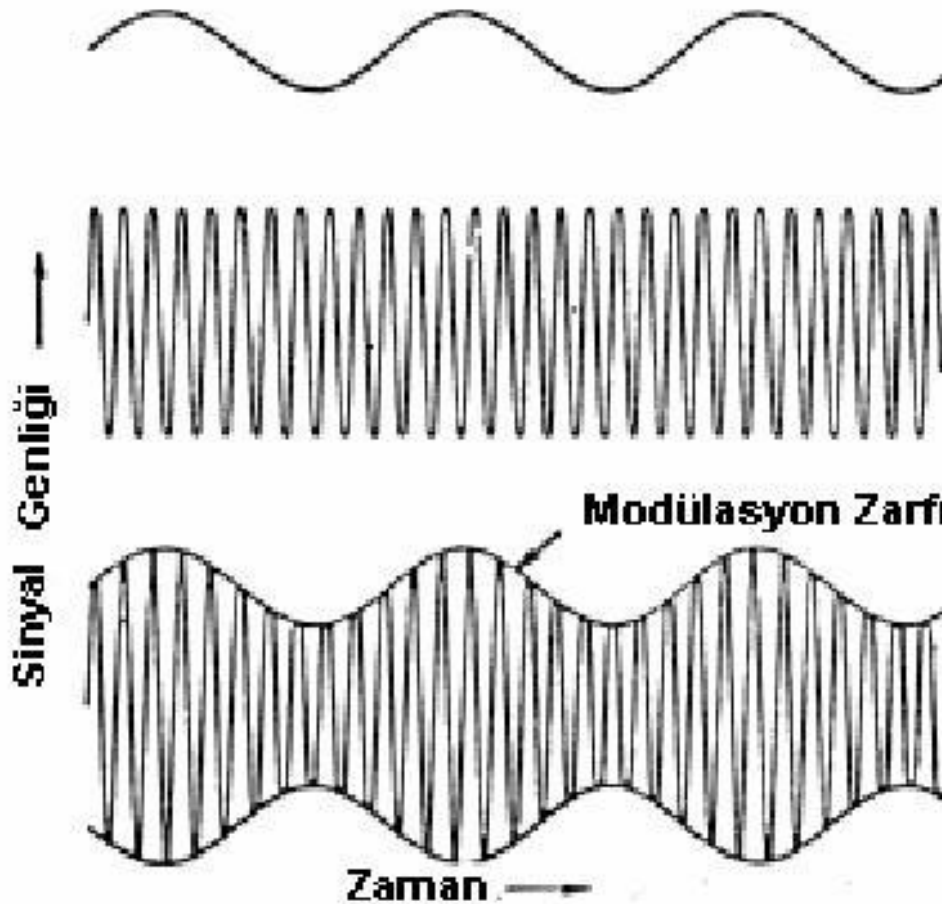
$$D = \frac{c \Delta t}{2}$$

$$c = \frac{c_0}{n}$$



Faz Farkı Ölçme Yöntemi

Genlik Modülasyonu



Modüle Eden
Sinyal

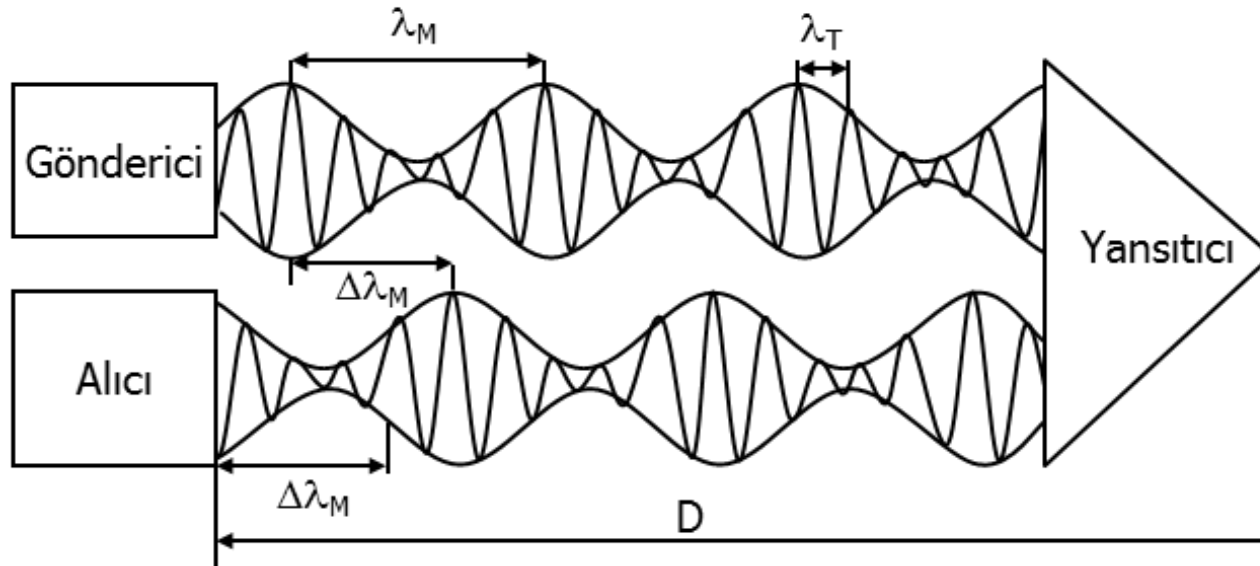
$$\lambda_M = 20 \text{ m}$$

Taşıyıcı
Sinyal

$$\lambda_T = 0.8 - 1.2 \text{ } \mu\text{m}$$

Genlik
modülasyonlu
Sinyal

Faz Farkı Ölçme Yöntemi



$$\lambda_M = \frac{c_0}{n f}$$

$$2D = N \lambda_M + \Delta\lambda_M$$

$$D = N \frac{\lambda_M}{2} + \frac{\Delta\lambda_M}{2}$$

$$D = N U + R$$

U: Yarım dalga veya ölçek

R: Artık kısım

Faz Farkı Ölçme Yöntemi

R Artık Kısımın Belirlenmesi:

$$\omega = 2\pi f$$

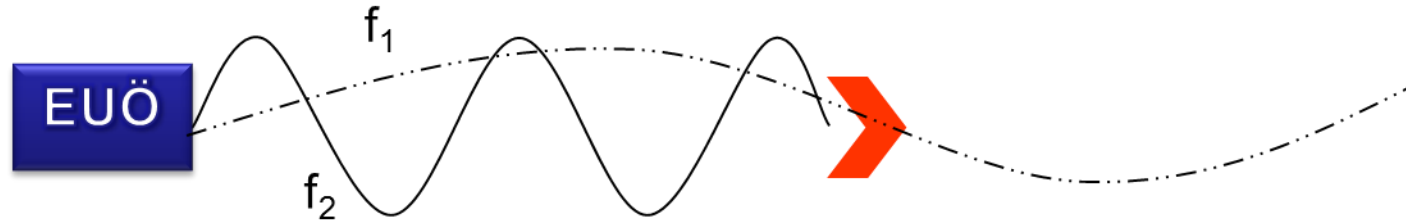
$$\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_G = \omega \frac{2D}{c} = 2\pi f t$$

$$\Delta\lambda_M = \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \lambda_M$$

$$R = \frac{\Delta\lambda_M}{2} = \frac{\Delta\varphi}{4\pi} \lambda_M = \frac{\Delta\varphi}{2\pi} U$$

Faz Farkı Ölçme Yöntemi

N Tam Sayısının Belirlenmesi:



$$f_1 : D = N_1 \cdot U_1 + R_1 \Rightarrow D \approx R_1$$

$$f_2 : D = N_2 \cdot U_2 + R_2 \Rightarrow D = N_2 \cdot U_2 + R_2$$

$$N_2 = y_{uv} \left(\frac{R_1 - R_2}{U_2} \right)$$

Faz Farkı Ölçme Yöntemi

İki farklı ölçek ile $U_1=1000$ m ve $U_2=10$ m yapılan ölçümler sonucunda faz ölçerden sırasına göre $\Delta\varphi_1=3,9748$ rad ve $\Delta\varphi_2=0,75988$ rad faz farklar elde edilmiştir. Buna göre elektronik uzaklık ölçer ile yansıtıcı arasındaki mesafeyi ne kadardır?

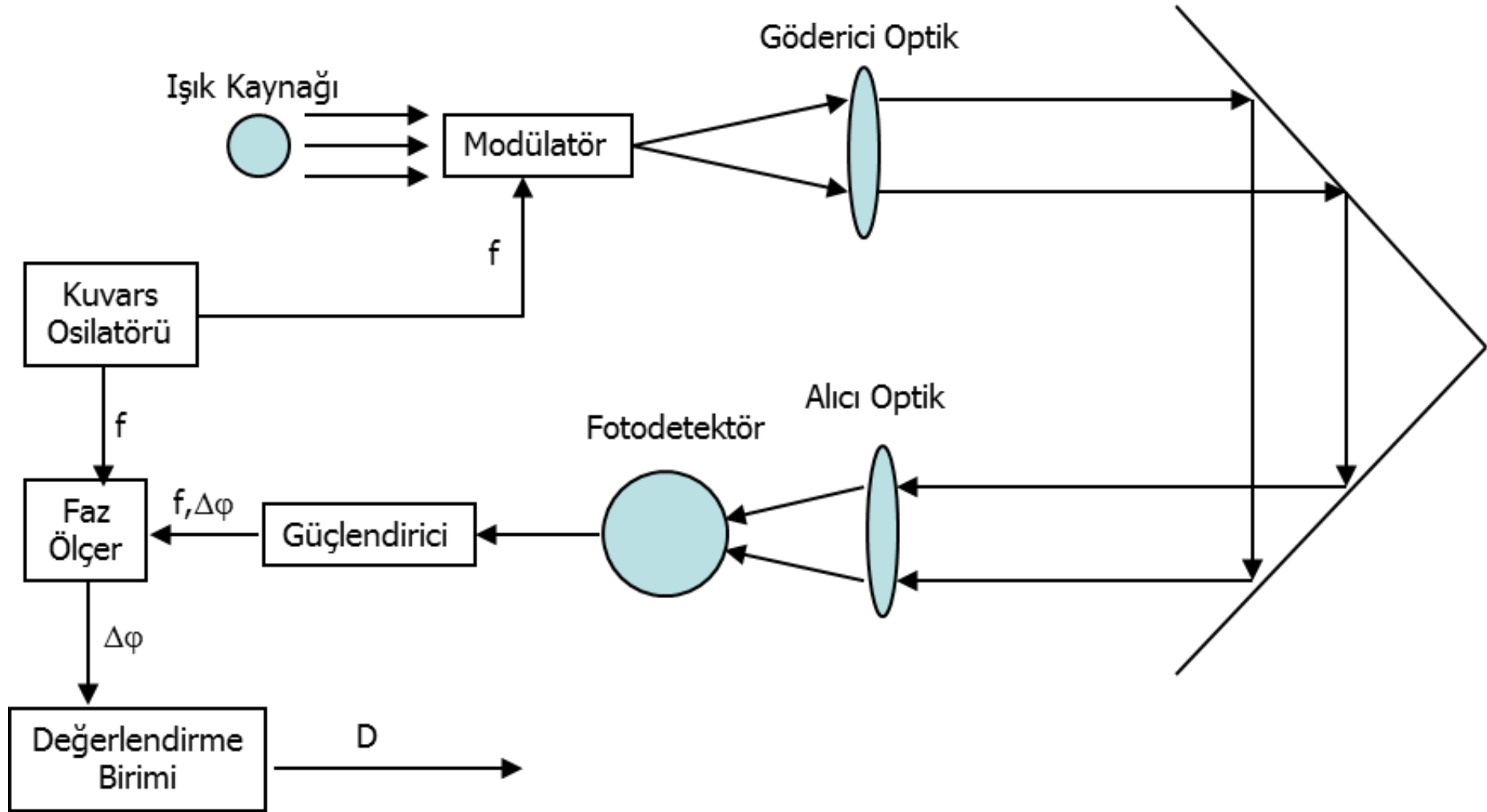
$$R_1 = \frac{\Delta\varphi_1}{2\pi} U_1 = \frac{3,9748}{2 \cdot 3,14} 1000 = 541 \text{ m}$$

$$R_2 = \frac{\Delta\varphi_2}{2\pi} U_2 = \frac{0,75988}{2 \cdot 3,14} 10 = 1,21 \text{ m}$$

$$N_2 = \text{yuv}\left(\frac{R_1 - R_2}{U_2}\right) = \text{yuv}\left(\frac{541 - 1,21}{10}\right) = 53,979 \approx 54 \text{ adet tam dalga}$$

$$D = N_2 \cdot U_2 + R_2 = 54 \cdot 10 + 1,21 = 541,21 \text{ m}$$

Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Yapısı



Atmosferik Düzeltmeler

1. Hız Düzeltmesi

$$K_{1H} = D_{\text{Ö}} (n_0 - n)$$

$$(n_{\text{Gr}} - 1)10^6 = N_{\text{Gr}} = 287.604 + 3 \frac{1.6288}{\lambda_T^2} + 5 \frac{0.0136}{\lambda_T^4}$$

λ_T : Taşıyıcı dalga boyu, μm biriminde

$$n = 1 + \frac{n_{\text{Gr}} - 1}{1 + \alpha \cdot t} \frac{p}{760}$$

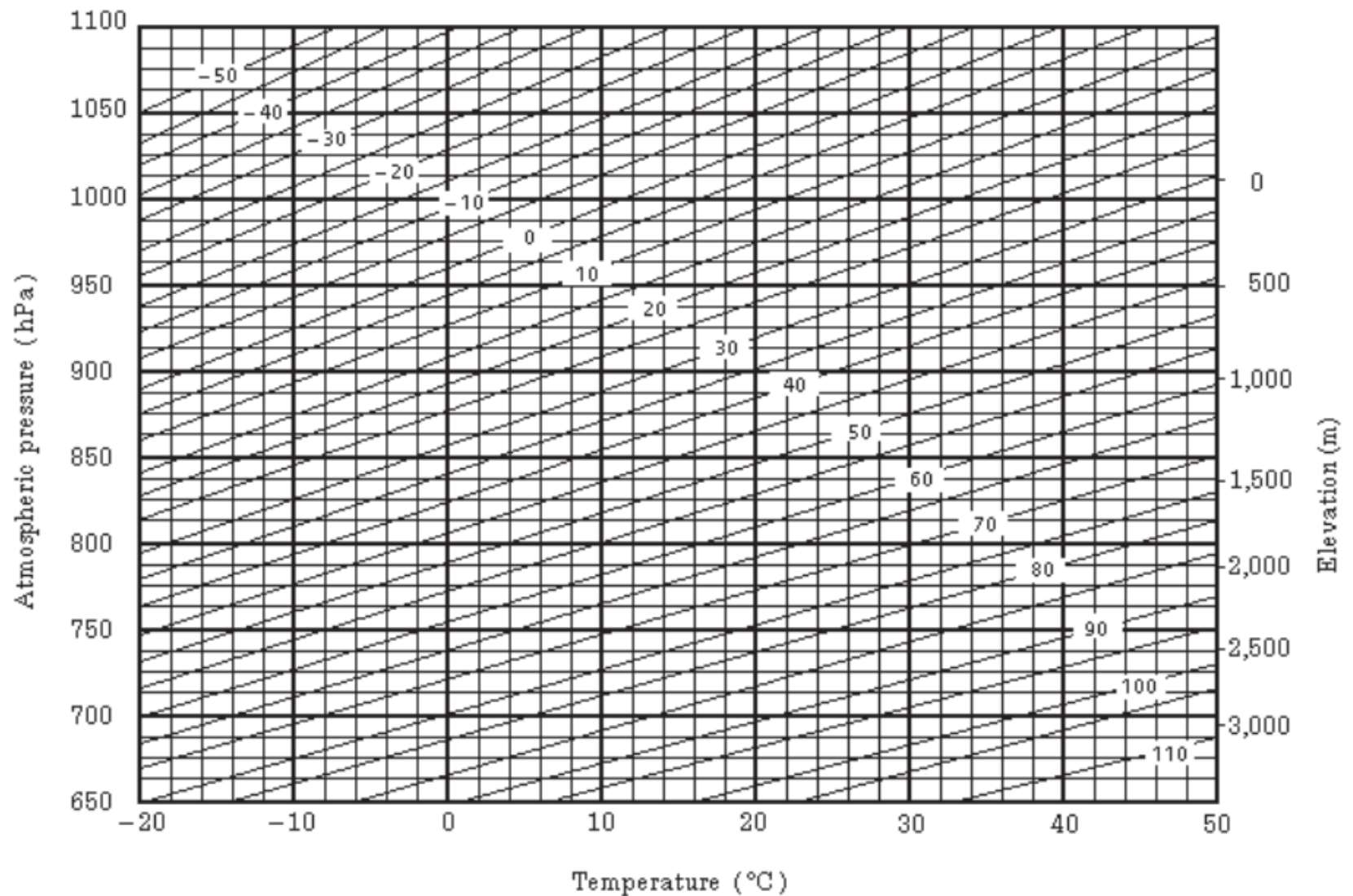
n : Güncel grup kırılma indis

t : Kuru sıcaklık, $^{\circ}\text{C}$

p : Hava basıncı,

α : Havanın genleşme katsayısı=0.003661

Atmosferik Düzeltmeler



Atmosferik Düzeltmeler

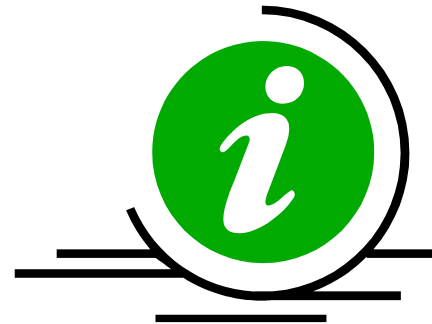
2. Hız Düzeltmesi

$$K_{2H} = -(k - k^2) \frac{(D_{\ddot{O}})^3}{12R^2}$$

k : Kırılma katsayısı=0.13

R : Yeryuvarının yarıçapı=6373 km

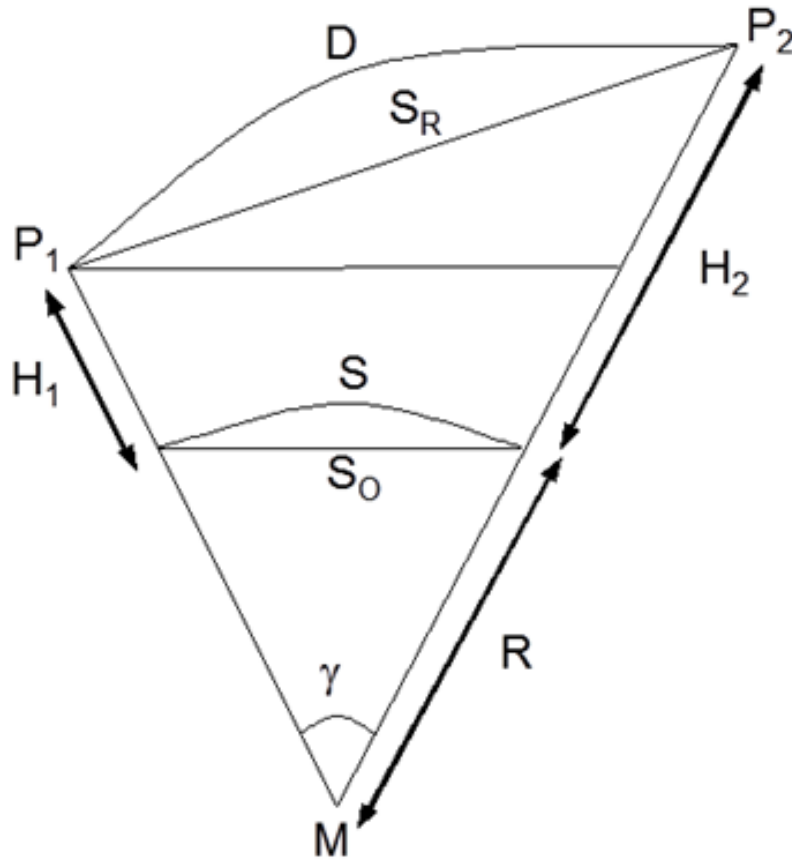
$D_{\ddot{O}}$ (m)	K_{2H} (m)
500	0.000
1,000	0.000
2,000	0.000
3,000	0.000
5,000	0.000
10,000	0.000
15,000	0.001
20,000	0.002



İHMAL EDEBİLİRSİN

$$D = D_{\ddot{O}} + K_{1H} + K_{2H} = D_{\ddot{O}} + K_{1H}$$

Geometrik İndirgemeler



1. Işın Yolu Eğriliği İndirgemesi

$D \rightarrow S_R$

2. Eğim ve Yükseklik İndirgemesi

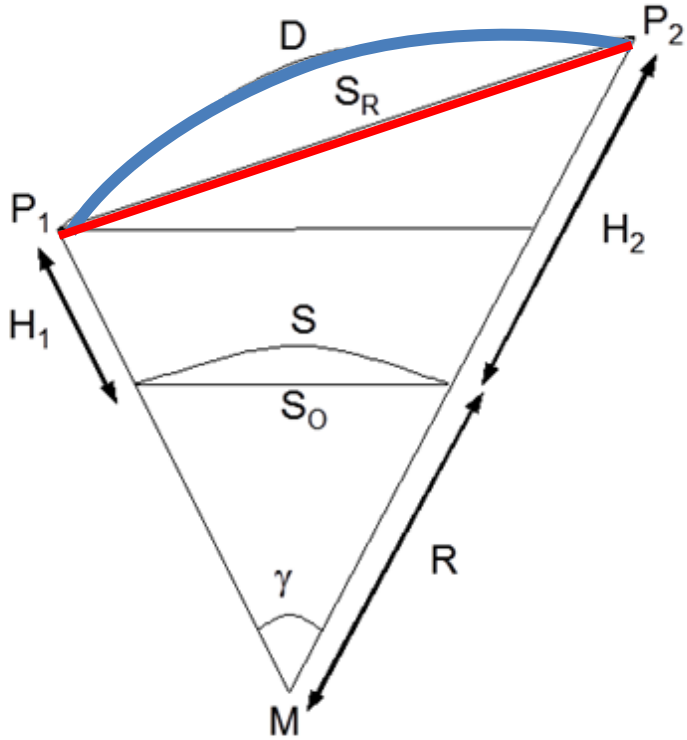
$S_R \rightarrow S_0$

3. Yeryüzü Eğriliği İndirgemesi

$S_0 \rightarrow S$

Geometrik İndirgemeler

1. Işın Yolu Eğriliği İndirgemesi



D  **S_R**

$$i_{le} = -k^2 \frac{D^3}{24R^2}$$

$$S_R = D + i_{le}$$

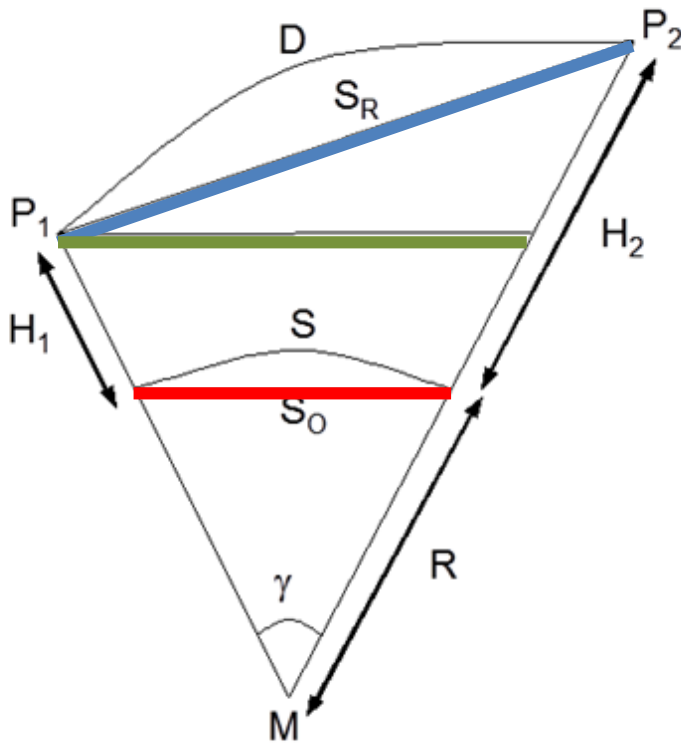


İHMAL EDEBİLİRSİN

D (m)	i_{le} (m)
1,000	0.0000
5,000	0.0000
10,000	0.0000
15,000	0.0001
20,000	0.0001
25,000	0.0003
30,000	0.0005
40,000	0.0011
50,000	0.0022

Geometrik İndirgemeler

2. Eğim ve Yükseklik İndirgemesi (Yükseklik Farkını Kullanarak)



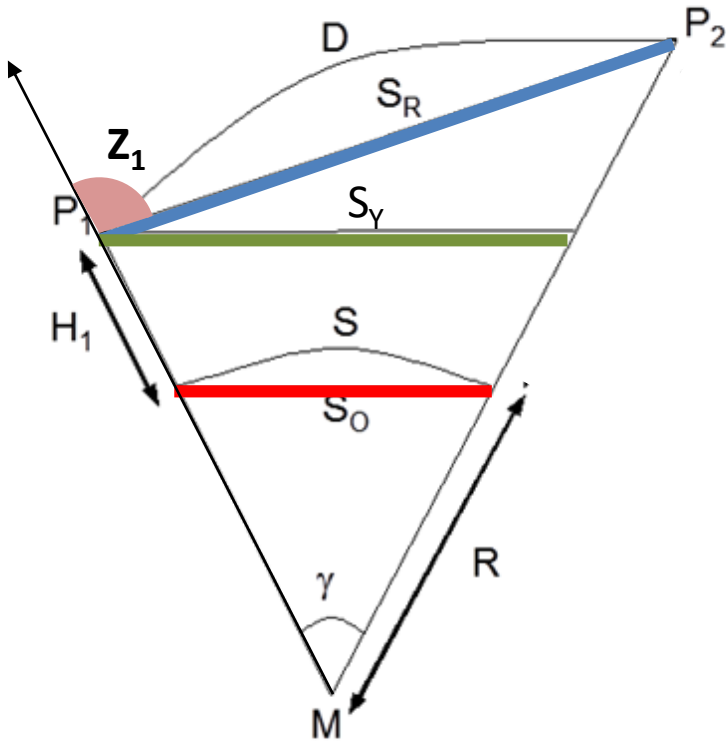
$$S_R \longrightarrow S_0$$

$$i_{ey} = S_R \left[\sqrt{\frac{1 - \left(\frac{\Delta H}{S_R} \right)^2}{\left(1 + \frac{H_1}{R} \right) \left(1 + \frac{H_2}{R} \right)}} - 1 \right]$$

$$S_0 = S_R + i_{ey}$$

Geometrik İndirgemeler

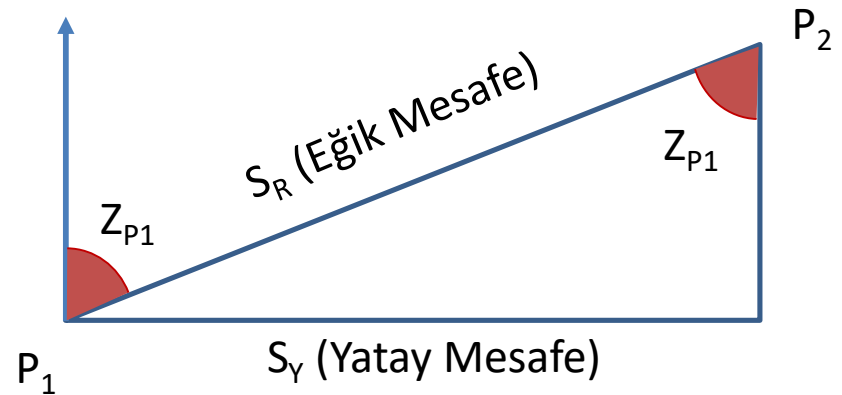
2. Eğim ve Yükseklik İndirgemesi (Düşey Açı Kullanarak)



$$S_R \longrightarrow S_0$$

$$S_0 = S_R \sin z_1 \left(1 - \frac{H_1}{R} \right)$$

Eğim **Yükseklik**



$$S_Y = S_R \sin z_{P1}$$

Geometrik İndirgemeler

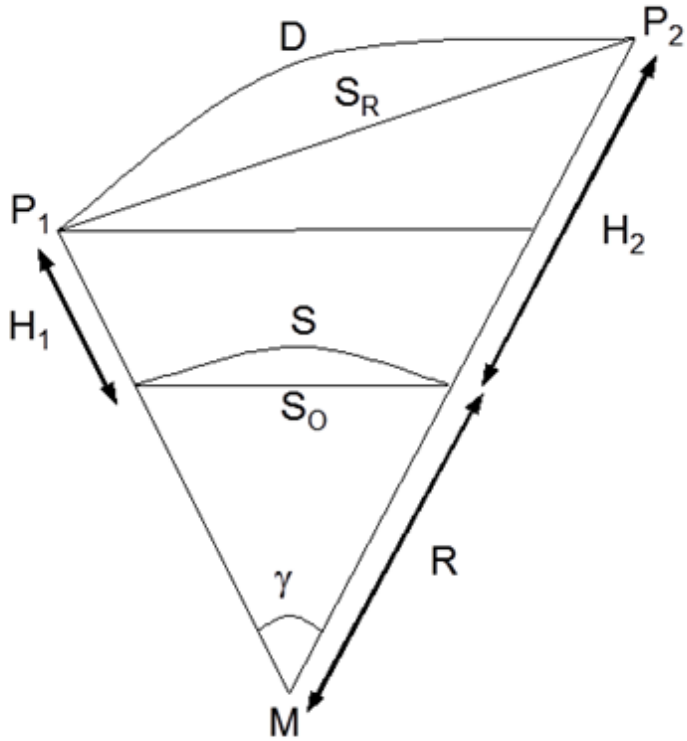
Yüksekliğin İndirgemeye Etkisi

En yüksek şehir merkezi Erzurum (H=1900 m) ve uygulamada kullanılan menzil (1000 m) göre yüksekliğin indirgemesinin etkisi

MESAFE (m)											
YÜKSEKLİK (m)		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000
	100	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.009	0.011	0.013	0.014	0.016
	500	0.008	0.016	0.024	0.031	0.039	0.047	0.055	0.063	0.071	0.078
	750	0.012	0.024	0.035	0.047	0.059	0.071	0.082	0.094	0.106	0.118
	1,000	0.016	0.031	0.047	0.063	0.078	0.094	0.110	0.126	0.141	0.157
	1,250	0.020	0.039	0.059	0.078	0.098	0.118	0.137	0.157	0.176	0.196
	1,500	0.024	0.047	0.071	0.094	0.118	0.141	0.165	0.188	0.212	0.235
	1,750	0.027	0.055	0.082	0.110	0.137	0.165	0.192	0.220	0.247	0.275
	2,000	0.031	0.063	0.094	0.126	0.157	0.188	0.220	0.251	0.282	0.314

Geometrik İndirgemeler

3. Yeryüzü Eğriliği İndirgemesi



$$S_0 \longrightarrow S$$

$$i_{ye} = \frac{S_0^3}{24R^2}$$

$$S = S_0 + i_{ey}$$

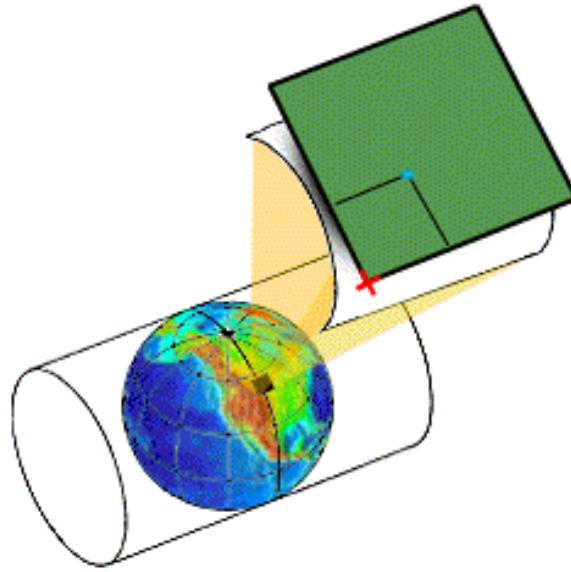
S_0 (m)	i_{YE} (m)
1,000	0.0000
5,000	0.0001
10,000	0.0010
15,000	0.0035
20,000	0.0082
25,000	0.0160
30,000	0.0277
40,000	0.0656
50,000	0.1282



İHMAL EDEBİLİRSİN

Geometrik İndirgemeler

4. Projeksiyon İndirgemesi



$$i_p = (y_1^2 + y_1 y_2 + y_2^2) \frac{S}{6R^2}$$

$$D_p = S + i_p$$

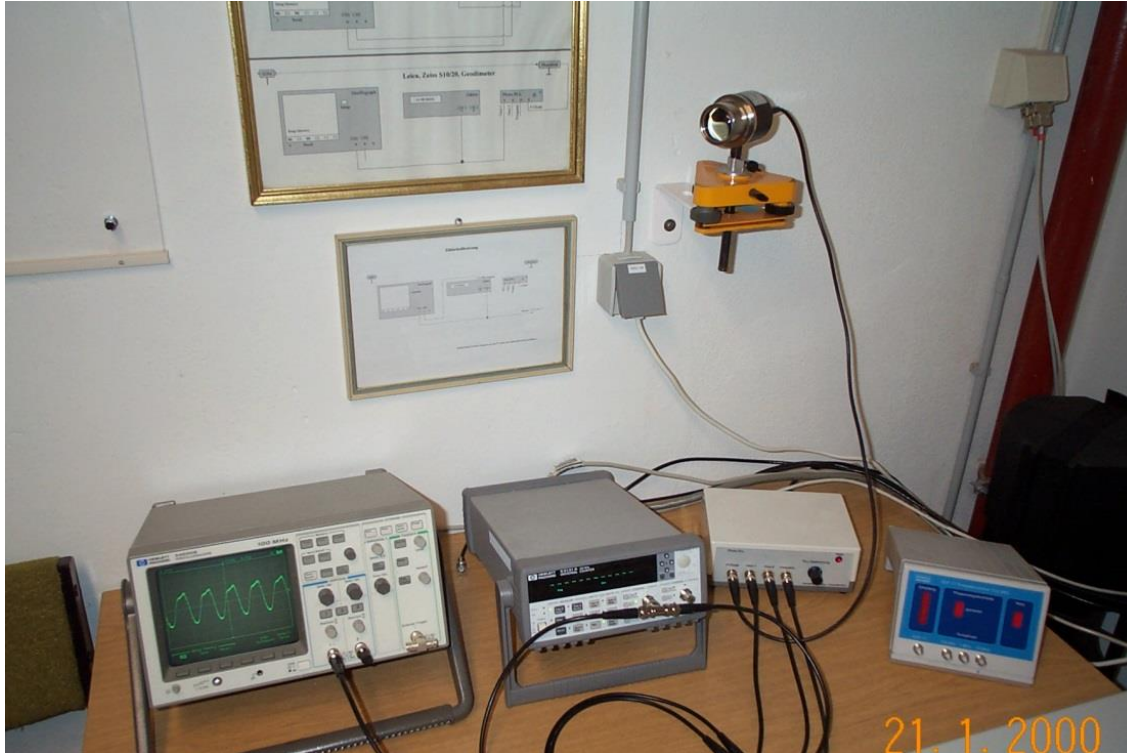
Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

1. MODÜLASYON FREKANSI HATASI



Kuvarsın eskimesi

Sıcaklık dalgalanması



f

Güncel Frekans

Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

$$K_{MF} = \frac{f_0 - f}{f}$$


D_0 : Ölçülen uzunluk,

f_0 :Referans sinyalinin frekansı

f : Ölçülen frekansı ifade etmektedir.

$$f_0 = \frac{c_0}{n_0 \lambda_M}$$

c_0 : Işığın boşluktaki yayılma hızı,

n_0 : Referans değerleri için kırılma indisi

λ_M : Modülasyon dalga boyunu ifade etmektedir.

$$n = 1 + \frac{n_{Gr} - 1}{1 + \alpha \cdot t} \frac{p}{760}$$

n : Güncel grup kırılma indisi

t : Kuru sıcaklık, °C

p : Hava basıncı, hPa veya Torr

α : Havanın genleşme katsayısı=0.003661

Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

$$(n_{Gr} - 1)10^6 = N_{Gr} = A + 3\frac{B}{\lambda_T^2} + 5\frac{C}{\lambda_T^4}$$

λ_T : Taşıyıcı dalga boyu
 μm biriminde



EDLEN (1953)

$$(n_{Gr} - 1)10^6 = N_{Gr} = 287.569 + 3\frac{1.6206}{\lambda_T^2} + 5\frac{0.0139}{\lambda_T^4} \rightarrow 0.18\mu\text{m} - 0.65\mu\text{m}$$

BARREL ve SEARS (1939)

$$(n_{Gr} - 1)10^6 = N_{Gr} = 287.604 + 3\frac{1.6288}{\lambda_T^2} + 5\frac{0.0136}{\lambda_T^4} \rightarrow 0.43\mu\text{m} - 0.65\mu\text{m}$$

EDLEN (1966)

$$(n_{Gr} - 1)10^6 = N_{Gr} = 287.583 + 3\frac{1.6134}{\lambda_T^2} + 5\frac{0.0144}{\lambda_T^4} \rightarrow 0.18 \mu\text{m} - 2.10\mu\text{m}$$

Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

λ_T (μm)	EDLEN (1953)	BARREL ve SEARS (1939)	EDLEN (1966)
0.500	1.0003081	1.0003082	1.0003081
0.600	1.0003016	1.0003017	1.0003016
0.700	1.0002978	1.0002979	1.0002978
0.800	1.0002953	1.0002954	1.0002953
0.900	1.0002937	1.0002937	1.0002937
1.000	1.0002925	1.0002926	1.0002925

Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

ÖRNEK:

Bir elektronik uzunluk ölçerin ölçeği $t_0=50$ ve $p_0=750\text{mmHg}$ değerlerinde modülasyon dalga boyu $\lambda_M=20\text{m}$ olacak şekilde modülasyon frekansı seçilmiştir. Taşıyıcı dalga boyu $\lambda_T=0.910\mu\text{m}$ dir. Yapılan frekans testinde frekans ölçerde $f=14985932\text{Hz}$ değeri ölçülmüştür. Bu alet ile iki nokta arasındaki uzunluk 3526.567 m olarak ölçülmüştür. Frekans değişimi nedeniyle getirilecek düzeltme ne kadardır?

$$(n_{Gr} - 1)10^6 = N_{Gr} = 287.604 + 3 \frac{1.6288}{0.910^2} + 5 \frac{0.0136}{0.910^4}$$

$$n_{Gr} = 1.0002936$$

$$n_0 = 1 + \frac{n_{Gr} - 1}{1 + \alpha \cdot t} \frac{p}{760} - \frac{5.5 \cdot 10^{-8}}{1 + \alpha \cdot t} e = 1 + \frac{1.0002936 - 1}{1 + 0.003661 \cdot 50} \frac{750}{760} = 1.000245$$

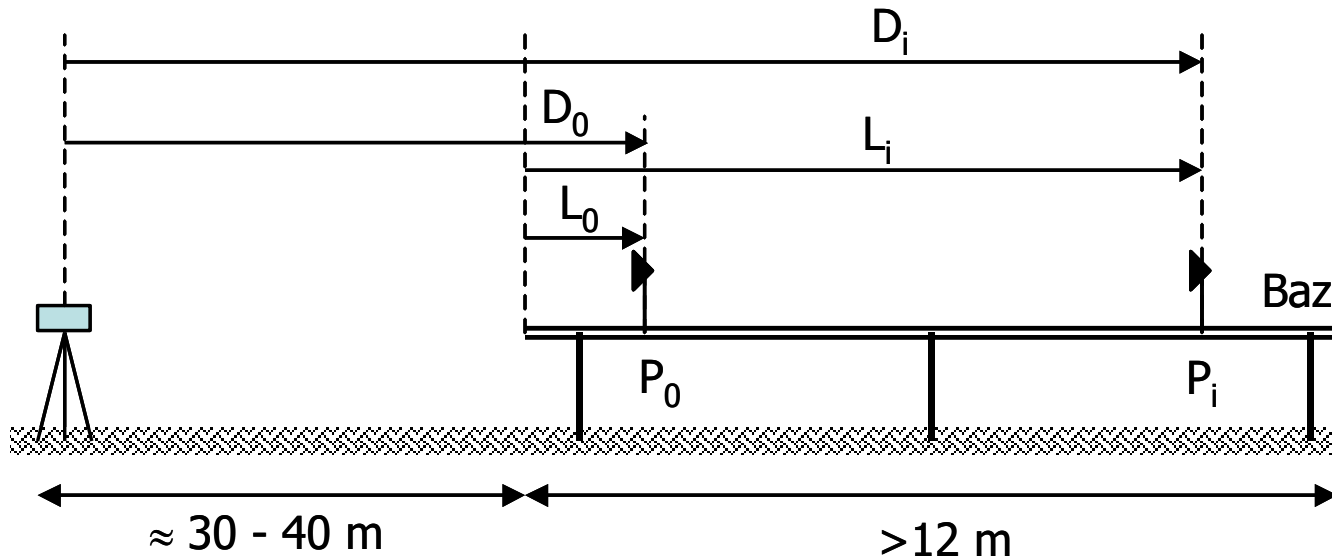
$$f_0 = \frac{c_0}{n_0 \cdot \lambda_M} = \frac{299792458}{1.0002450 \cdot 20} = 14985951.34 \text{ Hz}$$

$$K_F = D_{\text{Ö}} \frac{f_0 - f}{f} = 3526.567 \frac{14985951.34 - 14985932}{14985932} = 4.6 \text{ mm}$$

Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

2. FAZ FARKI ÖLÇE HATASI

Faz farkı ölçme hatası, elektriksel ve optik sinyal bindirmeden kaynaklanmaktadır.



D_0 : P_0 başlangıç noktasına olan uzunluk

D_i : P_i yansıtıcısına olan uzunluk

L_0 : P_0 başlangıç noktasına olan baz uzunluğu

L_i : P_i yansıtıcısına olan baz uzunluğu

Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

$$d_i = (L_i - L_0) - (D_i - D_0)$$

$$K_{FF} = K_1 \cdot \sin x + K_2 \cdot \cos x \quad x = D \frac{2\pi}{U}$$

RADYAN



$$K_1 = \frac{2}{n} [d \cdot \sin x]$$

$$K_2 = \frac{2}{n} [d \cdot \cos x]$$

Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

ÖRNEK:

Ölçü No	D _i (m)	L _i (m)	d _i (mm)	d sin x (mm)	d cos x (mm)
1	40.021	0.00	0.00	0.00	0.00
2	40.272	0.25	-0.50	-0.08	-0.49
3	40.519	0.50	2.00	0.62	1.90
4	40.772	0.75	-0.50	-0.23	-0.45
5	41.021	1.00	0.00	0.00	0.00
6	41.271	1.25	0.50	0.35	0.35
7	41.520	1.50	1.50	1.21	0.88
8	41.770	1.75	1.50	1.34	0.68
9	42.018	2.00	3.00	2.85	0.93
10	42.270	2.25	1.50	1.48	0.24
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
35	48.528	8.50	-7.00	5.65	-4.13
36	48.775	8.75	-4.00	2.83	-2.83
37	49.024	9.00	-2.50	1.47	-2.02
38	49.273	9.25	-2.00	0.91	-1.78
39	49.522	9.50	-1.00	0.31	-0.95
40	49.775	9.75	-4.00	0.63	-3.95
Toplam			[-134.00]	[96.28]	[44.98]

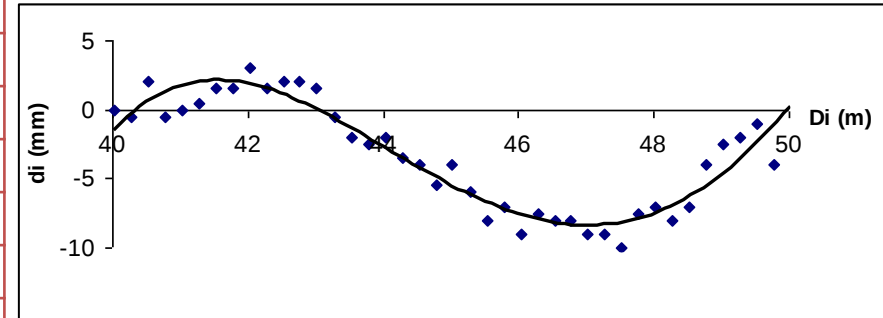
$$d_i = (L_i - L_1) - (D_i - D_1)$$

$$x = D \frac{2\pi}{U}$$

$$K_1 = \frac{2}{n} [d \cdot \sin x] = +4.8 \text{ mm}$$

$$K_2 = \frac{2}{n} [d \cdot \cos x] = +2.3 \text{ mm}$$

$$K_{FF} = 4.8 \cdot \sin x + 2.3 \cdot \cos x$$



Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

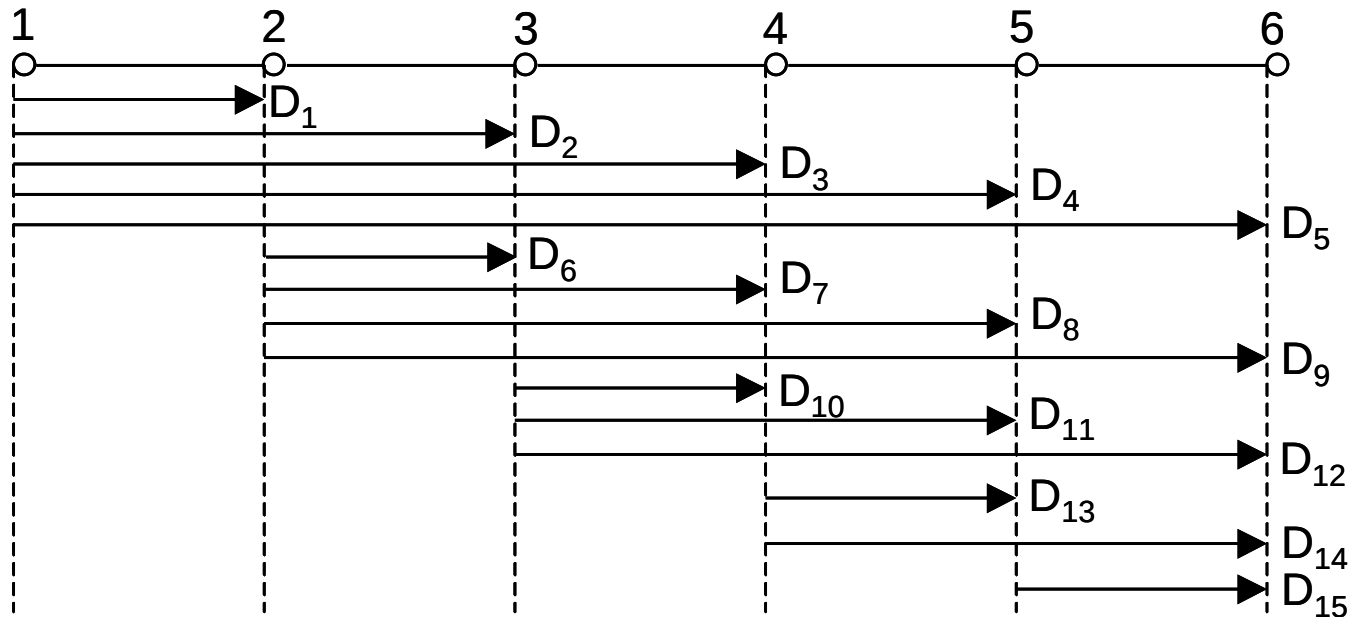
3. SIFIR NOKTASI EKİ HATASI

$$K_{SE} = a_0 + a_1 D$$

$$a_0 = \frac{([DD][\Delta D] - [D][D\Delta D])}{n[DD] - [D]^2}$$

$$a_1 = \frac{(-[D][\Delta D] + n[D\Delta D])}{n[DD] - [D]^2}$$

Bütün Kombinasyonları İle Uzunluk Ölçümü



Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

Kalibrasyon Bazı Tesisi

Bir kalibrasyon bazı tesis edilirken aşağıda belirtilen hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

- Ara mesafeler eşit olarak ölçü aralığına dağılmalıdır.
- Faz artık kısımları eşit olmalı yani bütün ara mesafeler hassas ölçeğin katları şeklinde olmalıdır.
- Arazi mümkün olduğunca yatay olmalıdır.
- Baz uzunluğu boyunca aynı meteorolojik koşullar sağlanmalıdır.
- Baz bölgesi sağlam bir zemin yapısına sahip olmalıdır.
- İstasyon noktaları pilye olarak tesis edilmelidir.



Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

Kalibrasyon Bazı Tesisi



Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

Kalibrasyon Bazı Tesisi

A: En kısa mesafe

C: En uzun mesafe

p: İstasyon sayısı

t: Ara mesafe sayısı

$$B = \frac{2}{t(t-1)}(C - t.A)$$

Ara Mesafe x_i	t= Ara mesafelerin sayısı				
	3	4	5	6	7
1-2	A+B	A+B	A+B	A+B	A+B
2-3	A+2B	A+3B	A+3B	A+3B	A+3B
3-4	A	A+2B	A+4B	A+5B	A+5B
4-5	-	A	A+2B	A+4B	A+6B
5-6	-	-	A	A+2B	A+4B
6-7	-	-	-	A	A+2B
7-8	-	-	-	-	A
Toplam Mesafe	3A+3B	4A+6B	5A+10B	6A+15B	7A+21B

Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

ÖRNEK:

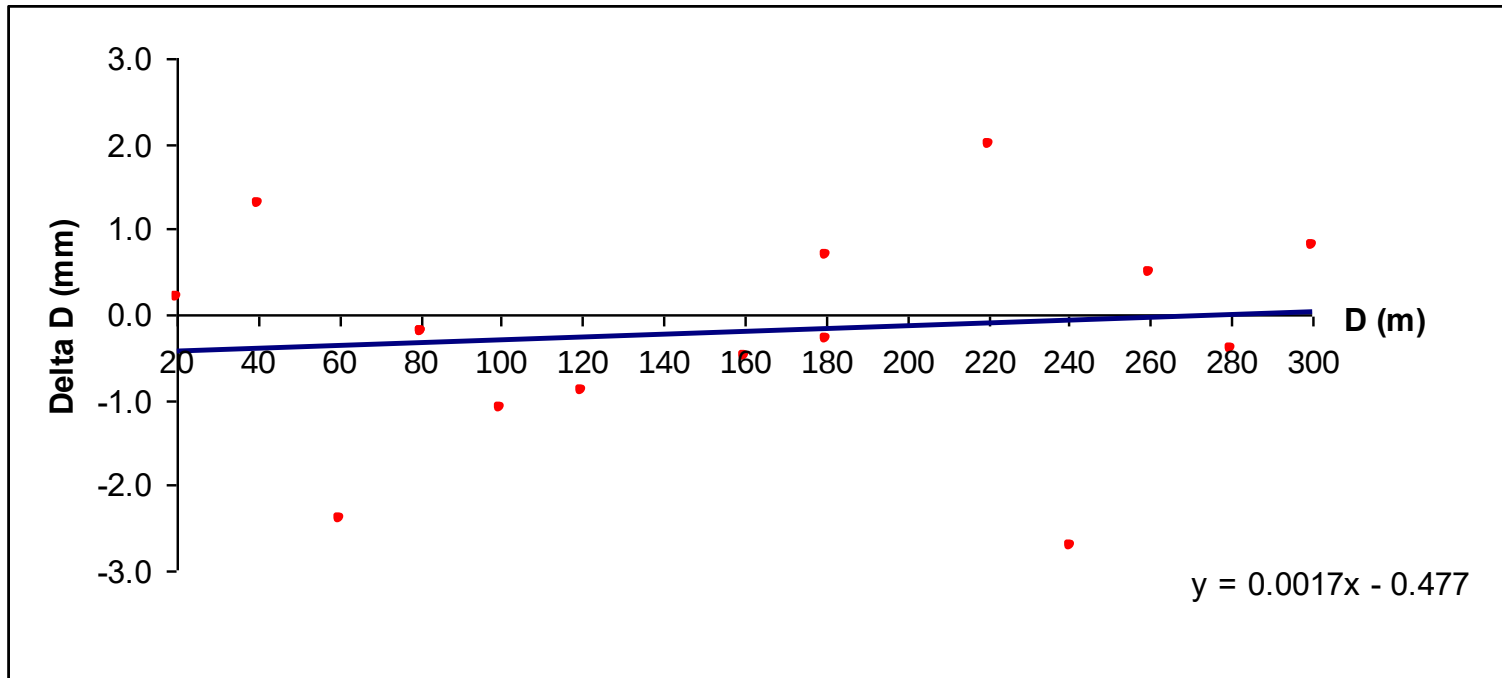
n	D (m)	D _ö (m)	ΔD (mm)	DD (m ²)	D. ΔD
1	19.9258	19.926	0.2	397.0375	3.9852
2	39.9687	39.970	1.3	1597.4970	51.9593
3	60.0684	60.066	-2.4	3608.2127	-144.1642
4	79.9882	79.988	-0.2	6398.1121	-15.9976
5	79.9942	79.994	-0.2	6399.0720	-15.9988
6	100.0431	100.042	-1.1	10008.6219	-110.0474
7	119.9569	119.956	-0.9	14389.6579	-107.9612
8	160.1115	160.111	-0.5	25635.6924	-80.0557
9	180.0313	180.032	0.7	32411.2690	126.0219
10	180.0373	180.037	-0.3	32413.4294	-54.0112
11	220.0000	220.002	2.0	48400.0000	440.0000
12	240.0997	240.097	-2.7	57647.8659	-648.2692
13	260.0255	260.026	0.5	67613.2607	130.0128
14	280.0684	280.068	-0.4	78438.3087	-112.0274
15	299.9942	299.995	0.8	89996.5200	239.9954
	[2320.3132]		[-3.2]	[474954.5572]	[-296.5583]

Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

$$a_0 = \frac{([DD][\Delta D] - [D][D \Delta D])}{n[DD] - [D]^2} = -0.5 \text{ mm}$$

$$a_1 = \frac{(-[D][\Delta D] + n[D \Delta D])}{n[DD] - [D]^2} = 0.0017 \text{ mm / m}$$

$$K_S = a_0 + a_1 D = -0.5 \text{ mm} + 1.7 \text{ mm / km} = -0.5 \text{ mm} + 1.7 \text{ ppm}$$

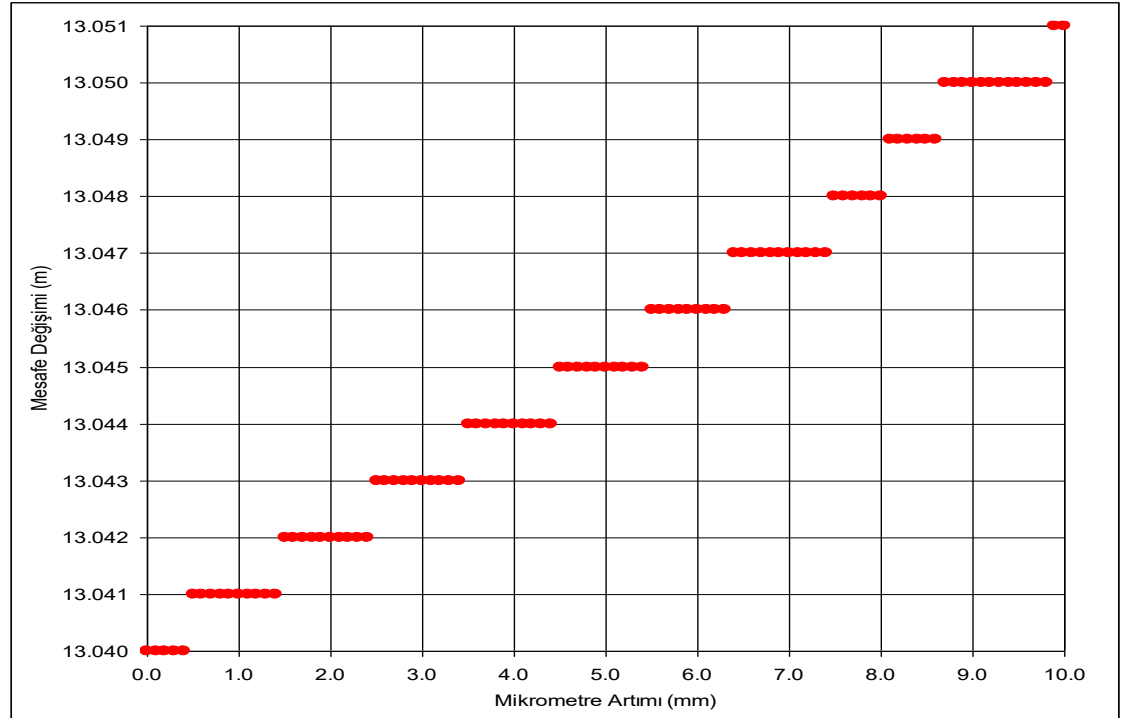


Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

4. FAZ ÖLÇERİN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNÜN BELİRLENMESİ

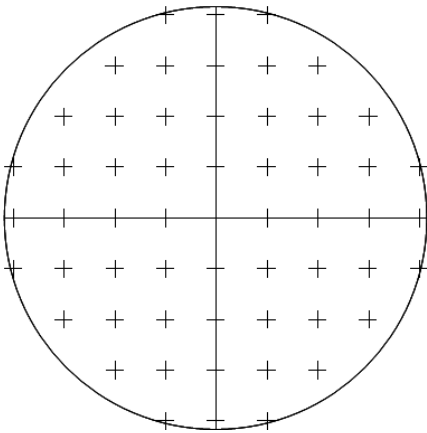
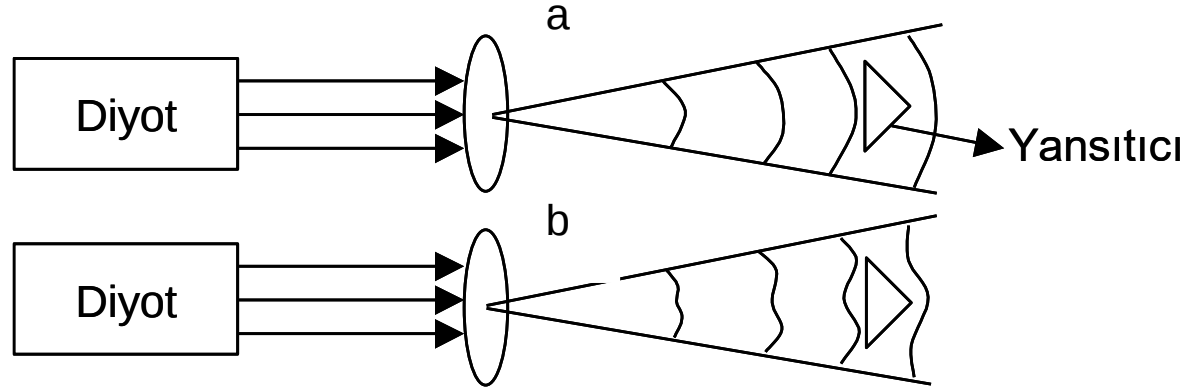
Endüstriyel ölçme tekniğinde çözünürlük gücünden aletin yeteneği anlaşılmaktadır. Yani birbirine yakın iki ölçü değerinin farklı değerler olarak algılayabilme kabiliyetidir.

Elektronik uzaklık ölçerlerin çözünürlüğü, mesafe boyunca mikrometrik olarak hareket ettirilebilen bir yansıtıcıdan oluşan bir düzenek ile belirlenebilir.



Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

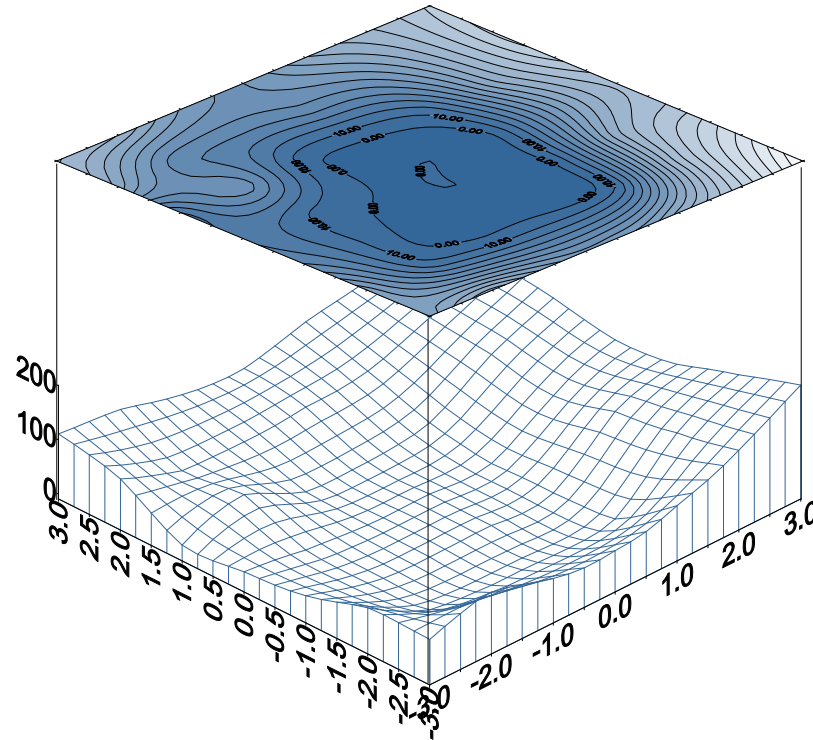
5. FAZ HOMOJENSİZLİĞİ (YÖNELTME HATASI)



Grad	-0.08	-0.06	-0.04	-0.02	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08
100.76	-	-	-	27.128	27.128	27.128	-	-	-
100.74	-	-	27.127	27.126	27.126	27.126	27.127	-	-
100.72	-	27.127	27.125	27.124	27.125	27.124	27.125	27.127	-
100.70	27.128	27.126	27.125	27.123	27.123	27.123	27.125	27.126	27.128
100.68	27.128	27.126	27.124	27.123	27.123	27.123	27.124	27.126	27.128
100.66	27.128	27.126	27.125	27.123	27.123	27.123	27.125	27.126	27.128
100.64	-	27.127	27.125	27.124	27.125	27.124	27.125	27.127	-
100.62	-	-	27.127	27.126	27.126	27.126	27.127	-	-
100.60	-	-	-	27.128	27.128	27.128	-	-	-

Elektronik Uzunluk Ölçerlerin Kontrolü

Grad	-0.08	-0.06	-0.04	-0.02	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08
100.76				5	5	5			
100.74			4	3	3	3	4		
100.72		4	2	1	2	1	2	4	
100.70	5	3	2	0	0	0	2	3	5
100.68	5	3	1	0	0	0	1	3	5
100.66	5	3	2	0	0	0	2	3	5
100.64		4	2	1	2	1	2	4	
100.62			4	3	3	3	4		
100.60				5	5	5			



Elektronik Uzunluk Ölçümünde Doğruluk

$$m = a_{(\text{mm})} + b \cdot D_{(\text{km})}$$

a: İlave hata

b: Ölçek hatası

$$m = 2\text{mm} + 3.\text{ppm}$$

ÖRNEK:

1200 m ölçülen bir uzunluğun hatası ne kadardır.

$$m = 2\text{mm} + 3 \times 1.2 = 2\text{mm} + 3.6\text{mm} = 5.6\text{mm}$$

Elektronik Uzunluk Ölçümünde Doğruluk



PINPOINT EDM-ACCURACY

- 0.6 mm + 1 ppm to prisms
- 2 mm + 2 ppm to any surface

Distance Measurement (Prism)	
Range ²⁾	
Round prism (GPR1)	3.500 m (12000 ft)
Mini Prism (CRP111, GMP101)	2.000 m (7000 ft)
Reflective tape (60 mm x 60 mm)	250 m (800 ft)
Accuracy ³⁾ 4)/ Measurement Time	
Standard:	1.0 mm + 1.5 ppm
Tracking:	3.0 mm + 1.5 ppm

ISO 17123-4:2012

Optics and optical instruments -- Field procedures for testing geodetic and surveying instruments --
Part 4: Electro-optical distance meters (EDM measurements to reflectors)

Elektronik Uzunluk Ölçümünde Doğruluk



Accuracy (RMSE)

Prism mode

Standard	2 mm + 2 ppm (0.0065 ft + 2 ppm)
Standard deviation according to ISO17123-4	1 mm + 2 ppm (0.003 ft + 2 ppm)
Tracking	4 mm + 2 ppm (0.013 ft + 2 ppm)

DR mode

Standard	2 mm + 2 ppm (0.0065 ft + 2 ppm)
Tracking	4 mm + 2 ppm (0.013 ft + 2 ppm)

Measuring time

Prism mode

Standard	1.2 s
Tracking	0.4 s

DR mode

Standard	1-5 s
Tracking	0.4 s

Range

Prism mode (under standard clear conditions^{1,2})

1 prism	2,500 m (8,202 ft)
1 prism Long Range mode	5,500 m (18,044 ft) (max. range)
Shortest range	0.2 m (0.65 ft)



DISTANCE MEASUREMENT

Prism Mode

- Range 1 / 3 / 9 prism	3000 m / 4000 m / 5000 m
- Accuracy	±(2 mm + 2 ppm x D*) m.s.e.

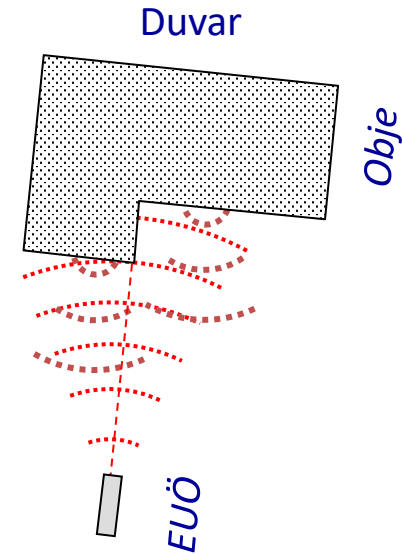
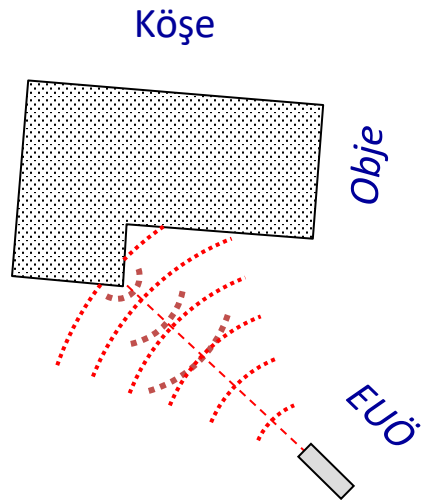
Non-Prism Mode

- Short Range	1,5 m - 250 m
Accuracy	±3 mm m.s.e.
- Long Range	5,0 m - 2000 m
Accuracy	±(10 mm + 10 ppm x D*) m.s.e.

Rapid scan	Up to 20 Hz ±5 mm m.s.e.
------------	--------------------------

EDM Laser Class	Class 1 (IEC publication 825)
-----------------	-------------------------------

Reflektörsüz Uzunluk Ölçümü

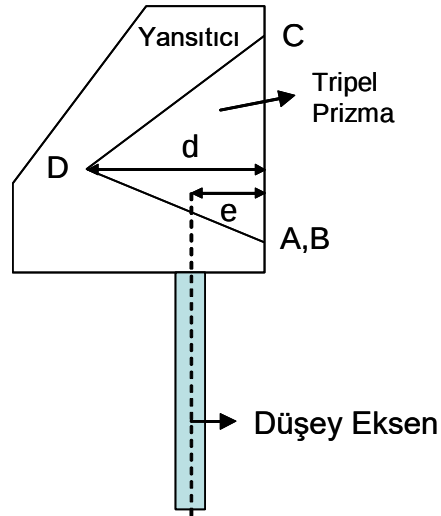
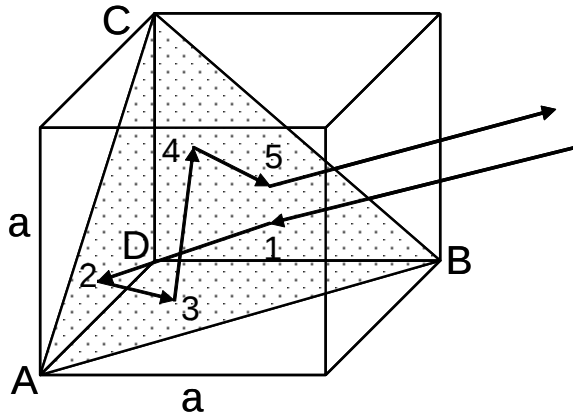


Reflektörsüz Uzunluk Ölçümü

	İyi (İyi görüş mesafesi, düşük ortam aydınlatması)	Normal (Normal görüş mesafesi, orta güneş ışığı, ısıdan hafif hava titremesi)	Zor (Pus, hedef direk güneş ışığı altında, türbülans)
Beyaz kart (90% yansıtma)³	1,300 m (4,265 ft)	1,300 m (4,265 ft)	1,200 m (3,937 ft)
Gri kart (18% yansıtma)³	600 m (1,969 ft)	600 m (1,969 ft)	550 m (1,804 ft)

En kısa mesafe	1 m (3.28 ft)
DR Menzilleri (tipik)	
Beton	600–800 m (1,968–2,624 ft)
Ahşap yapı	400–800 m (1,312–2,624 ft)
Metal yapı	400–500 m (1,312–1,640 ft)
Açık kaya	400–600 m (1,312–1,968 ft)
Koyu kaya	300–400 m (984–1,312 ft)
Kağıt reflektör 20 mm.	1,000 m (3,280 ft)
Uzun Mesafe Modu	
Beyaz Kart (90% yansıtma) ³	2,000–2,200 m
Gri Kart (18% yansıtma) ³	900–1,000 m
Hassasiyet	10 mm + 2 ppm (0.033 ft + 2 ppm)

Reflektörler



$$d = \frac{a}{3} \sqrt{3}$$

Prizma sabiti

$$K_R = e - nd$$



Reflektörler



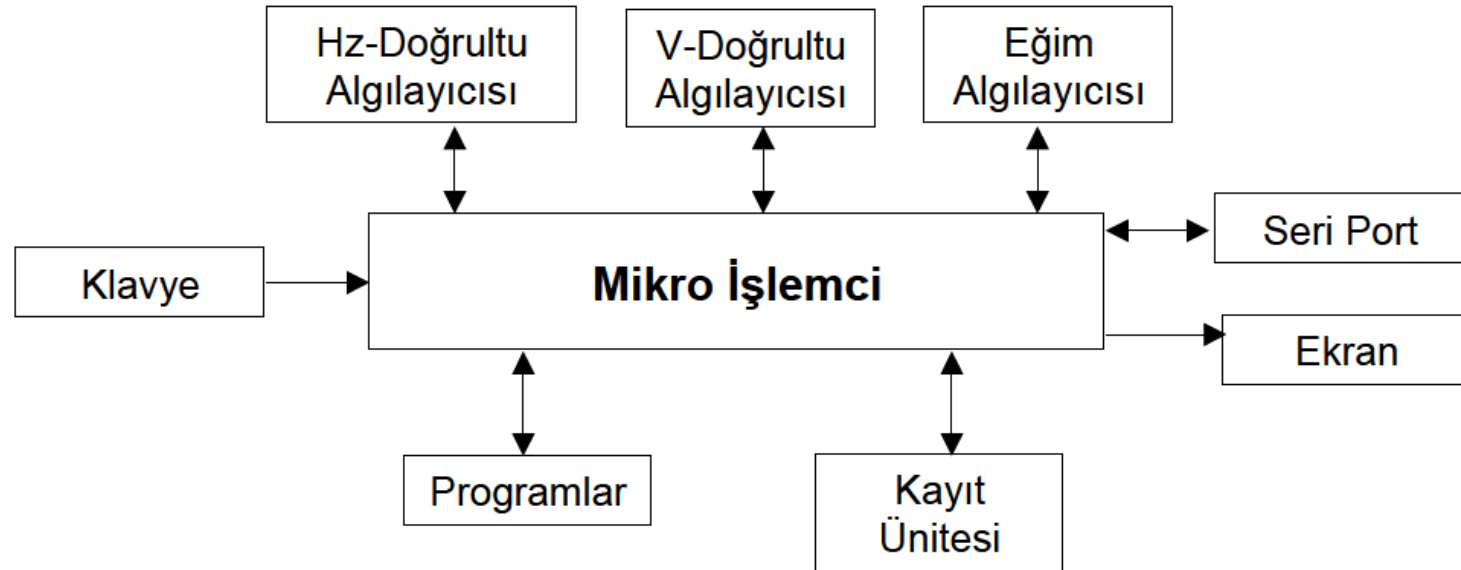
BÖLÜM 2

Elektronik Doğrultu Ölçümü

ELEKTRONİK DOĞRULTU ÖLÇÜMÜ

Elektronik teodolit ve takeometrelerin çalışma prensibi, klasik teodolitlerdeki okuma ve düzleştirme düzeneğinin bu aletlerde algılayıcılar tarafından gerçekleştirilmesidir. Bütün bu işlemler bir mikro işlemci tarafından yönlendirilmektedir.

Şekil 3.1 Mikro işlemci ile kontrol edilen elektronik teodolit



Doğrultu algılayıcıları sabit bir açı tablası (durağan yöntem) yada döner bir açı tablası (dinamik yöntem) ile çalışmaktadır.

Durağan Yöntemler

- Elektronik doğrultu ölçümünde ölçülen büyüklük ilk olarak analog bir büyüklüktür.
- Bir analog/sayısal dönüştürücü analog büyüklüğü bineri (iki tabanlı) sayılar şekline dönüştürür.
- Böylelikle ölçülen büyüklükler mikro işlemcide diğer işlemlere tabi tutulabilir.

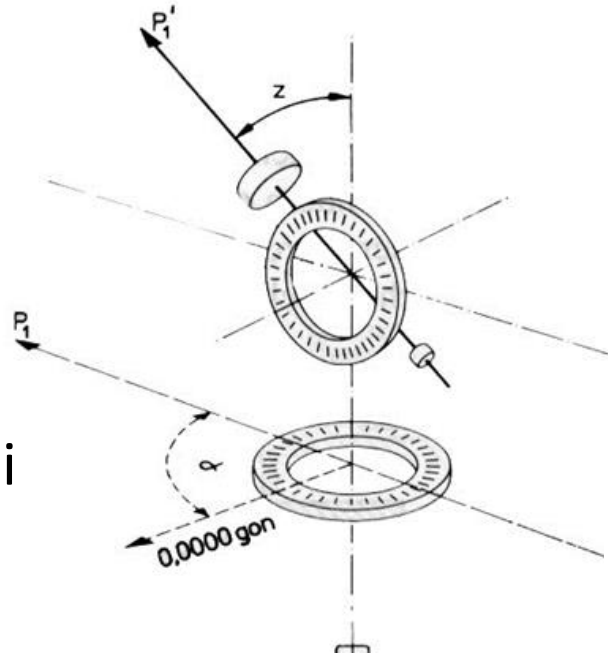
Durağan yöntemde doğrultu ölçümü;

✓ **Kodlama yöntemi ve**

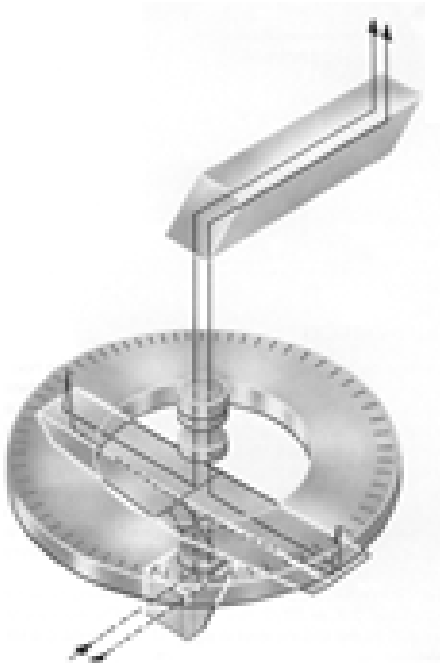
✓ **Sayma (inkremental) yöntem**

ile gerçekleştirilmektedir.

Açı Bölüm Daireleri



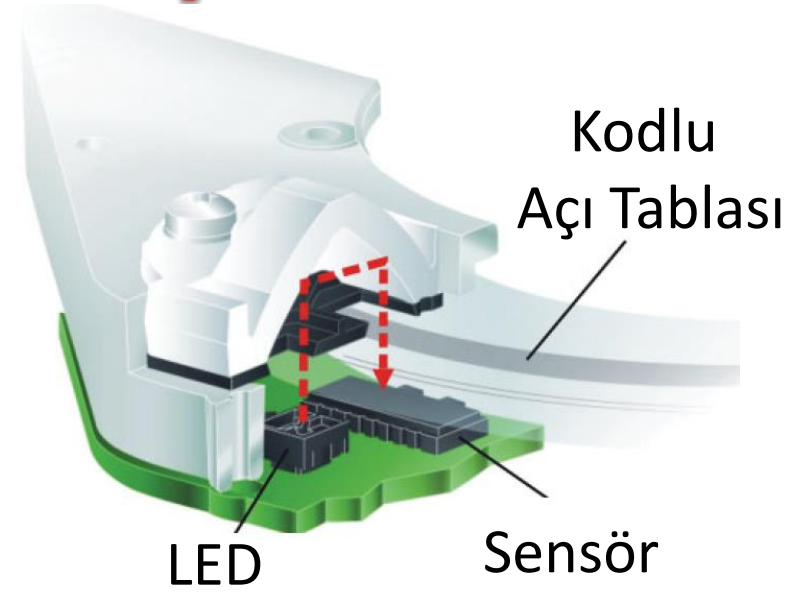
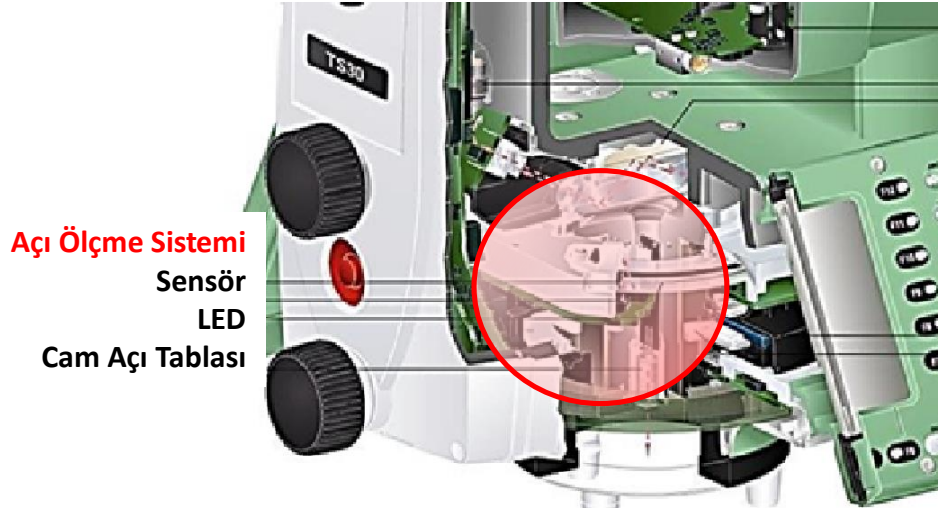
Klasik Açı Dairesi



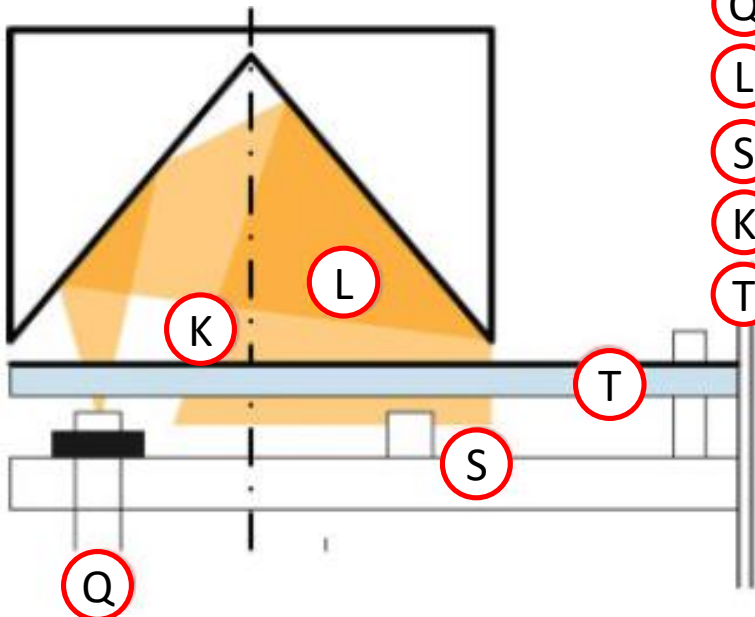
Elektronik Açı Dairesi



Elektronik Doğrultu Ölçümü

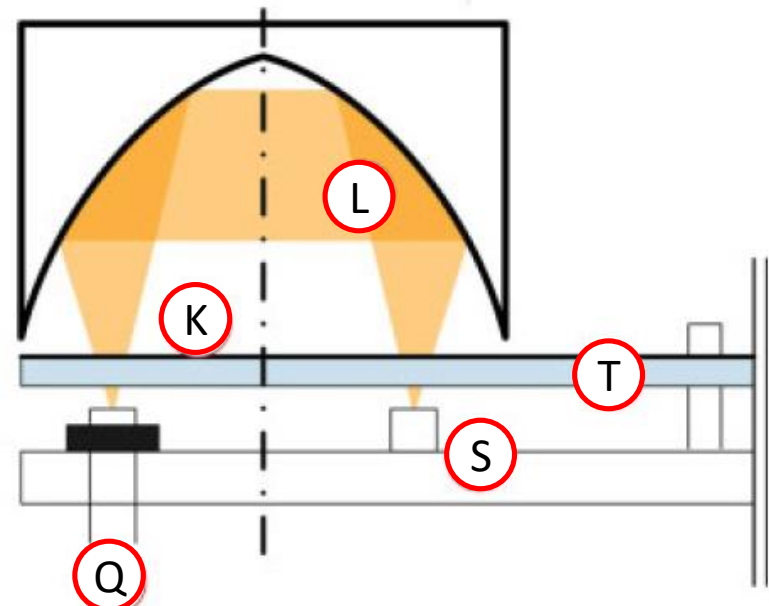


Düzlem Ayna

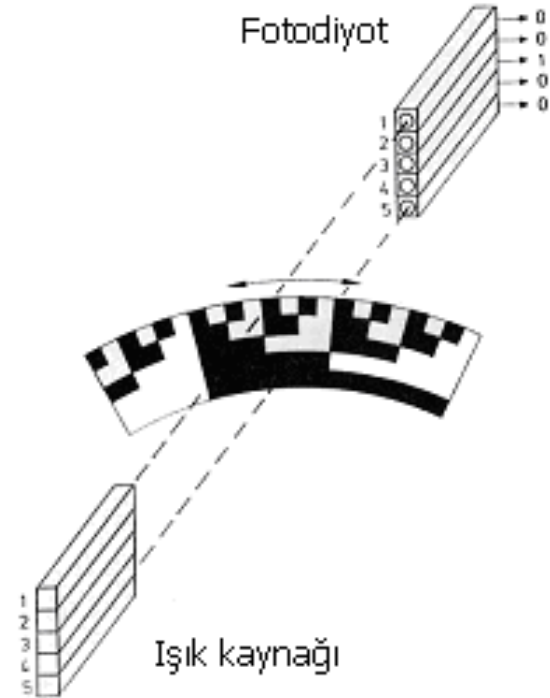


- Q LED
- L Işık Yansıması
- S Sensör
- K Kod
- T Taşıyıcı

Parabolik Ayna

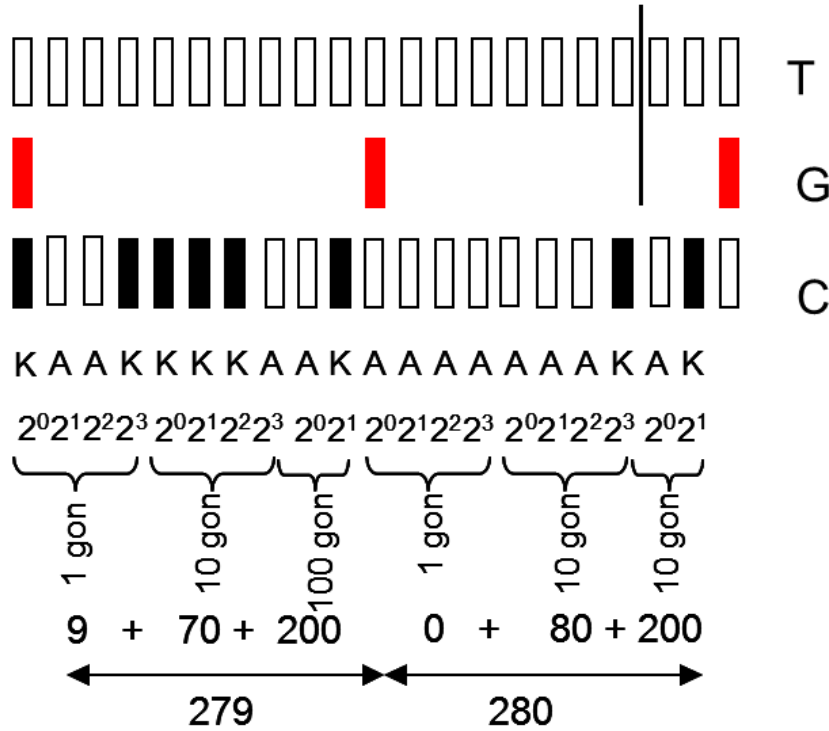


Kodlama Yöntem ile Doğrultu Ölçümü



- Burada açı tablası klasik teodolitlerde olduğu gibi desimal çizgiler yerine elektrooptik yada manyetik kodlarla tanımlanmıştır.
- Disk kodların okunması ışık demetleri yardımı ile yapılmaktadır.
- Gönderilen ışık açı tablasının ışık geçirgenliğine göre algılayıcı fotodiyod da açık ya da koyu yani **0** veya **1** olarak algılanır.

Kodlama Yöntem ile Doğrultu Ölçümü



1 gon için 4 bit

10 gon için 4 bit

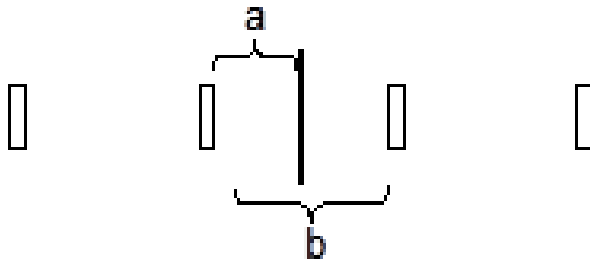
100 gon için 2 bit

Kodlama :280 gon

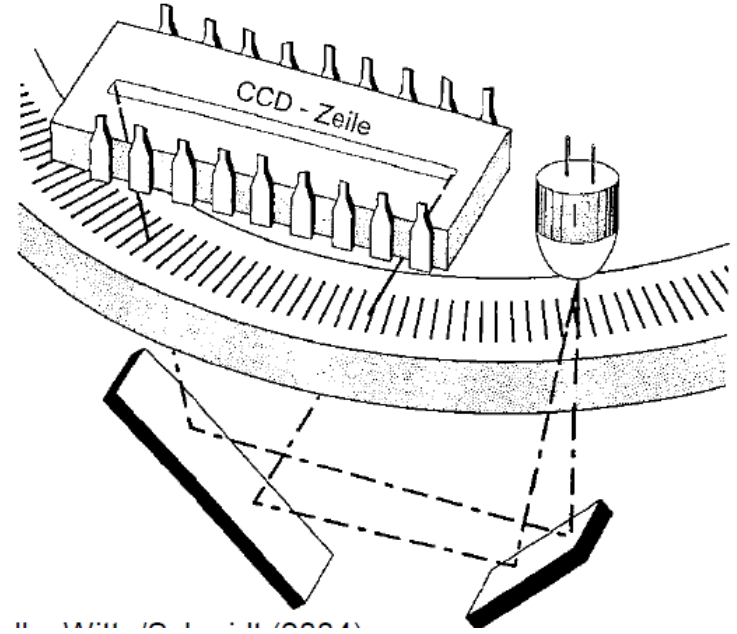
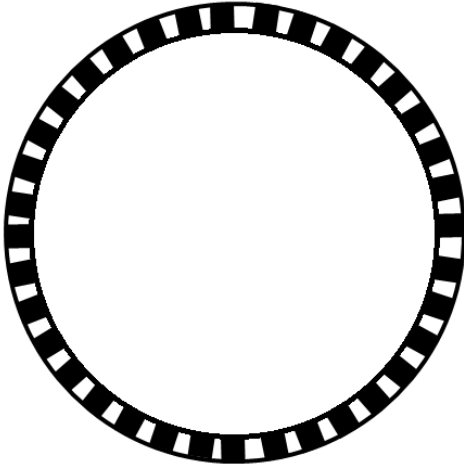
0.1 dağılımında 7 puls : 0.7

Enterpolasyon $\frac{a}{b} = \frac{168 \text{ Puls}}{672 \text{ Puls}} \cdot 0.1 \text{ gon}$: 0.0250

Doğrultu değeri :280.7250 gon



Sayma Yöntem İle Doğrultu Ölçümü



- Bu yöntemde analog-sayısal dönüşümünde klasik teodolitlerdeki açı tablasına benzer fakat radyal çizgili raster diskler kullanılmaktadır.
- Radyal çizgiler koyu ve açık çizgilerle kodlanmıştır. Işın demeti gönderici ile algılayıcı ünite foto diyotun açı tablasına göre döndürülmesi ile açık ve koyu çizgiler foto diyot tarafından sayılmaktadır.
- Böylelikle bu yöntemde doğrultu değişimleri bir başlangıç doğrultusuna göre belirlenmektedir. Aletin kapatılması ile başlangıç doğrultusu değişmektedir.

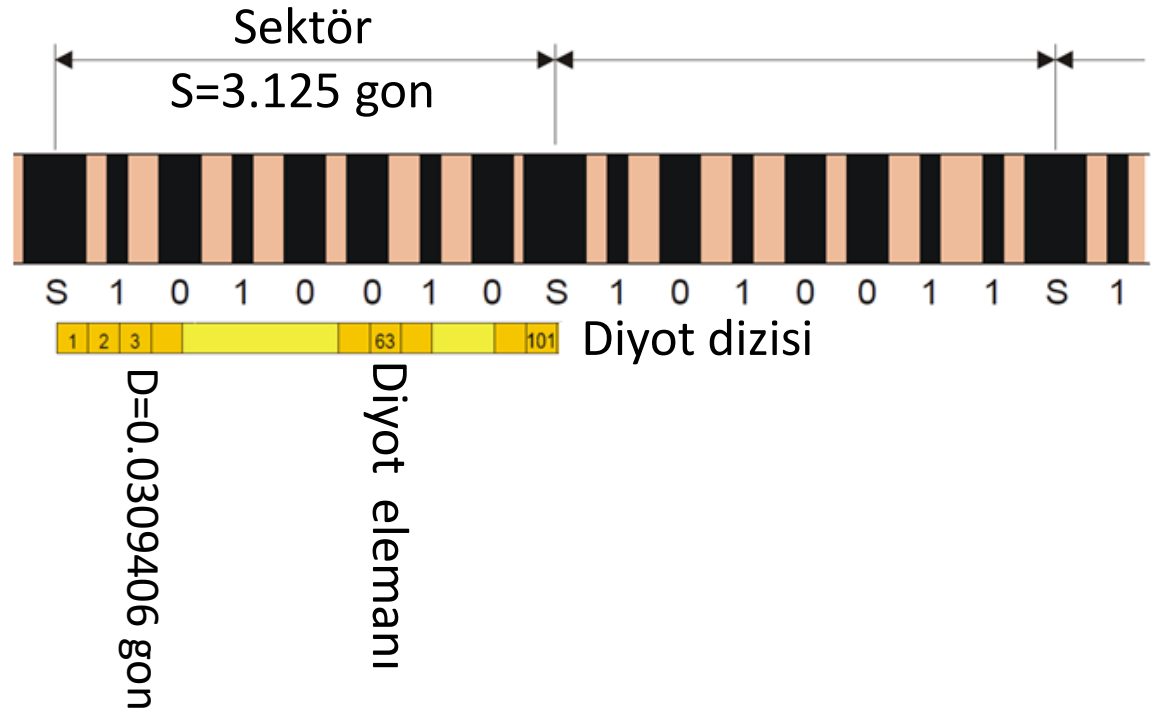
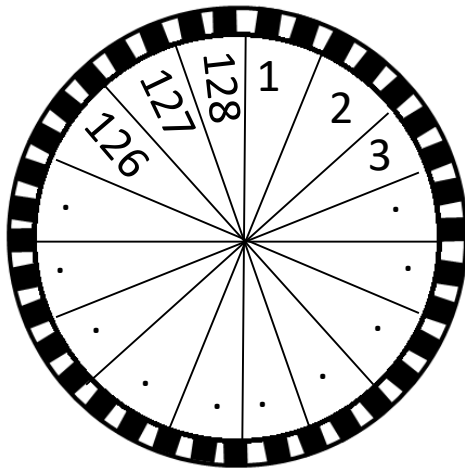
Sayma Yöntem İle Doğrultu Ölçümü

1024 adet ışığı geçiren işaretlerden oluşan dijital açı bölüm dairesi, her biri 8 bit den oluşan 128 sektöre bölünmüştür. Her bir sektör 3.125 gon değerindedir. Her bir sektör CCD sensörü üzerinde 101 diyot elemanı üzerine iz düşmektedir. Her bir diyot elemanı 0.0309 gon değerindedir.

$$S = \frac{400 \text{ gon}}{128} = 3.125 \text{ gon}$$

$$D = \frac{3.125 \text{ gon}}{101} = 0.0309406 \text{ gon}$$

$$r = K - H$$



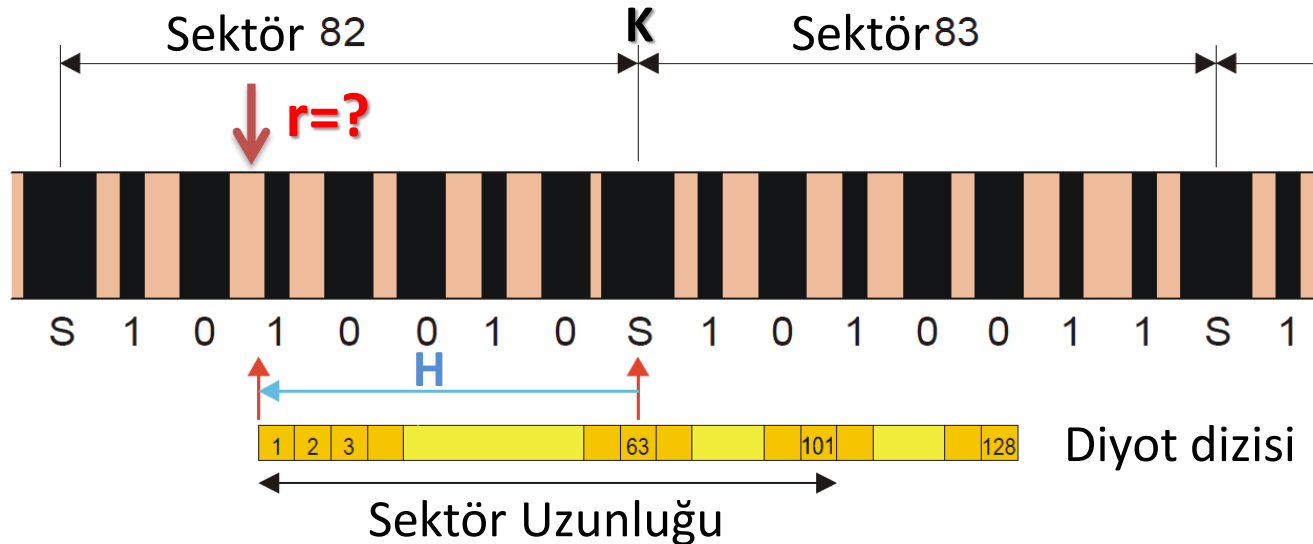
Sayma Yöntem İle Doğrultu Ölçümü

ÖRNEK:

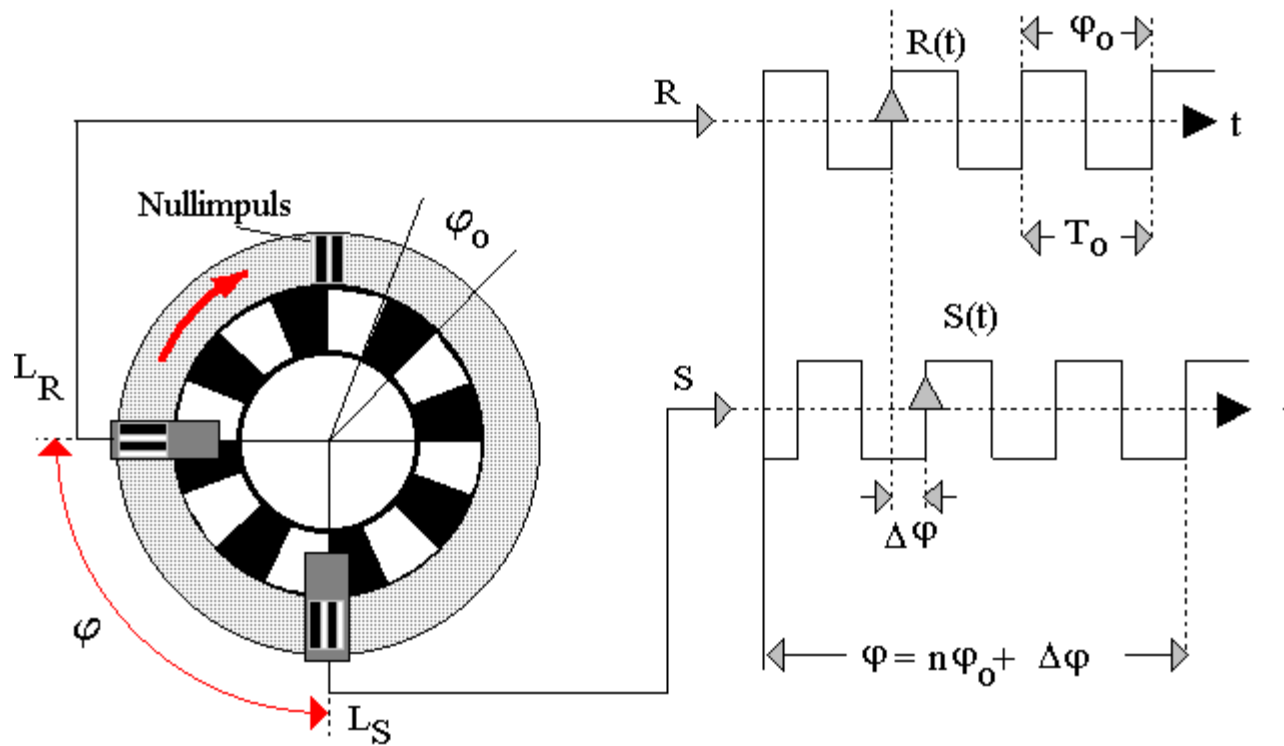
Kaba ölçüm sonucu 83 sektör numarası ve hassas ölçüm sonucu 63 diyot elemanı belirlenmiştir.

$$S = \frac{400 \text{ gon}}{128} = 3.125 \text{ gon} \quad D = \frac{3.125 \text{ gon}}{101} = 0.0309406 \text{ gon}$$

$$K = S * 83 = 259.375 \text{ gon} \quad H = D * 63 = 1.9493 \text{ gon} \quad r = K - H = 257.4257 \text{ gon}$$



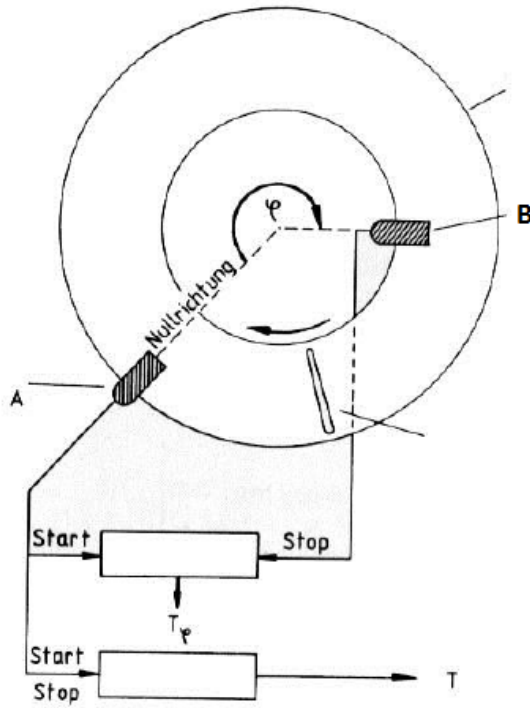
Dinamik Yöntem İle Doğrultu Ölçümü



$$\omega = \frac{400 \text{ gon}}{T}$$

$$\varphi = n\varphi_0 + \Delta\varphi$$

$$\Delta\varphi = \frac{\varphi_0}{T_0} \Delta t$$



Şekil 3.10 Dinamik açı ölçümü

Dönen diyaframın ışık kaynağı A'dan geçmesi ile sayaç 1 ve sayaç 2 çalışmaktadır. Diyaframın B ışık kaynağından geçmesi ile sayaç 1 durmakta ve A ışık kaynağından geçmesi ile de sayaç 2 durmaktadır. Böylelikle sayaç 1 den A ile B arasındaki açısal dönme zamanı T_φ ve sayaç 2 den de tam dönüş zamanı T elde edilmektedir.

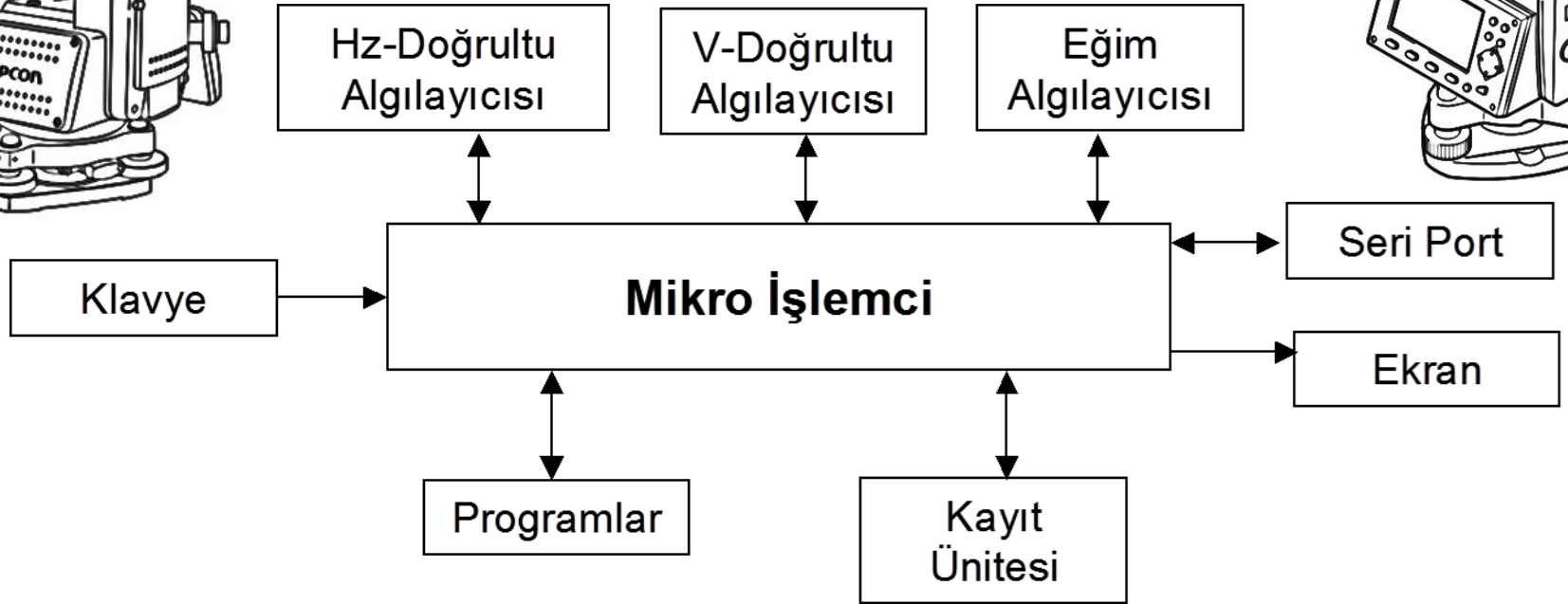
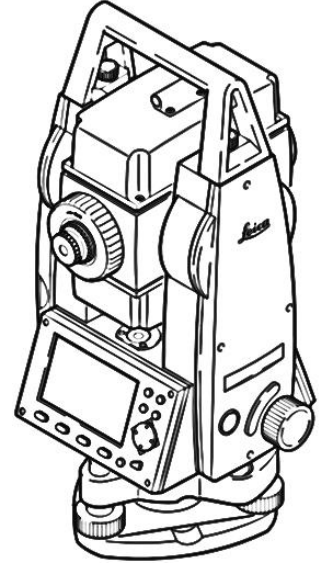
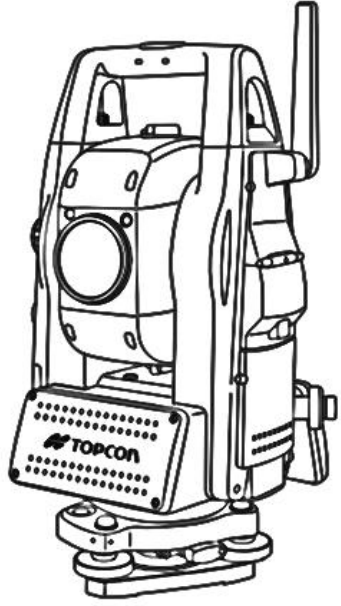
Buradan dönüş hızı

$$\omega = \frac{400 \text{ gon}}{T}$$

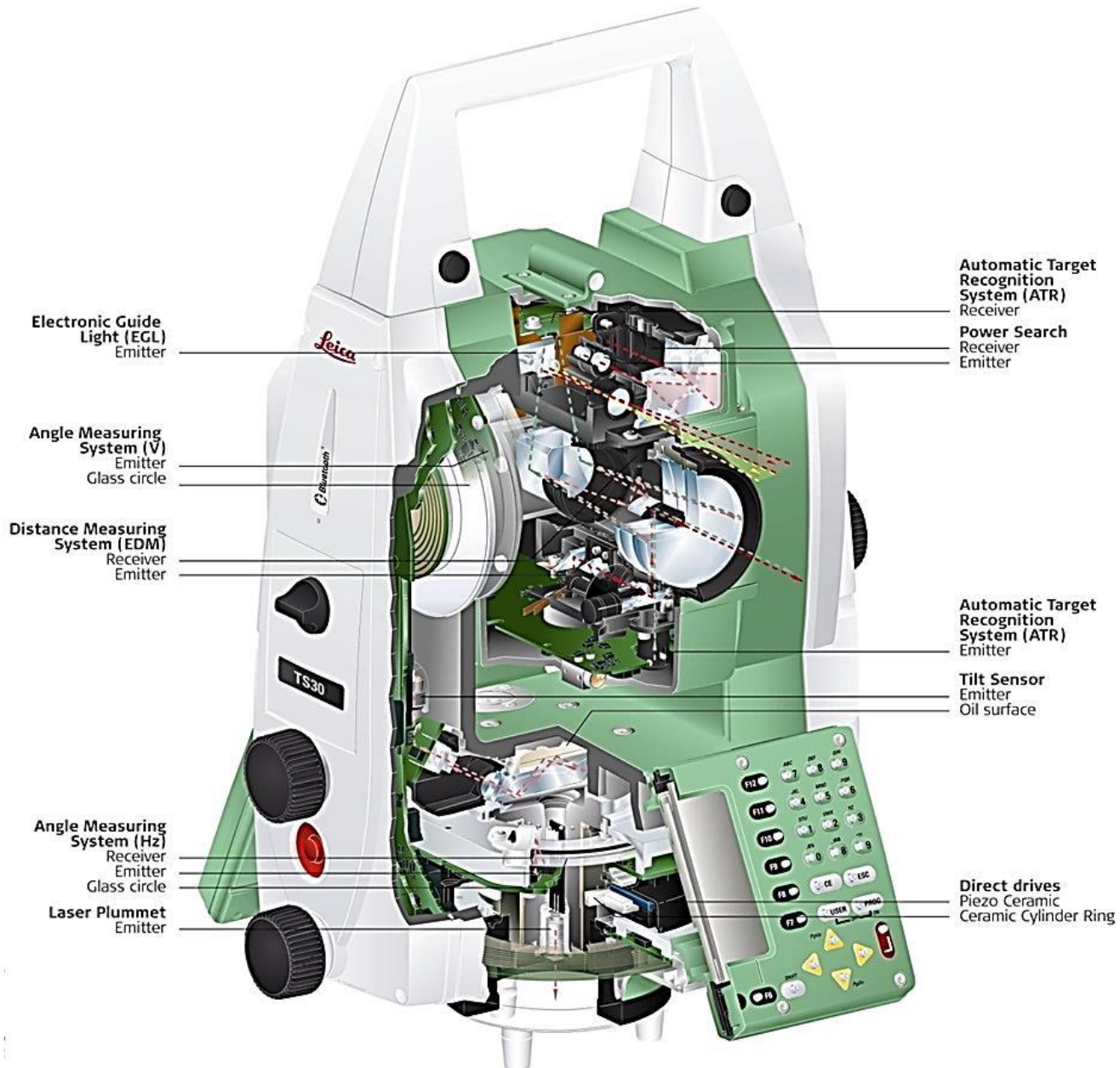
BÖLÜM 3

Elektronik Takeometreler (Total Station)

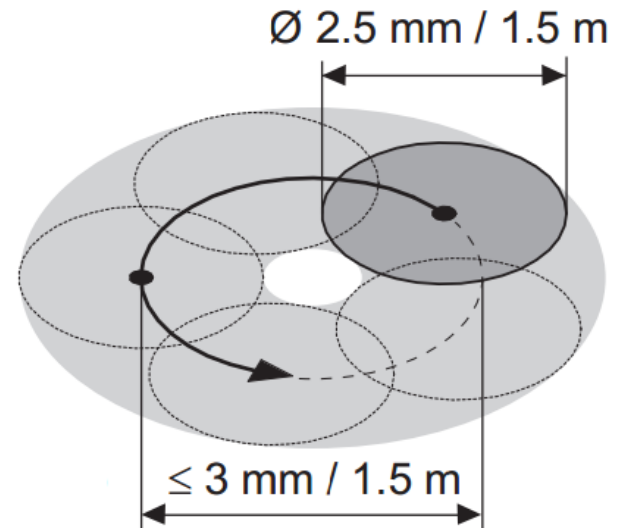
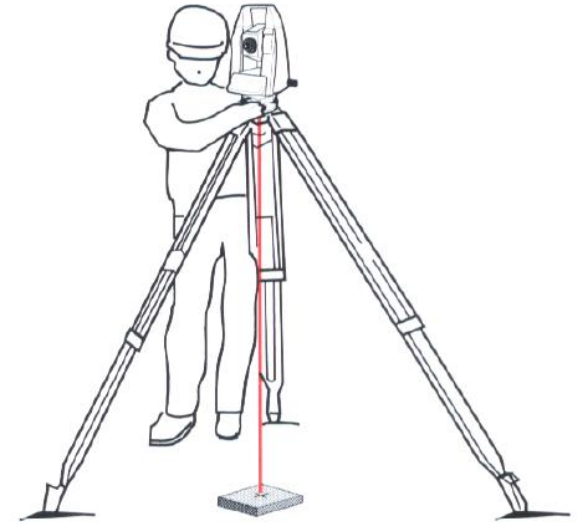
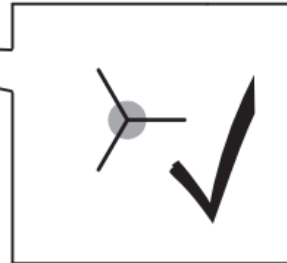
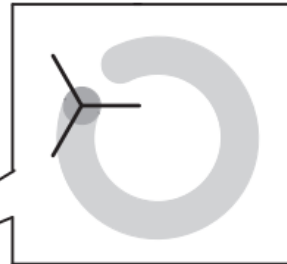
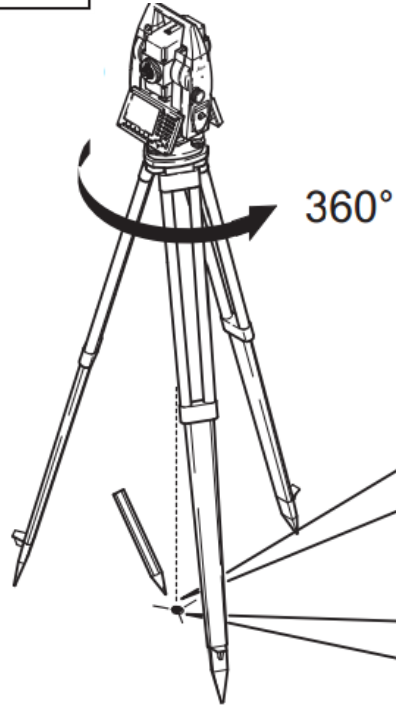
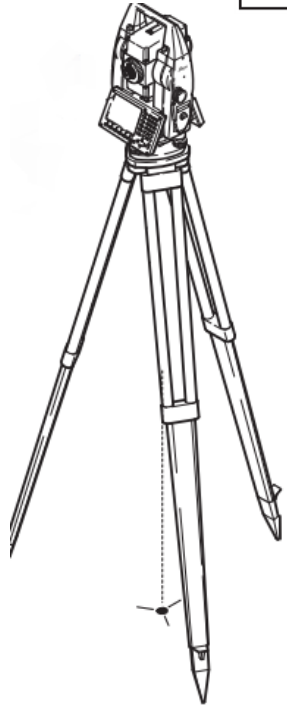
Elektronik Takeometre



Total Station'nın İç Yapısı

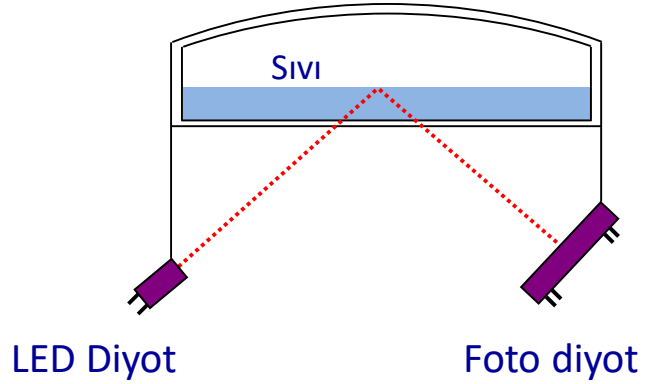


Lazer Çekül

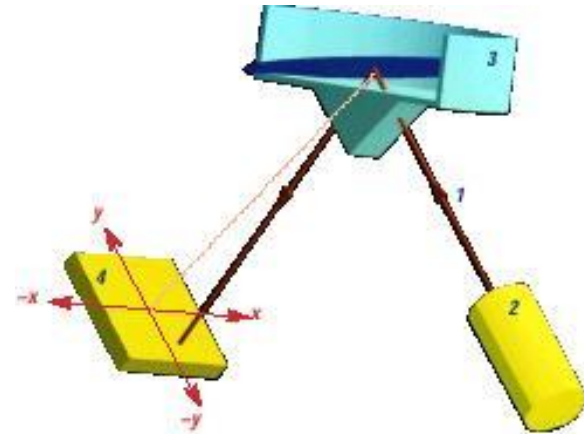
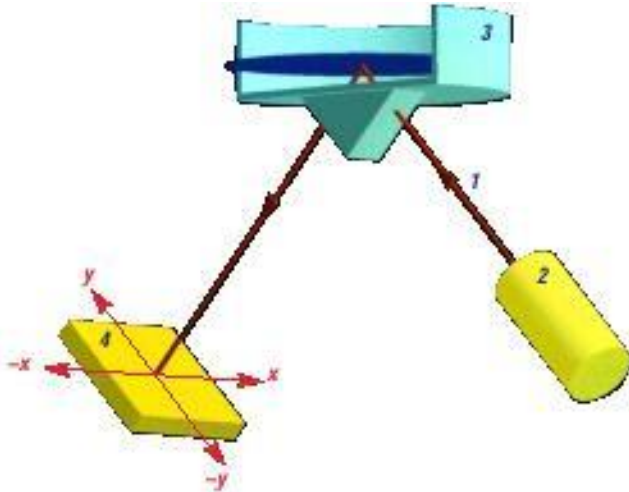
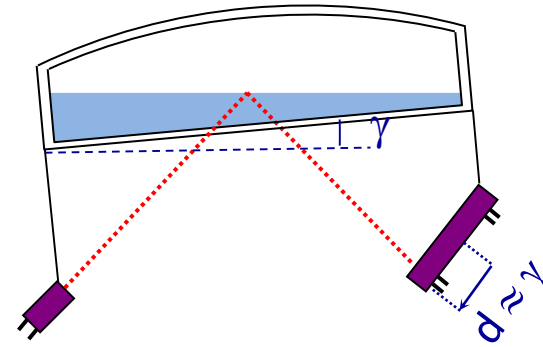


Elektronik Düzgeç

Düzeçli

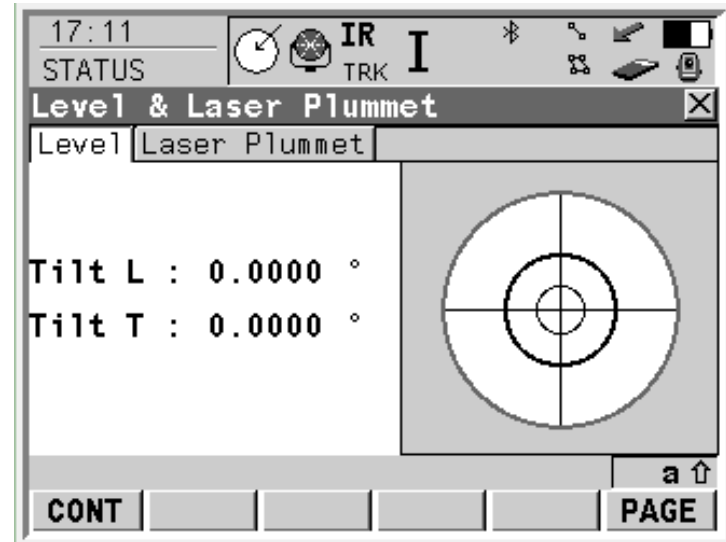


Düzeçsiz

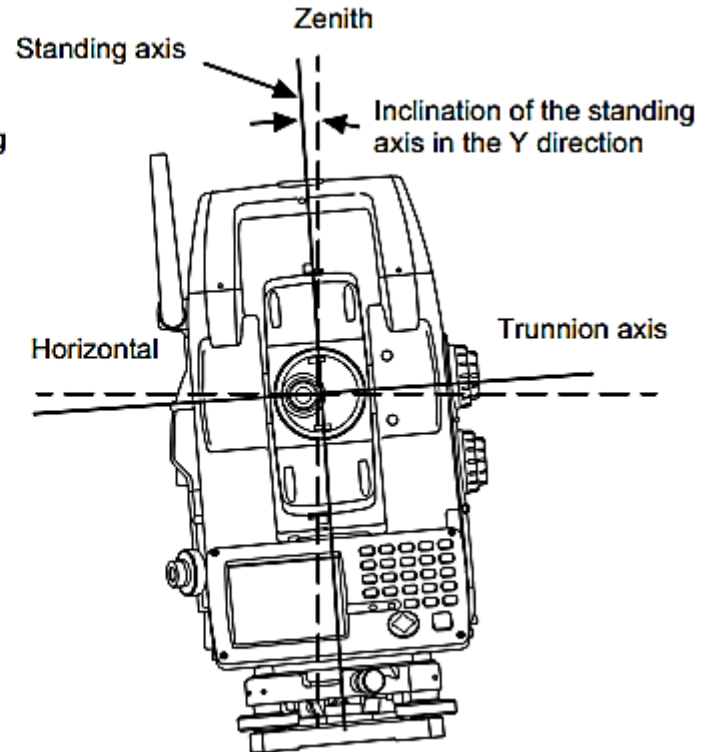
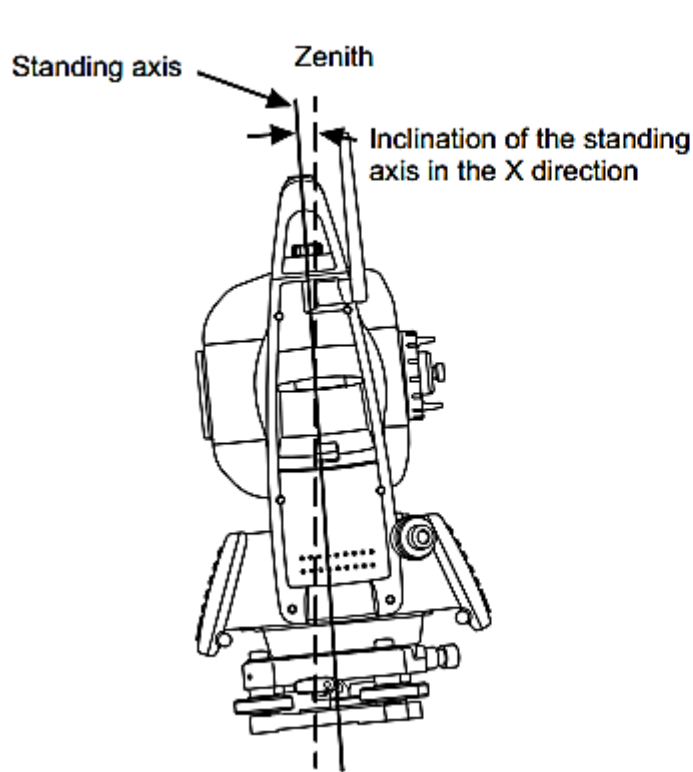
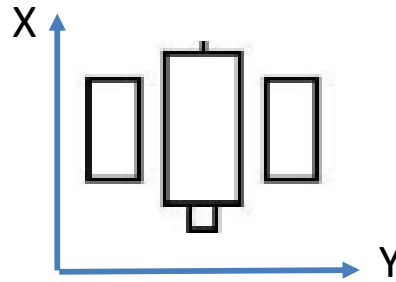


Kesinlik: 0,5" - 2"

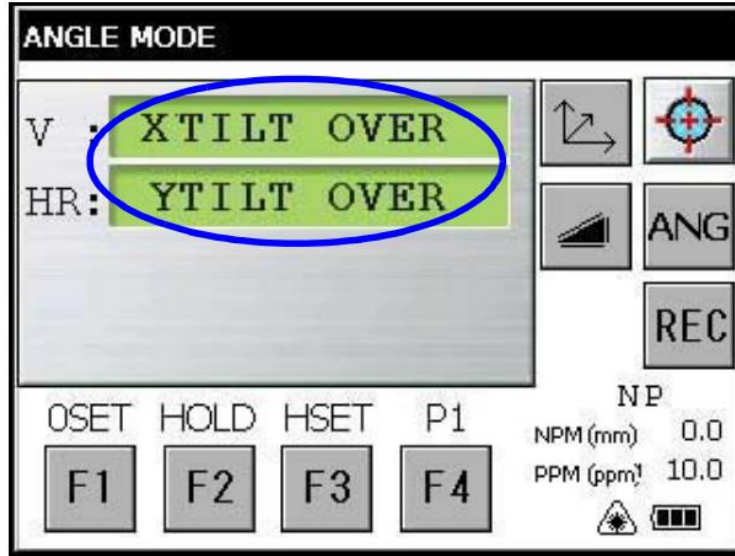
Elektronik Düzec



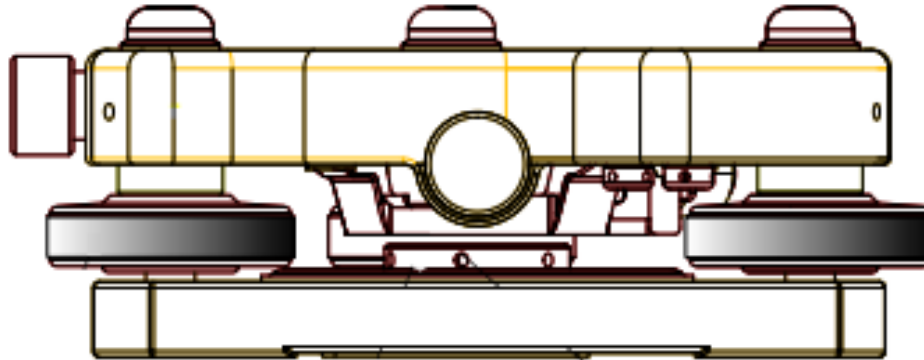
Çift Eksenli Kompansatör



Çift Eksenli Kompansatör

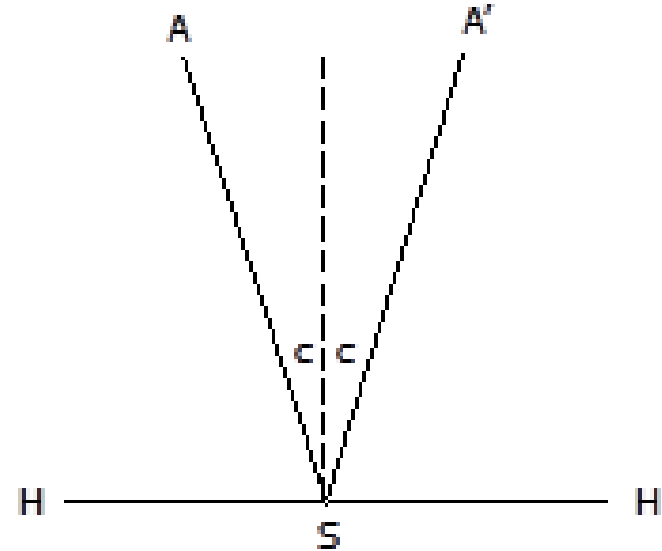
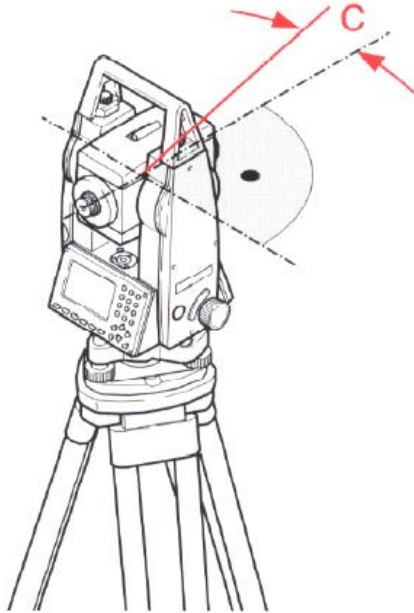


Düzeç Kontrolü Gerekli



Eksen Hataları

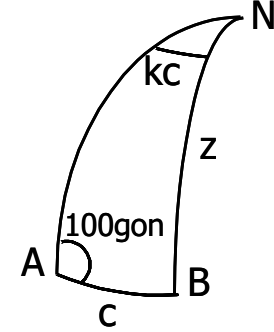
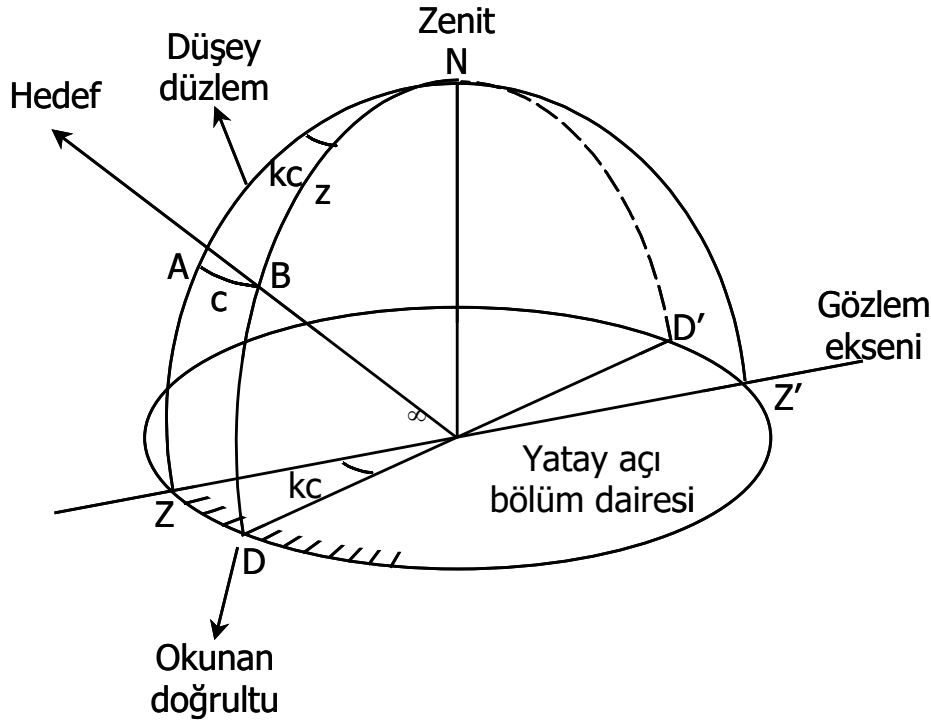
Gözlem Ekseni Hatası



$$c = \frac{r_I - (r_{II} \pm 200\text{gon})}{2}$$

Eksen Hataları

Gözlem Ekseni Hatasının Etkisi



$$\frac{\sin kc}{\sin c} = \frac{\sin 100}{\sin z} = \frac{1}{\sin z}$$

$$\sin kc = \frac{\sin c}{\sin z}$$

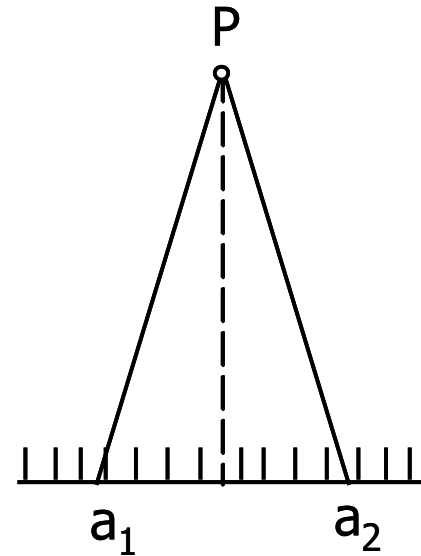
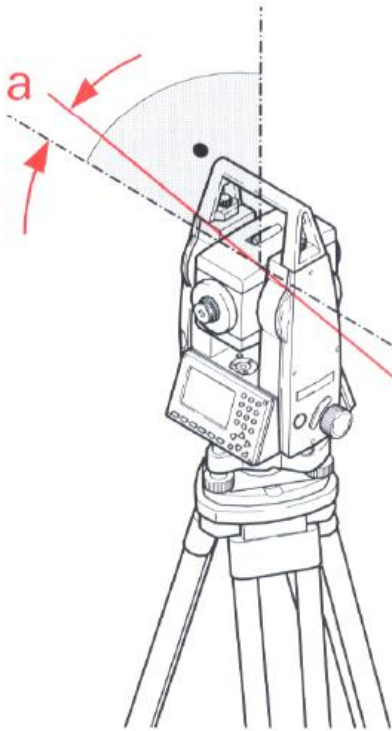
$$kc = \frac{c}{\sin z}$$

c=1 mgon değeri için

Z	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0 gon
Kc	1.0	1.01	1.05	1.12	1.24	1.41	1.70	2.20	3.24	6.40	mgon

Eksen Hataları

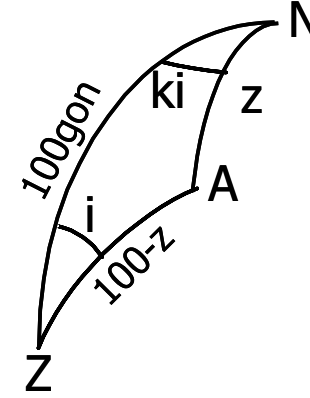
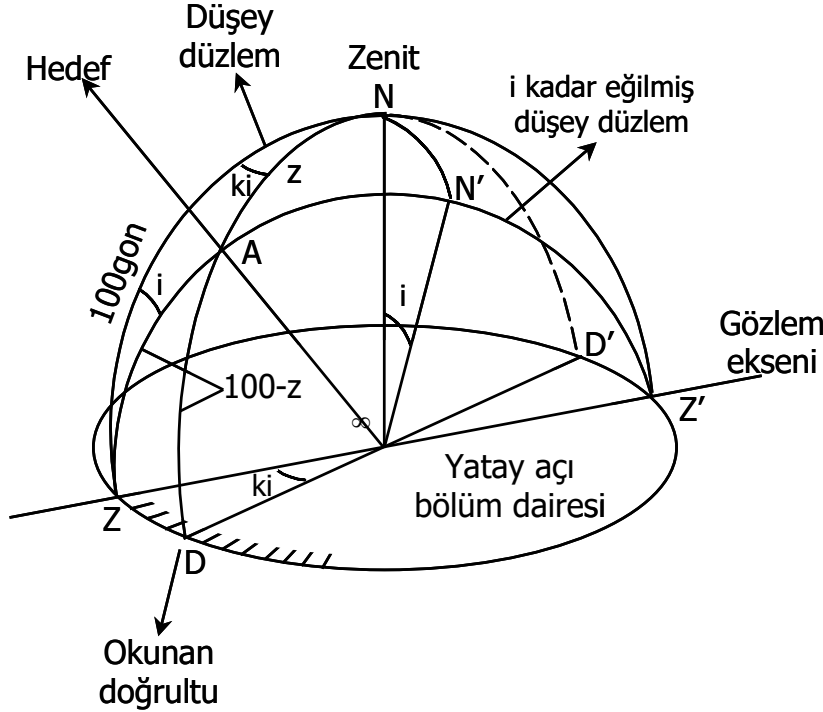
Yatay Eksen Hatası



$$i = \left(\frac{r_I - (r_{II} \pm 200 \text{ gon})}{2} - \frac{c}{\sin z} \right) \tan z$$

Eksen Hataları

Yatay Eksen Hatasının Etkisi



$$\frac{\sin ki}{\sin(100 - z)} = \frac{\sin i}{\sin z}$$

$\sin(100-z) = \cos z$ olduğundan

$$\sin ki = \sin i \frac{\cos z}{\sin z} = \sin i \cot z$$

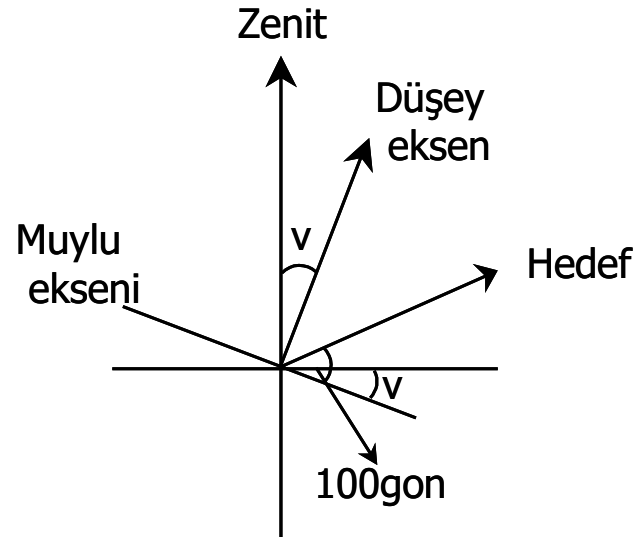
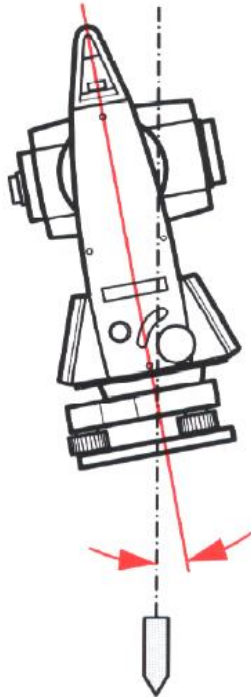
$$ki = i \cot z$$

i=1 mgon değeri için

z	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0 gon
ki	0.00	0.16	0.32	0.51	0.73	1.00	1.38	1.96	3.08	6.31	mgon

Eksen Hataları

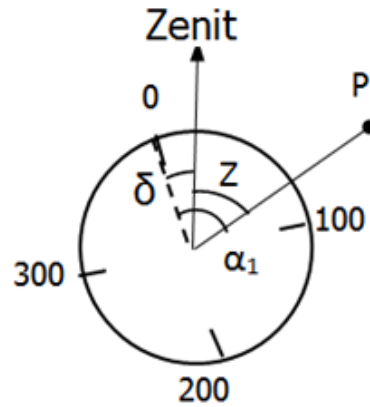
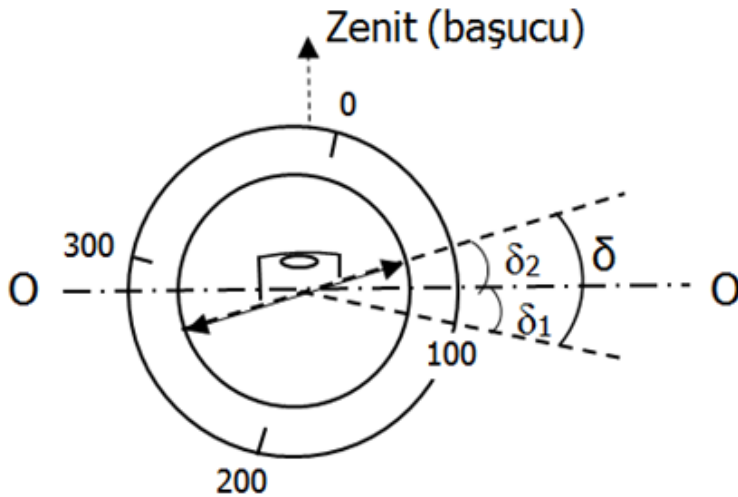
Düşey Eksen Hatası



$$kv = v \sin \alpha \cot z$$

Eksen Hataları

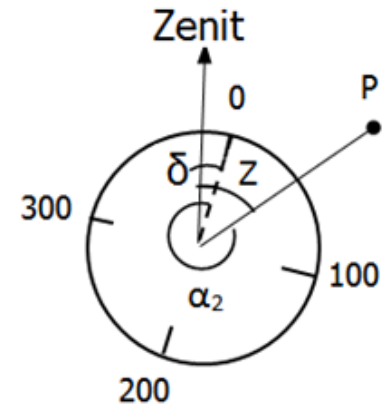
Düşey Kolimasyon Hatası



$$\alpha_1 = Z + \delta$$

$$Z = \alpha_1 - \delta$$

Birinci dürbün durumu



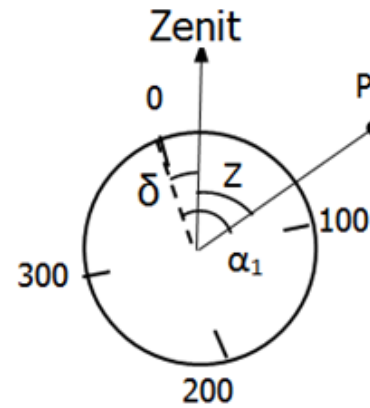
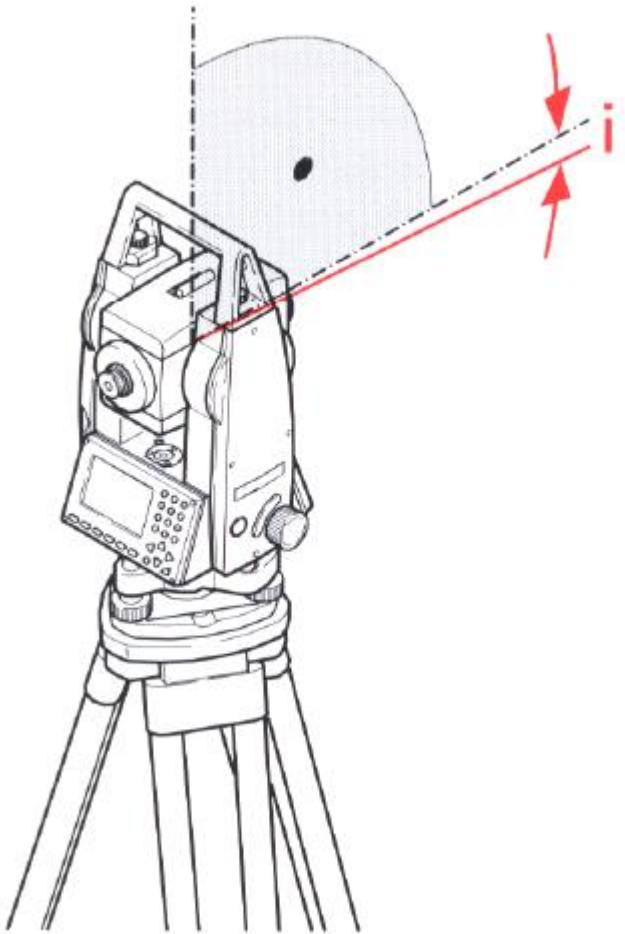
$$\alpha_2 = 400^g - Z + \delta$$

$$Z = 400^g - (\alpha_2 - \delta)$$

İkinci dürbün durumu

Eksen Hataları

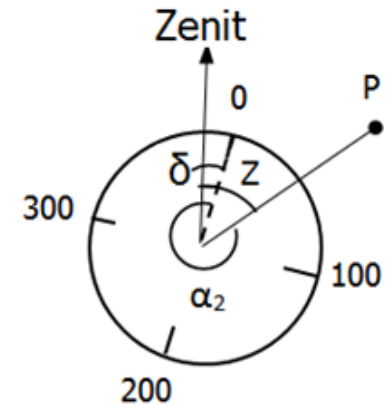
Düşey Eksen Hatası



$$\alpha_1 = Z + \delta$$

$$Z = \alpha_1 - \delta$$

Birinci dürbün durumu



$$\alpha_2 = 400^\circ - Z + \delta$$

$$Z = 400^\circ - (\alpha_2 - \delta)$$

İkinci dürbün durumu

BÖLÜM 4

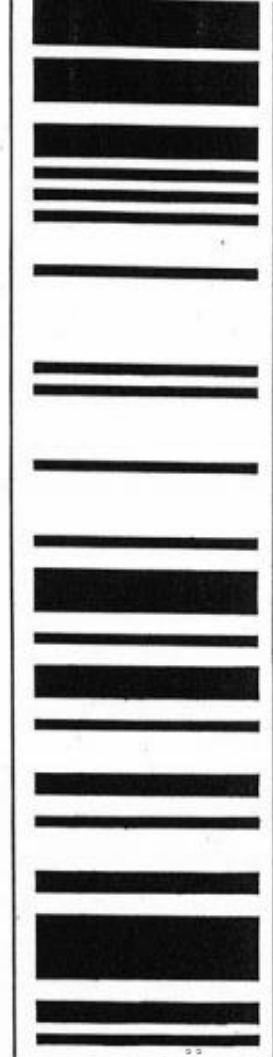
Sayısal Nivolar

Sayısal Nivolar

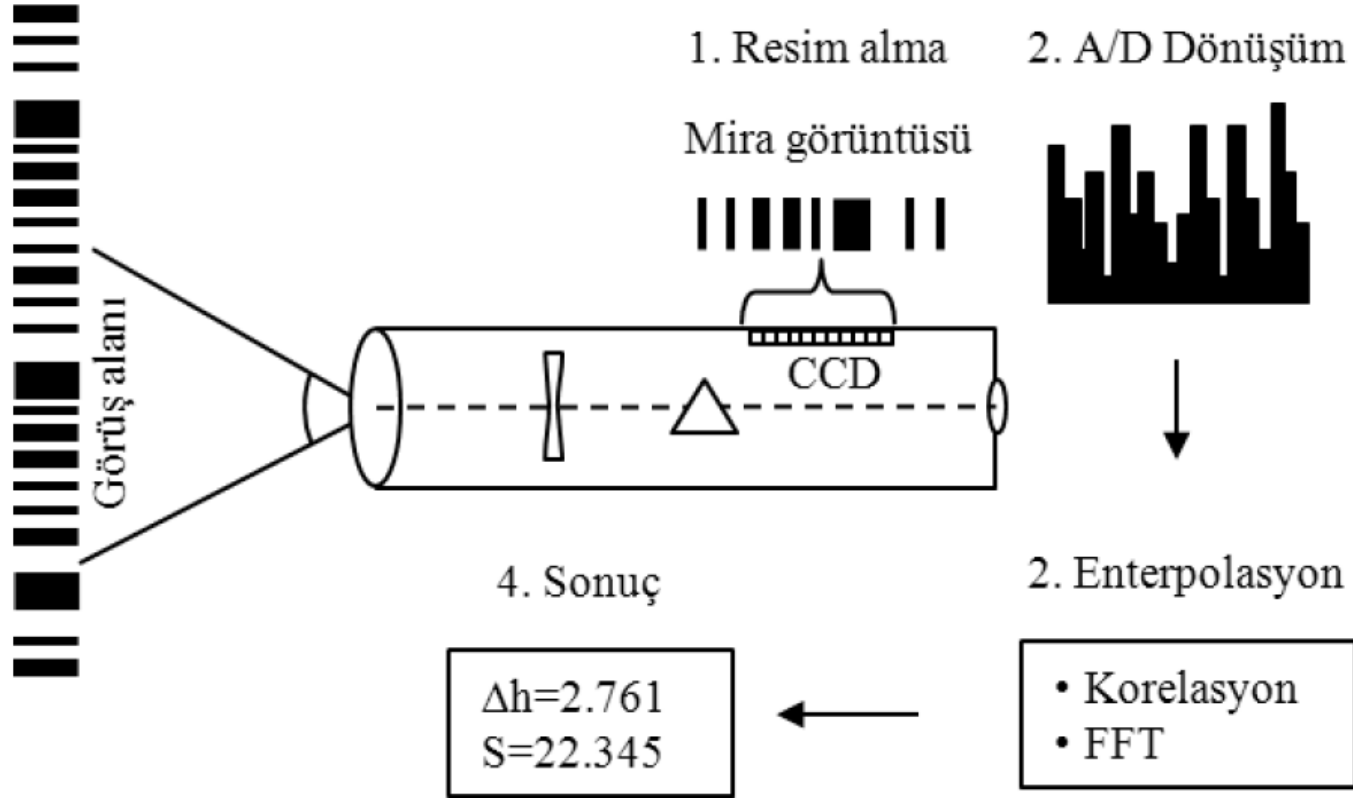
Barkotlu Mira

- ✓ Sayısal nivoların yapısı, bir sayısal kamera ile bir kompansatörlü nivonun kombinasyonu ilkesine dayanır.
- ✓ Sayısal nivoların diğer bir özelliği ise yükseklik ölçümlerinin yanı sıra aynı zamanda 1-2cm duyarlılıkla mira ile nivo arasındaki mesafeyi ölçebilmesidir.

Ekran

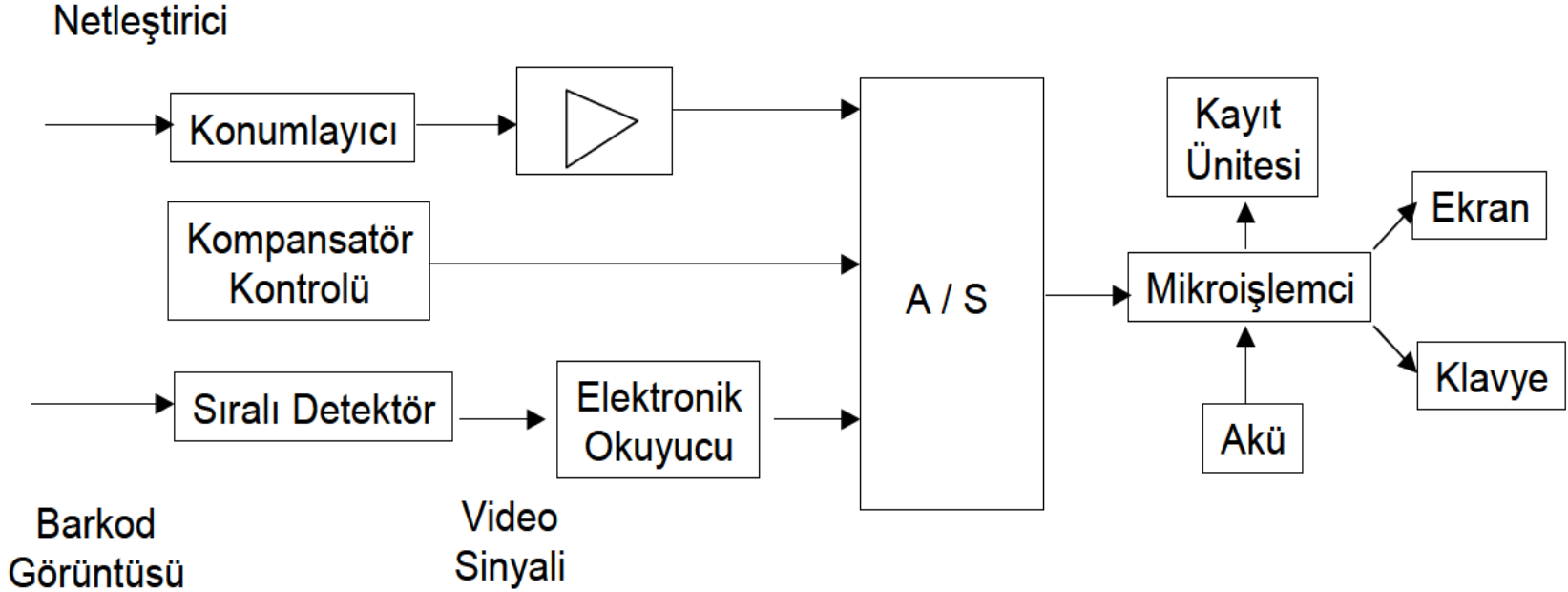


Sayısal Nivolar



- ✓ Mira üzerinde bulunan barkod çizgilerinin görüntüsü bir sıralı detektör (CCD kamera) üzerine yansır.
- ✓ Detektör mira üzerindeki barkod çizgilerinin görüntüsünü analog video sinyaline dönüştürür.

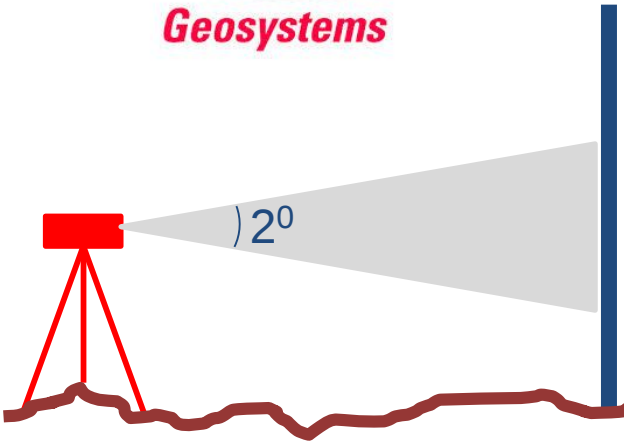
Sayısal Nivolar



- ✓ Ölçü verilerinin değerlendirilmesi mikro işlemci de yapılır.
- ✓ Karşılaştırmayla miradan elde edilen sinyalin miranın başlangıç noktasından ne kadar kaydığı saptanır.
- ✓ Nivo ile alet arasındaki uzaklığa bağlı olarak farklı büyüklükteki mira kesitinin görüntüsü detektör üzerine yansır

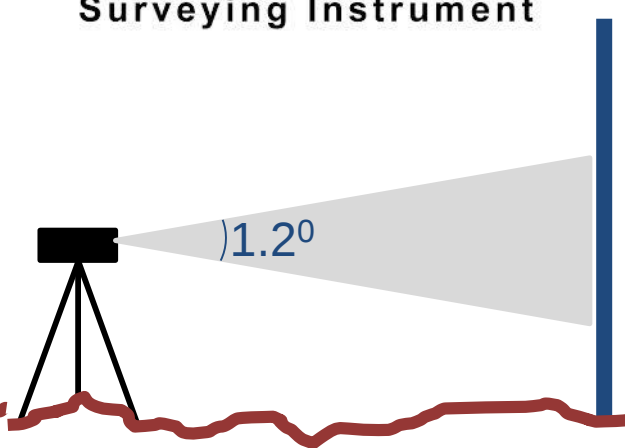
Sayısal Nivolar

Leica
Geosystems



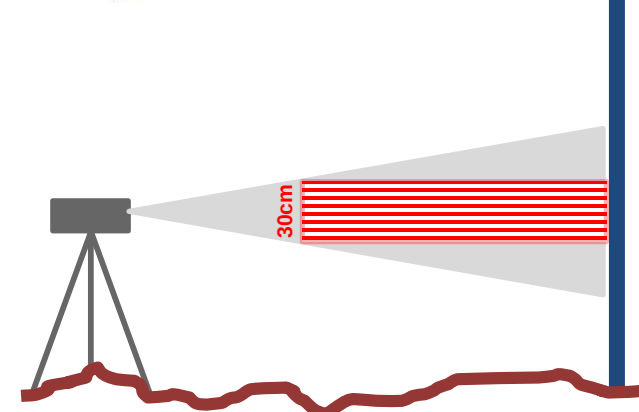
Korelasyon

TOPCON
Surveying Instrument



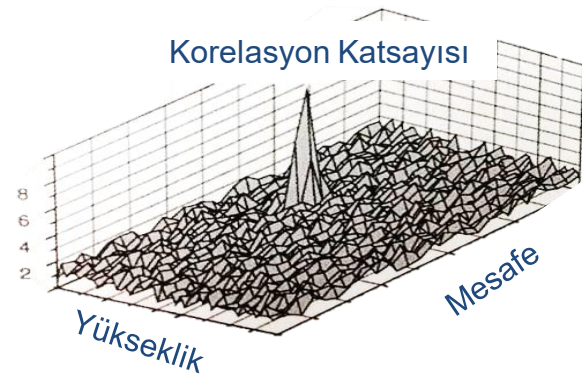
< 9m Kenar Tanıma
Hızlı Fourier Dönüşümü

Trimble

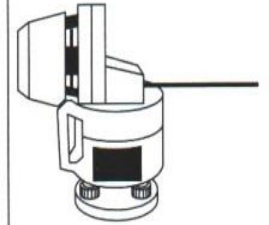
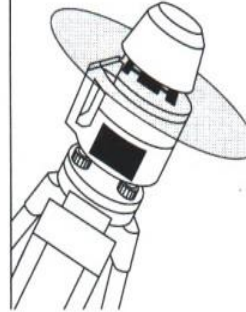
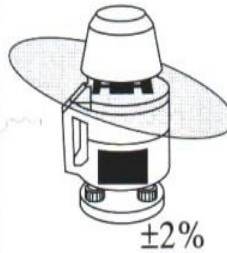
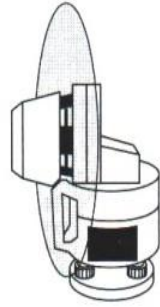
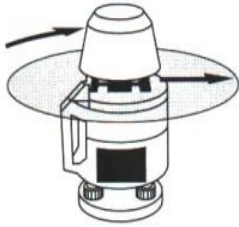


Kenar Tanıma

$$P_{PQ}(d,h) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N Q_i(y) \cdot P_i(d, y - h)$$

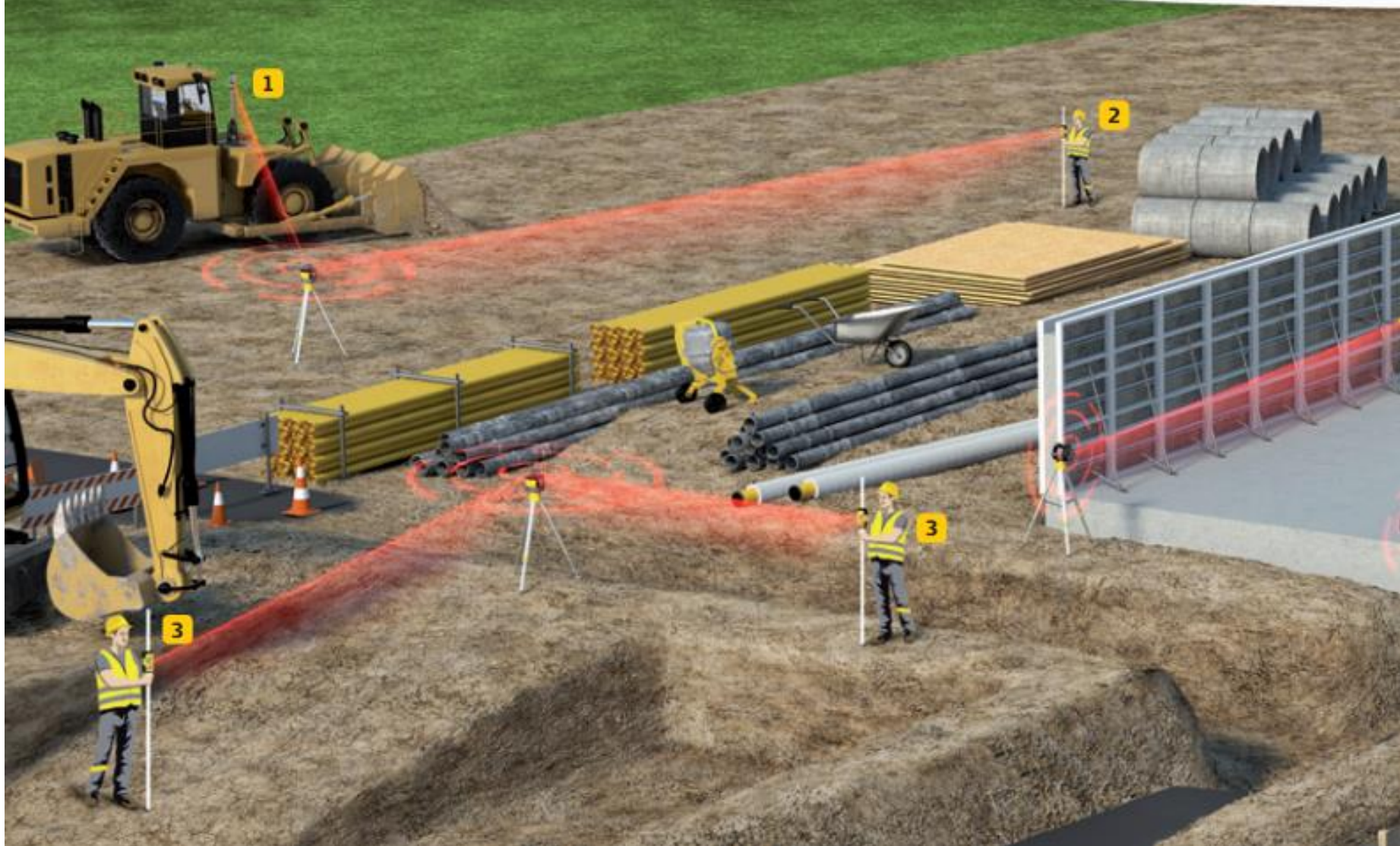


Lazerli Nivolar



Kesinlik 1.5mm-3.0 mm /30m

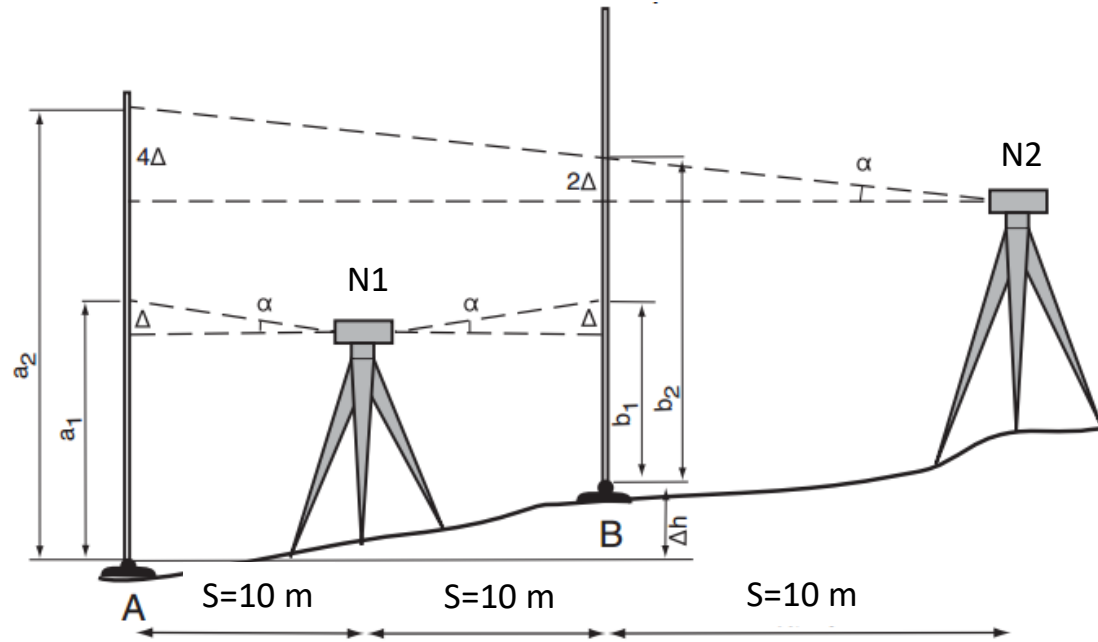
Lazerli Nivolar



Lazerli Nivolar



Nivolarıda Eksen Hatası



$$\Delta h_1 = (a_1 - \Delta) - (b_1 - \Delta)$$

$$\Delta h_1 = a_1 - b_1$$

$$\Delta h_2 = (a_2 - 4\Delta) - (b_2 - 2\Delta)$$

$$\Delta h_2 = a_2 - b_2 - 2\Delta$$

$$\Delta h_1 = \Delta h_2$$

$$\Delta = \frac{(a_2 - b_2) - (a_1 - b_1)}{2}$$

$$\alpha = \text{Arctan} \frac{\Delta}{S}$$

Nivolarıda Eksen Hatası

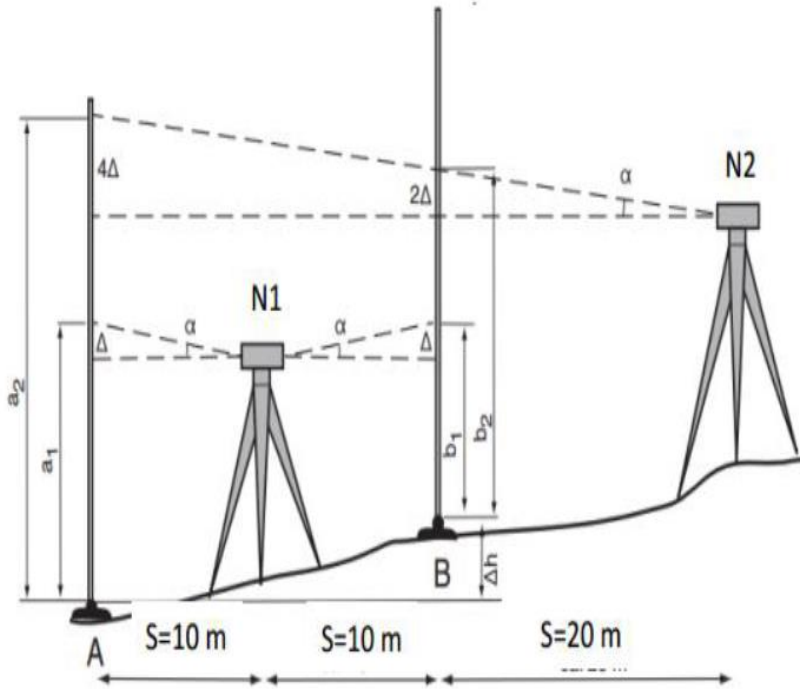
	$\alpha = 1''$ 0,3mgon	3'' 0,9mgon	5'' 1,5mgon	7'' 2,2mgon	9'' 2,8mgon	11'' 3,4mgon	13'' 4,0mgon	15'' 4,6mgon
$\Delta S = 1 \text{ m}$	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
2 m	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15
3 m	0,02	0,04	0,07	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22
4 m	0,02	0,06	0,10	0,14	0,18	0,21	0,25	0,29
5 m	0,02	0,07	0,12	0,17	0,22	0,27	0,32	0,36
6 m	0,03	0,09	0,15	0,20	0,26	0,32	0,38	0,44
7 m	0,03	0,10	0,17	0,24	0,31	0,37	0,44	0,51
8 m	0,04	0,12	0,19	0,27	0,35	0,43	0,50	0,58
9 m	0,04	0,13	0,22	0,31	0,39	0,48	0,57	0,66
10 m	0,05	0,15	0,24	0,34	0,44	0,53	0,63	0,73

$$\varepsilon = \frac{\alpha}{\rho} \Delta S$$

Nivo iki miranın ortasına kurulmalıdır.

Nivolarda Eksen Hatası

ÖRNEK



$$a_1 = 1.425m \quad a_2 = 1.250m$$

$$b_1 = 1.837m \quad b_2 = 1.672m$$

$$\Delta = \frac{(a_2 - b_2) - (a_1 - b_1)}{2}$$

$$\Delta = \frac{(1.250 - 1.672) - (1.425 - 1.837)}{2} = -0.005m$$

$$\Delta h_2 = (a_2 - 4\Delta) - (b_2 - 2\Delta) \quad 4\Delta = -0.02m \quad (a_2 - 4\Delta) = 1.270m$$

$$\Delta h_2 = a_2 - b_2 - 2\Delta \quad 2\Delta = -0.01m \quad (b_2 - 2\Delta) = 1.682m$$

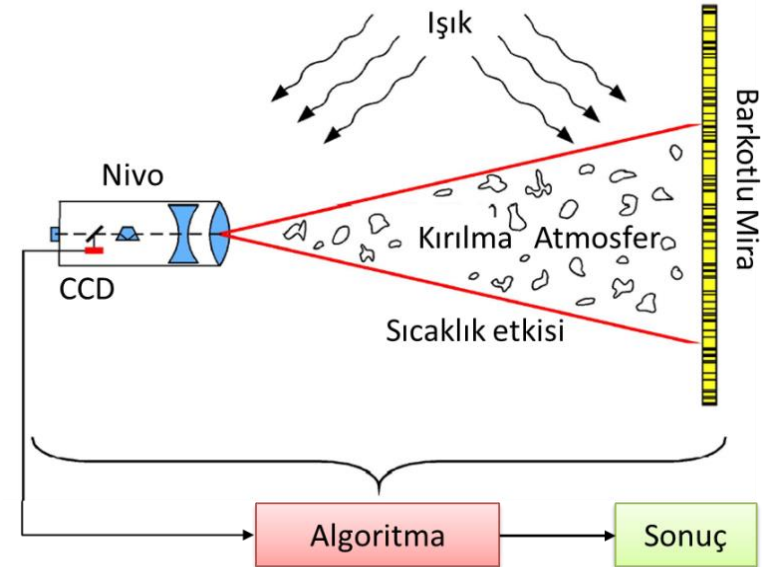
A noktasındaki mirada 1.270m ya da B noktasındaki mirada 1.682m değeri okununcaya kadar gözlem çizgileri kaydırılır. A ya da B noktasındaki miraların birinde okunması gereken değer okununcaya kadar gözlem çizgileri kaydırılır; diğer noktada kontrol yapılır.

Nivo-Mira Kalibrasyonu

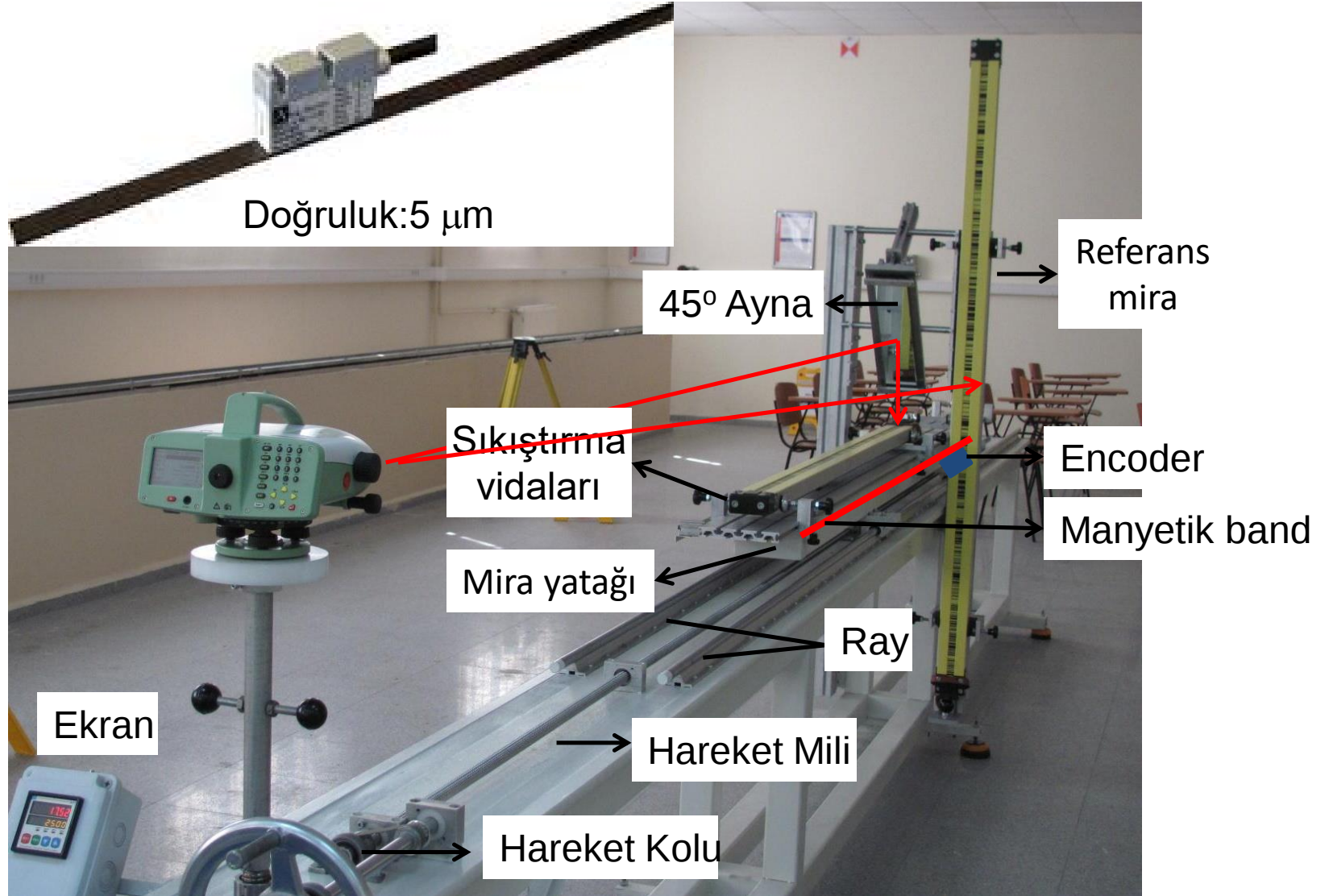
Kalibrasyon

Mira Kalibrasyonu

Sistem Kalibrasyonu

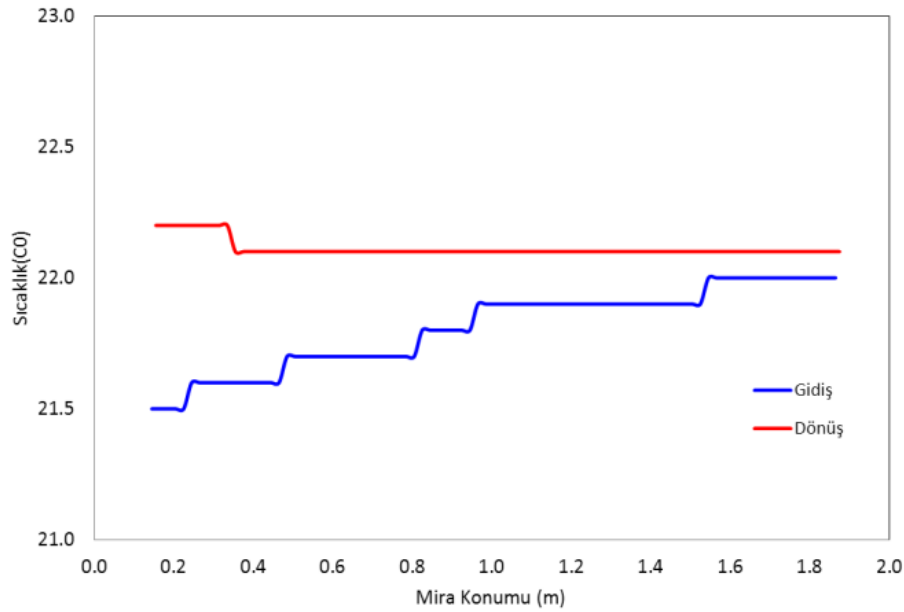


Nivo-Mira Sistem Kalibrasyonu

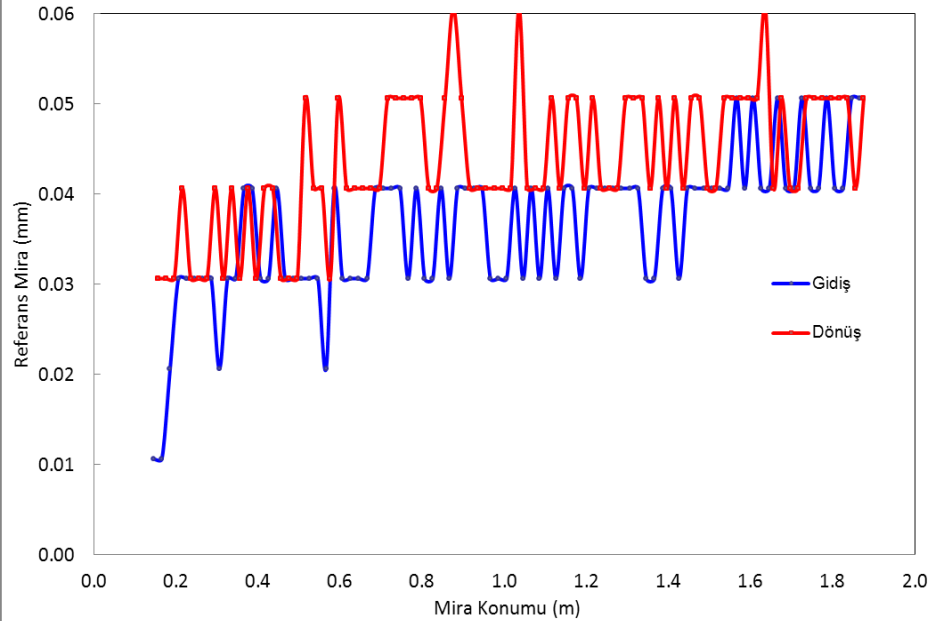


Nivo-Mira Sistem Kalibrasyonu

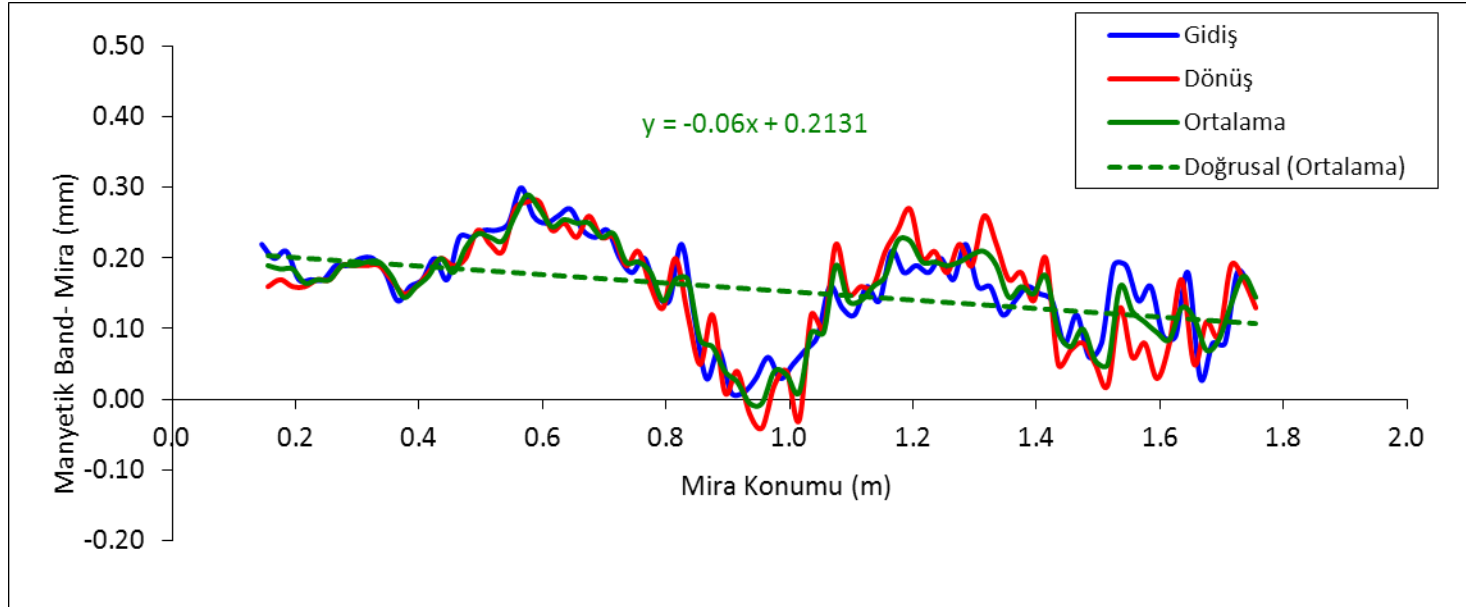
Sıcaklık



Referans Mira



Nivo-Mira Sistem Kalibrasyonu



Mira Ölçek Katsayısı

$$y = a + b \cdot x$$

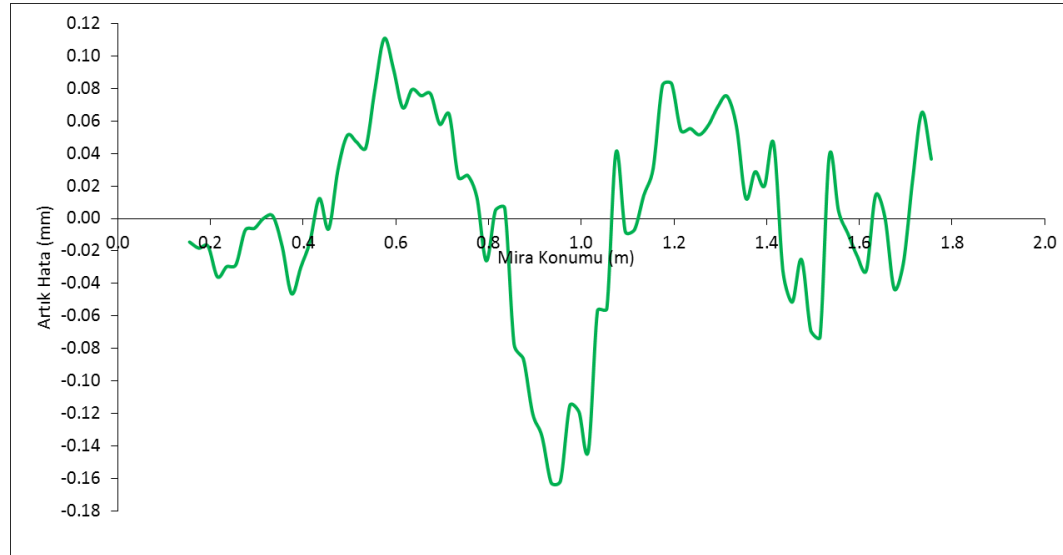
$$y = 0.2131 - 0.06 x$$

$$s_0 = 0.061\text{mm}$$

$$s_b = 0.015\text{mm}$$

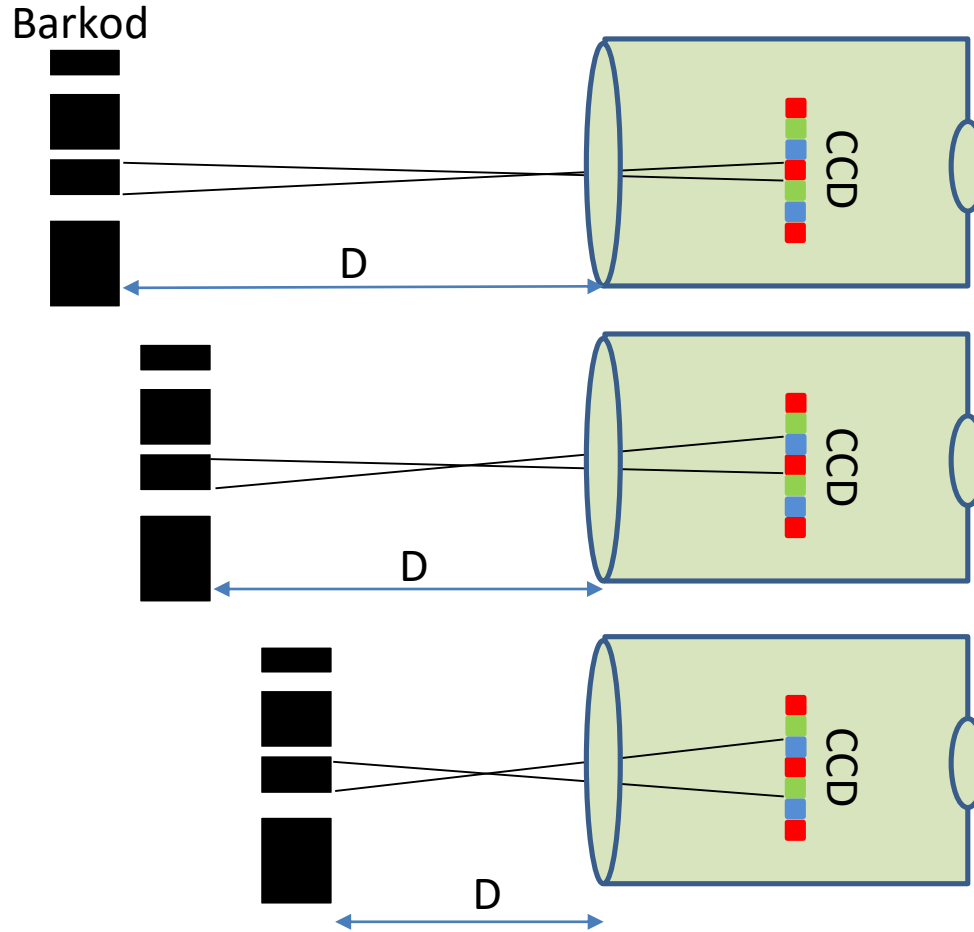
Kalibrasyon Fonksiyonu

$$H_{\text{Düz}} = H_{\text{Ölçü}} [1 + b + \alpha(t - t_0)]$$

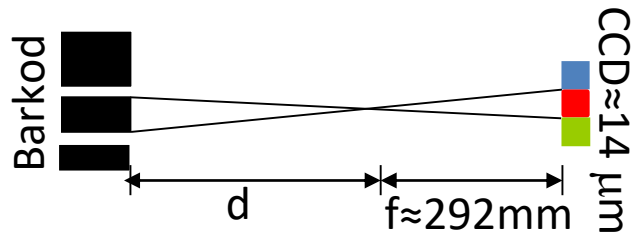


Sayısal Nivolarda Kritik Mesafe

Mira üzerindeki 1 kod elemanının sayısal nivo içinde bulunan CCD üzerine 1 piksel ve katları olarak iz düştüğü mesafedir.



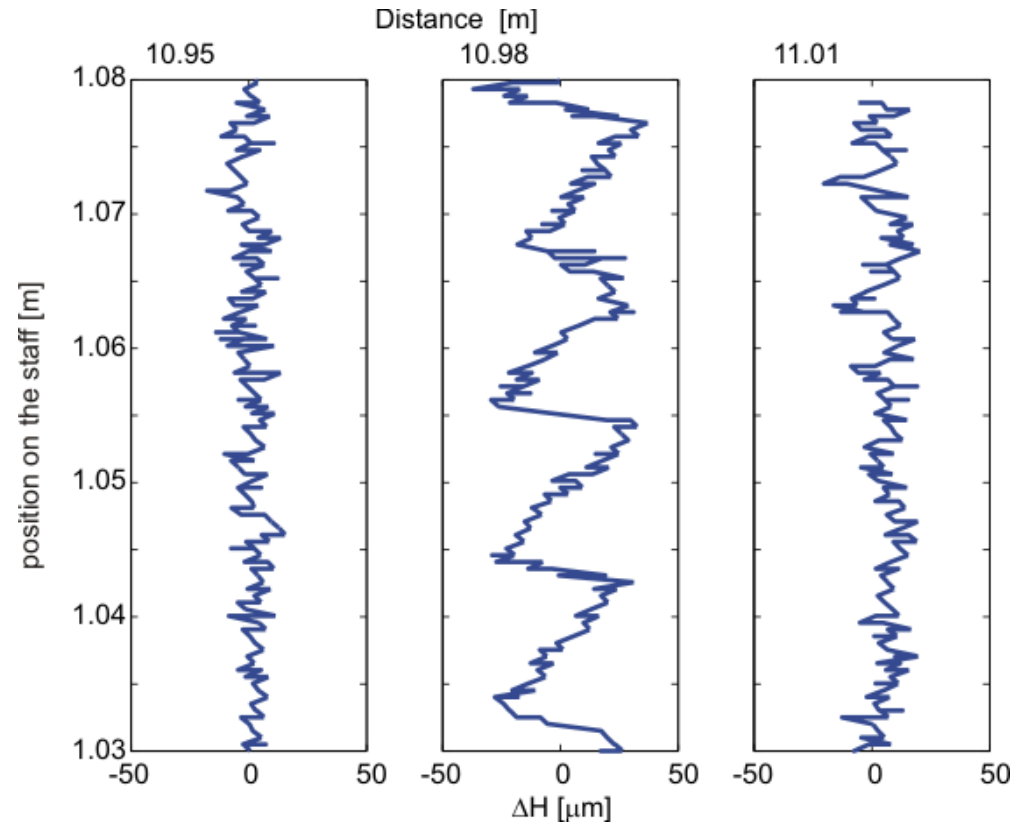
Sayısal Nivolarıda Kritik Mesafe



$$d = \frac{417.14 \text{ m}}{N}$$

Etki=0.05mm

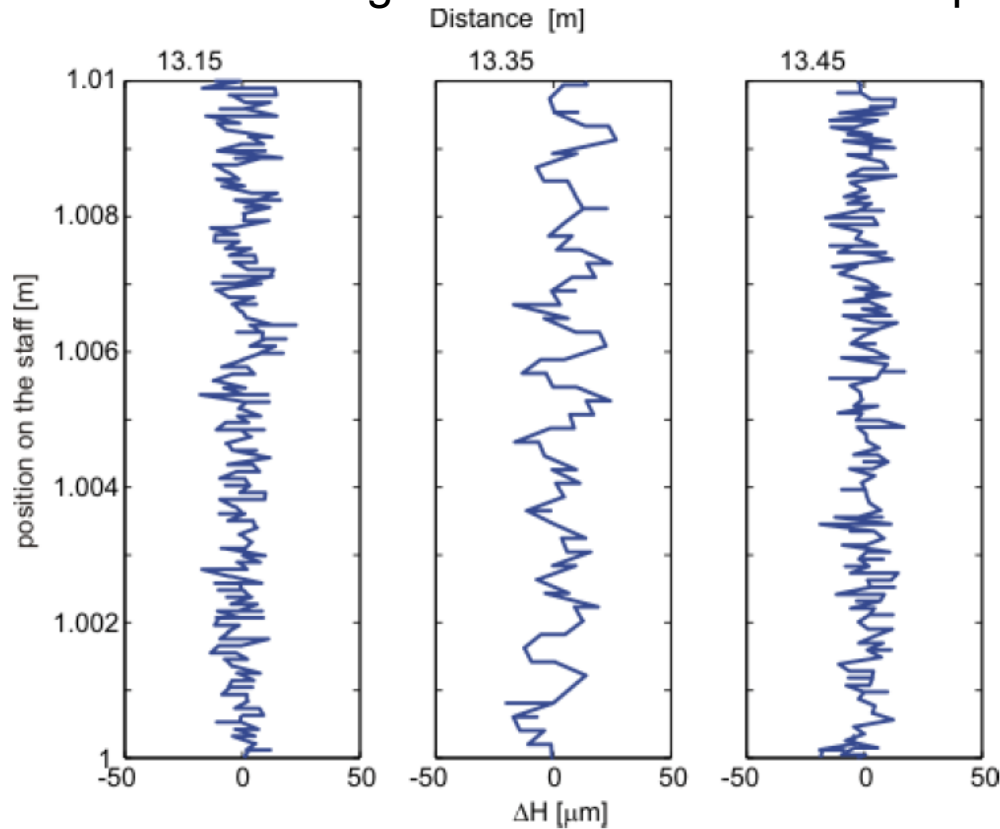
N=38 piksel



Sayısal Nivoları Kıtık Mesafe

Leica DNA03

1 barkod uzunluğu 2.025 mm 26.70m de 1 piksele iz düşmektedir.



S=26.70m

Etki=0.18mm

S=13.35m

Etki=0.05mm

Sayısal Nivolarıda Kritik Mesafe



S=8m-10m

S=13m



Etki=0.15mm

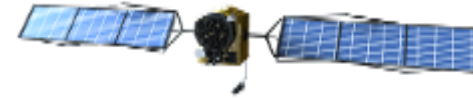
BÖLÜM 5

Global Navigation Satellite System
GNSS

GNSS



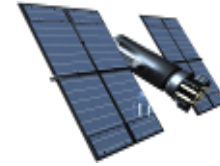
USA



- Fırlatma: 1978
- Uydu Sayısı: 24



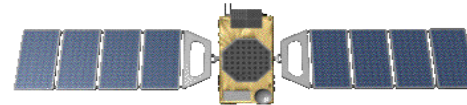
Rusya



- Fırlatma: 1982
- Güncel Uydu Sayısı: 14
- Planlanan Uydu Sayısı: 24

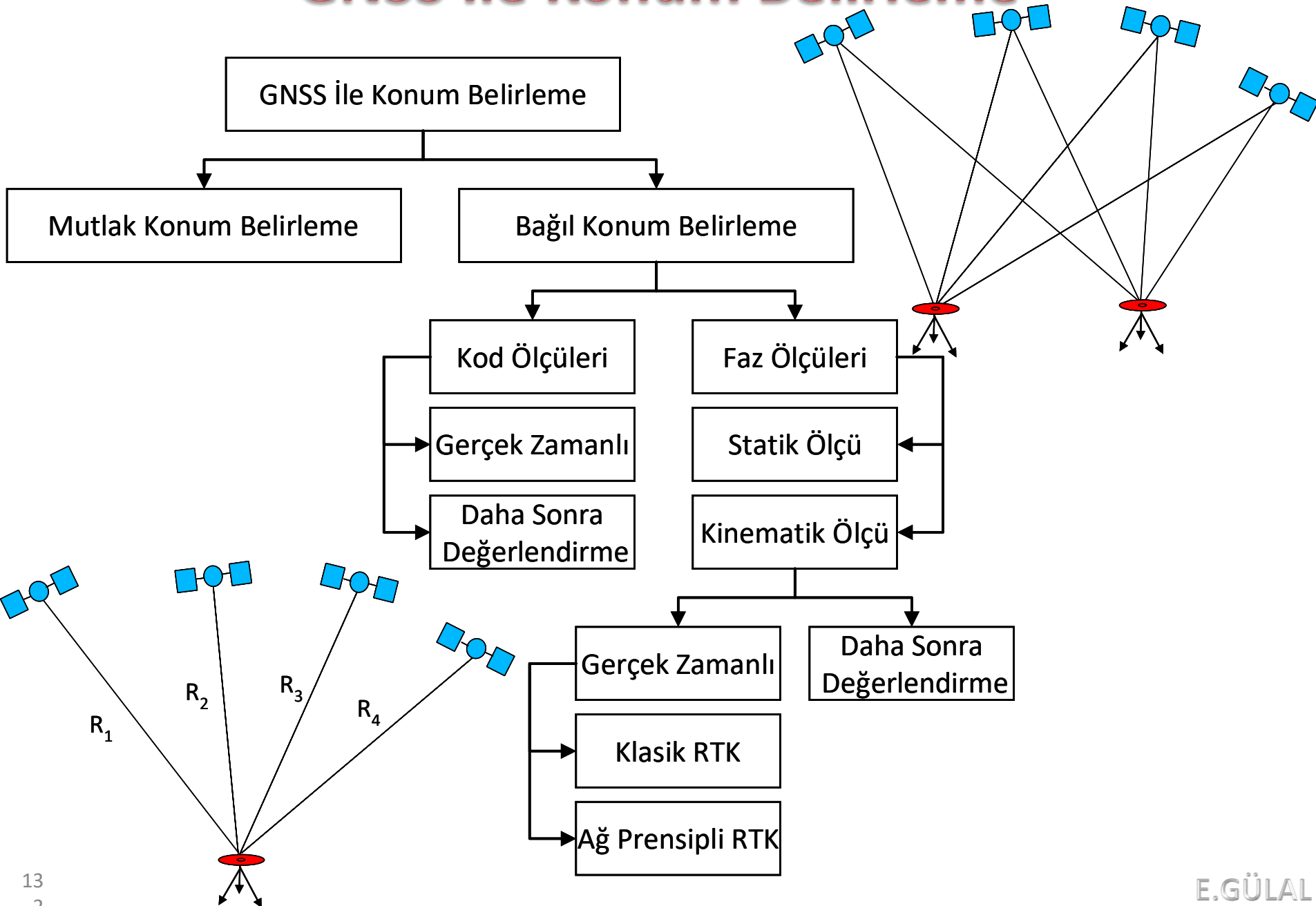


E.U.



- Planlanan Fırlatma: 2006
- Planlanan Uydu Sayısı: 30

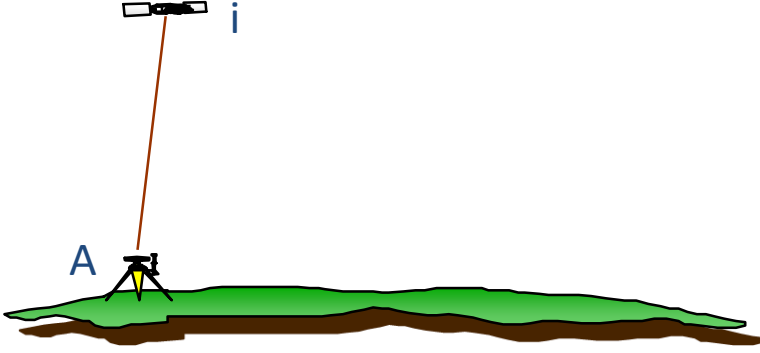
GNSS ile Konum Belirleme



GNSS ile Konum Belirleme



GNSS ile Konum Belirleme



GNSS alıcısı A ile, görünen bir uydu i arasındaki faz ölçüleri için gözlem eşitliği:

$$\Phi_{a,f}^i = R_a^i + c_0[\delta t_a + h_{a,f,\Phi} - \delta t^i - h_{f,\Phi}^i] - I_{a,f}^i + T_a^i + O_a^i + M_{a,f,\Phi}^i + A_{a,f,\Phi}^i + \lambda_f \cdot N_{a,f}^i + \varepsilon_{a,f,\Phi}^i$$

Saat Hataları

Mesafeye Bağımlı Hatalar

İstasyona Bağımlı Hatalar

$\Phi_{a,f}^i$	: Faz ölçüleri [m]
R_a^i	: i uydusu ile a istasyonu arasındaki mesafe [m]
c_0	: Işığın boşluktaki hızı [m/s]
δt_a	: Alıcı saat hatası [s]
h_a	: Alıcıdaki aletsel sinyal gecikmesi [s]
δt^i	: Uydu saat hatası [s]
h^i	: Uydudaki aletsel sinyal gecikmesi [s]

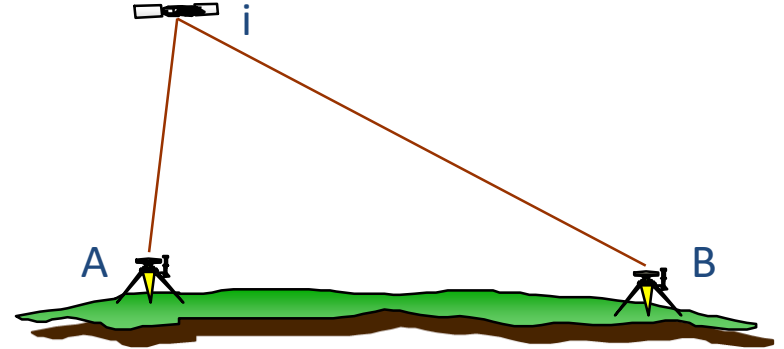
I_a^i	: İyonosferik kırılma nedeniyle zaman gecikmesi [s]
T_a^i	: Troposferik kırılma nedeniyle zaman gecikmesi [s]
O_a^i	: Uydu yörünge hatası [m]
M_a^i	: Çoklu yansıma hatası [m]
A_a^i	: Anten faz merkezinin dış merkezliği [m]
λ_f	: Dalga boyu [m]
N_a^i	: Tam sayı bilinmeyen
ε_a^i	: Tesadüfî ölçü hataları [m]

GNSS ile Konum Belirleme

Tekli Farklar

$$\Delta\Phi_{ab,f}^i = \Delta R_{ab}^i + c_0[\Delta\delta t_{ab} + \Delta h_{ab,f,\Phi}] + \Delta M_{ab,f,\Phi}^i + \lambda_f \cdot \Delta N_{ab,f}^i + \varepsilon_{ab,f,\Delta\Phi}^i$$

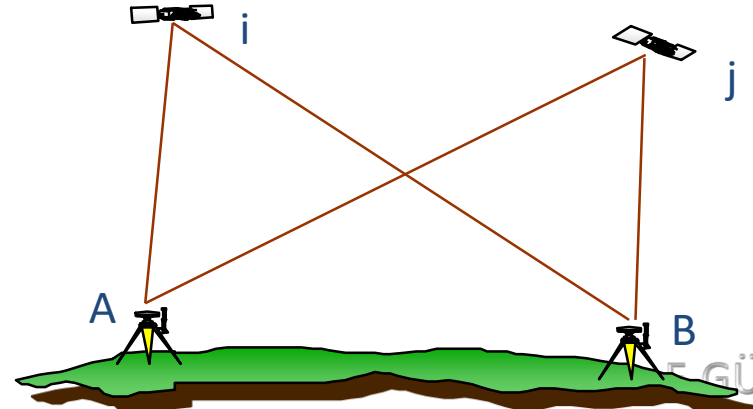
- Uydu saat hataları,
- İyonosferik gecikme,
- Troposferik gecikme,
- Uydu yörünge hataları,
- Anten faz merkezi hatası (aynı tür anten) !!!



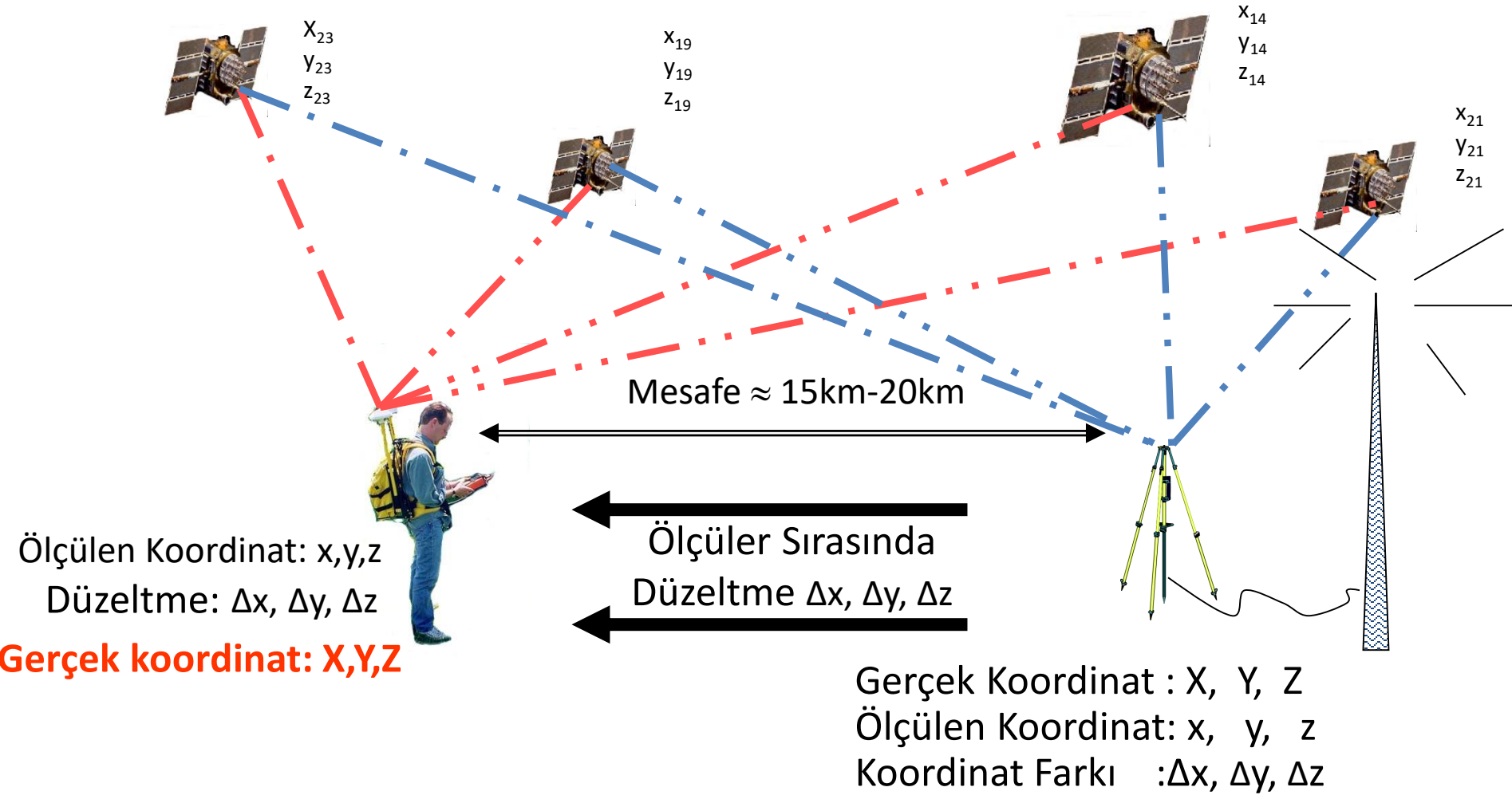
Çiftli Farklar

$$\nabla\Delta\Phi_{ab,f}^{ij} = \nabla\Delta R_{ab}^{ij} + \nabla\Delta M_{ab,f,\Phi}^{ij} + \lambda_f \cdot \nabla\Delta N_{ab,f}^{ij} + \varepsilon_{ab,f,\nabla\Delta\Phi}^{ij}$$

- Alıcı saat hataları,



Klasik RTK (Tek Bazlı) Yöntemi



YLDZ Referans İstasyonu

AERAT1675_120 SPKE



Ashtech Proflex 800



<http://www.ggntr.com/>

YLDZ Referans İstasyonu



Sabit (sürekli) GPS istasyonları ve kullanılması

Madde 43 – Herhangi bir amaç için tesis edilmiş sabit (sürekli) GPS istasyonlarından elde edilen veriler, aşağıda belirtilen minimum koşulları sağlaması durumunda bu Yönetmelik kapsamında kullanılabilir.

a)

b)

.

.

g) İstasyonun bu Yönetmelik kapsamında kullanılabileceği ile ilgili standartları (istasyonun koordinatının kategorisi, hız vektörleri, ürettiği verinin standardı, doğruluğu ve güvenilirliği) gösteren onay belgesi iki yılda bir Harita Genel Komutanlığından alınmalıdır.



405080313

TASNİF DIŞI

TASNİF DIŞI

T.C.
MİLLÎ SAVUNMA BAKANLIĞI
HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI
ANKARA

JEO. : 35415333-3600- 4727 -14/ (251986)

05 Mayıs 2014

KONU : Sabit GNSS İstasyonları.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE

İLGİ : (a) Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği.

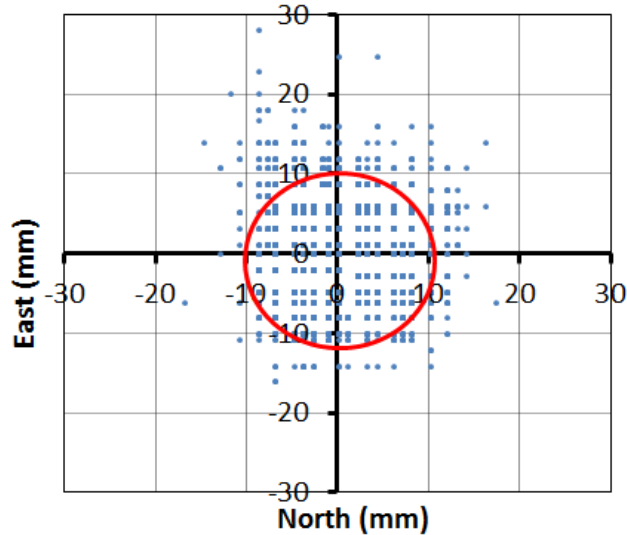
(b) Yıldız Teknik Üniversitesi'nin 12 Aralık 2013 tarihli, Sayı:24979190/903.99/3037 sayılı ve "Doç.Dr.Engin GÜLAL" konulu yazısı.

1. Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü tarafından kurulan sabit GNSS istasyonunun ilgi (a) Yönetmelik kapsamında kullanılabilmesi maksadıyla, standartların sağlandığını gösteren onay ilgi (b) ile talep edilmiştir.

2. Söz konusu istasyonun ilgi (a) ~~Yönetmeliğin 43'üncü maddesi gereğince kullanılabileceği~~ değerlendirilmektedir. Bu kapsamda hazırlanan Teknik Rapor EK-A'da sunulmuştur.

Arz ederim.

Metin KEŞAP
Tuğgeneral
Harita Genel Komutanı Vekili



YLDZ Referans İstasyonu

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

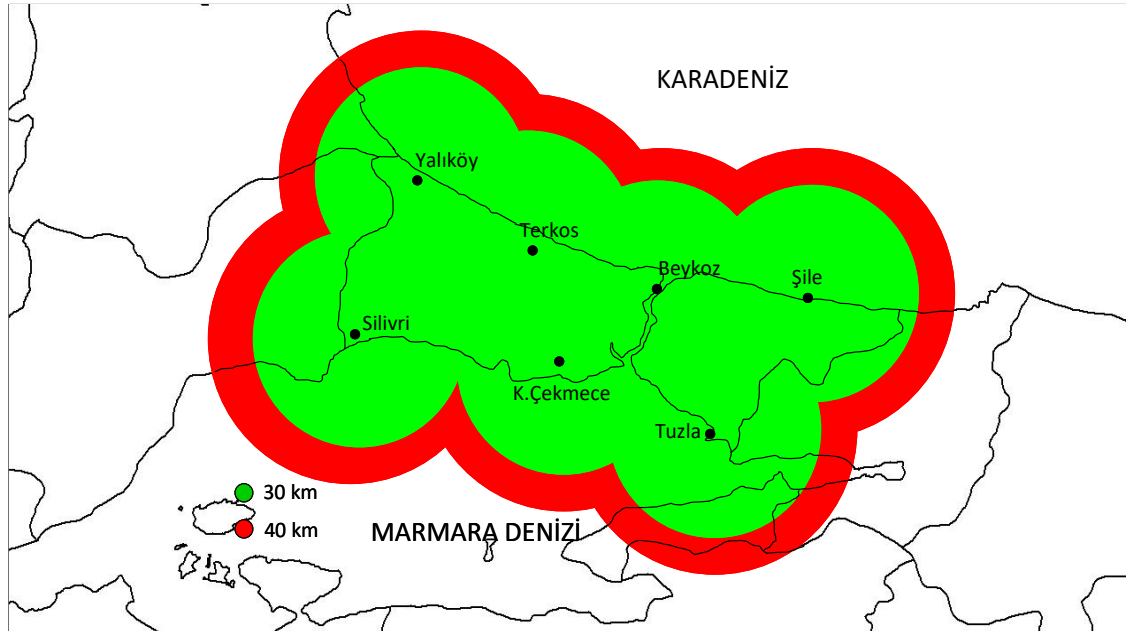
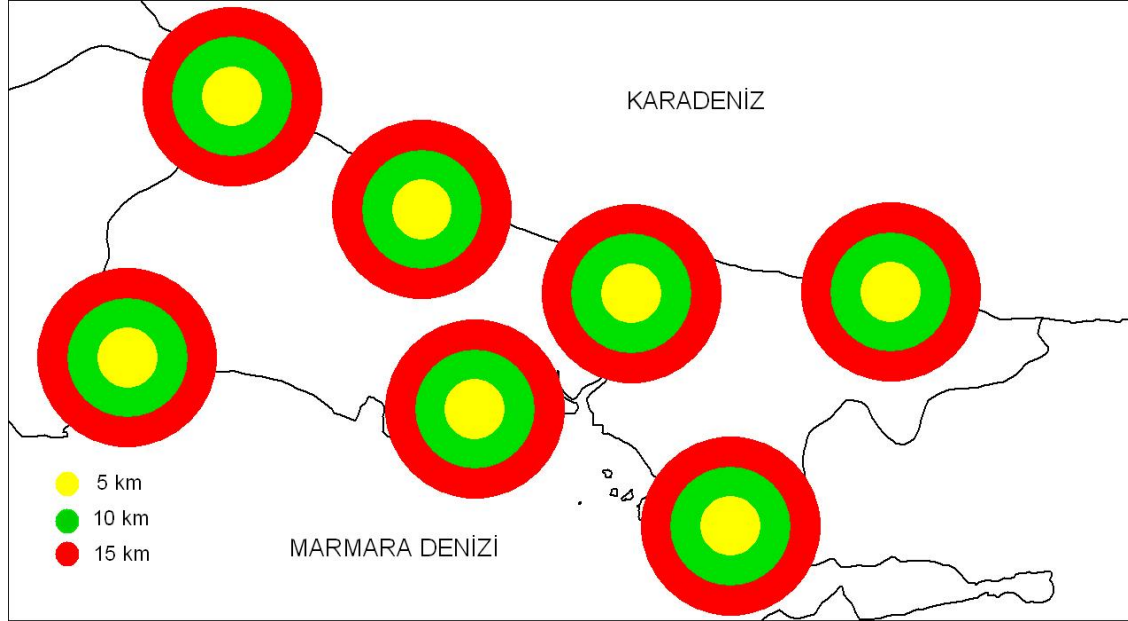
YLDZ



EUREF
Permanent
Network

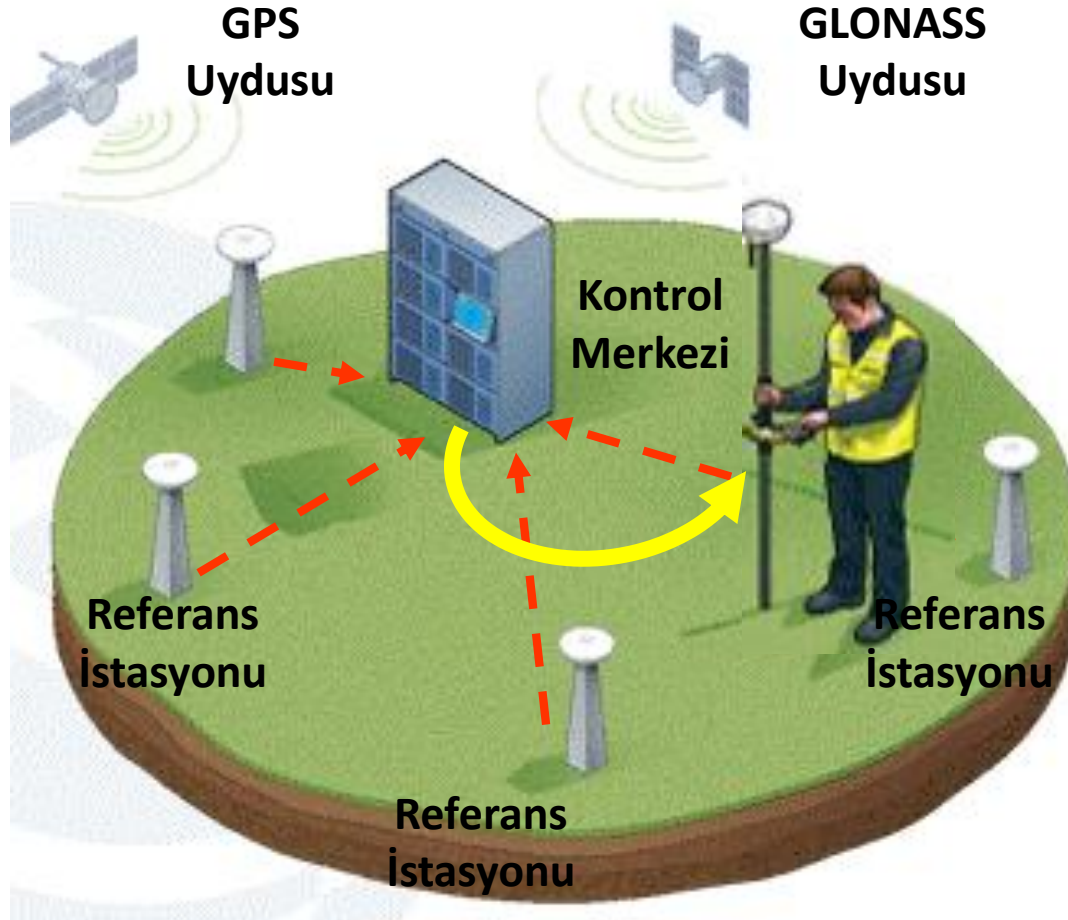


Ağ RTK Yöntemi

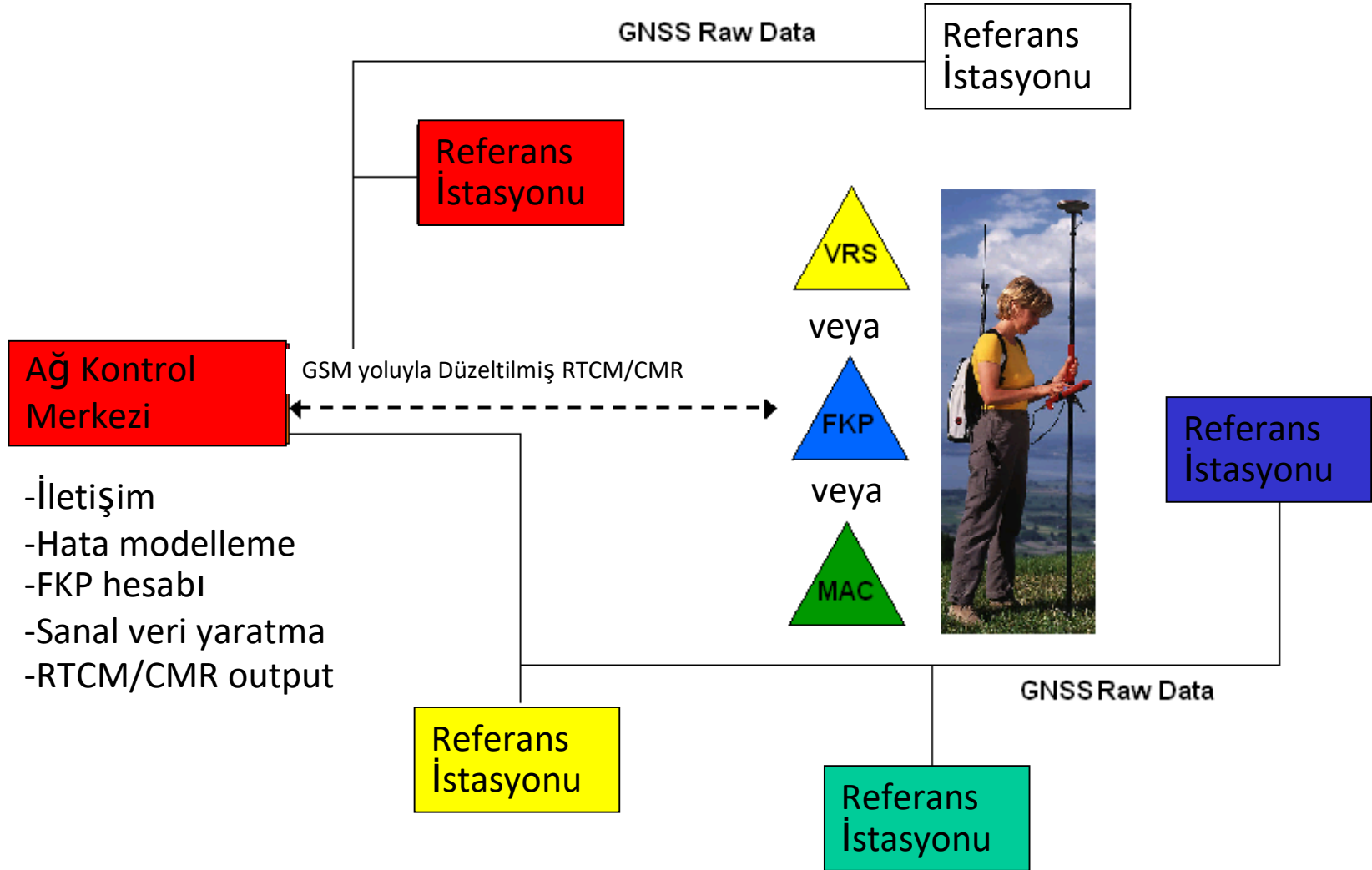


Ağ RTK Yöntemi

Continuously Operating Reference Stations (CORS)

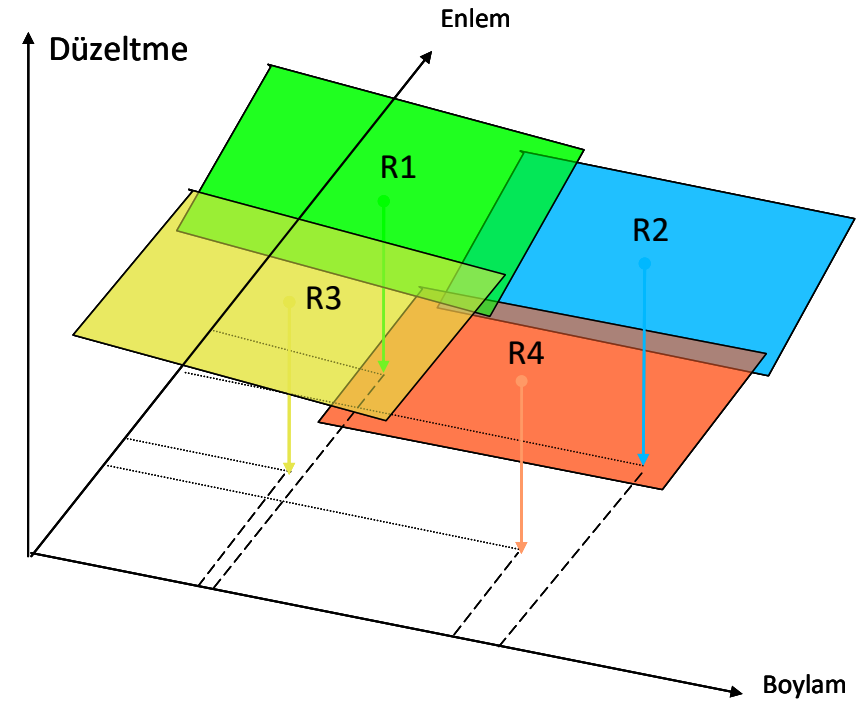
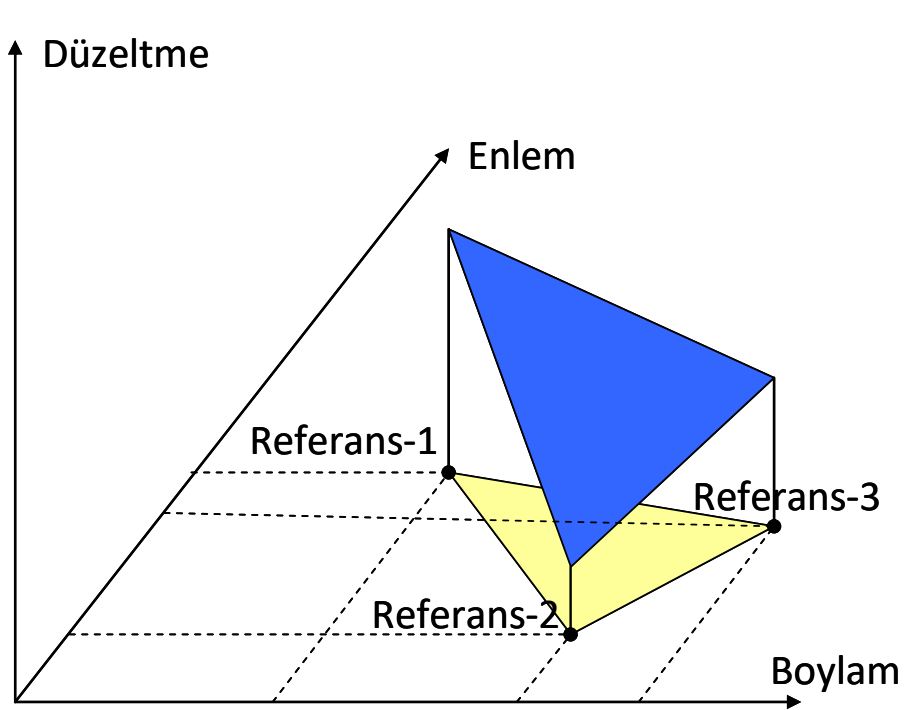


Ağ RTK Yöntemi



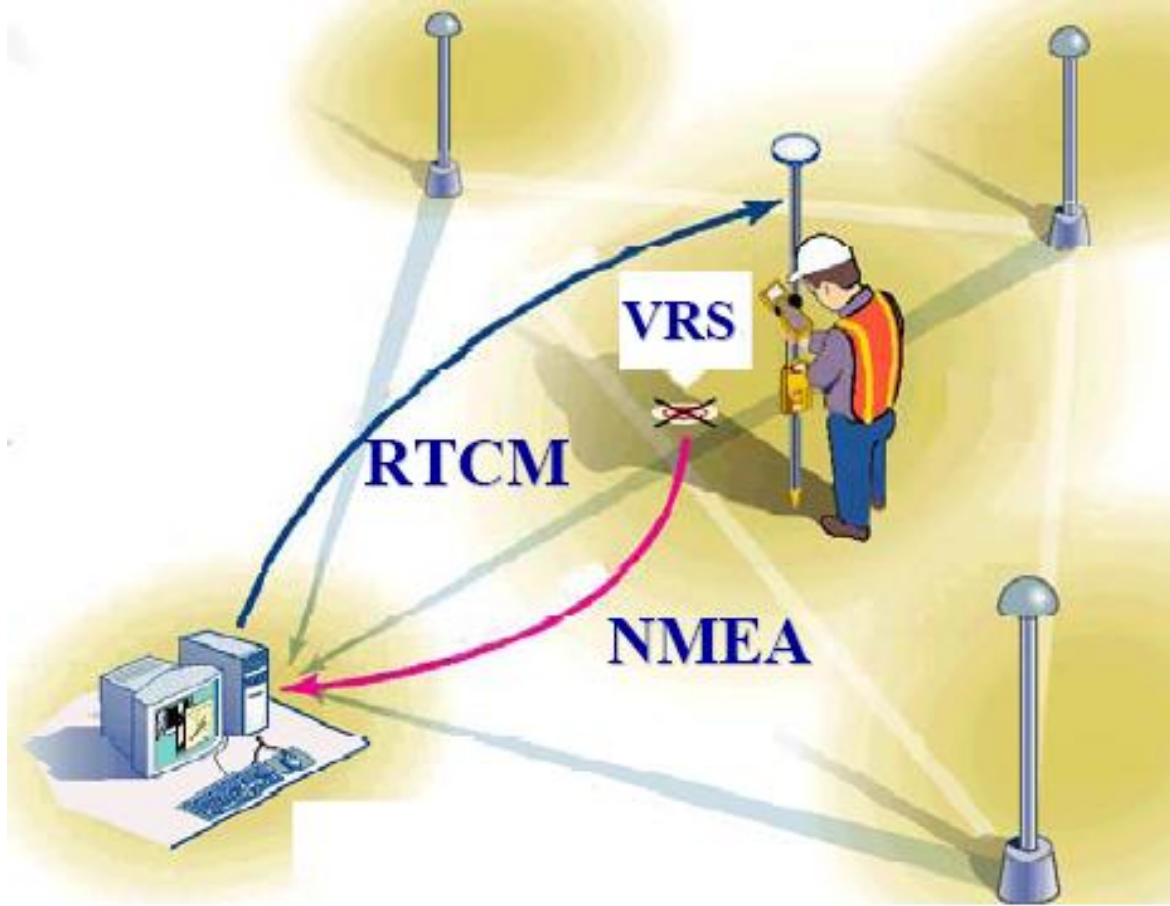
Ağ RTK Yöntemi

ALAN DÜZELTME PARAMETRELERİ YÖNTEMİ (FKP)



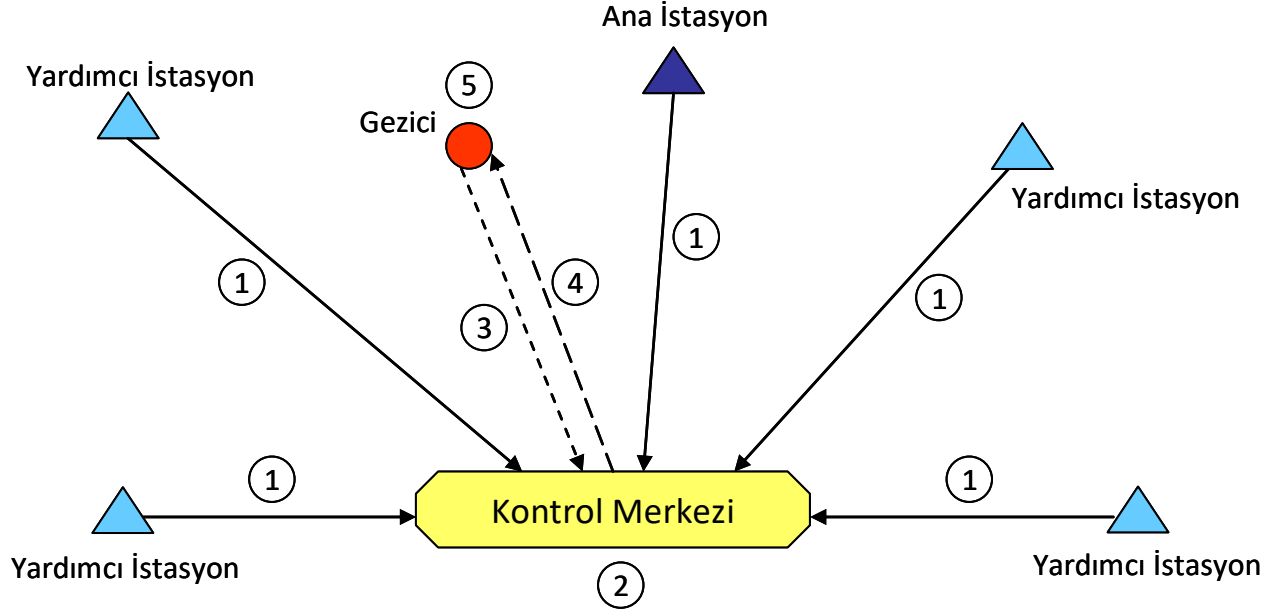
Ağ RTK Yöntemi

SANAL REFERANS İSTASYONU (VRS)



Ağ RTK Yöntemi

ANA-YARDIMCI REFERANS İSTASYONLARI YÖNTEMİ (MAC)



1- Ana ve yardımcı referans istasyonların topladığı gözlemler kontrol merkezine iletilir.

2- Kontrol merkezinde referans istasyonları için tamsayı belirsizliği çözülür.

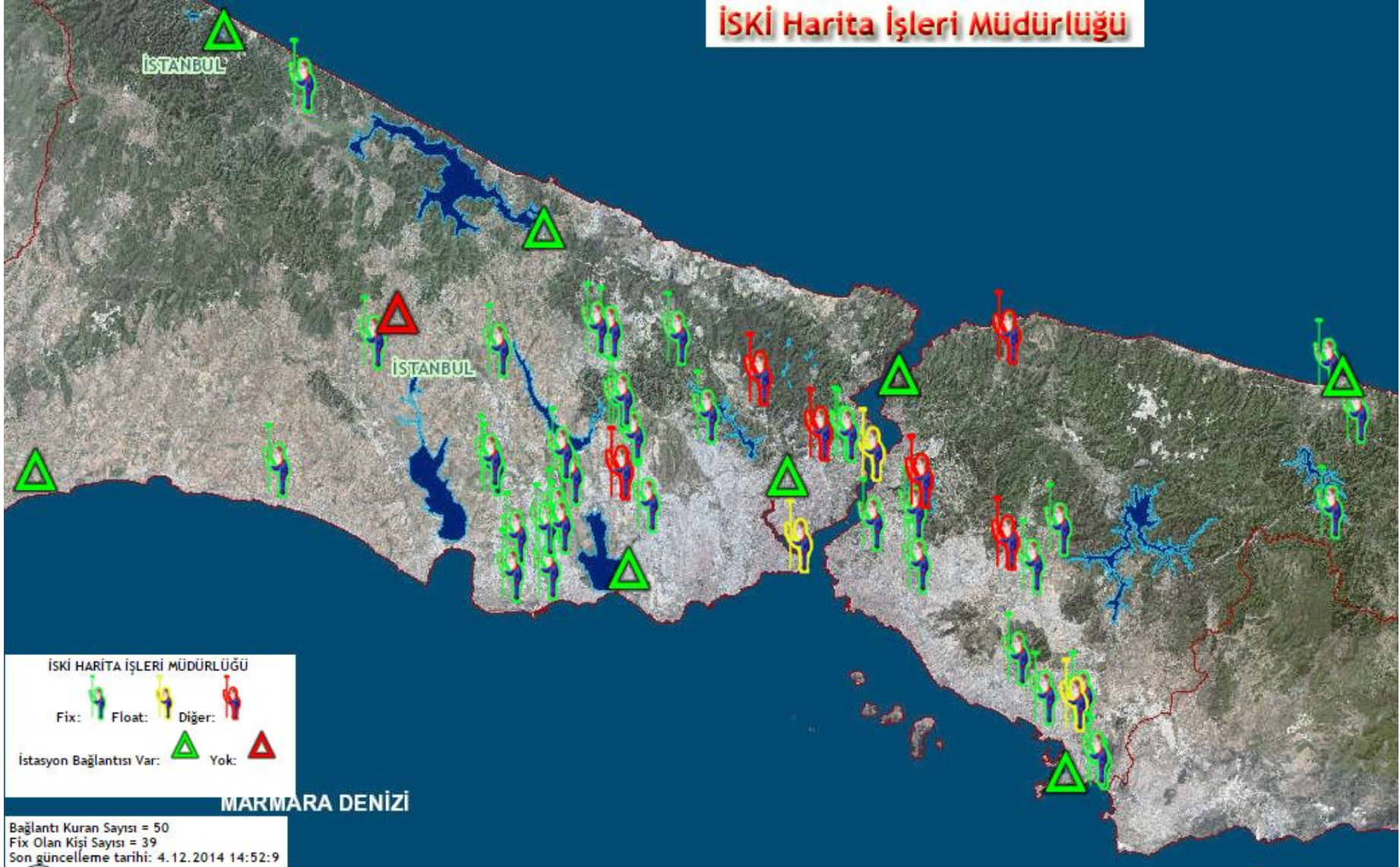
3- Gezici alıcı NMEA formatında konumunu kontrol merkezine bildirir.

4- Tüm bilgiler RTCM 3.1 formatında geziciye gönderilir.

5- Gezici kendi konumunu belirler.

İSKİ UKBS

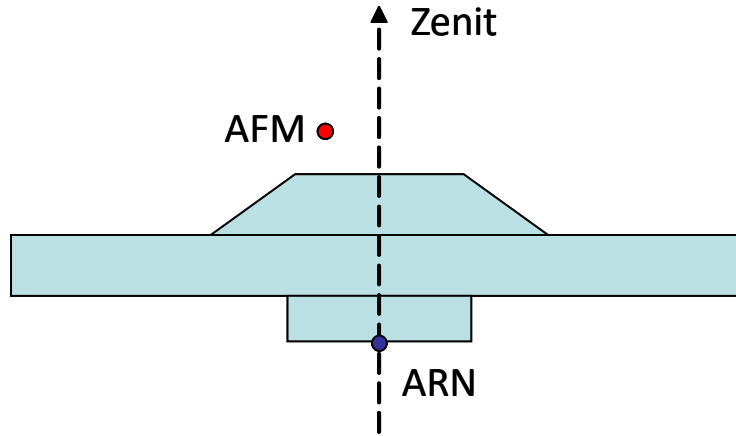
İSKİ Harita İşleri Müdürlüğü



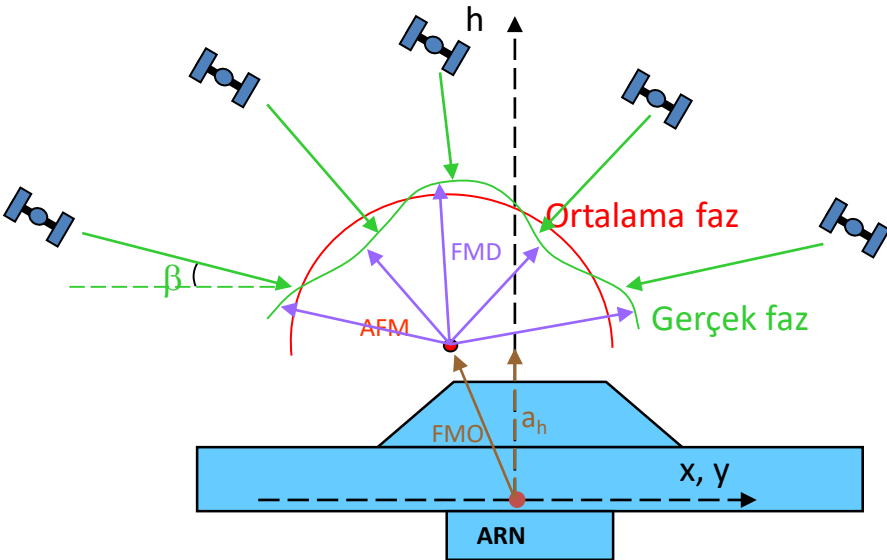
TUSAGA-AKTİF (CORS-TR)



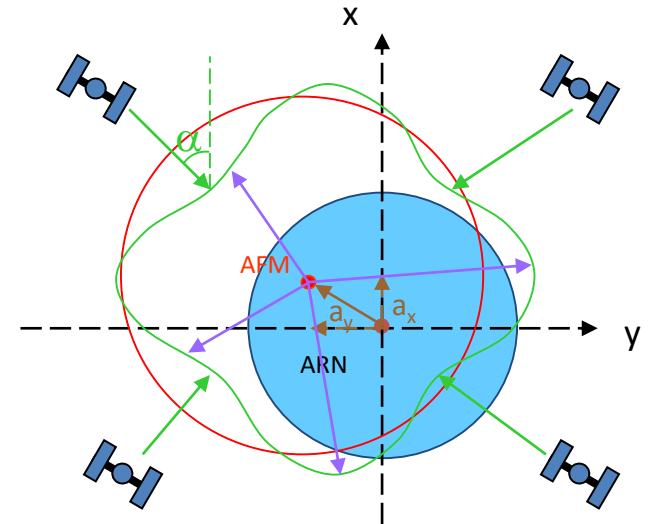
GNSS Anten Kalibrasyonu



Yükseklik Açısına Bağlı Değişim



Azimuta Bağlı Değişim



GNSS Anten Kalibrasyonu

Anten Kalibrasyon Yöntemleri

Bağıl Kalibrasyon

Arazide Baz Kalibrasyonu



NGS

Allen Osborne Associates

AOAD/M_T

Mutlak Kalibrasyon

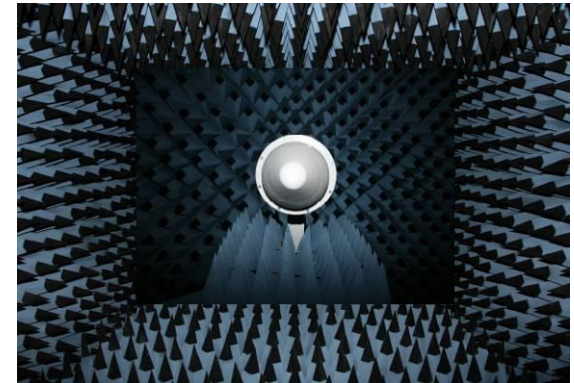
Robot Kalibrasyonu



Geo⁺⁺

Hannover Üniversitesi

Ekosuz Odada

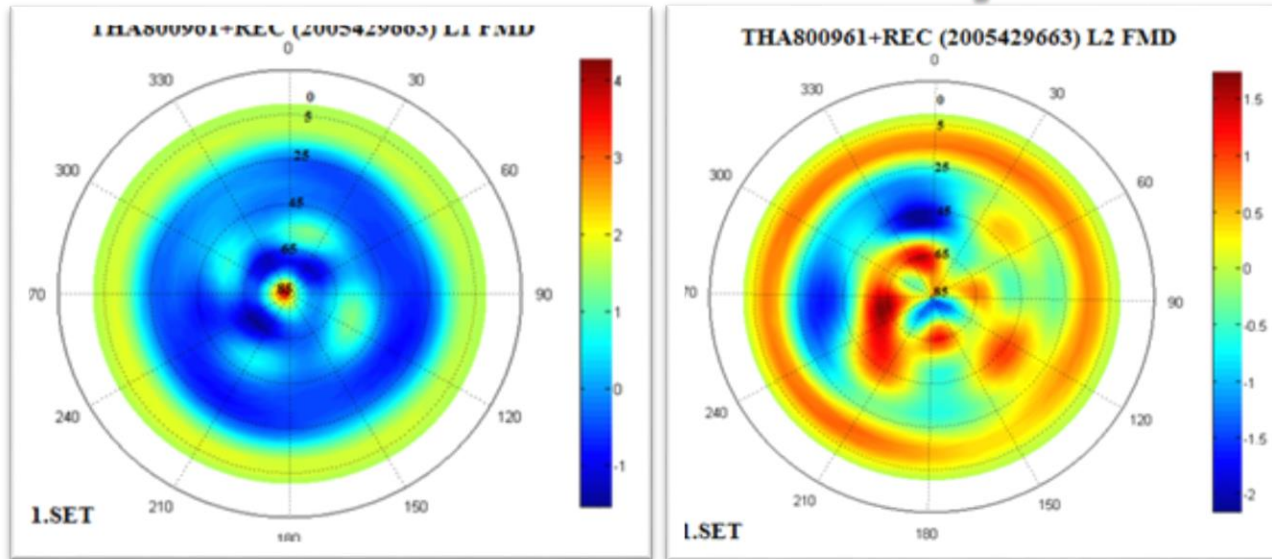


Bonn Üniversitesi
Münih Üniversitesi

GNSS Anten Kalibrasyonu



GNSS Anten Kalibrasyonu



LEIAT504 SCIS L1/L2 Dorne Margolin antenna with choker IGS (6) 11/03/25

-0.2	-0.3	85.6							
0.0	-0.4	-1.7	-3.5	-5.6	-7.5	-9.1	-10.3	-11.0	-11.1
-10.5	-9.3	-7.5	-5.1	-2.4	0.8	4.9	10.2	17.0	
-0.2	0.1	115.3							
0.0	-0.2	-0.8	-1.6	-2.5	-3.4	-4.2	-5.0	-5.7	-6.1
-6.2	-5.7	-4.7	-3.1	-1.2	0.9	3.4	6.5	10.8	

New antenna

General | Additional corrections

Name: Horizontal offset: m

IGS name: Vertical offset: m

Serial number:

Setup id: ☐ L1 only

Phase center offsets

	L1	L2
Vertical:	m	m
North:	m	m
East:	m	m

Corrections:

Tamam iptal