



ÖLÇME BİLGİSİ 2 (HRT 2331)

DERSİ VEREN ÖĞRETİM ÜYELERİ

DERS KOORDİNATÖRÜ – DOÇ. DR. ERCENK ATA (GN: 1)

DOÇ. DR. R. GÜRSEL HOŞBAŞ (GN: 2)

ÖĞR. GÖR. DR. MEHMET EREN (GN: 3)

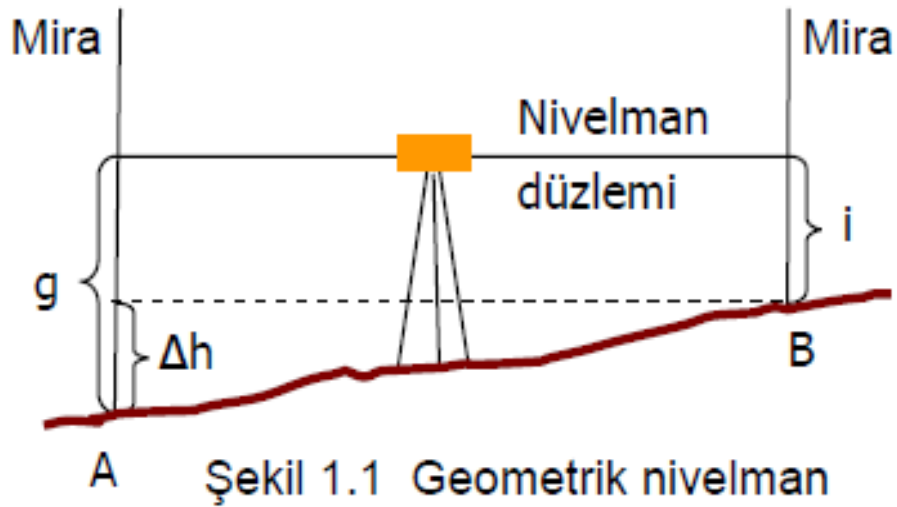
NİVELMAN GEÇKİLERİNİN ÖLÇÜLMESİ-HESAPLANMASI

4. BÖLÜM

Nivelman

Noktalar arasındaki yükseklik farklarının ölçülmesi işi **Nivelman** olarak adlandırılır.

GEOMETRİK NİVELMAN

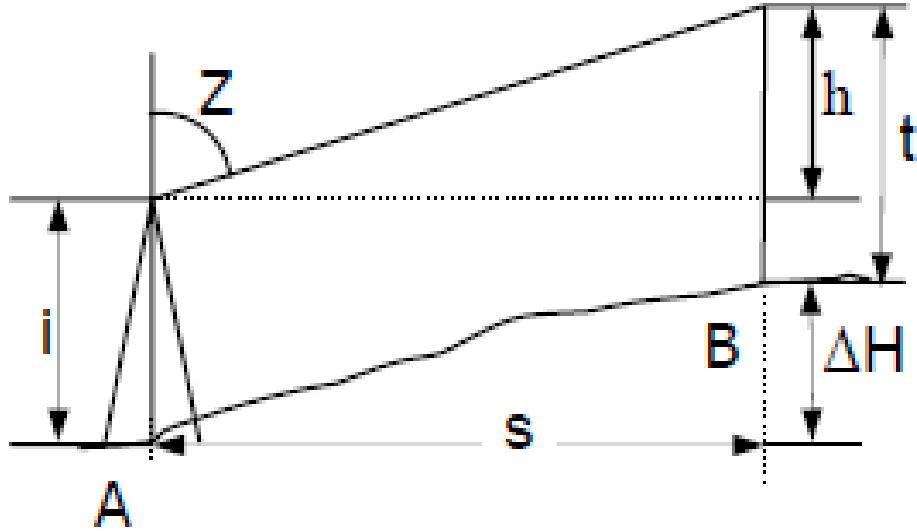


Şekil 1.1 Geometrik nivelman

$$\Delta h = H_B - H_A = \text{geri-ileri} = g - i$$
$$\Delta h = g - i$$



TRİGONOMETRİK NİVELMAN

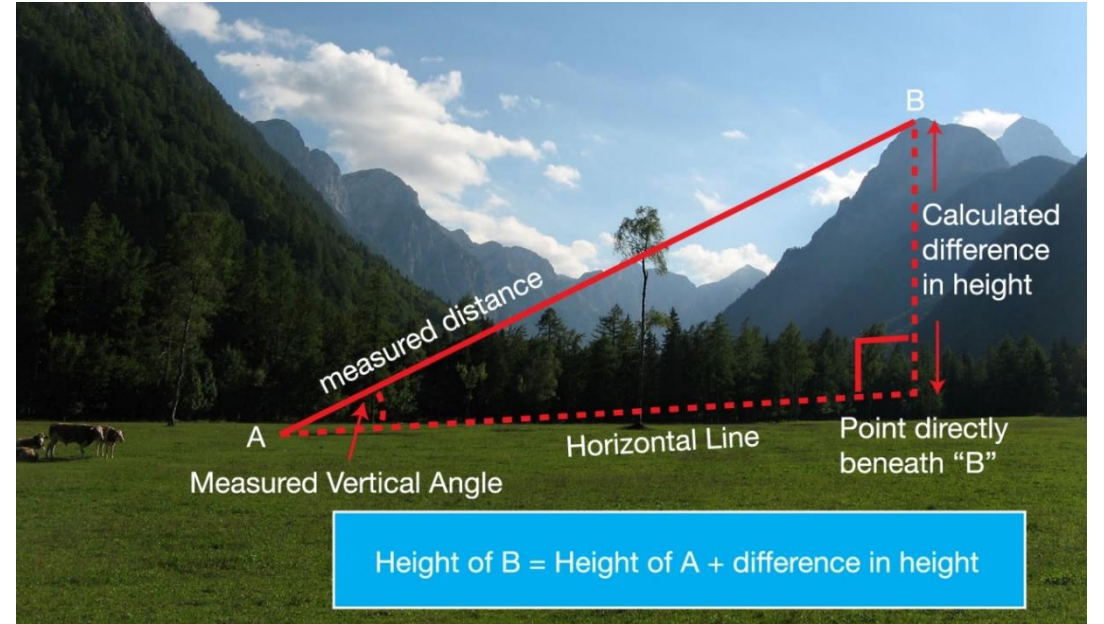


- İki nokta arasındaki uzunluk ve düşey açı ölçümleri
- 1 km de 1 cm – 10 cm
- Geometrik nivelmanın uygulanamadığı dağlık bölgelerde
- Doğruluğun yeterli olduğu mühendislik projelerinde

$$H_B = H_A + i + h - t$$

$$h = S \cdot \cot Z$$

$$H_B = H_A + i + S \cdot \cot Z - t$$



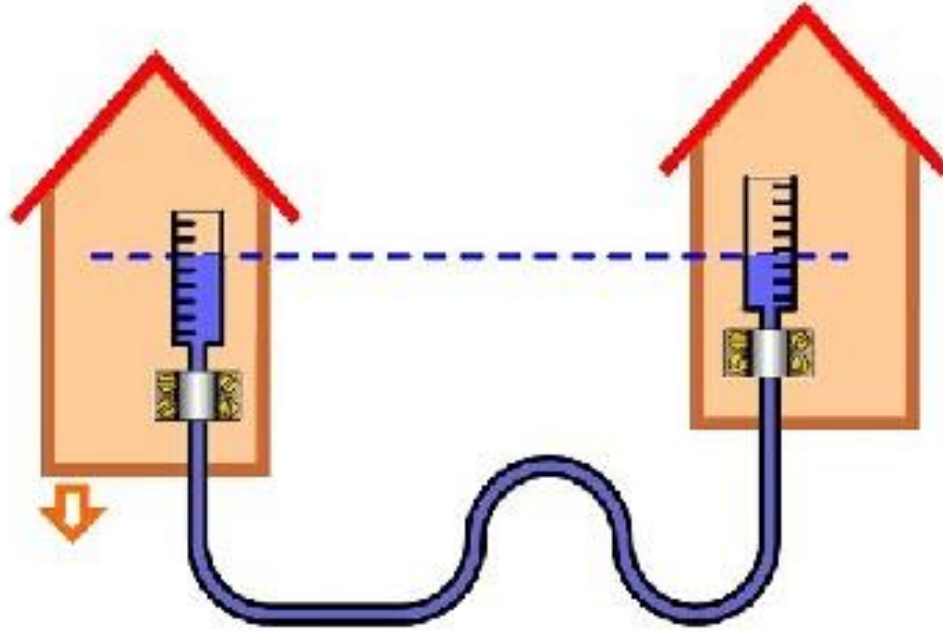
BAROMETRİK NİVELMAN



- Doğruluk 1 m – 2 m
- İstikşaf amaçlı kullanılabilir.

- Hava basıncı deniz seviyesinden yukarılara doğru çikıldıkça düşmektedir.
- Hava basıncı ölçülerek barometrik yükseklik elde edilebilir.

HİDROSTATİK NİVELMAN



Fizikteki **birleşik kaplar** ilkesinden yararlanılarak geliştirilen hortumlu su düzenci denilen aletlerle, noktalar arasındaki yükseklik farkları belirlenebilir.

- Noktalar arasındaki yükseklik farkı 0.01mm doğruluk ile belirlenebilir.
- Yüksek doğruluk gerektiren makine uygulamalarında
- Kapalı bölgelerde düşey deformasyonların belirlenmesinde

4.1. Nivolar

Nivolar



Antika Nivolar



Kompansatörlü Nivolar



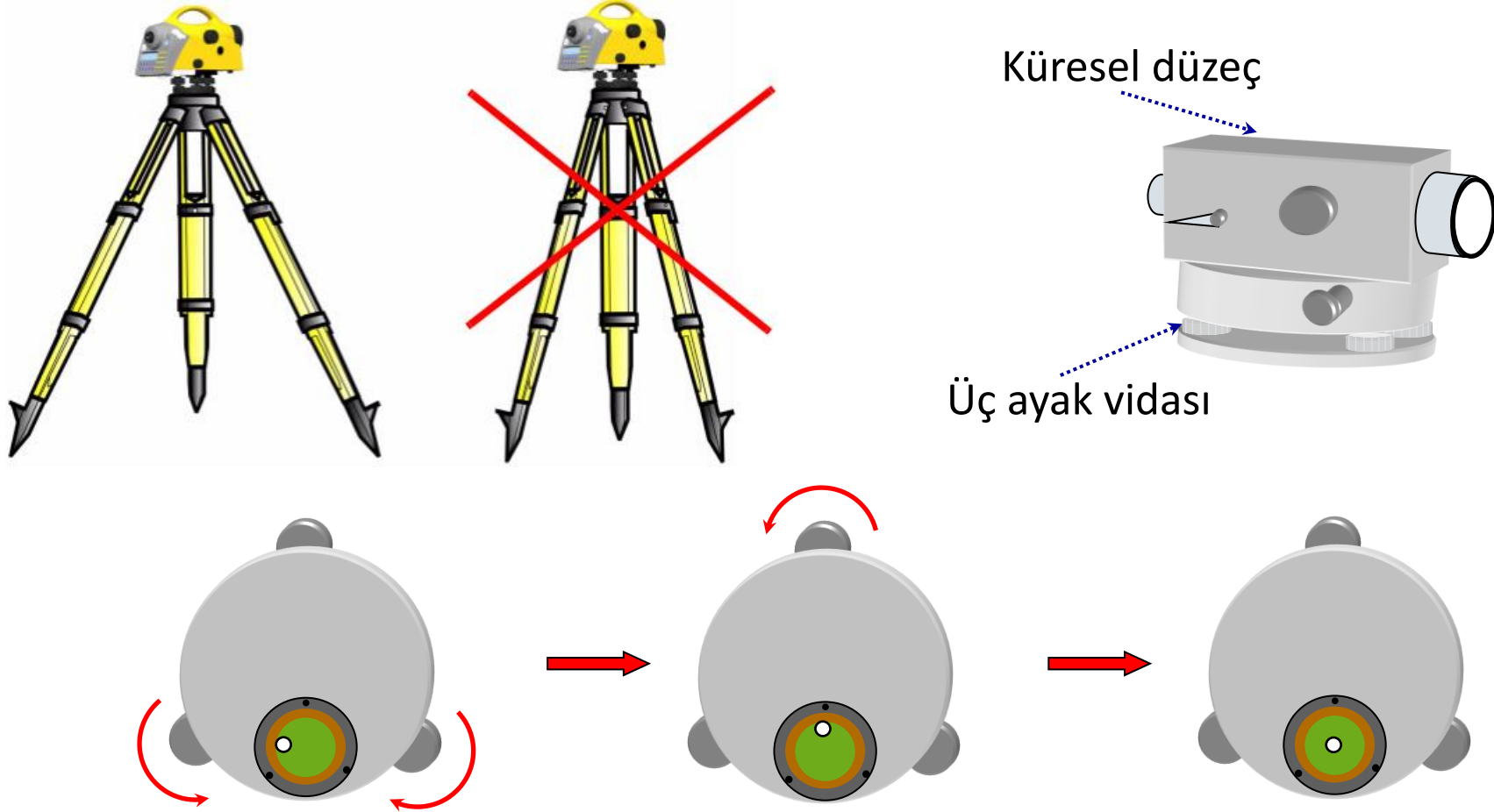
Sayısal Nivolar



Lazerli Nivolar

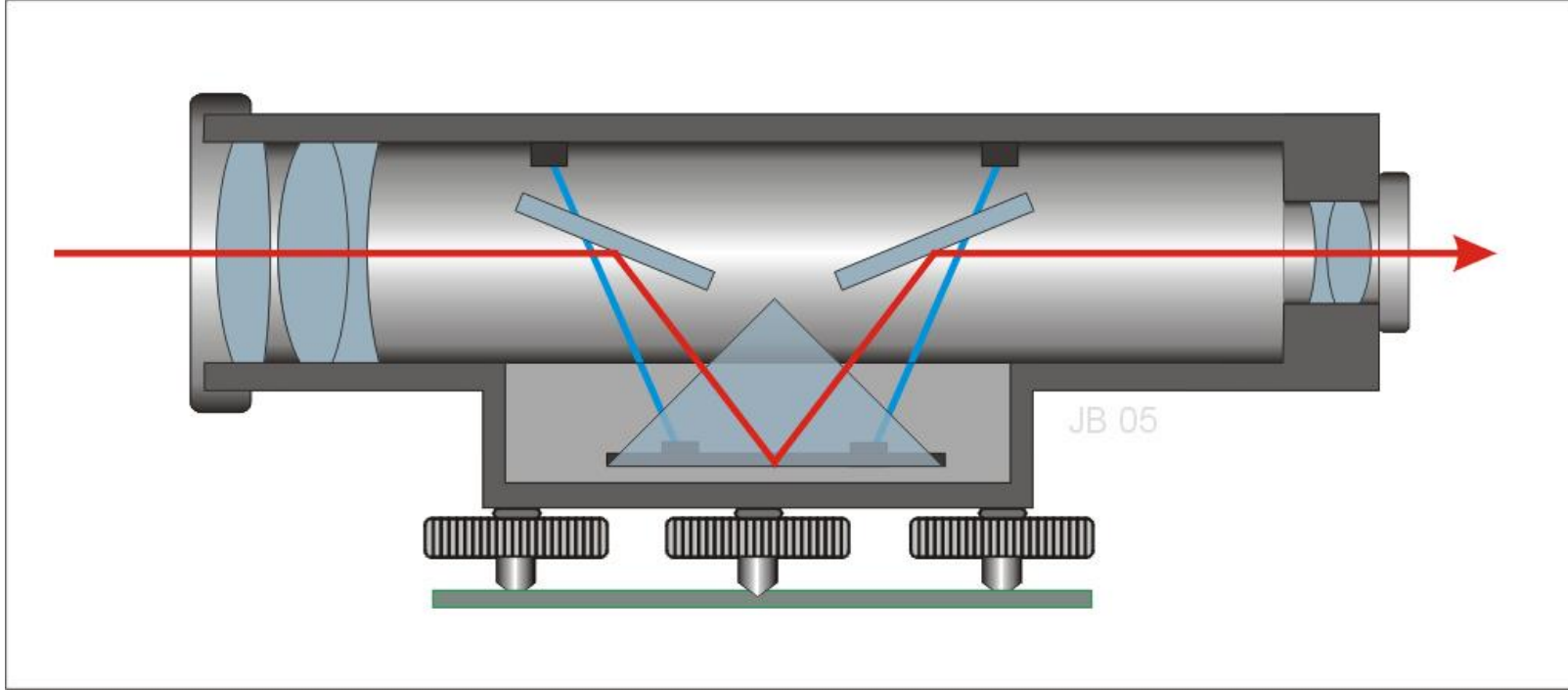
Kompansatörlü Nivolar

Düzeçleme



Kompansatör Nivolar

Kompansatör

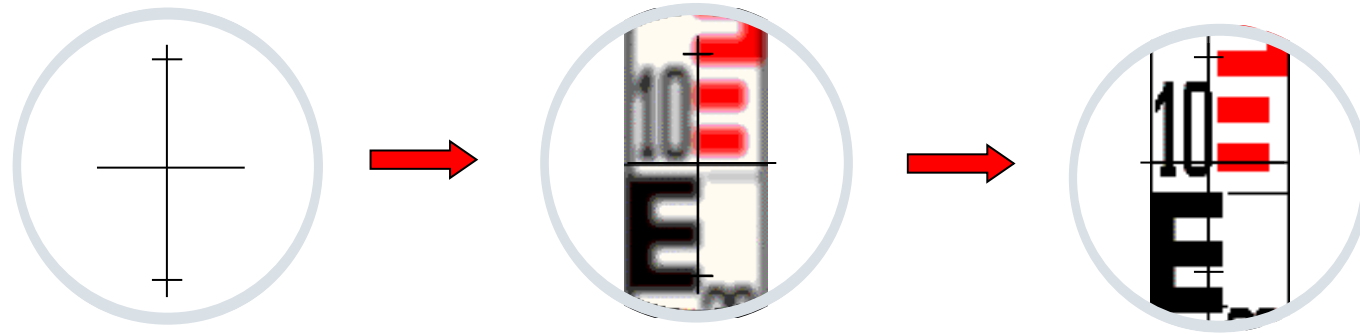
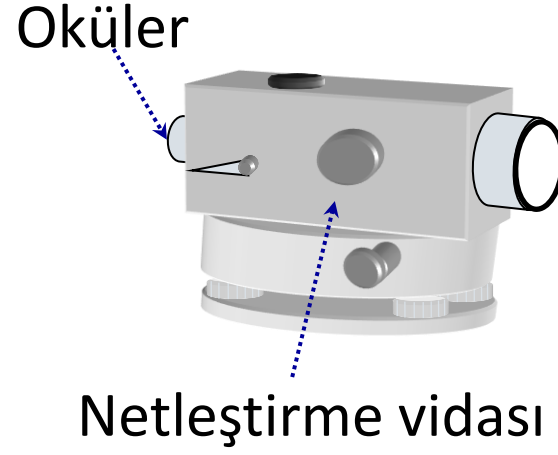


Kompansatör çalışma aralığı: $\pm 15'$

Kompansatör kesinliđi: 0.5''

Kompansatör Nivolar

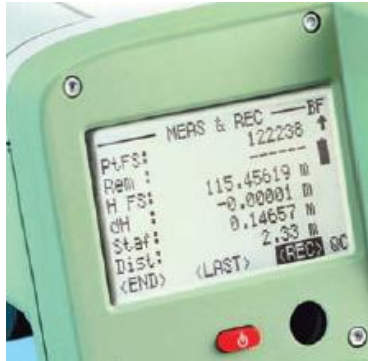
Netleştirme



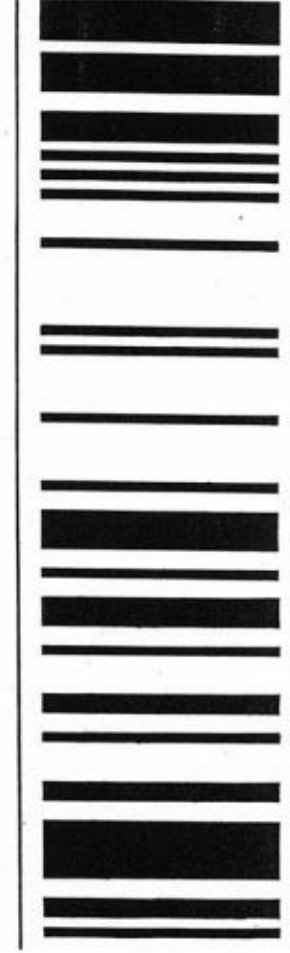
Sayısal Nivolar



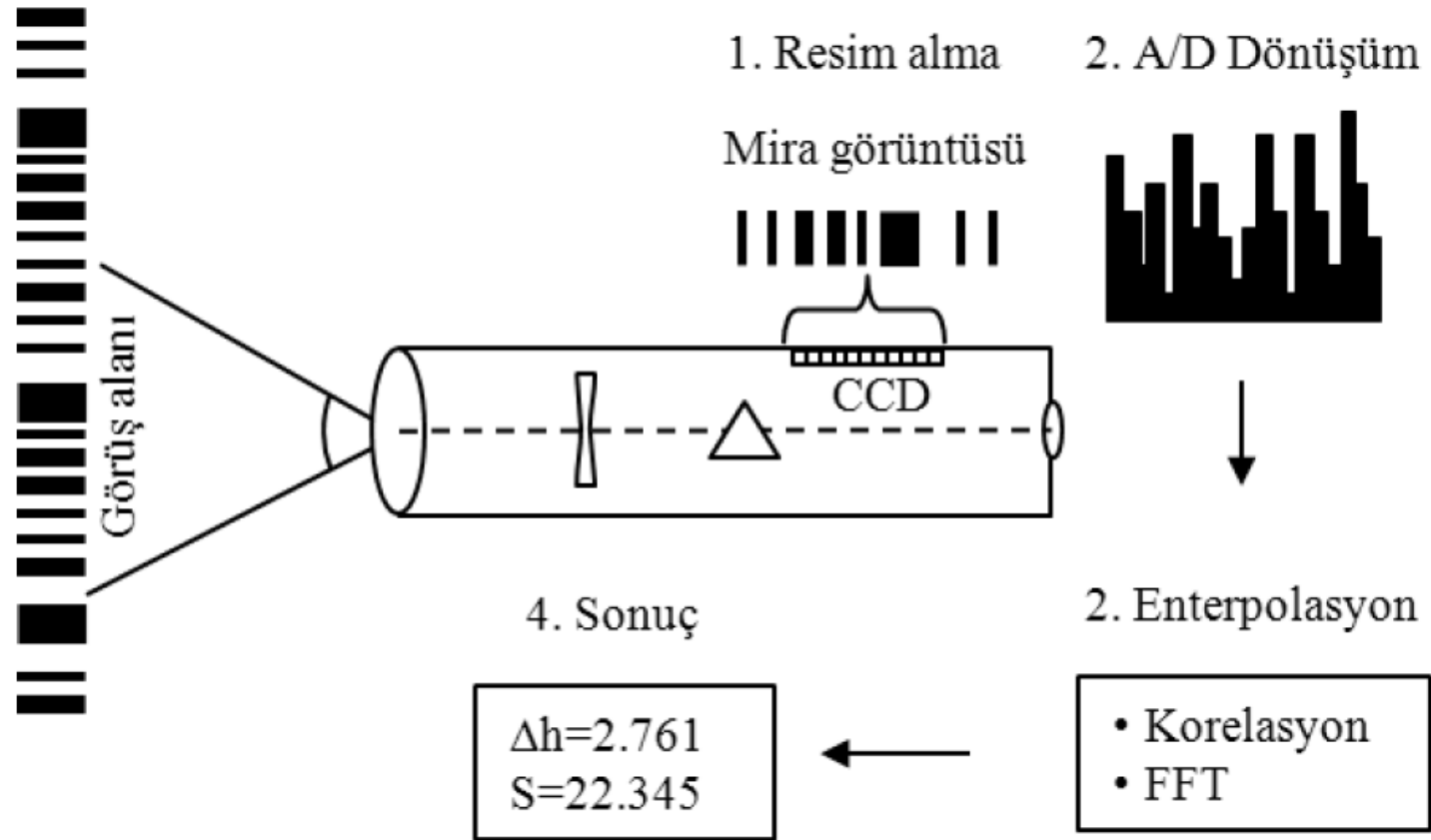
Ekran



Barkotlu Mira



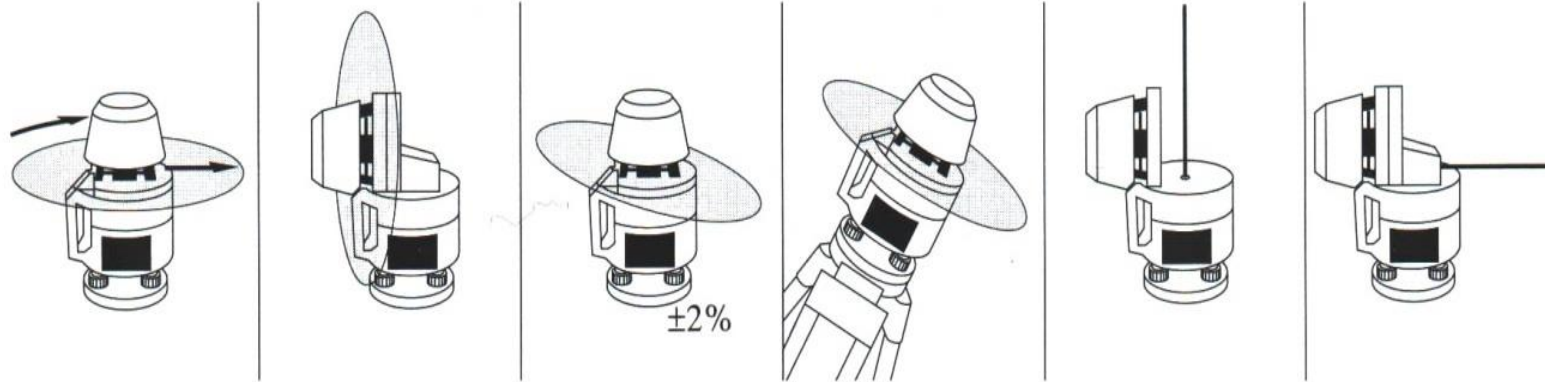
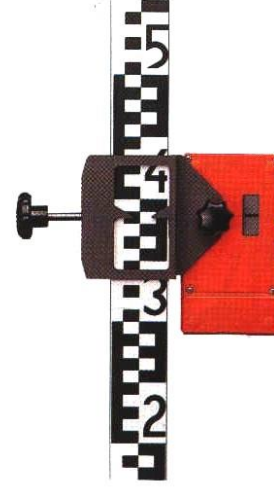
Sayısal Nivolar



Nivoların Sınıflandırması

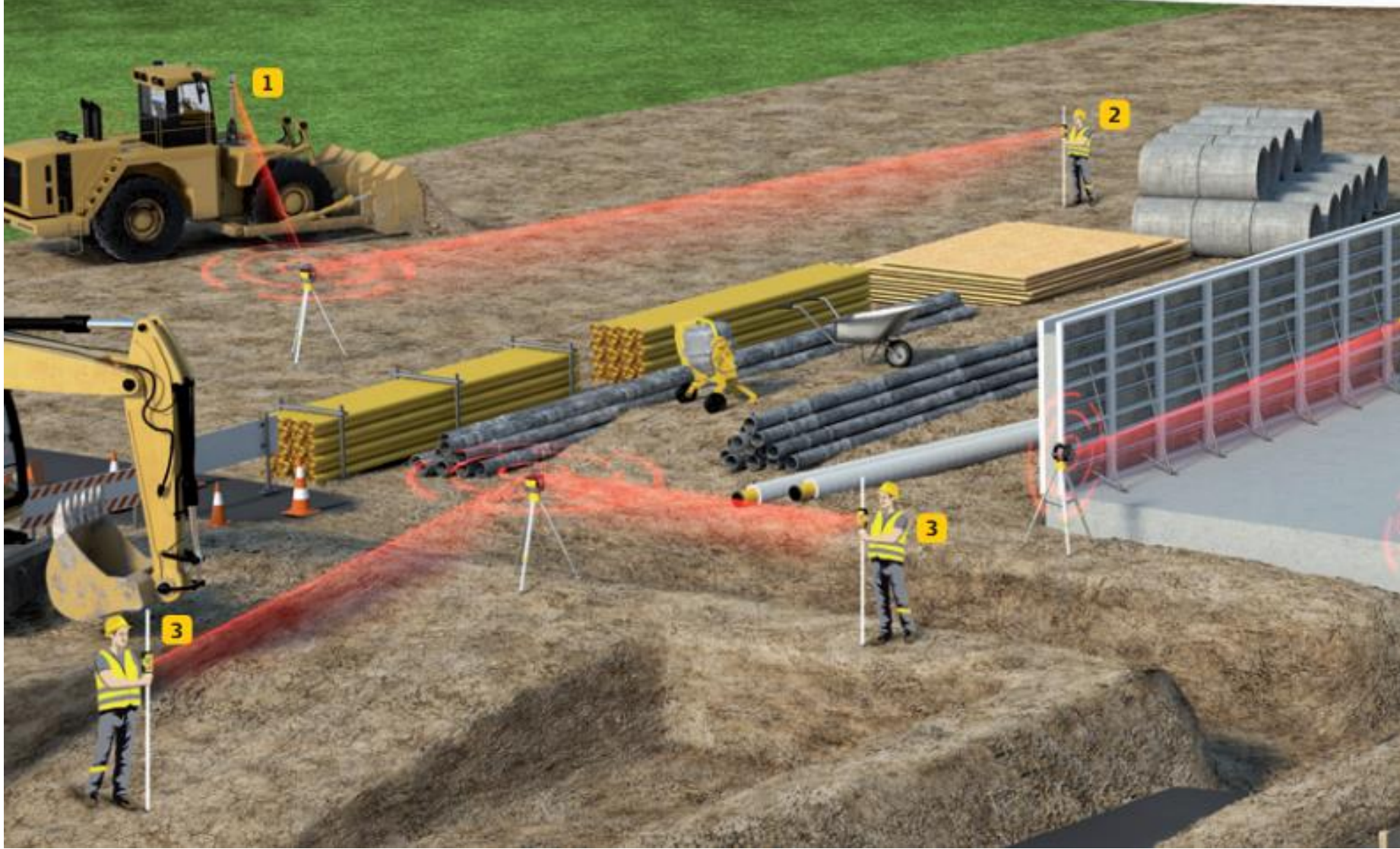
	Kesinlik	Kompansatör	Kullanım Alanı
Orta Kesinlikli	1.0-2.5 mm/km	$\pm 0.5''$	Haritacılık ve inşaat uygulamaları
Yüksek Kesinlikli	0.2-0.9 mm/km	$\pm 0.3''$	Hassas nivelman ölçüleri

Lazerli Nivolar



Kesinlik 1.5 mm-3.0 mm / 30 m

Lazerli Nivolar

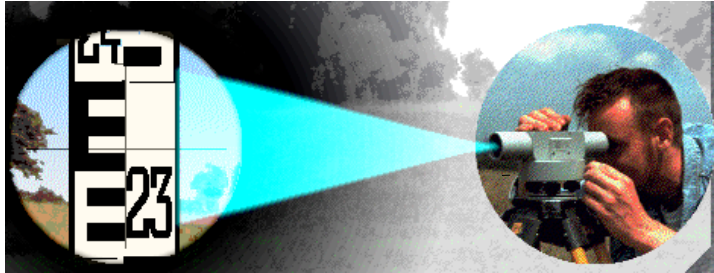
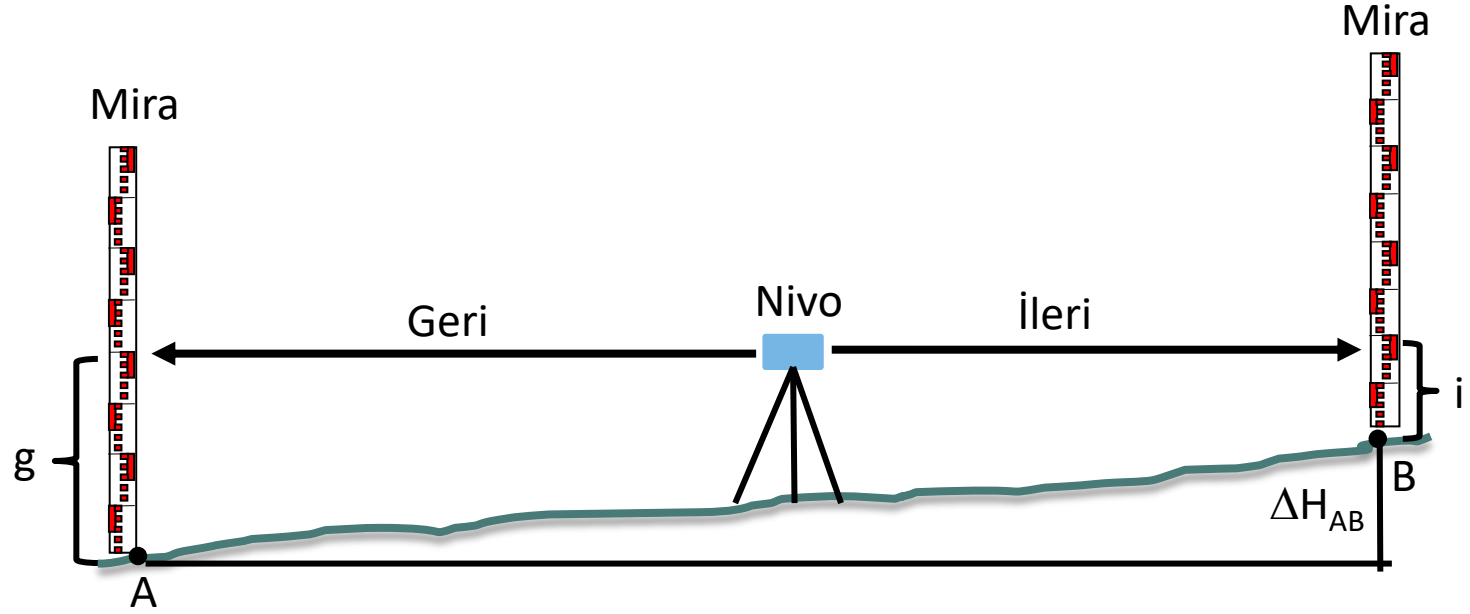


Lazerli Nivolar

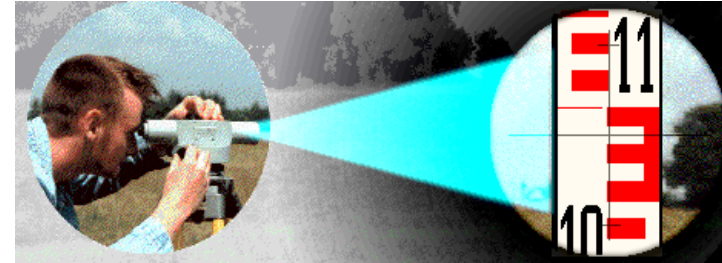


4.2. Geometrik Nivelman

Geometrik Nivelman



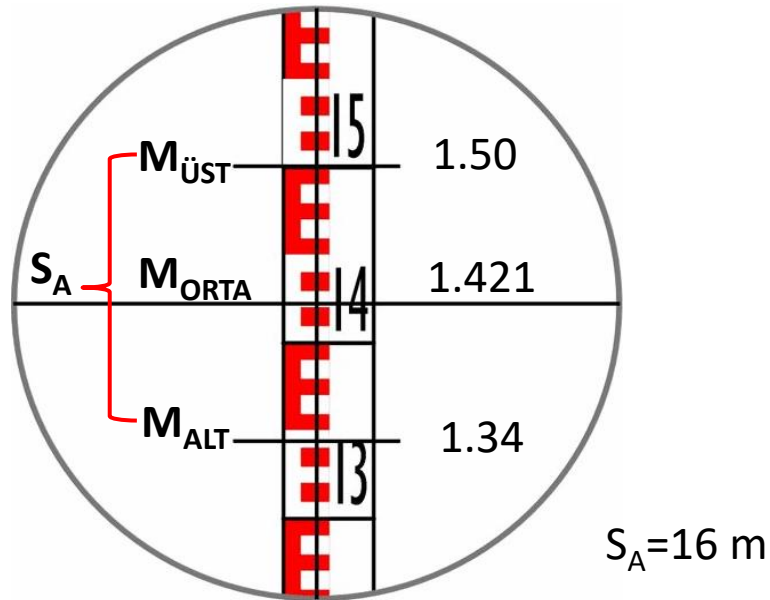
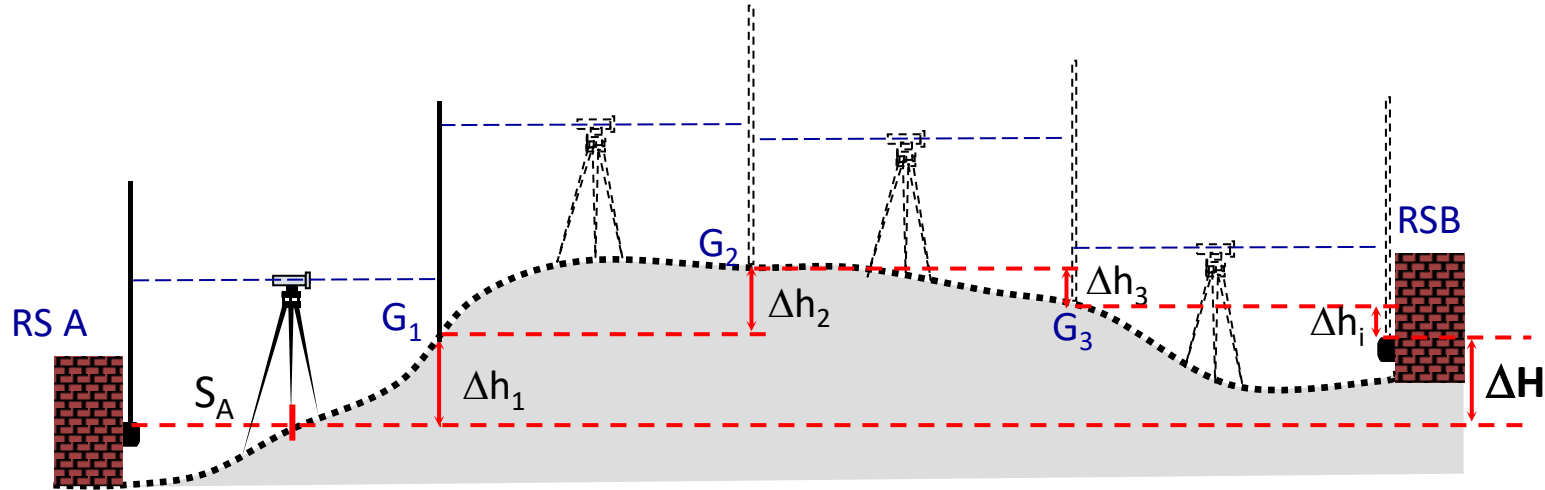
$g = 2.362 \text{ m}$



$i = 1.085 \text{ m}$

$$\Delta H_{AB} = \text{Geri} - \text{İleri} = 2.362 - 1.085 = 1.277 \text{ m}$$

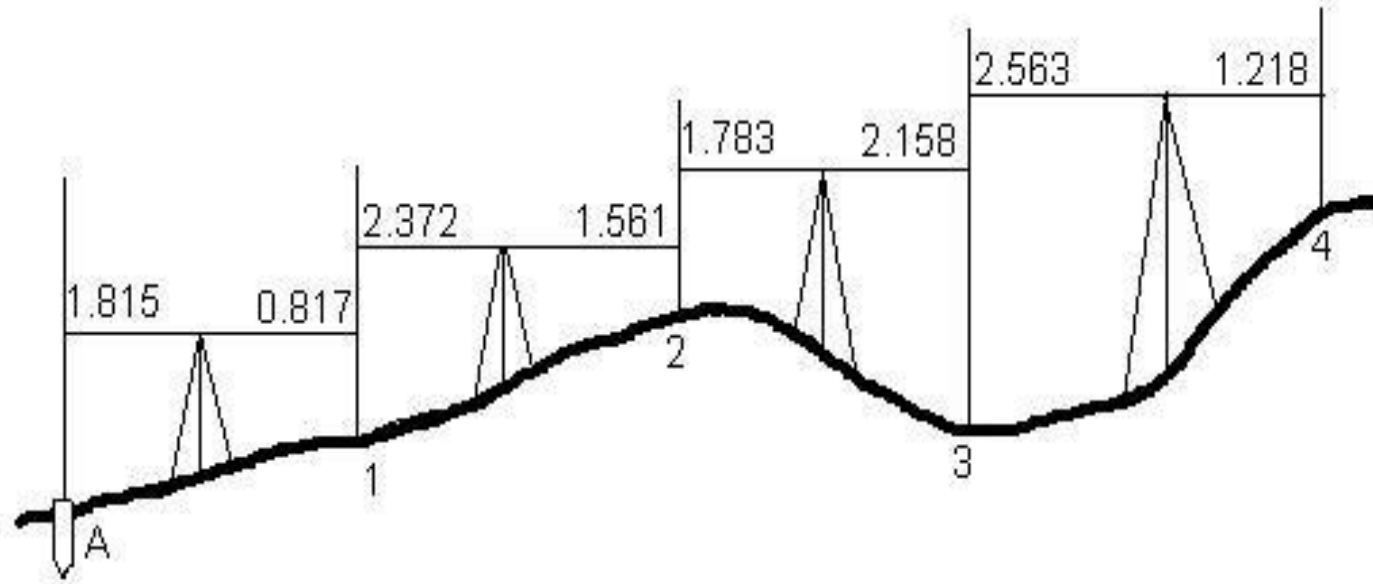
Geometrik Nivelman



$$\Delta H = \sum \Delta H_i = \sum g - \sum i$$

$$H_{RSB} = H_{RSA} + \Delta H$$

Geometrik Nivelman



$$\Delta H_{A1} = g_A - i_1 = 1.815 - 0.817 = 0.998 \text{ m}$$

$$H_1 = H_A + \Delta H_{A1} = 100.000 + 0.998 = 100.998 \text{ m}$$

$$\Delta H_{12} = g_1 - i_2 = 2.372 - 1.561 = 0.811 \text{ m}$$

$$H_2 = H_1 + \Delta H_{12} = 100.998 + 0.811 = 101.809 \text{ m}$$

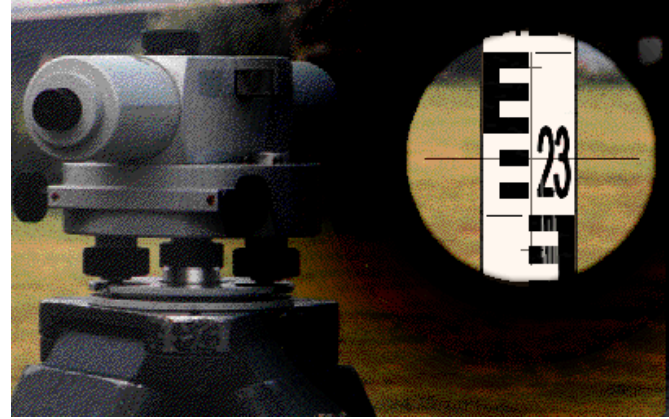
$$\Delta H_{23} = g_2 - i_3 = 1.783 - 2.158 = -0.375 \text{ m}$$

$$H_3 = H_2 + \Delta H_{23} = 101.809 - 0.375 = 101.434 \text{ m}$$

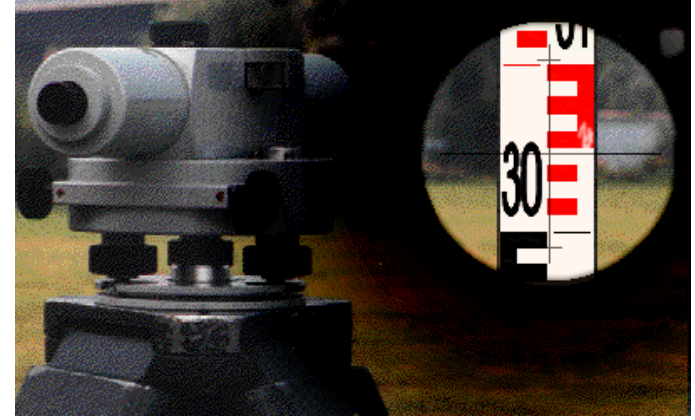
$$\Delta H_{34} = g_3 - i_4 = 2.563 - 1.218 = 1.345 \text{ m}$$

$$H_4 = H_3 + \Delta H_{34} = 101.434 + 1.345 = 102.779 \text{ m}$$

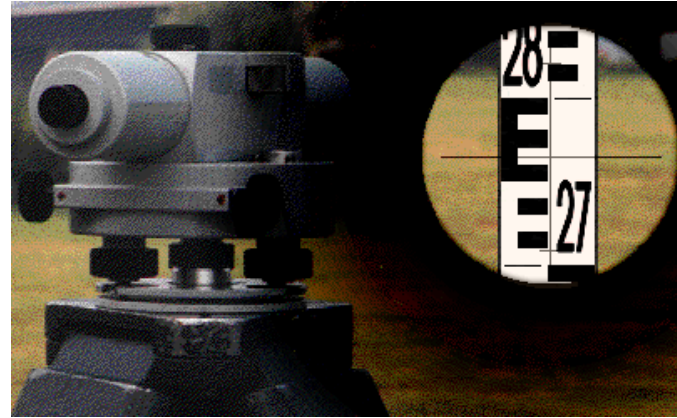
Geometrik Nivelman



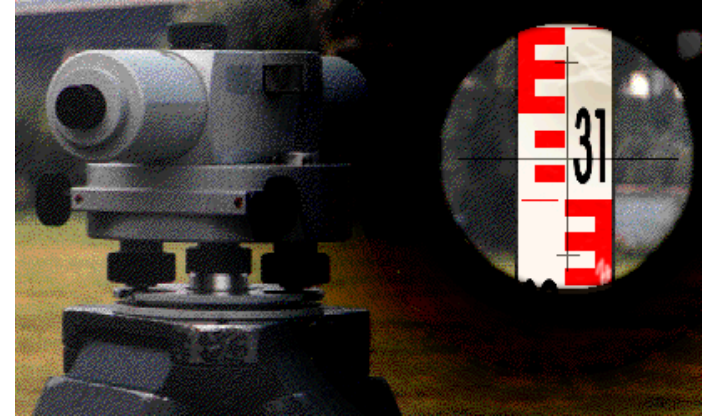
2.334 m



3.049 m



2.765 m



3.123 m

Nivelman Ölçümü

BÖHNBÜY, Madde 33 - Bağlantı nivelmanı, ana ve ara nivelman ağındaki yükseklik farklarının belirlenmesinde, gidiş-dönüş nivelmanı yapılır ve gidiş-dönüş nivelmanı ile yükseklik farkının ± 1.5 mm/km veya daha iyi duyarlılıkla belirleyebilen nivo ve miralar kullanılır. Ayrıca aşağıdaki hususlar dikkate alınır:

- a) Çift mira ve mira altlıkları (papuçlar, çarıklar) kullanılır.
- b) Alet kurma sayısı çift olur.
- c) Nivoların ana eksen koşulları ve miraların düzeçleri kontrol edildikten sonra ölçmelere başlanır.
- d) Mira okumaları; tek bölümlü miralarda; G I I G sırasıyla çift bölümlü miralarda $G_I I_I I_{II} G_{II}$ sırasıyla veya benzer yöntemlere uygun yapılır. Buradaki G geri mira okunması, I ileri mira okunması, I ana mira bölümü, II yardımcı mira bölümü anlamındadır. Altı çizgili okumalarda nivo miraya yöneltildiğinde düzeç kontrol edilir.
- e) Mira okumaları 0.1 mm'ye kadar kaydedilir.
- f) Miradaki en küçük orta çizgi okuması 0.5 m alınır.
- g) Alet mira uzaklığı en fazla 50 m alınır.

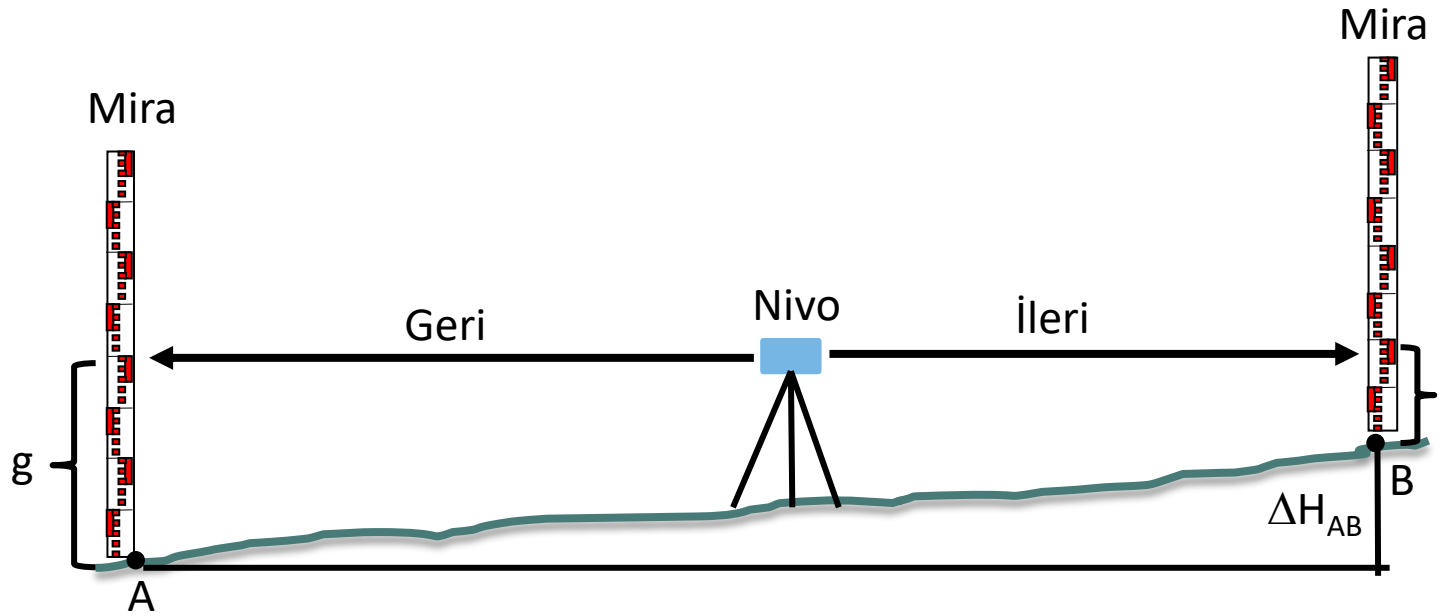
Nivelman ölçümünde dikkat edilmesi gereken hususlar



- Işığın kırılmasının (refraksiyonun) etkilerini önlemek amacıyla alet mümkün olduğunca yüksek kurulmalı ve gözlem ışını yerden en az 50 cm yüksekten geçmelidir.
- Mira bölüm başlangıç hatasının etkisini önlemek amacıyla, ölçmeye hangi mira ile başlanmışsa o mira ile bitirilmelidir. Gidiş-dönüş ölçmelerine farklı miralarla başlanmalı.
- Sistemik hataların etkisini azaltmak için gidiş ve dönüş ölçmeleri mutlaka aynı yol üzerinde yapılmalıdır.
- Ölçmeler, bulutlu havalarda ya da sabah ve akşam saatlerinde yapılmalıdır. Hiçbir zaman güneşli havalarda ve öğle saatlerinde nivelman yapılmamalıdır.
- Miralar daima mira payandaları ile desteklenmeli ve mira düzeci yardımıyla tam düşey durumda tutulmalıdır.

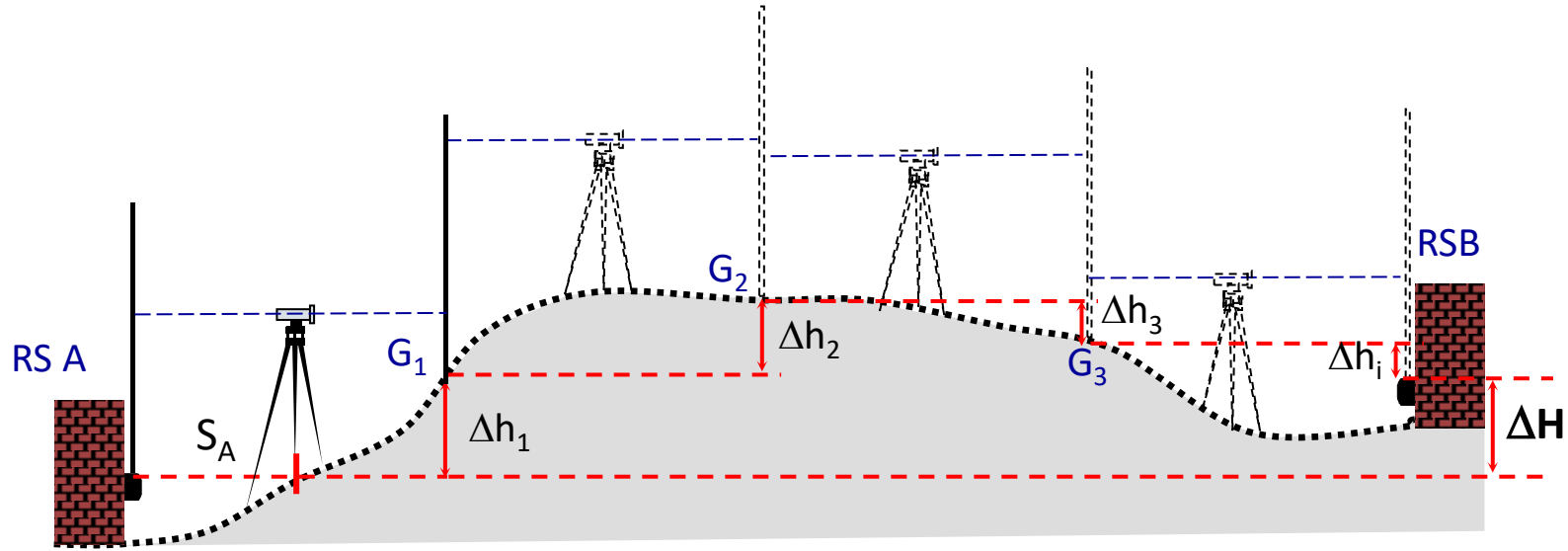
Geometrik Nivelman

a) Çift mira ve mira altlıkları (papuçlar, çarıklar) kullanılır.



Geometrik Nivelman

b) Alet kurma sayısı çift olur.



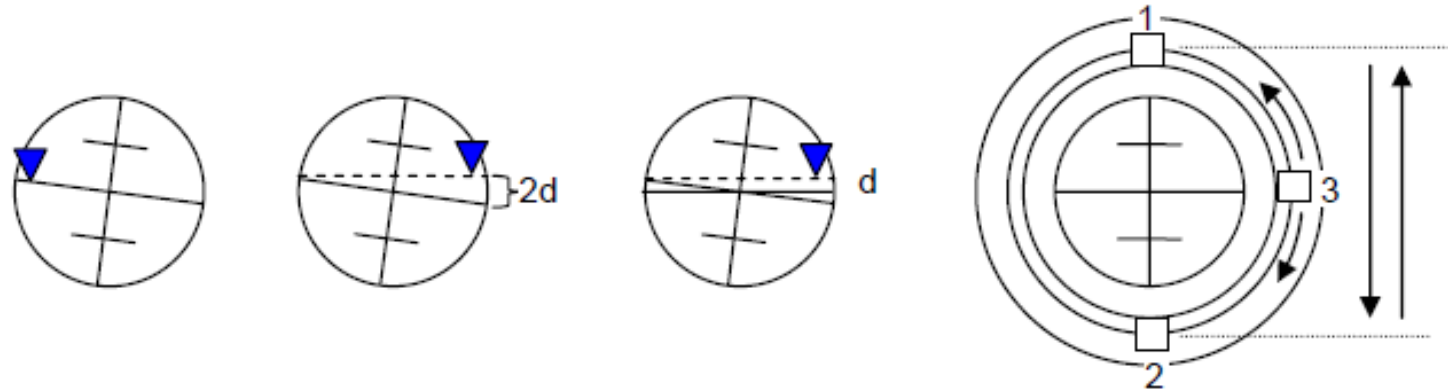
4.3. NİVOLARIN KONTROLÜ VE EKSEN ŞARTLARI

Nivoların Kontrolü ve Eksen Şartları

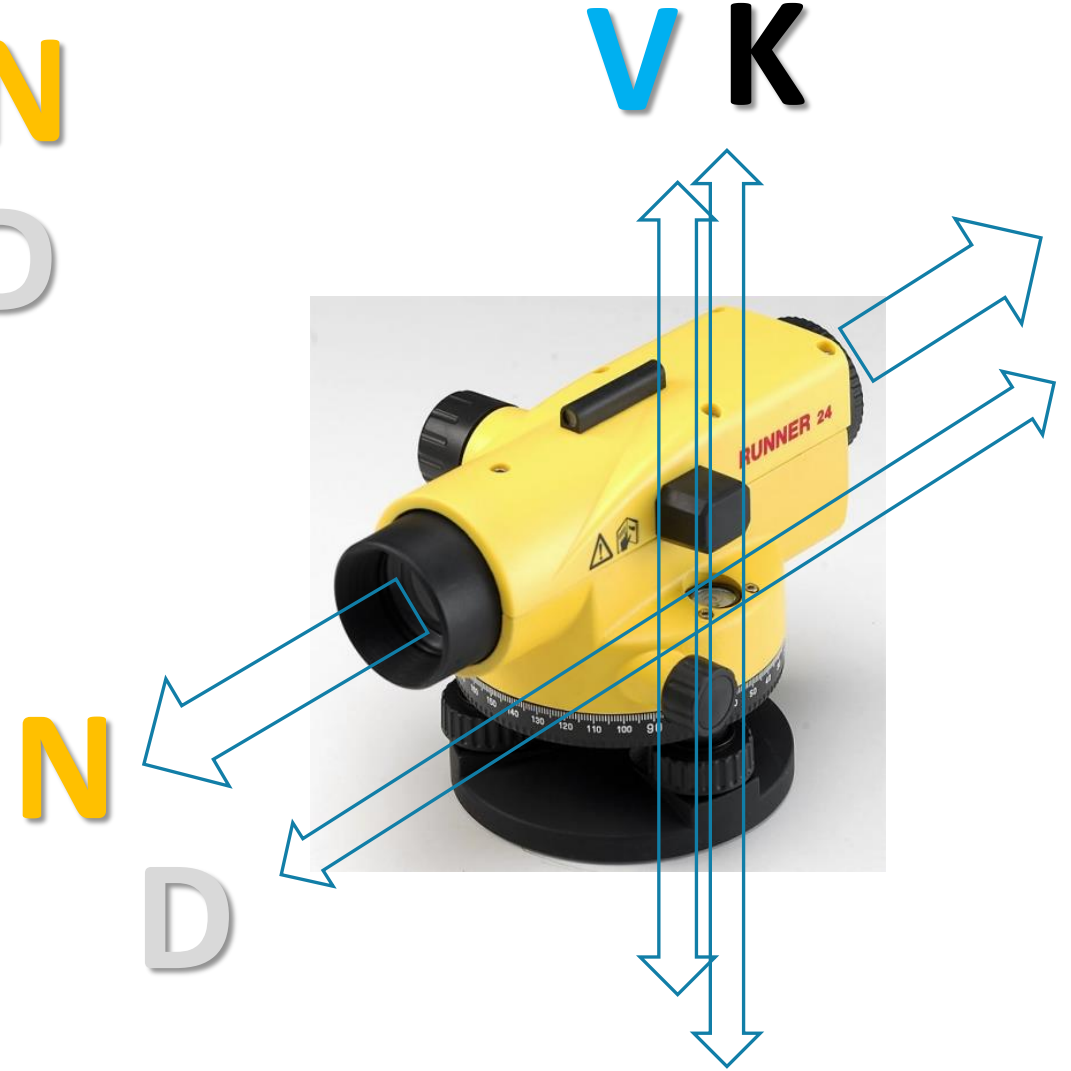
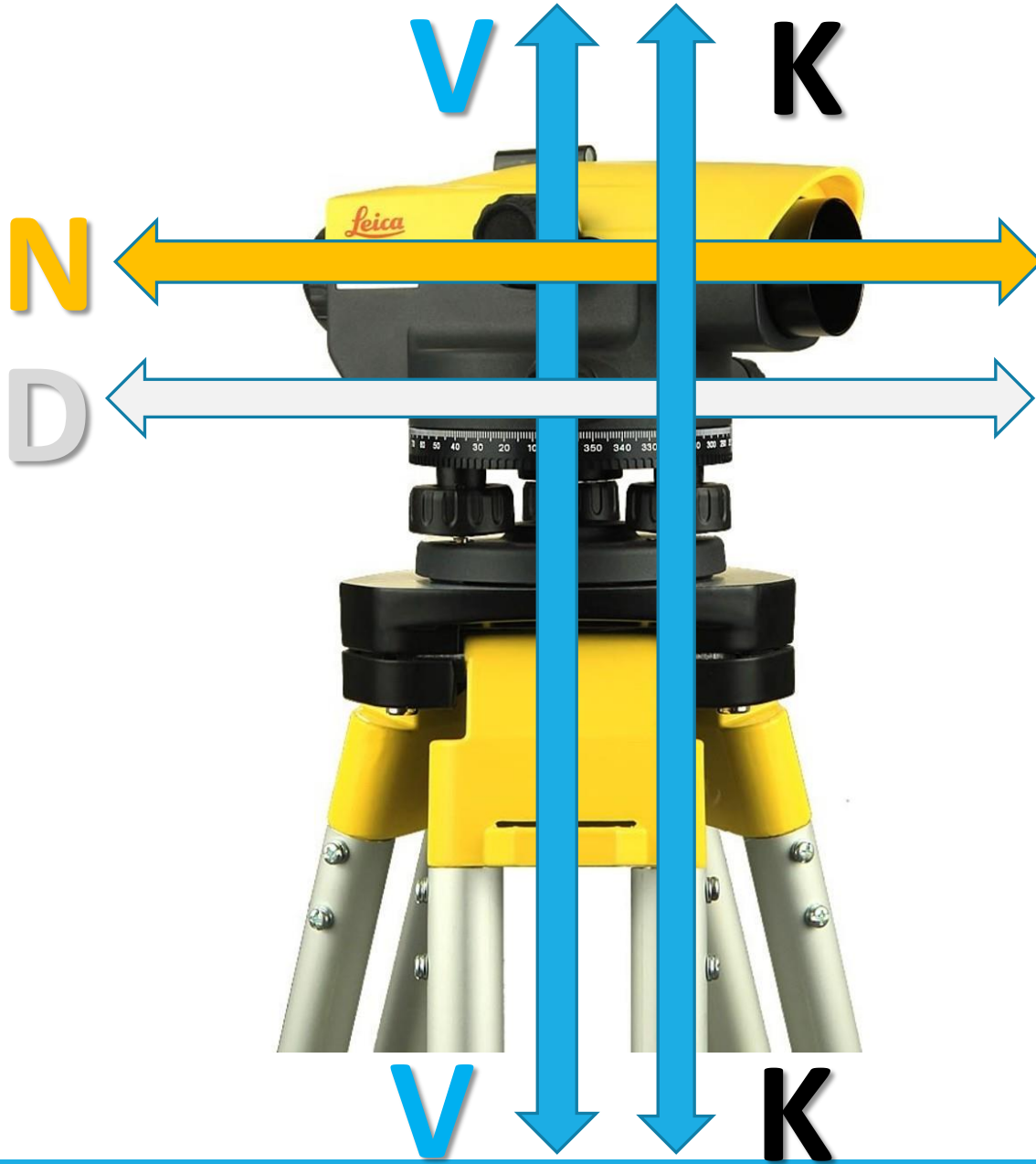
Nivoların Yatay Gözlem Çizgisinin Yataylığının Kontrolü

- Nivo düzeçlendikten sonra yatay gözlem çizgisinin bir ucu arazide net ve kesin görülebilen bir noktaya yöneltilir.
- Sonra dürbün yatay yönde döndürülerek yatay gözlem çizgisi üzerindeki noktanın, çizginin diğer ucuna kayması sağlanır.
 - Eğer nokta yatay çizgi üzerinden ayrılmadan hareket ediyorsa, yatay gözlem çizgisinin yataylığının doğru olduğu anlaşılır.
 - Eğer nokta, yatay gözlem çizgisinin diğer ucuna alındığında çizgiden ayrılmış ise ayrılma miktarı hatanın iki katı büyüklüğünde olacaktır.

Hata, gözlem çizgileri ayar vidası yardımıyla giderilir.

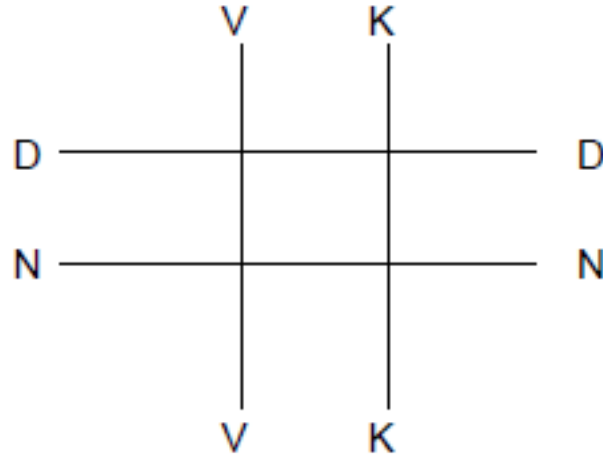


Nivolarda Eksenler



Nivoların Kontrolü ve Eksen Şartları

Nivolarda eksen koşulları



DD : Silindirsel düzeç eksen

NN : Gözlem(nişan, optik) eksen

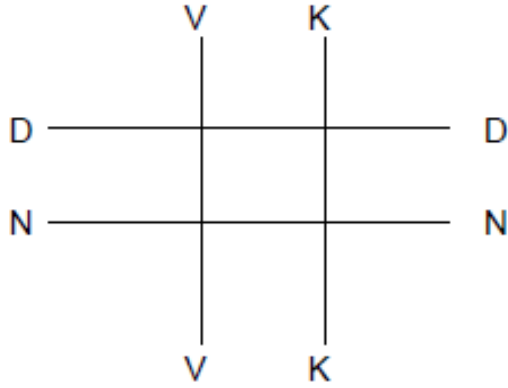
VV : Düşey (asal) eksen

KK : Küresel düzeç eksen

Genel olarak bir nivoda 4 eksen bulunur ve bu eksenler aşağıdaki şartları sağlamalıdır.

Nivoların Kontrolü ve Eksen Şartları

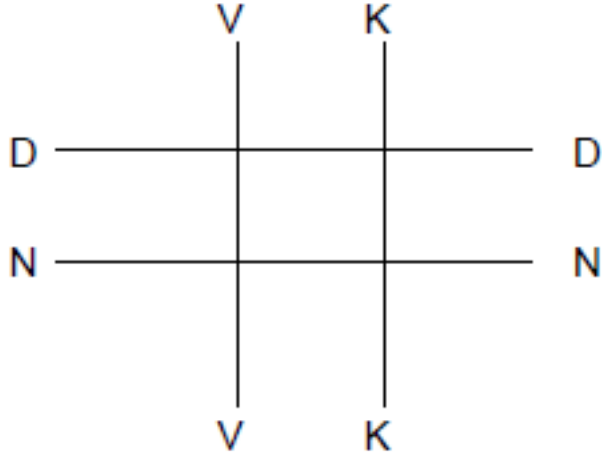
Küresel düzeç eksenini, düşey eksene paralel olmalıdır. (KK // VV)



- Küresel düzeç, üç ayak vidası ile ortalanır ve nivo 200 grad döndürülür.
- Eğer düzeç kabarcığı ortada ise küresel düzeç ekseninin düşey eksene paralel olduğu anlaşılır.
- Düzeç kabarcığında kayma varsa, kayma miktarı hatanın iki katı büyüklüğünde olacaktır.
- Hatanın yarısı üç ayak vidaları yardımıyla, diğer yarısı ise küresel düzecin ayar vidaları yardımıyla giderilir.

Nivoların Kontrolü ve Eksen Şartları

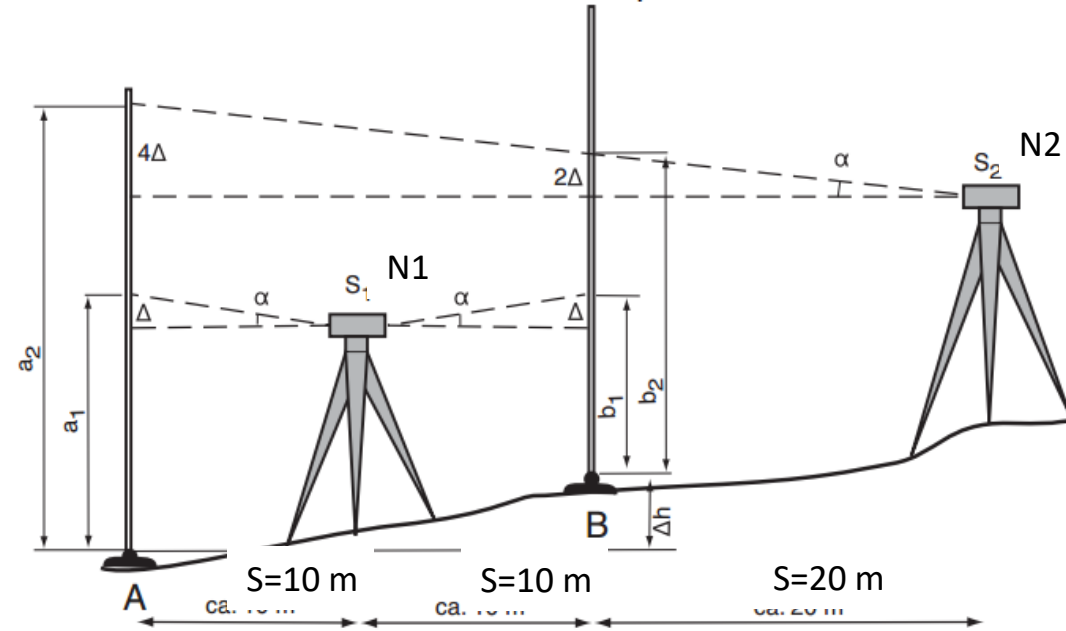
Gözlem eksenini, düzeç eksenine paralel olmalıdır. (NN // DD)



- Bu koşul otomatik (kompansatörlü) nivolarında; gözlem eksenini kompansatörün çalışma alanı içinde yatay olmalıdır şeklinde ifade edilir.

Gözlem Ekseninin Kontrolü

Nivolarda Gözlem Ekseninin Kontrolü



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

$$\Delta h_1 = a_1 - b_1$$

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

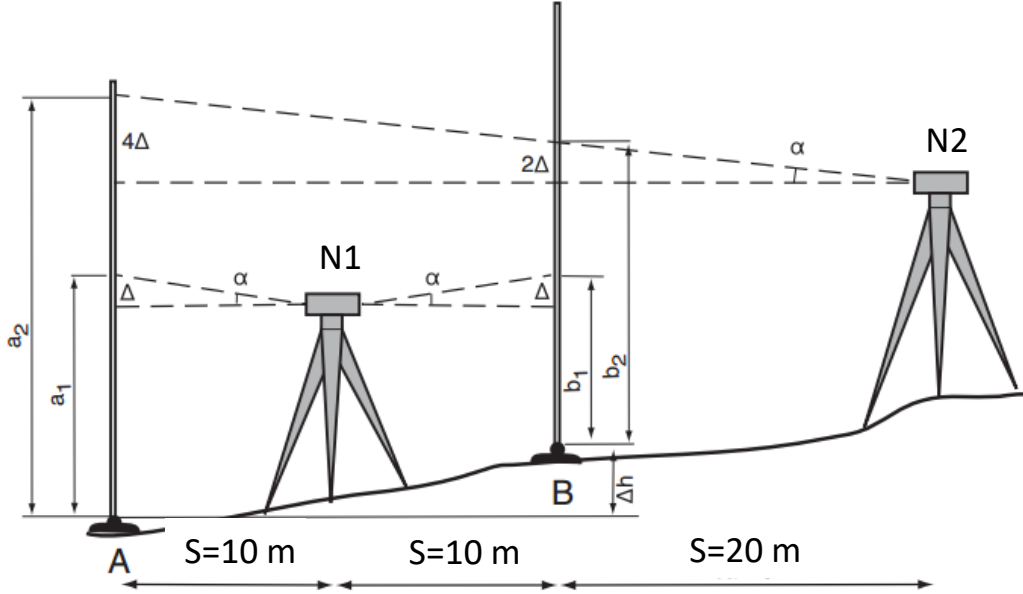
$$\Delta h_2 = a_2 - b_2 - 2\Delta$$

$$\Delta h_1 = \Delta h_2$$

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

$$\alpha = \text{Arc tan } \frac{\Delta}{S}$$

Nivolarda Gözlem Ekseninin Kontrolü



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

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

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

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

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

$$4\Delta = -0.02m$$

$$(a_2 - 4\Delta) = 1.270m$$

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

$$2\Delta = -0.01m$$

$$(b_2 - 2\Delta) = 1.682m$$

- A noktasındaki mirada 1.270 m ya da B noktasındaki mirada 1.682 m 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.

Nivolarda Eksen Hatası

Jeodezik Metroloji Laboratuvarı



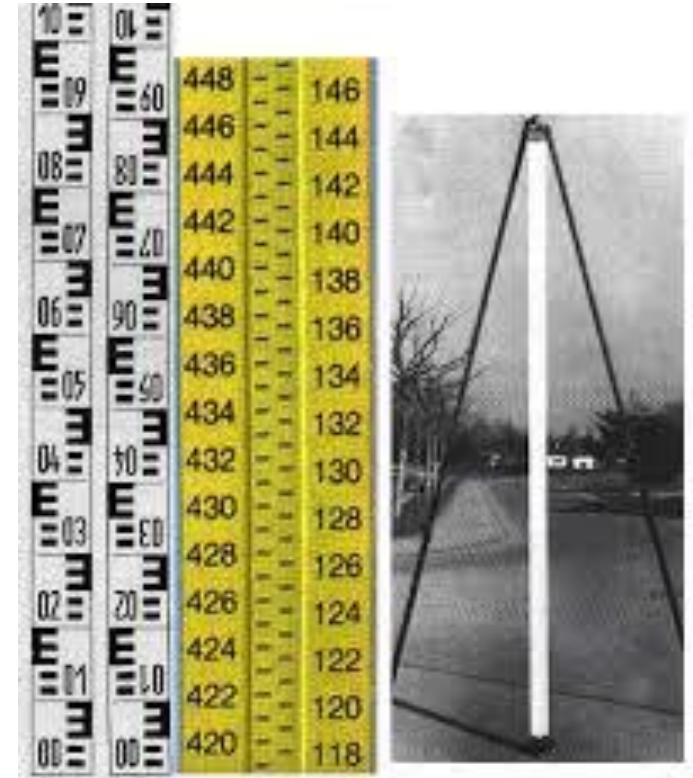
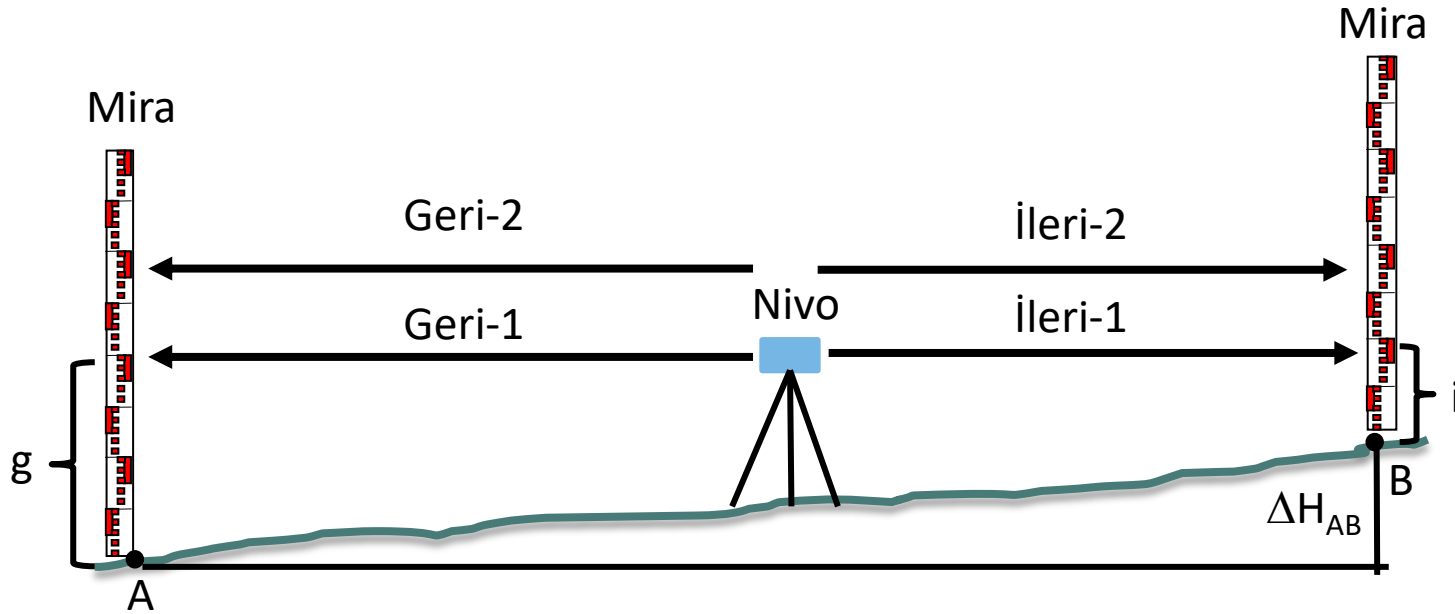
KOLİMATÖR



NİVO-MİRA SİSTEM KALİBRASYONU DÜZENEĞİ

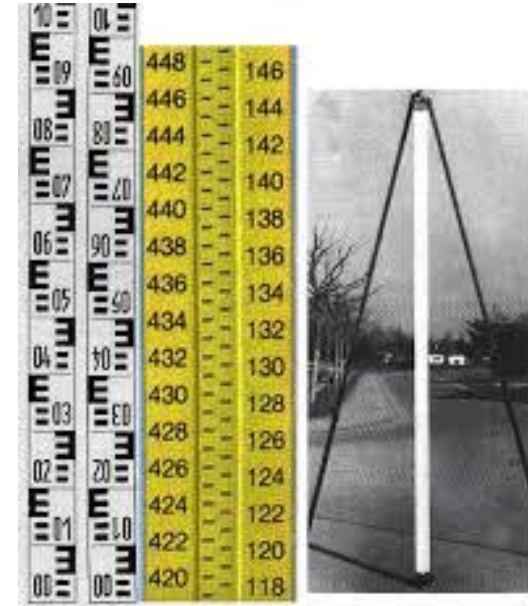
Geometrik Nivelman

d) Mira okumaları; tek bölümlü miralarda; G I I G sırasıyla çift bölümlü miralarda G_I I_I I_{II} G_{II} sırasıyla veya benzer yöntemlere uygun yapılır. Buradaki G geri mira okunması, I ileri mira okunması, I ana mira bölümü, II yardımcı mira bölümü anlamındadır. Altı çizgili okumalarda nivo miraya yöneltildiğinde düzeç kontrol edilir.



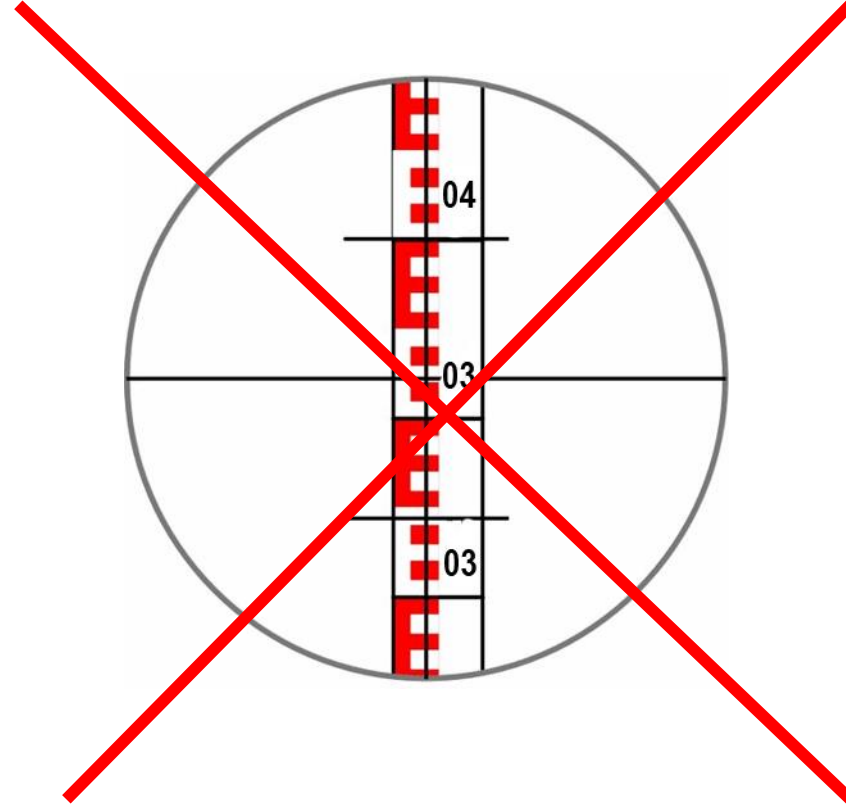
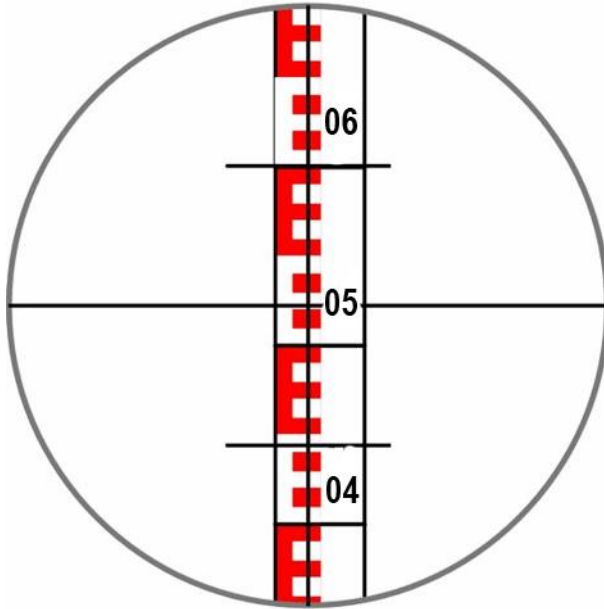
Geometrik Nivelman

e) Mira okumaları 0.1 mm'ye kadar kaydedilir.



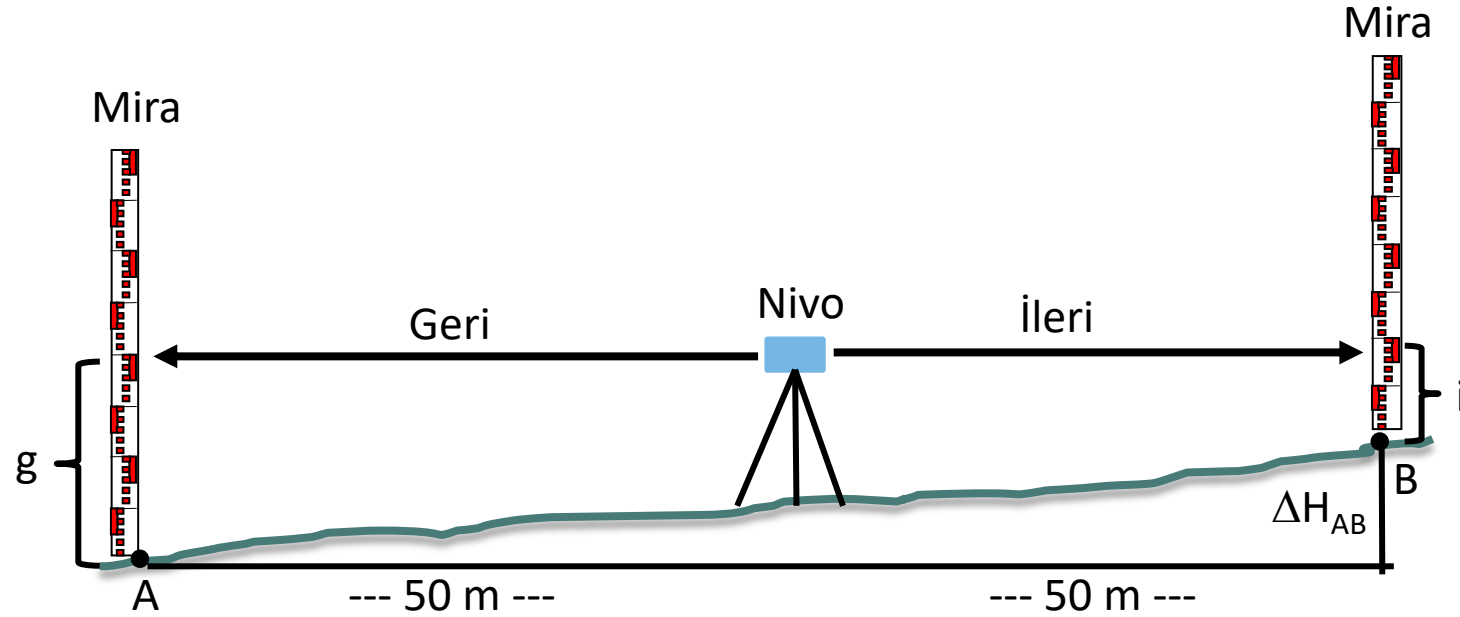
Geometrik Nivelman

f) Miradaki en küçük orta çizgi okuması 0.5 m alınır.



Geometrik Nivelman

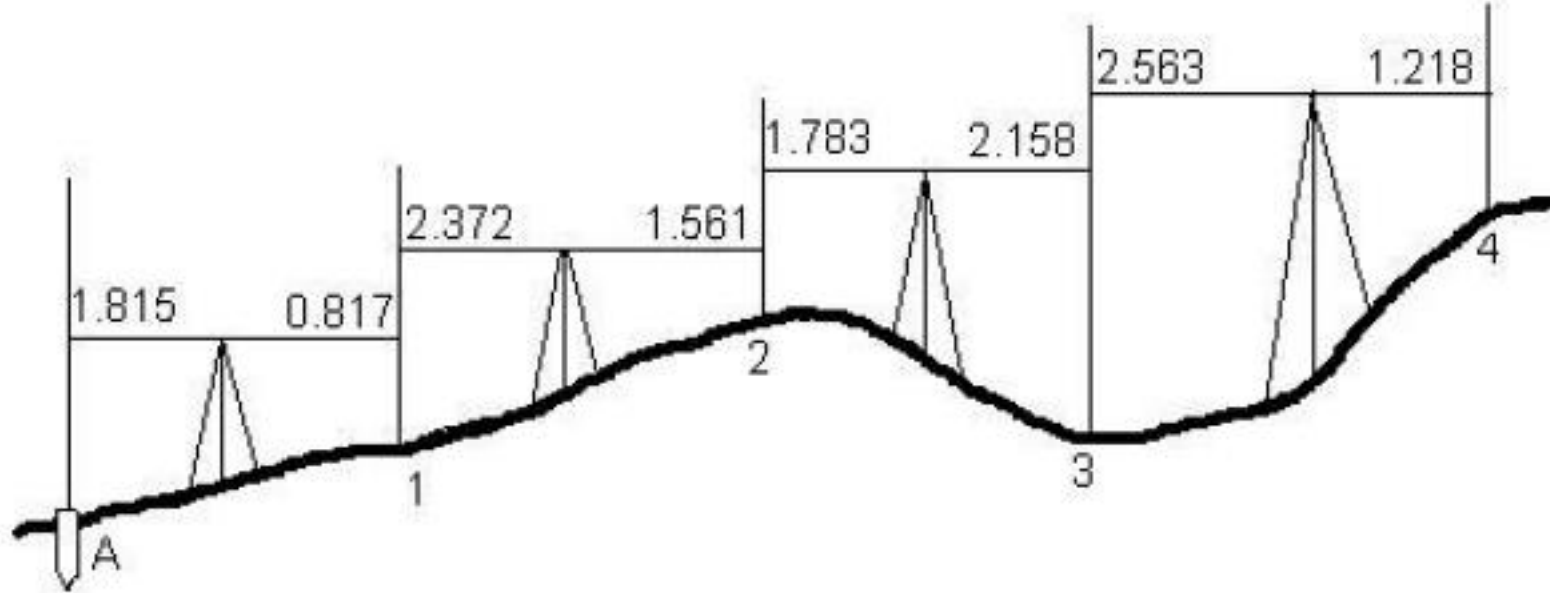
g) Alet mira uzaklığı en fazla 50 m alınır.



Geometrik Nivelman

Açık Nivelman

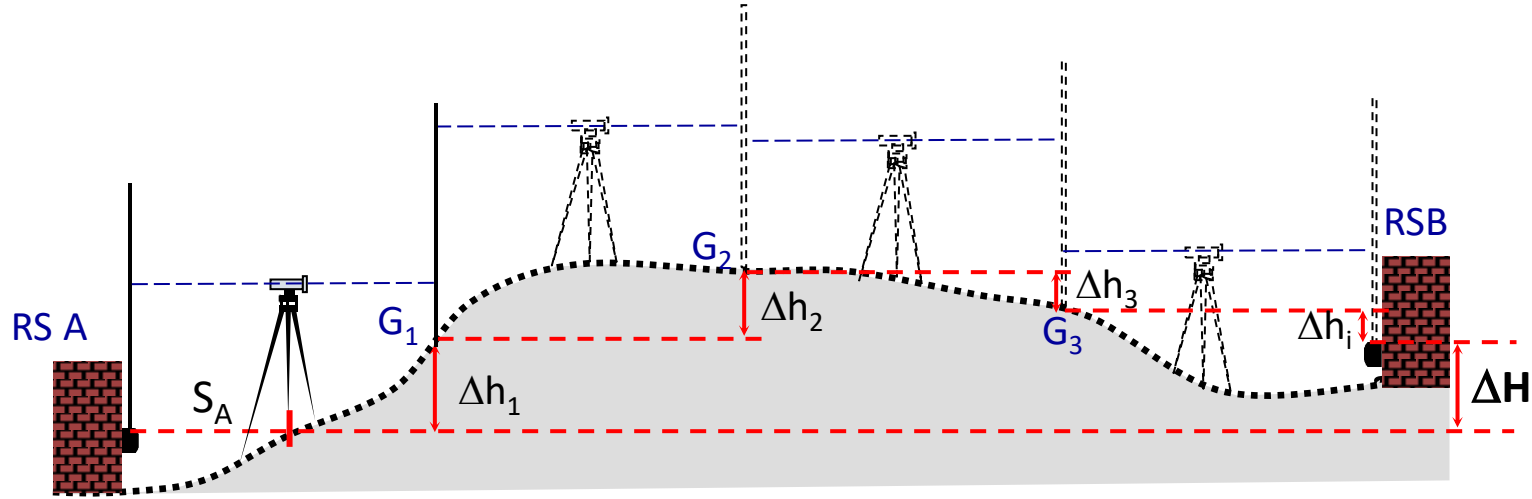
Yüksekliği bilinen bir noktadan nivelman ölçümüne başlanıp yüksekliği bilinen bir noktaya bağlanılmadan ölçüm bitirilirse **açık nivelman** olarak adlandırılır.



Geometrik Nivelman

Dayalı Nivelman

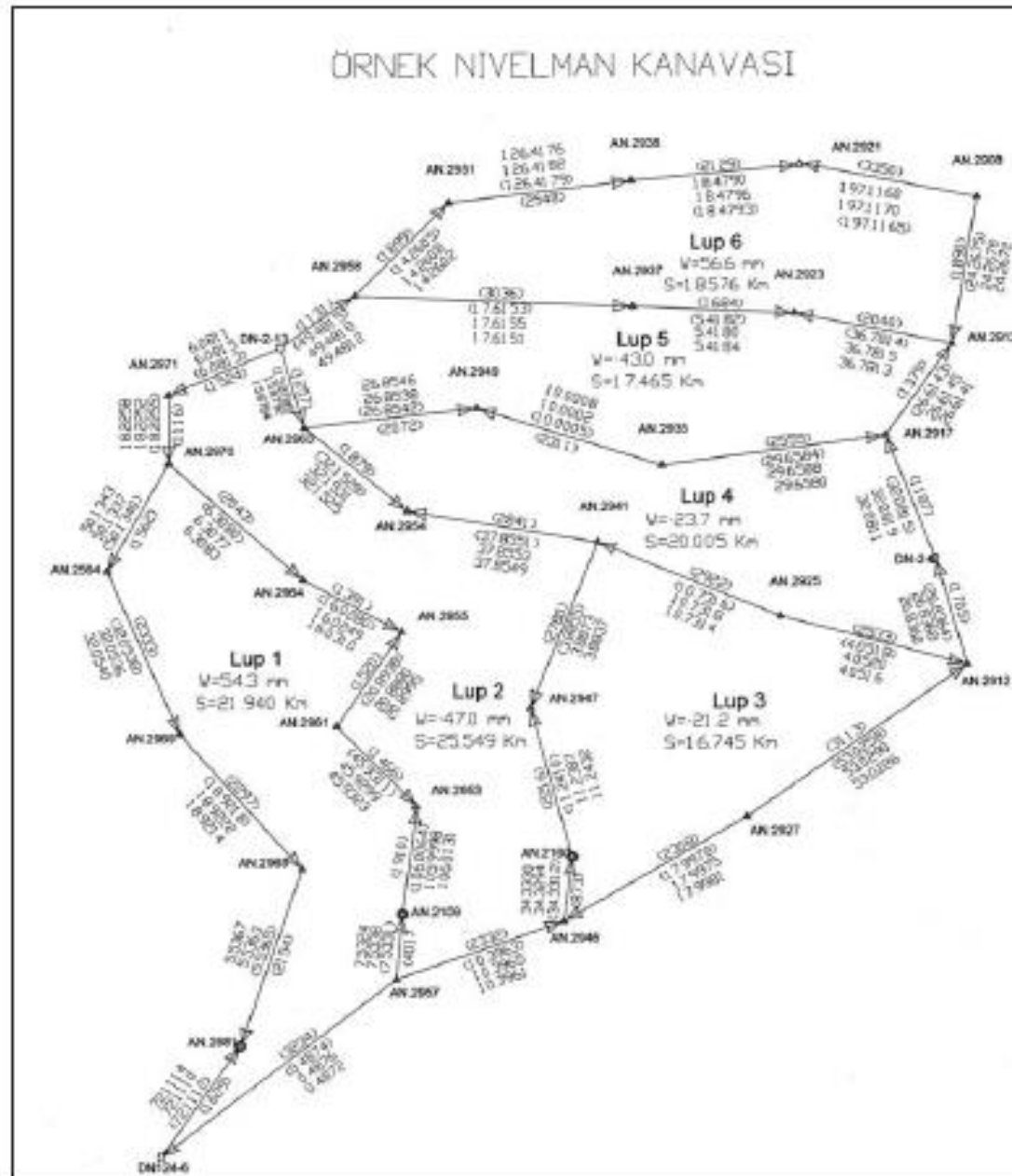
Yükseklği bilinen bir noktadan nivelmana başlanır ve yüksekliği bilinen başka bir noktaya bağlanılır. Dayalı nivelmanda yapılan ölçümler kontrol edilebilir. Noktalar arasındaki yükseklik farklarının ölçülmesinde en çok kullanılan yöntemdir.



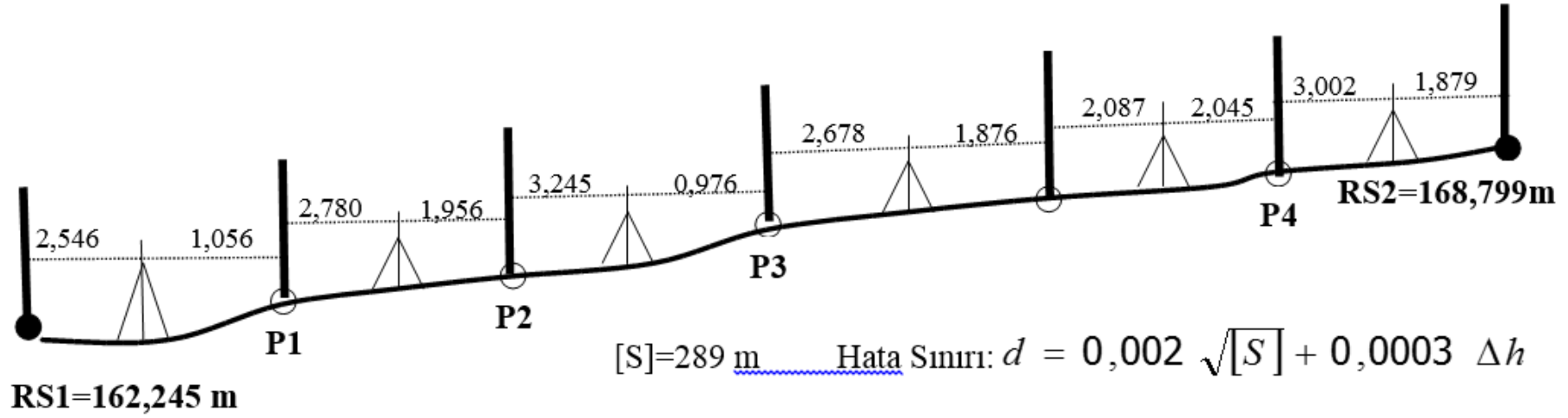
Kapalı Nivelman

Bir noktadan nivelmana başlanır ve bir halka oluşturularak aynı noktaya bağlanılır.

ÖRNEK NİVELMAN KANAVASI



Dayalı Nivelman Hesabı



Şekilde verilen ölçülere göre P1, P2, P3 ve P4 noktalarının yüksekliklerini hesaplayınız.

Dayalı Nivelman Hesabı

<u>NNo</u>	Geri(mm)	<u>İleri</u> (mm)	Δh	H(m)
RS1	2.546 ⁺¹			162.245
P1	2.780 ⁺¹	1.056	1.491	163.736
P2	3.245 ⁺¹	1.956	0.825	164.561
P3	2.678 ⁺¹	0.976	2.270	166.831
	2.087	1.876	0.803	167.634
P4	3.002	2.045	0.042	167.676
RS2		1.879	1.123	168.799

$$[g] = 16.338$$

$$DH = 6.554$$

$$[i] = \underline{9.788}$$

$$[g] - [i] = 6.550$$

$$\underline{\text{Kapanma hatası}} = 6.550 - 6.554 = -0.004 \text{ m} = -4\text{mm}$$

$$\underline{\text{Hata Sınırı}} = d = 0,002 \sqrt{[S]} + 0,0003 \Delta h = 0.036 \text{ m} = 36\text{mm}$$

Dayalı Nivelman Hesabı

Nokta	Uzunluk (m)	Mira Okumaları (m)			Yükseklik Farkları (Δh)		Yükseklik H (m)	Kroki ve Açıklama
		Geri	Orta	İleri	+	-		
A	-	1.375 ⁺⁴					203.125	
1	-		2.934			1.555	201.570	
2	-		1.861		1.073		202.643	
3	-	2.238 ⁺⁴		2.747		0.886	201.757	
4	-	1.657 ⁺⁴		1.915	0.327		202.084	
5	-		2.545			0.884	201.200	
B	-			0.995	1.550		202.750	

$$[g] = 5.270$$

$$[i] = 5.657$$

$$2.950$$

$$-3.325$$

$$-0.375$$

$$[i] = 5.657$$

$$3.325$$

$$[g] - [i] = -0.387$$

$$[\Delta h] = -0.375 \text{ m}$$

$$H_B - H_A = -0.375$$

$$\text{Kapanma hatası} = -0.012 \text{ m} = -12 \text{ mm}$$

Kapalı Nivelman Hesabı

Nokta	Uzunluk (m)	Mira Okumaları (m)			Yükseklik Farkları Δh		Yükseklik H (m)	Kroki ve Açıklama
		Geri	Orta	İleri	+	-		
A	-	1.371 ⁺³					100.000	
1	-		1.864			0.490	99.510	
2	-	1.615 ⁺³		2.718		0.854	98.656	
3	-	1.399 ⁺²		0.985	0.633		99.289	
4	-		2.078			0.677	98.612	
A	-			0.690	1.388		100.000	

$$[g] = 4.385$$

$$[i] = 4.393$$

$$2.021$$

$$2.021$$

$$0.000$$

$$[i] = 4.393$$

$$2.021$$

$$[g] - [i] = -0.008$$

$$[\Delta h] = 0.000$$

$$H_B - H_A = 0.000$$

$$\text{Kapanma hatası} = -0.008 \text{ m} = -8 \text{ mm}$$

Dayalı Nivelman Hesabı

A ve B noktaları arasında dayalı nivelman yapılmış ve düzeltme değeri -5 mm olarak bulunmuştur. X değerini bulduktan sonra nivelman hesabını yapınız.

NN	Geri	Orta	İleri	Δh	H
A	1.652				125.524
1		1.254			
2	2.741		X		
3		2.145			
4		1.996			
5	2.415		1.954		
B			1.168		128.631

Düzeltilme Değeri -5mm

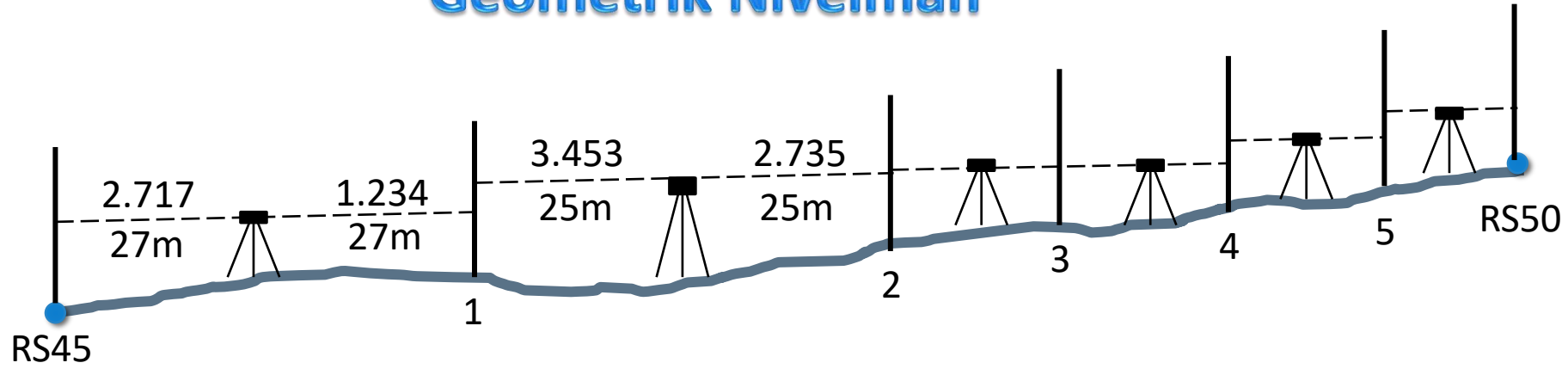
$$[g] - [i] - DH = 0.005 \quad [g] - [i] - 3.107 = 0.005 \quad [g] - [i] = 3.112 \quad [g] = 6.808 \quad [i] = 3.696$$

$$X = 0.574$$

Dayalı Nivelman Hesabı

NN	Geri	Orta	İleri	Δh	H
A	1.652 ⁻¹				125.524
1		1.254		0.397	125.921
2	2.741 ⁻²		0.574	1.077	126.601
3		2.145		0.594	127.195
4		1.996		0.743	127.344
5	2.415 ⁻²		1.954	0.785	127.286
B			1.168	1.245	128.631

Geometrik Nivelman



GİDİŞ NİVELMANI				
N.N	Mesafe	Geri	İleri	DH (m)
RS 45	27-	2.717	-	
1	25-27	3.453	1.234	1.483
2	15-25	1.875	2.735	0.718
3	22-15	1.984	2.561	-0.686
4	19-22	2.385	2.816	-0.832
5	20-19	1.716	1.836	0.549
RS 50	-20	-	1.265	0.451

DÖNÜŞ NİVELMANI				
N.N	Mesafe	Geri	İleri	ΔH (m)
RS 50	20-	1.277		
5	19-20	1.756	1.729	-0.452
4	22-19	3.654	2.304	-0.548
3	15-22	2.485	2.820	0.834
2	25-15	1.736	1.800	0.685
1	27-25	2.345	2.452	-0.716
RS 45	-27		3.829	-1.484

Geometrik Nivelmanda Belirsizlik

Başlangıç	Bitiş	Mesafe (m)	Gidiş (m)	Dönüş (m)	Fark (d) (mm)	Hata Sınırı (mm)	dd/S (mm ² /km)	Ortalama ΔH (m)	$S_{\Delta H}$ (mm)
RS 45	1	54	1.483	-1.484	1	5	19	1.4835	0.7
1	2	50	0.718	-0.716	2	4	80	0.7170	0.7
2	3	30	-0.686	0.685	1	3	33	-0.6855	0.5
3	4	44	-0.832	0.834	2	4	91	-0.8330	0.6
4	5	38	0.549	-0.548	1	4	26	0.5485	0.6
5	RS 50	40	0.451	-0.452	1	4	25	0.4515	0.6
							$\Sigma=274$		

BÖHNBÜY göre hata sınırı: $w_{[mm]} \leq 20 \sqrt{S}_{[km]} + 0.0002 \Delta H$

Tek yönlü 1 km nivelmanın standart sapması:

$$s = \sqrt{\frac{[dd/S]}{2n}} = \sqrt{\frac{274}{2 \times 6}} = 5 \text{ mm}$$

Gidiş-dönüş 1 km nivelmanın standart sapması:

$$s_0 = \frac{s}{\sqrt{2}} = \frac{5}{\sqrt{2}} = 3.5 \text{ mm/km}$$

Alet broşüründe verilen değer
3 katını geçmemeli

Her bir yükseklik farkının standart sapması:

$$s_{\Delta h} = s_0 \sqrt{S(km)}$$

Her bir yükseklik farkının belirsizliği: $u_z = \pm s_{\Delta h}$

Geometrik Nivelman Hesabı

Başlangıç	Bitiş	ΔH (m)	Kesin Yükseklik H (m)	NN
			82.3200	RS 45
RS 45	1	1.4835 ⁻¹	83.8025	1
1	2	0.7170	84.5195	2
2	3	-0.6855	83.8340	3
3	4	-0.8330 ⁻¹	83.0000	4
4	5	0.5485	83.5485	5
5	RS 50	0.4515	84.0000	RS 50
		$\Delta H_{\text{Ölçü}} = 1.6820$	$\Delta H_{\text{Kesin}} = 1.6800$	
$f = \Delta H_{\text{Kesin}} - \Delta H_{\text{Ölçü}} = -2 \text{ mm}$				