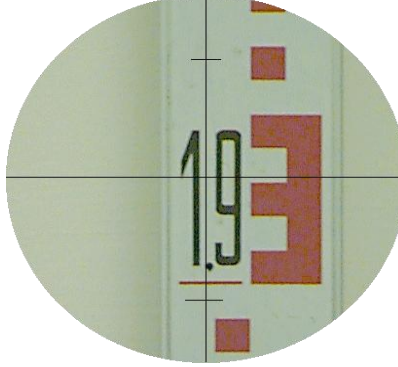


YÜKSEKLİKLERİN ÖLÇÜLMESİ – NİVELMAN



Yeryüzü noktalarının karaların altında da devam ettiği varsayılan ortalama deniz yüzeyinden (karşılaştırma yüzeyi) olan düşey uzaklığına **'yükseltisi'**, herhangi bir noktadan geçtiği düşünülen bir yüzey veya karşılaştırma düzleminden olan düşey uzaklığına ise **'yüksekliği'** veya **'kotu'** denilmektedir.

Noktalar arasındaki düşey uzaklık farkına **'yükseklik farkı'** , bu yükseklik farklarının ölçülmesine ise **'nivelman'** ismi verilmektedir.

Yükseklik farklarının ölçülmesinde 4 yöntem vardır.

- 1- Geometrik nivelman
- 2- Trigonometrik nivelman
- 3- Barometrik nivelman
- 4- Prezisyonlu nivelman



NİVOLAR

Gözleme ekseninin yatay konuma getirilmesi için kullanılan düzenlere göre nivo tipleri:

Düzeci ve dürbünü sabit nivolar

- Fenkalaj vidalı
- Fenkalaj vidasız

Düzeci iki yüzlü olan tersinir nivolar

Kompansatörlü(Otomatik)nivolar

dir.

- **Fenkalaj vidalı**

Bu tip nivolarda üst kısım bir eklem ve ince dişli bir vida ile alt kısma bağlıdır. Bu vidaya **‘fenkalaj vidası’** denir. Bu vida yardımı ile dürbünün bir ucu düşey doğrultuda belirli bir miktar hareket ettirilebilmekte ve düzeç kabarcığının ortalanması sağlanmaktadır. Alette yatay hareketi tespit vidası ile az hareket vidası bulunmaktadır

- **Fenkalaj vidasız**

Bu tip nivolarda düzeç dürbüne ve dürbün de alete tespit edilmiştir. Dürbün ve düzeç üst yapıyı oluşturur. Alt yapı üç tane tesviye vidası üzerinde bulunmaktadır. Üst kısım alt kısım üzerinde ve asal eksen etrafında döner. Bu dönme hareketinde bağlama ve az hareket vidaları kullanılmaktadır. Düzeç kabarcığı tesviye vidaları ile ortalılır.

Düzeci iki yüzlü olan tersinir nivolar

Bu tip nivolarda silindir düzeç dürbüne tespit edilmiştir. Dürbün eksen etrafında düzeç ile birlikte dönebilmektedir. Düzeç bir fenkalaj vidası ile ortalınmaktadır.

Kompansatörlü(Otomatik)nivolar

Kompansatörlü(Otomatik)nivolarda kaba tesviyeden sonar optik eksen, kompansatör denen bir düzen ile kendi kendine prezisyonlu bir biçimde yatay duruma gelmektedir. Kompansatör olarak kolaylıkla salınım yapan bir sarkaç kullanılmaktadır. Kaba tesviye bir küresel düzeç ve üç tesviye vidası ile yapılır.

Düzeci ve dürbünü sabit fenkalajsız nivonun kullanılması

1. Nivo okuma yapılacak noktalara yaklaşık eşit uzaklıkta konur ve sehpa başlığı yaklaşık yatay olacak biçimde sehpa ayakları açılır.
2. Tesviye vidaları yardımı ile küresel kabarcığı ortalılır
3. Kaba yöneltme yapılır, dürbün göze uydurulur.
4. Az hareket vidası yardımı ile yatay gözleme çizgisi mira bölümlerini kesecek ve düşey gözleme çizgisi bu bölümleri ortalayacak şekilde ince yöneltme yapılır.
5. Silindir düzeç kabarcığı dürbün doğrultusuna en yakın tesviye vidası yardımı ile ortalılır.
6. Dürbün miraya yönelttilerek okuma yapılır. Ters görüntü veren nivo ve mirası kullanılıyor ise mira bölümlerinin yukarıdan aşağıya doğru arttığına dikkat edilmelidir. Okumalar metre cinsinden yazılır.

Düzeci ve dürbünü sabit fenkalajlı nivonun kullanılması

Bu tip nivolar fenkalajsız nivolar gibi kullanılır. Dürbün miraya yöneltildikten sonra silindir düzeç kabarcığı fenkalaj vidası ile ortalınır. Bu tip nivolar yalnız küresel düzeç ile tesviye edilirler.

Düzeci iki yüzlü olan tersinir nivolar

1. Sehpa başlığı yaklaşık yatay olacak şekilde sehpa ayakları açılır
2. Tesviye vidaları ile küresel düzeç kabarcığı ortalınır
3. Miraya kaba yöneltme yapılır, dürbün göze uydurulur.
4. Az hareket vidası yardımı ile düşey gözleme çizgisi mira bölümlerini ortalayacak şekilde ince yöneltme yapılır.
5. Silindir düzeç solda iken (normal durum) fenkalaj vidası yardımı ile silindir düzeç kabarcığı ortalınır ve 1. okuma yapılır.
6. Dürbün kendi eksenini etrafında yarım devir döndürülerek silindir düzeç sağa alınır (2. durum) fenkalaj vidası yardımı kabarcık tekrar ortalınır ve ikinci okuma yapılır.
7. Okuma= $\frac{1}{2}(1.okuma+2.okuma)$

Kompensatörlü(Otomatik)nivolar

1. Sehpa başlığı yaklaşık yatay olacak şekilde sehpa ayakları açılır
2. Tesviye vidaları ile küresel düzeç kabarcığı ortalınır
3. Miraya kaba yöneltme yapılır, dürbün göze uydurulur.
4. Az hareket vidası yardımı ile düşey gözleme çizgisi mira bölümlerini ortalayacak şekilde ince yöneltme yapılır.
5. Yatay gözleme çizgisi ile okuma yapılır.

1- Geometrik nivelman

Geometrik nivelmanda genel olarak yatay gözlemeler yapabilen dürbünlü aletler kullanılır.

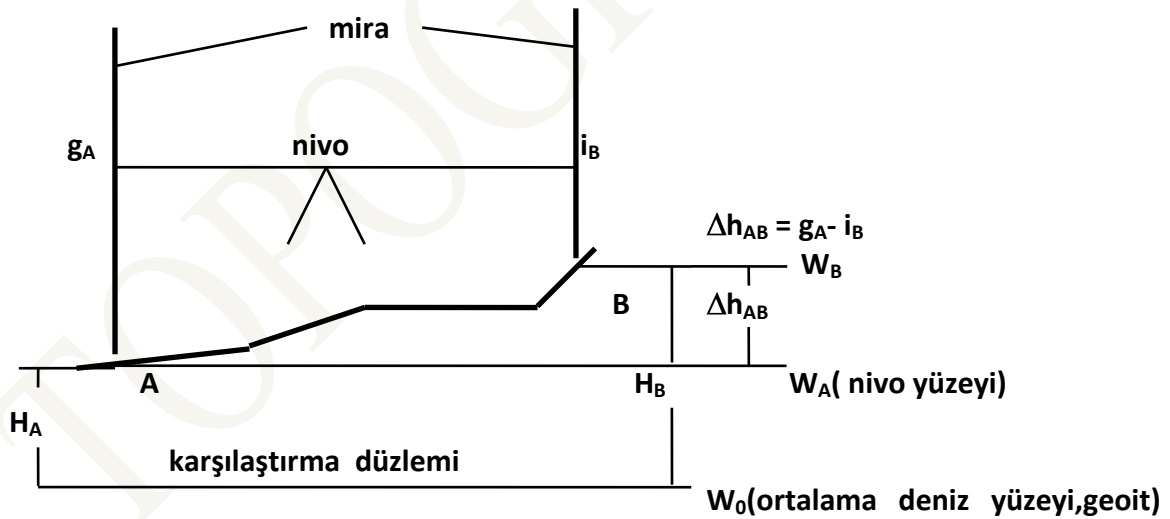
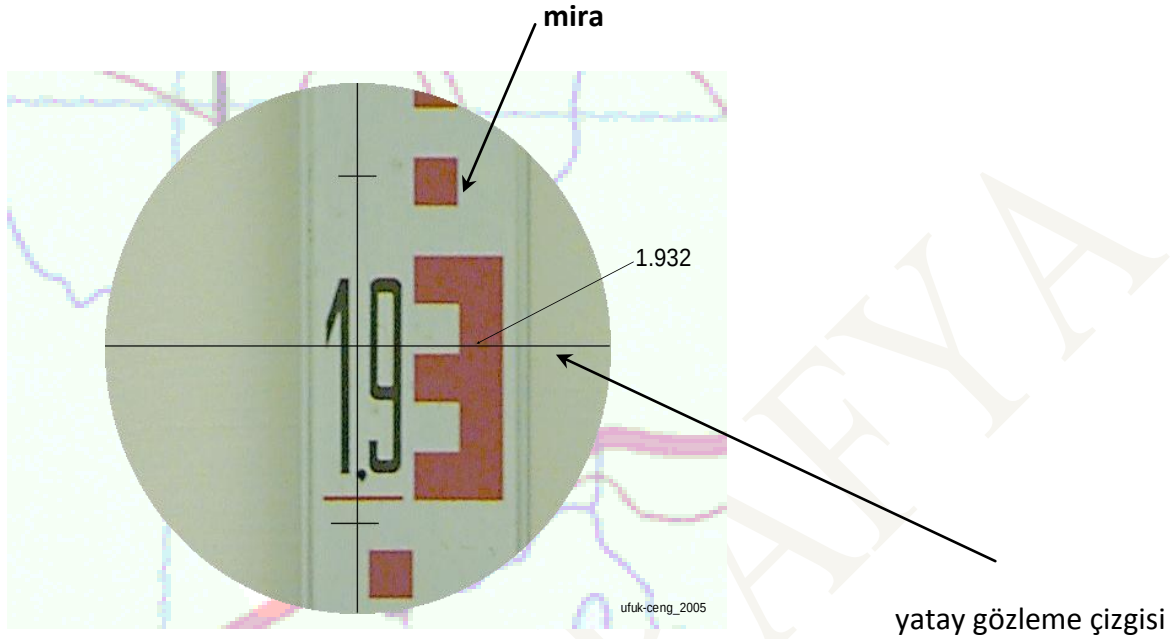


Bunlara '**nivo**' denir.

Dürbünün taradığı düzleme de '**gözleme düzlemi**' denir.

Geometrik nivelman, yükseklik farkları bulunacak noktalar üzerine düşey olarak tutulan ve mira adı verilen (**MİRA**: yüksekliği bilinen yada yüksekliği bulunacak noktalar üzerinde düşey durumda tutulan üzerinde dm,cm bölümleri bulunan bir latadır). Bölümlü latalardan, bölümlerin dürbünün yatay gözleme çizgisi ile okunup ve bu okumaların farkından iki nokta arasındaki yükseklik farkının bulunmasına dayanmaktadır. Nivelman ölçmeleri gidiş-dönüş

yapılır. Nivelmanda nivo'nun herhangi bir konumu sırasında, ilk yapılan okumaya '*geri okuma*' ve nivo'nun yerini değiştirmeden yapılan son okumaya '*ileri okuma*' denir.



A ve B gibi iki nokta arasındaki yükseklik farkının bulunması isteniyorsa;

- 1- Nivo sehpa başlığı yaklaşık olarak yatay olacak bir biçimde uygun bir yere konur. AB doğrultusu üzerinde olması şart değildir.
- 2- A noktasında düşey olarak tutulan mirada okuma yapılır (g_A)
- 3- B noktasında düşey olarak tutulan mirada okuma yapılır (i_B)

Bu durumda A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkı (Δh_{AB})

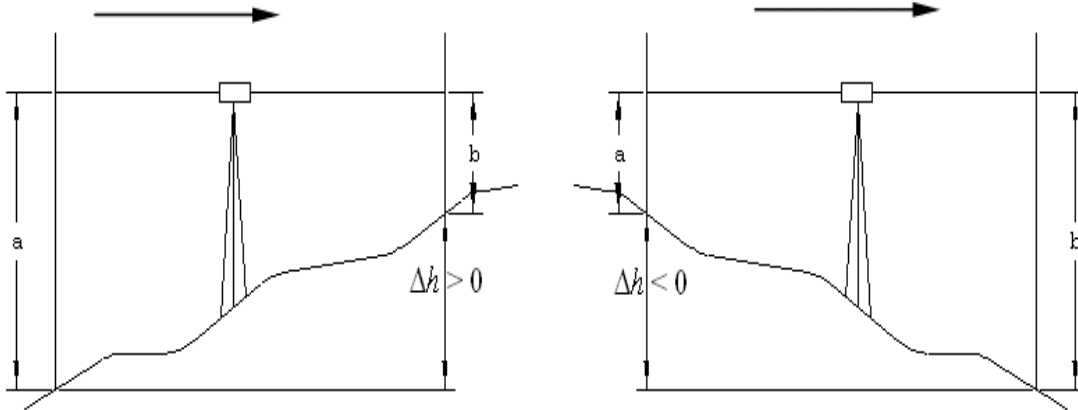
$$\Delta h_{AB} = g_A - i_B$$

dir. A noktasının kotu H_A ise, B noktasının kotu (H_B)

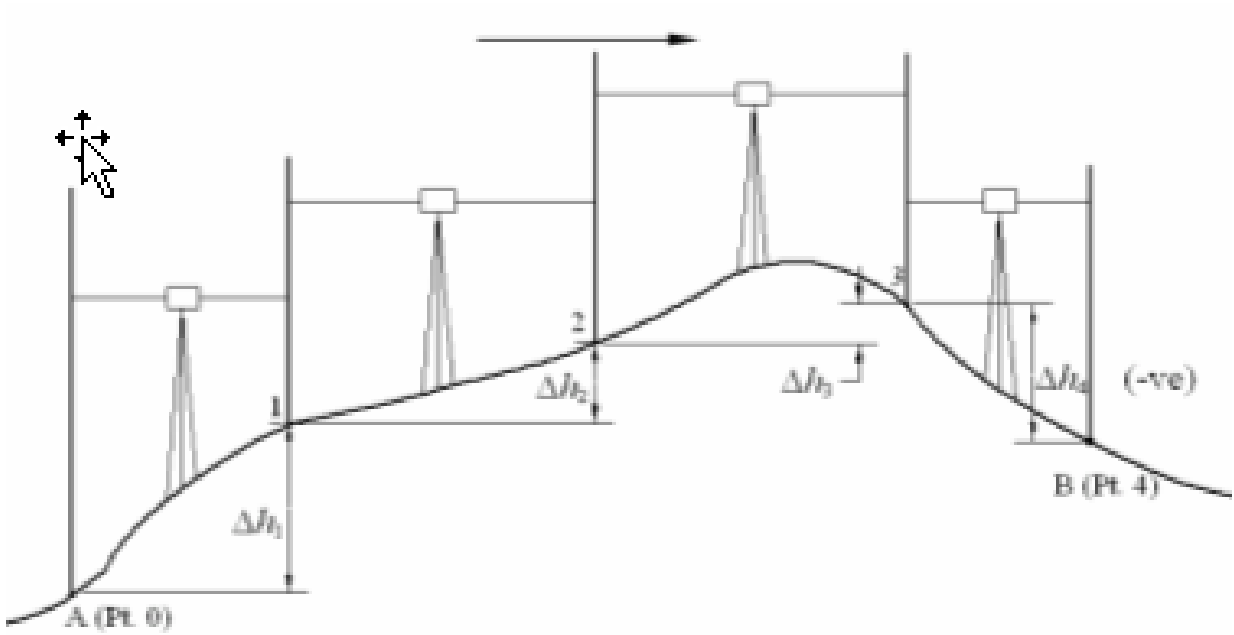
$$H_B = H_A + \Delta h_{AB}$$

dir.

Nivonun herhangi bir durumunda ikiden fazla noktada mira okuması yapılmış ise, ilk okuma '**geri okuma**', nivonun yeri değişmeden yapılan son okuma '**ileri okuma**' ve bu okumaların arasında yapılan bütün mira okumalarına '**orta okuma**' denir. Orta okuma, o noktanın hem ileri hem de geri mira okuması olarak alınabilir. Nivelman geri okuma ile başlamakta ve ileri okuma ile bitmektedir. Arazide yapılan bu ölçmeler nivelman karnesine yazılarak hesaplanır. ($\Delta h > 0$ ise arazi çıkış, $\Delta h < 0$ ise arazi iniştir.)



Geometrik nivelman yönteminin prezisyonu, birbirinden 1km uzaklıkta bulunan iki nokta arasındaki yükseklik farkının karesel ortalama hatası cinsinden verilmektedir. Prezisyon $\pm 0.2\text{mm/km}$ ile $\pm 20\text{ mm/km}$ arasındadır.



1,2,3 değişim noktaları

Geri okumalar A,1,2,3

İleri okumalar 1,2,3,B

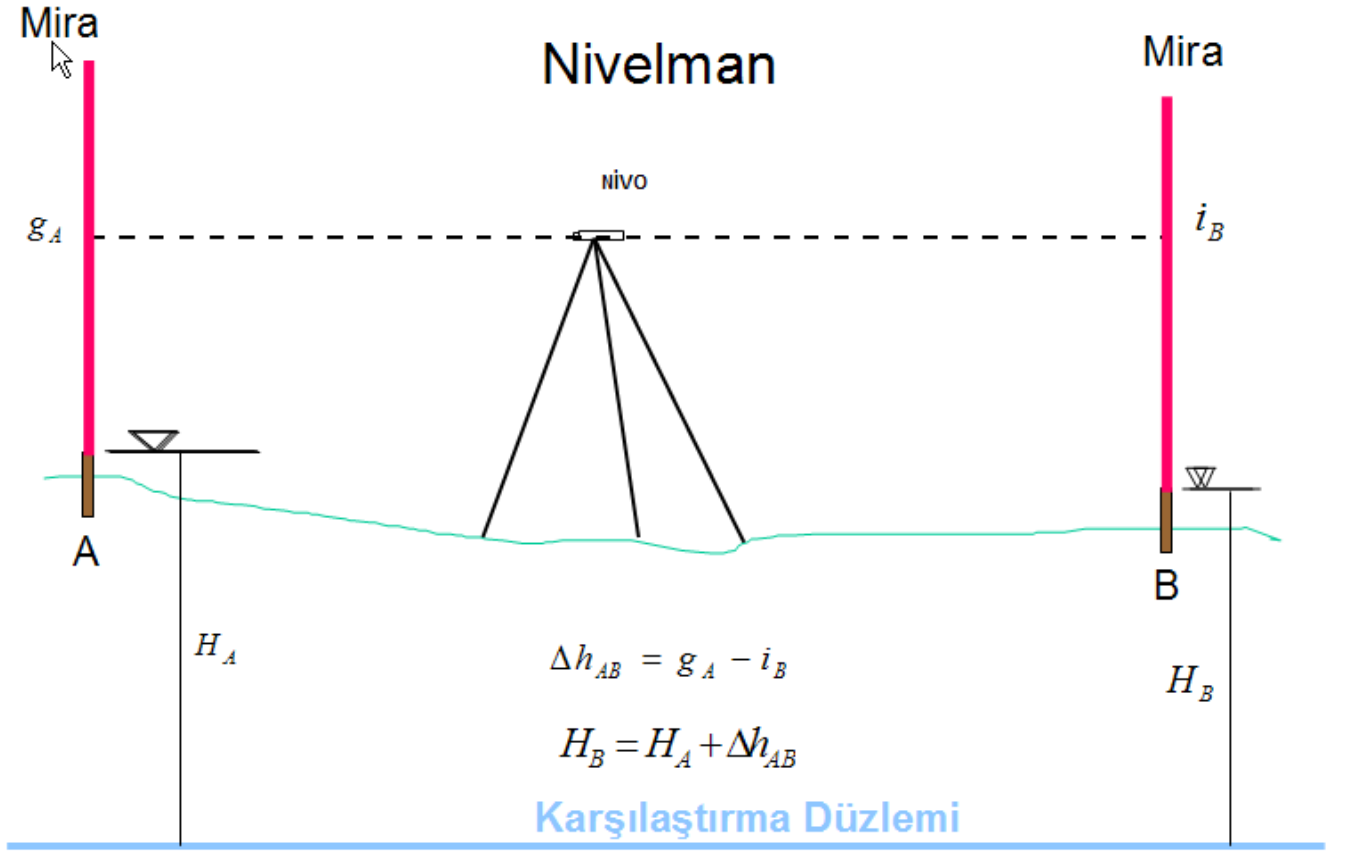
A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkı:

- $\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4 = (g_A - i_1) + (g_1 - i_2) + (g_2 - i_3) + (g_3 - i_B) = \sum \text{geri} - \sum \text{ileri}$

NİVELMAN KARNELERİNİN HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

1- Yükseklik Farkı Yöntemi (Δh)

2- Gözleme Düzlemi Kotu Yöntemi (GDK)

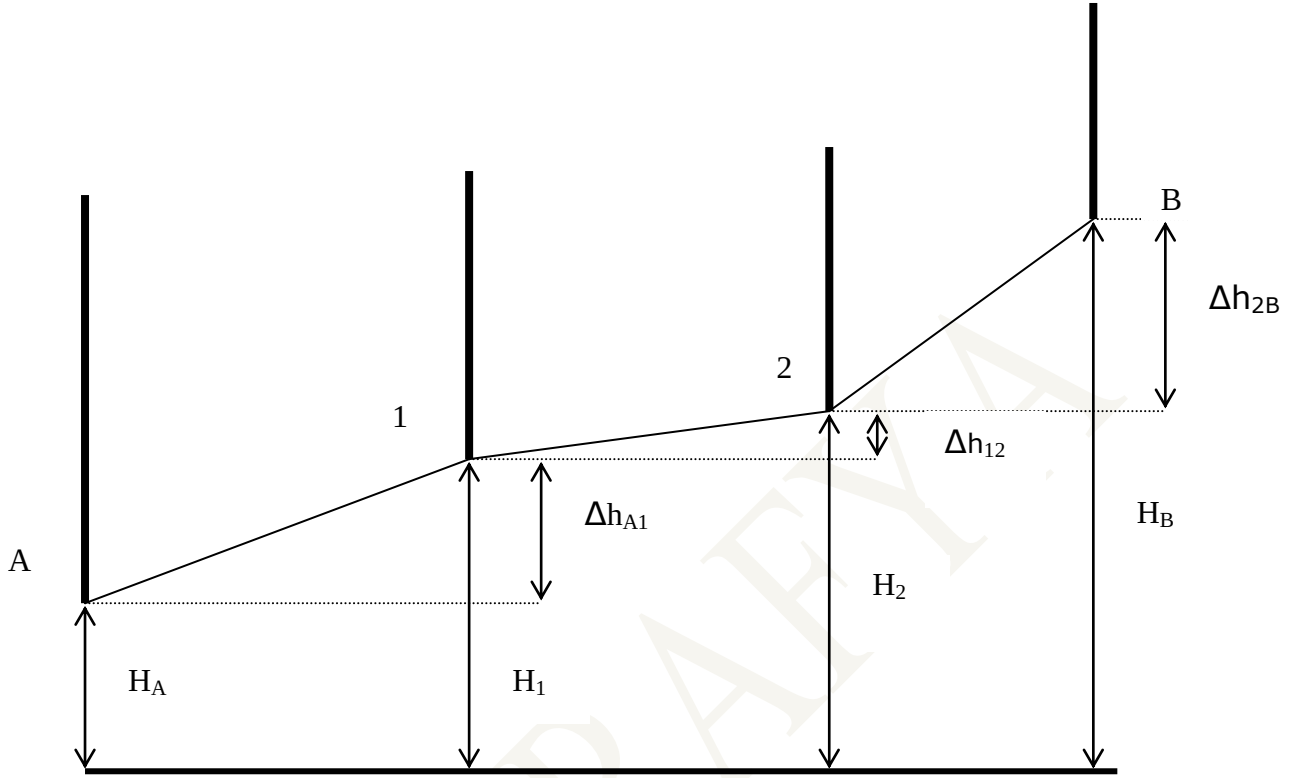


YÜKSEKLİK FARKI YÖNTEMİNE GÖRE NİVELMAN KARNESİ HESABI

Kontrol Eşitlikleri

Yükseklik Farkı Yöntemi için;

$$\sum \Delta h = \sum \text{geri} - \sum \text{ileri} = H_{\text{SON}} - H_{\text{İLK}}$$



Aşağıda verilen nivelman karnesini yükseklik farkı yöntemine göre hesaplayınız.

**NİVELMAN ÖLÇME ve HESAP ÇİZELGESİ
(GİDİŞ)**

Nokta No.	Ara Uzaklık	Mira Okumaları (m)			Yükseklik Farkı	Nokta Yükseklikleri
		Geri	Orta	İleri		
A		2.325			0,702	110,000
1		2.516		1.623	1,079	110,702
2		2.877		1.437	1,962	111,781
B				0,915		113,743
Σ		7,718		3.975	3.743	$H_B - H_A = 3.743$

$$\sum \Delta h = \sum \text{geri} - \sum \text{ileri} = H_B - H_A = 3.743$$

GÖZLEME DÜZLEMİ KOTU YÖNTEMİ (GDK)

Gözleme düzlemi yönteminde her nivo kuruluşu için dürbünün optik ekseninden geçen yatay düzlemde yararlanılır. Bu yatay düzlem 'gözleme düzlemi' ismi verilir.

Nokta yüksekliğine (H_A) o noktada yapılan geri okuma (g_A) eklenerek "GDK" bulunur

$$GDK = H_A + g_A$$

Bu gözleme düzlemi kotundan o nivo kuruluşunda yapılmış olan orta ve ileri okumalar çıkarılarak, miranın tutulduğu noktaların kotları bulunur. Nivonun yeri değiştiği zaman GDK da değişir.

Gözleme Düzlemi Kotu Yöntemi için kontrol eşitliği ;

$$\sum GDK + H_{LK} = \sum H + \sum \text{ortaokuma} + \sum \text{ileriokuma}$$

Gözleme düzlemi kotu yöntemine göre Nivelman karnesi hesabı

Nokta No	Mira okumaları			Gözleme Düzlemi kotu (GDK)	Kot.
	Gerisi	Orta	ileri		
A	g_A			$(GDK)_1 = H_A + g_A$	H_A
1		o_1		$(GDK)_1 = H_A + g_A$	$H_1 = (GDK)_1 - o_1$
2		o_2		$(GDK)_1 = H_A + g_A$	$H_2 = (GDK)_1 - o_2$
3	g_3		i_3	$(GDK)_2 = H_3 + g_3$	$H_3 = (GDK)_1 - i_3$
4		o_4		$(GDK)_2 = H_3 + g_3$	$H_4 = (GDK)_2 - o_4$
B			i_B		$H_B = (GDK)_2 - i_B$
		Σo	Σi	ΣGDK	ΣH

$$\text{Kontrol } \Sigma GDK + H_A = \Sigma H + \Sigma o + \Sigma i$$

Nokta No	MIRA OKUMALARI			Gözleme Düzlemi kotu	Kot.
	Gerisi	Orta	ileri		
A	3.673			13.673	10.000
1		3.030		13.673	10.643
2		1.990		13.673	11.683
3	3.600		0.324	16.949	13.349
4		1.660		16.949	15.289
B			1.280		15.669

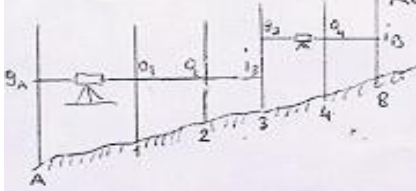
$$\Sigma o = 6.680 \quad \Sigma i = 1.604 \quad \Sigma GDK = 74.917$$

$$\Sigma H = 76.633$$

Kontrol

$$74.917 + 10.000 = 76.633 + 6.680 + 1.604$$

$$84.917 = 84.917$$



$$\Sigma GDK + H_A = \Sigma H + \Sigma o + \Sigma i$$

KONTROL
EŞİTLİĞİ

NİVELMAN POLİGONLARINA AİT ÖLÇME HATALARI

1- AÇIK NİVELMAN POLİGONUNDA

Açık poligonda gidiş nivelmanının kontrolü için ters doğrultuda dönüş nivelmanı yapılır. Bu durumda gidiş nivelmanındaki yükseklik farkları toplamı $\sum \Delta h_g$, dönüş nivelmanındaki $\sum \Delta h_d$, ise

$$\sum \Delta h_g - \sum \Delta h_d = 0$$

olmalıdır.

2- KAPALI NİVELMAN POLİGONUNDA

Nivelmana yüksekliği (kotu) bilinen noktadan başlanıp tekrar aynı noktaya gelindiğinden

$$\sum \Delta h = 0$$

olmalıdır

3- BAĞLI NİVELMAN POLİGONUNDA

Kotu bilinen A noktasından kotu bilinen B noktasına gidildiğinde

$$\sum \Delta h = H_B - H_A$$

olmalıdır. Kaçınılamayan ölçme hataları ve atmosferik etkiler nedeniyle söz konusu edilen koşullar sağlanamaz ve kapanma hataları ortaya çıkar.

NİVELMAN POLİGONLARINA AİT ÖLÇME HATALARI

Bunlar

Açık nivelman poligonunda

$$f_h = \left| \sum \Delta h_g \right| - \left| \sum \Delta h_d \right|$$

Kapalı nivelman poligonunda

$$f_h = \sum \Delta h - 0$$

Bağı nivelman poligonunda

$$f_h = \sum \Delta h - (H_B - H_A)$$

Nivelman ölçmelerine ait hata sınırı

$$D_h = 20 \text{ mm} \sqrt{L(\text{km})}$$

L=nivelman boyu

$f_h \leq D_h$ olmalıdır.

**NİVELMAN ÖLÇME ve HESAP ÇİZELGESİ
(GİDİŞ)**

Nokta	Ara	Mira Okumaları(m)			Yükseklik	Nokta	
No.	Uzaklık	Geri	Orta	İleri	Farkı	Yükseklikleri	Açıklama
101	52,80	3.060			2.363		
102				0.697			
102	52,30	1,852			1,322		
103				0,530			
103	46,00	0,192			-2,459		
104				2,651			
104	67,80	0,560			-1.221		
101				1,781			

**NİVELMAN ÖLÇME ve HESAP ÇİZELGESİ
(DÖNÜŞ)**

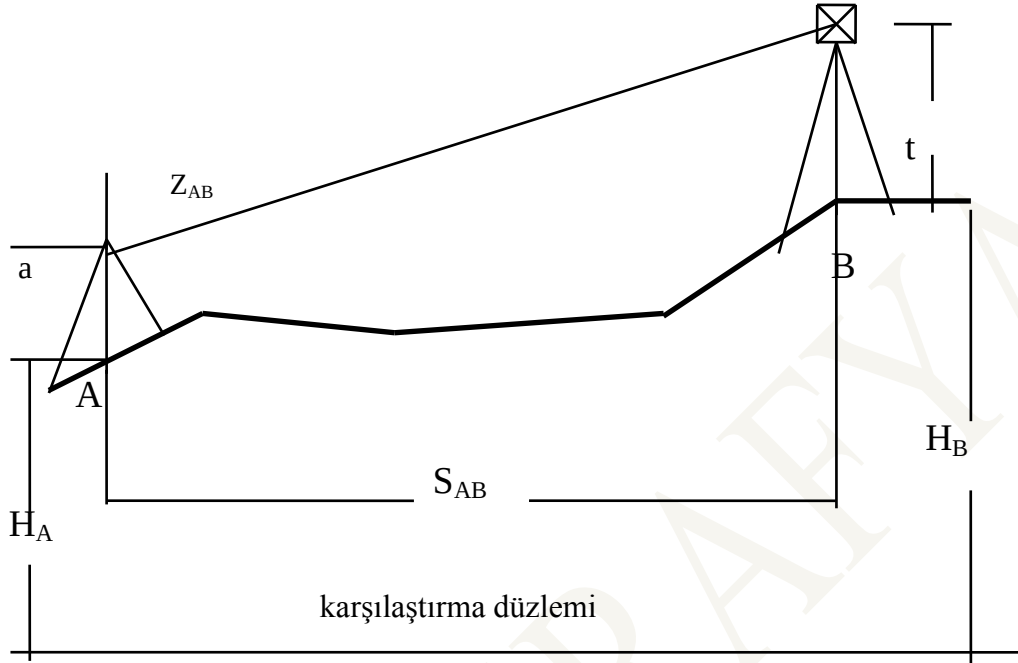
Nokta	Ara	Mira Okumaları(m)			Yükseklik	Nokta	
No.	Uzaklık	Geri	Orta	İleri	Farkı	Yükseklikleri	Açıklama
101	67,90	1,590			1,222		
104				0,368			
104	46,20	2,622			2,457		
103				0,165			
103	51,90	00,571			-1,322		
102				1,893			
102	53,00	0,684			-2,363		
101				3,047			

KAPALI POLİGON NİVELMAN ÖZET ÇİZELGESİ

Nokta	Gidiş Nivelmanı (m)		Dönüş Nivelmanı (m)		Fark	Hata	Ortalama (m)		Düzeltilme	Düzeltilmiş	Nokta
No.	Δh_g	S_g	Δh_d	S_d	(mm)	Sınırı	Δh_o	S_o	$v_h(mm)$	$\Delta h'(m)$	Yüksekliği(H)
101	2,363	52,80	-2,363	53,00	0	4,6	2,363	52,90	-2	2,361	145,000
102	1,322	52,30	-1,322	51,90	0	4,6	1,322	52,10	-1	1,321	147,361
103	-2,459	46,00	2,457	46,20	-2	4,3	-2,458	46,10	-1	-2,459	148,682
104	-1,221	67,80	1,222	67,90	-1	5,2	-1,222	67,85	-1	-1,223	146,223
101											145,000
Σ							0,005		-5	0	
$f_{h_i} \leq d_{h_i}$ $d_{h_i} = 20mm\sqrt{S(km)}$											

TRİGONOMETRİK NİVELMAN

Düşey açıların ölçülmesi ile yüksekliklerin belirlenmesi yöntemidir. Prezisyon ± 1 cm ile ± 10 cm arasındadır.



$$H_B - H_A = \Delta h_{AB} = S_{AB} \cot z_{AB} + a - t$$

$$H_B = H_A + S_{AB} \cot z_{AB} + a - t$$

UYGULAMA

$$H_A = 100 \text{ m}$$

$$z_{AB} = 86.144^\circ$$

$$S_{AB} = 125 \text{ m}$$

$$a = 1.50 \text{ m}$$

$$t = 1.47 \text{ m}$$

$$H_B = ?$$

$$H_B = H_A + S_{AB} \cot z_{AB} + a - t = 127.67 \text{ m.}$$

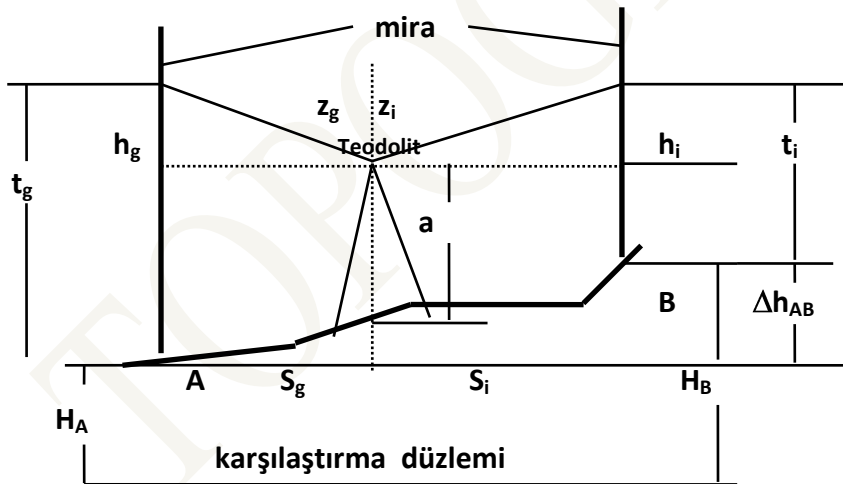
$S_{AB} > 250$ m ise

$$\Delta h_{AB} = S_{AB} \cot z_{AB} + a - t + \frac{1-k}{2R} S_{AB}^2$$

$k=0.13$, $R=6370$ km

TRİGONOMETRİK NİVELMAN İLE İKİ NOKTA ARASINDAKİ YÜKSEKLİK FARKININ BULUNMASI:

Trigonometrik nivelmanda, 250 m ye kadar uzaklıklarda düşey açılar ve yatay uzunlukların ölçülmesi suretiyle noktalar arasındaki yükseklik farkları bulunur. Trigonometrik nivelman konum koordinatlarının elde edilmesi için kurulan ağlarda(Açı ağı, kenar ağı, poligonasyon ağları) nokta yüksekliklerinin belirlenmesinde ve sağladığı prezisyon yeterli olduğu sürece mühendislik hizmetlerinde ve geometrik nivelmanın uygulanamadığı dağlık arazideki her türlü yükseklik ölçmesinde kullanılır.



$$\Delta h_{AB} = S_i \cot z_i - S_g \cot z_g \quad t_i = t_g$$

BAROMETRİK NİVELMAN

Atmosfer basıncının yükseklikle değişmesinden yararlanılır. Basınç barometre ile ölçülür ve basınç farklarından yükseklik farkları hesaplanır. Bu yöntemle iki nokta arasındaki yükseklik farkları $\pm 1-2$ metre prezisyonla bulunabilmektedir. Keşif işlerinde kullanılır.

BOYKESİT-ENKESİT

Yeryüzünün düşey bir yüzey ile arakesitine **'boy kesit'** denir. Bu arakesit doğru, daire yayı, kübik parabol, klotoid vb. gibi birleştirme eğrilerinden oluşur. Boyuna kesit proje eksen boyunca arazinin topografik yapısını gösterir. Demiryolu, kanal, karayolu vb. yapıların inşaat projelerinin hazırlanması ve herhangi bir sebeple toprak hacminin bulunması amacıyla kesitler alınır. Boyuna kesit doğrultusuna dik bir düzlem ile yeryüzünün ara kesidine **'enine kesit'** denir. Enkesitler boyuna kesit eksen kazığından boyuna kesit doğrultusuna dik, sağ ve sol yana doğru belirli uzunlukta alınır.

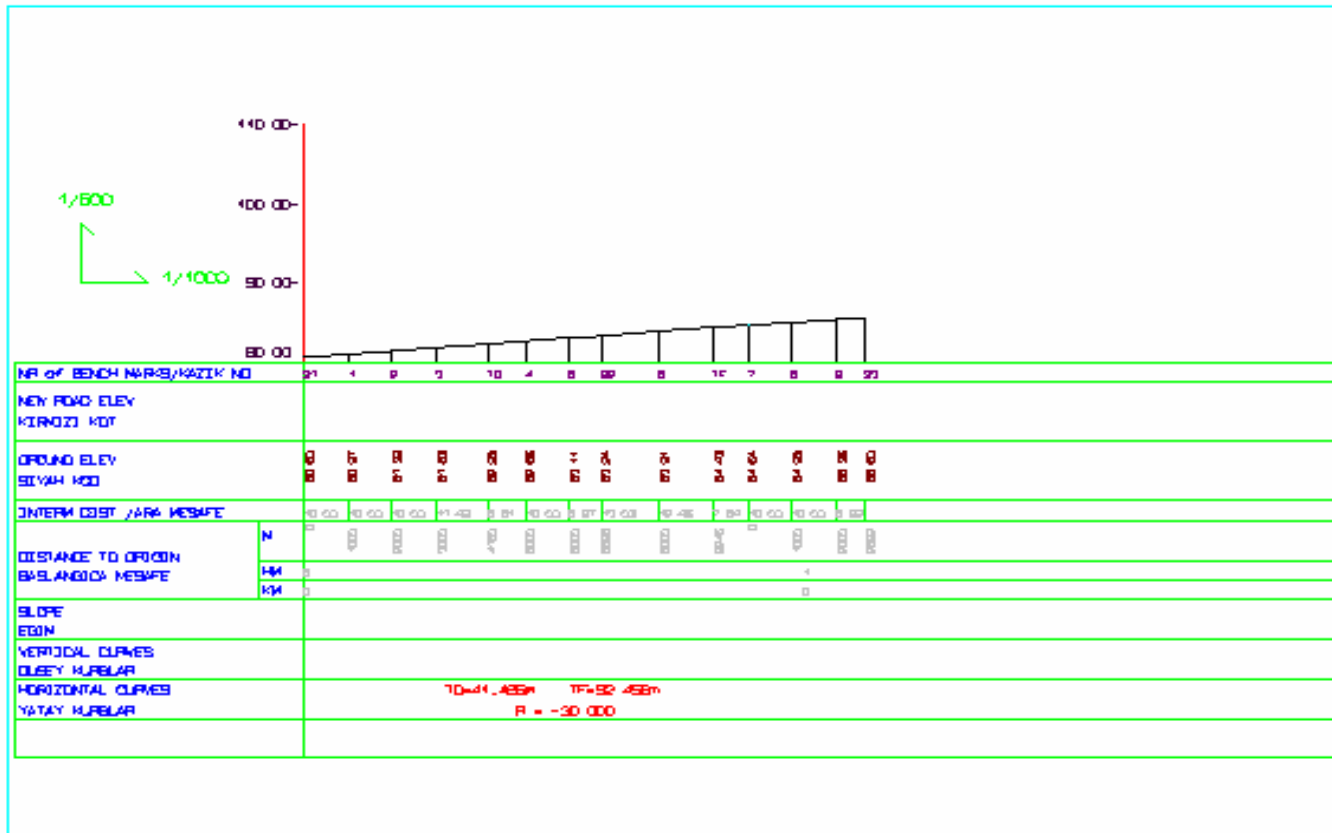
Boyuna kesit noktalarının kotlarının hesaplanabilmesi ve boyuna kesitlerin çizimi için;

- boyuna kesit noktalarının arazi üzerinde belirlenmesi(arazinin eğim değiştiren noktaları),
- uzunluk ölçmelerinin yapılması
- açık veya bağlı nivelman poligonu yardımı ile nivelmanın yapılması gerekir.

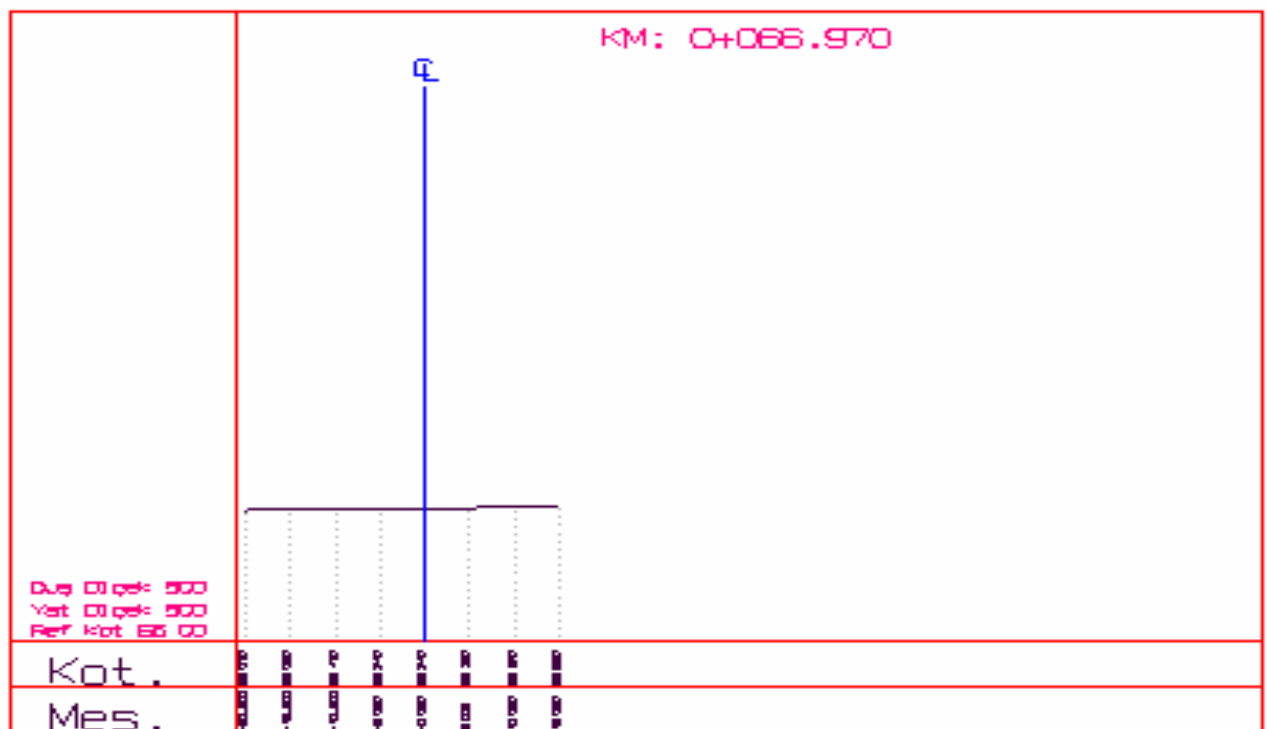
Ölçmelerden sonra boyuna kesit nivelman karnesi hesaplanır. Daha sonra dik koordinat sisteminde yatay eksen uzunlukları düşey eksen yükseklik farklarını göstermek suretiyle çizim yapılır. Arazinin eğiminin net olarak görünebilmesi için yatay ölçek düşey ölçeğin 5 veya 10 katı olarak alınır. Karşılaştırma çizgisine uygun bir kot değeri verilerek ölçek dikkate alınarak uzunluklar işaretlenir. Boyuna kesitte, arazinin engebe durumunu gösteren çizgiye **'siyah çizgi'**, bu çizgiye ait nokta kotlarına **'siyah kot=arazi kotu'** denir. Boyuna kesit üzerinde kırmızı çizgi geçirilir, bu çizgi toprak işleri sonucunda boyuna kesit eksen çizgisinin alacağı durumu gösterir, eğimli doğrular ile bunları birbirine bağlayan eğrilerden oluşur. Bu çizgiye ait noktaların kotlarına da **'kırmızı kot=proje kotu'** denir.

Enine kesit nivelman karnesinin hesabı için boyuna kesit kesit nivelman karnesinden eksen kazığının kot değeri alınır. Enine kesit nivelmanında mira okumaları daha çok orta okuma olduğundan gözleme düzlemi kotu yöntemi kullanılarak kotlar hesaplanır.

BOYUNA KESİT ÇİZİMİ



ENKESİT



Uygulama

Boykesit özeti

Nokta No.	Ara Uzaklık (m)	Nokta Yükseklikleri
101		180,57
	23.15	
102		183,12
	26.05	
103		178,44
	17.35	
104		179,57
	19.93	
105		182,03

Enkesit çizelgesi 5+455

Eksen Kazığından Uzaklık(m)	Mira Okumaları	
	Geri (m)	İleri (m)
20,00	1,000	
13,10	1,170	1,170
7,25	0,830	2,980
0,00	1,750	0,990
9,50	1,330	2,180
20,00		2,470

Boykesit özet çizelgesinde 101 noktasının başlangıç noktasına uzaklığı 5+388⁴⁵ olduğuna göre enkesit çizelgesini hesaplayınız.

Çözüm:

101 noktasının başlangıç noktasına uzaklığı 5+388⁴⁵ ve Enkesit çizelgesinde eksen kazığının km si 5+455 verildiğinden (388.45+ 23.15+26.05+17.35=455) 104 nolu nokta eksen kazığıdır. 104 noktasının yüksekliği boykesit çizelgesinden alınarak enkesit çizelgesi hesaplanır.

Eksen Kazığından Uzaklık(m)	Mira Okumaları		GDK	Yükseklikler H
	Geri (m)	İleri (m)		
20,00	1,000			181.71
13,10	1,170	1,170	182.71	181.54
7,25	0,830	2,980	182.71	179.73
0,00	1,750	0,990	181.32/180.56	179,57
9,50	1,330	2,180	180.47	179.14
20,00		2,470		178

Kontrol: $\sum GDK + H_{ilk} = \sum H + \sum ortaokuma + \sum ileriokuma = 1089.48$

Δh

-0.17

-1.81

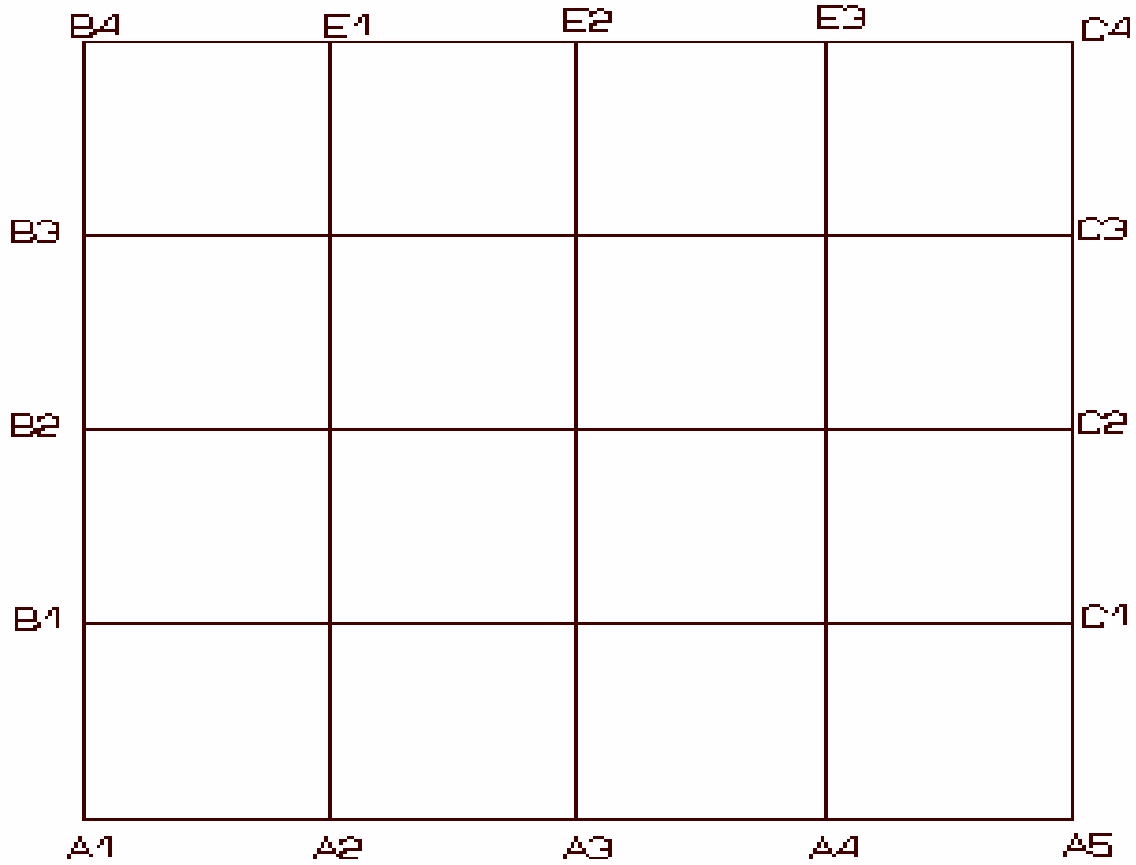
-0.16

-0.43

-1.14 yükseklik farkları ile de çözülebilir.

KARELER AĞI İLE YÜZEY NİVELMANI

Elde herhangi bir konum planı bulunmuyor veya eldeki planda gösterilmiş olan detay noktaları az ya da amacına uygun değilse, arazinin tamamını kaplayan bir kareler ağı oluşturulur. Kareler ağı, karelerin kenar uzunlukları, nivelmanın amacına, arazinin biçimine ve planın ölçeğine bağlıdır. Genellikle karelerin kenar uzunlukları 10 m ile 50 m arasında değişebilir. Kareler ağı, dik doğrultular prizma veya teodolit ile işaretlenir. Kareler ağı köşe noktaları birer kazık ile belirlenir ve üzerine noktaların numaraları yazılır. Şekildeki ağı oluşturmak için A_1A_5 kenarı üzerinde örneğin 15 m ara ile A_2, A_3, A_4, A_5 noktaları işaretlenir. A_1 ve A_5 noktalarından A_1A_5 doğrultusuna dikler çıkarılır. Bu dikler üzerinde B_1, B_2, B_3, B_4 ve C_1, C_2, C_3, C_4 noktaları işaretlenir. $B_4C_4=60$ m olmalıdır. Fakat çoğu kez bu sağlanmaz. Örneğin $B_4C_4=60,20$ m ise 0.20 m'lik fark dört ara boya eşit olarak dağıtılır. B_4C_4 üzerinde 15,05 m'lik uzunluklar alınarak E_1, E_2, E_3, E_4 noktaları bulunur. Çerçeve bu biçimde hazırlandıktan sonra iç noktalar birbirine dik durumda bulunan iki doğrultunun kesim noktası olarak jalonlar (her 50 cm si farklı renkte boyanmış 1 veya 2 m'lik çubuklar) yardımıyla belirlenir ve işaretlenir. Bu şekilde elde edilen kareler ağı detay noktalarının (yollar, şevler, su yolları, bina vb) ölçülmesi için iskeleti oluşturur.



Kareler ağı köşe noktalarından başka arazi detay noktaları ile kesişme noktalarının da konumu ve yükseklikleri belirlenir. Bir arazi krokisi hazırlanır. Bu kroki üzerine ölçülen tüm büyüklükler yazılmalıdır. Konum planı arazi krokisine dayanılarak herhangi bir ölçekte çizilebilir. Nivo ile yükseklik ölçmeleri konum ölçmelerinden bağımsız olarak yapılır. Arazideki detay noktalarında mira okumaları cm prezisyonunda, buna karşılık kareler ağı noktalarında mm prezisyonunda yapılmalıdır.

Nivo, ağın olurunca büyük bir kısmını görebilecek şekilde uygun bir yere konmalıdır. İlk istasyon noktasında kotu bilinen noktada tutulan miraya okuma yapılır. Daha sonra ölçülmesi gereken noktaların üzerinde mira tutularak mira okumaları yapılır. İlk istasyon noktasında ölçmeler bittikten sonra arazide 2. uygun bir istasyon noktasına nivo konur. İlk istasyon nokta kazığına mira tutularak okuma yapılmalıdır. Aynı şekilde gerekli noktalarda mira okumaları yapılır. Nivelman

işleminde silindir düzeç kabarcığı devamlı ortalımalıdır.. Arazide nivo için seçilen istasyon noktalarından bütün kareler ağı noktaları görülebilmelidir. Son istasyon noktasından, önceden yüksekliği belirlenmiş olan noktada tutulan miraya bir okuma yapılmalıdır.

Kareler ağı içindeki, arazi biçiminin gösterimi için önemli olan noktalar, yükseklik olarak kareler ağı noktalarına göre ölçülüp saptandıktan sonra kareler ağı çizilmiş plan kağıdı üzerinde işaretlenir.(kotlu plan)

Detay noktaları haritada en az 0.2mm konum doğruluğunu sağlayacak nitelikte paftada işaretlenir.

TAKEOMETRİ

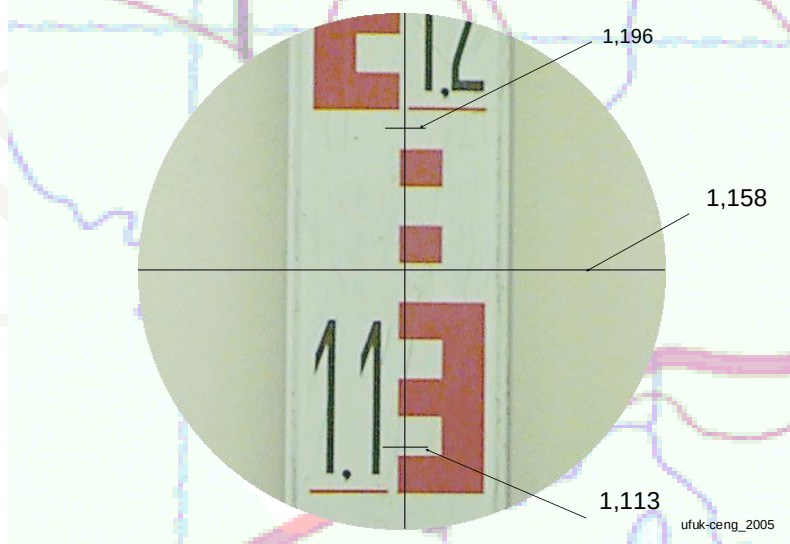
Takeometri ,arazi üzerindeki detay noktalarının (elektrik direği, yol kenarı, arazi noktası v.b.) kutupsal koordinatlarının (yatay açı ve yatay uzunluk) ve yüksekliklerinin belirlenmesi işlemidir. Alet donanını (teodolit+mira) dır. Takeometri işleminde kullanılan teodolite 'takeometre' ismi verilir. Ölçmelere başlamadan önce çalışılacak bölgenin A3(297X420mm) boyutunda çizim kağıdına detaylı bir krokisi hazırlanır ve 1 alet operatörü,1 yazıcı,1 krokici ve yeterli sayıda miracıdan oluşan takeometri postası oluşturulur.

TAKEOMETRİDE BİR İSTASYON NOKTASINDA YAPILMASI GEREKEN İŞLER

1-Teodolit bir poligon noktası üzerine kurulur, merkezlendirilir, tesviye edilir ve dürbün göze uydurulur (Oküler göze uydurulur,görüntü netleştirilir,paralaks giderilir, *paralaks* görüntünün gözleme çizgileri üzerine düşmemesi durumudur.)

2-Alet yüksekliği (a) ölçülür.(Alet yüksekliği(a), teodolitin muylu ekseninin poligon noktasına olan uzaklığıdır.) Açı röperi için uzakta bir nokta seçilerek sadece yatay açı değeri okunur. Her 20 noktada bir bu ölçme tekrarlanır.

3-En yakındaki poligon noktasına bakılarak yatay doğrultu değeri $0^{\circ}.00$ ile karşılaştırılır. Bu noktada düşey açı ve *mira okumaları*(üst çizgi okuması-orta çizgi okuması-alt çizgi



okuması) da yapılır.

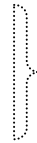
4-Daha sonra her bir detay noktasında (arazinin eğim değiştiren noktaları,yol kenarı,kanalizasyon ve ptt kapakları,telefon direği vb.) *yatay açı,düşey açı ve mira okumaları*(üst çizgi okuması-orta çizgi okuması-alt çizgi okuması) yapılır. Mira okumaları yapılırken üst çizgi okuması($O_{\text{ÜST}}$) 1,000 m veya 2,000 m gibi tam bir sayı ile karşılaştırılarak orta çizgi okuması (O_{ORTA}) ve -alt çizgi okuması (O_{ALT}) yapılır. Okumalar yapılırken yazıcı ve krokicinin birbirleriyle iletişim içinde

olması gerekir(Krokide işaretlenen detay noktası numaraları ile takeometri çizelgesinde açıklamalar kısmında da özelliği belirtilen detay nokta numaraları aynı olmalıdır). Yatay açıların iki hane (örng,123.78),düşey açıların ise üç hane okunmasına(örng,123.785) dikkat edilmelidir.

$$O_{ORTA}=1/2(O_{ÜST}+ O_{ALT})$$

5-Okunan değerler takeometri çizelgesine yazılarak her bir detay noktasının yüksekliği (H_i) ve yatay uzunluğu(S_i)hesaplanır.

$$S_i= k l \sin^2 z$$



$$O_{ÜST} > O_{ALT}$$

$$O_{ALT} > O_{ÜST}$$

$$l= O_{ÜST} - O_{ALT}$$

$$l= O_{ALT} - O_{ÜST}$$

z = başucu açısı (düşey açı)

Mira okumaları metre biriminde yapılmış ise (örneğin , 1.345) $k=100$ (sabit)

Mira okumaları cm biriminde yapılmış ise (örneğin , 134.5) $k= 1$ (sabit) dir.

$$h_i= \frac{1}{2} k l \sin 2z = S_i / \tan z$$

$$H_i= H_{İSTASYON} + a + (h_i - T)$$

$H_{İSTASYON}$ = teodolitin kurulduğu noktanın yüksekliği

a =alet yüksekliği

T = orta okumanın metre cinsinden değeri

TAKOMETRİ ÖLÇME VE HESAP ÇİZELGESİ

Operator :

Yazıcı :

Alıcı :

Seri no :

Tarih : / /

İSTASYON NOKTASI	GÖZL. NOKTA	ÖLÇÜLEN AÇILAR		MİRA OKUMALARI				Seri no :		Tarih : / /	
		YATAY AÇI (grad)	DÜŞEY AÇI (grad)	O _{alt} (m)	O _{orta} (T) (m)	O _{üst} (m)	O _{ort} -O _{alt} (m)	S = k t sin ² z (m)	m = $\frac{1}{2}$ k t sin z (m)	KOTLAR (MeK: h-T) (m)	AÇIKLAMALAR
105	104	0.00	93.35	4.000	4.240	4.480	0.480				Polygon Noktası
a = 4.50 (göz yüksekliği)	RÖPER	212.72									Minare alevi
H _{ist} = 190.241	1	206.65	99.17	4.000	4.065	4.130	0.130	13.00	0.17	190.811	Elatın dırası
MeK = 191.711	2	215.55	99.40	4.000	4.065	4.130	0.130	13.00	0.18	190.821	Çeşme
Miyah aşken kotu	3	209.78	104.17	4.000	4.195	4.390	0.390	38.99	-0.72	189.791	Yol kenarı
MeK = H + 2 istasyon noktası	4	308.44	100.73	4.000	4.248	4.436	0.436	43.59	-0.50	189.991	Kanalizasyon kapağı
= H 100 + 2											
= 190.241 + 150											
MeL = 431.711											
1. Nolu Noktası											
kotu :	11	493.83	104.23	4.000	4.256	4.512	0.512	51.18	-0.99	189.461	
H _{ist} = 190.241 + 150	RÖPER	212.72									Minare alevi
MeK = 191.711	12	183.50	102.05	2.000	2.285	2.570	0.570	56.94	-1.83	187.591	
= 190.241 + 150											
= 190.241 + 150											
MeL = 431.711											
1. Nolu Noktası											
kotu :	15	445.00	104.80	1.000	4.170	4.340	0.340				
H _{ist} = 190.241 + 150	MİRA	Okumalar	m	cininden	okuyu	ışın	k = 100	alın.	T = Orta MİRA Okumaların		
MeK = 191.711	MİRA	Okumalar	cm	oksa	idi	k = 1	okcelti,	($\frac{100}{0.5}$)	metre cininden değeri:		

Bu işlemlerden sonra çizim işlemine geçilir;

PAFTA ORTALAMASI

POLİGON NOKTALARINDAN İTİBAREN 40 M KADAR POLİGON DIŞINA DOĞRU ÖLÇMELER YAPILMIŞTIR

Plan Kağıdının Boyutları Y Doğrultusunda A_y Ve X Doğrultusunda A_x İSE

$$A_y = [(Y_{MAX} - Y_{MIN}) + 2 \cdot 40] / M + \text{ÇERCEVE PAYI}$$

$$A_x = [(X_{MAX} - X_{MIN}) + 2 \cdot 40] / M + \text{ÇERCEVE PAYI}$$

OLARAK BULUNUR

$$\text{ÇERCEVE PAYI} = 2 \cdot 0.05$$

1-Dik koordinat sisteminde önce poligon noktaları plan kağıdına işaretlenir.

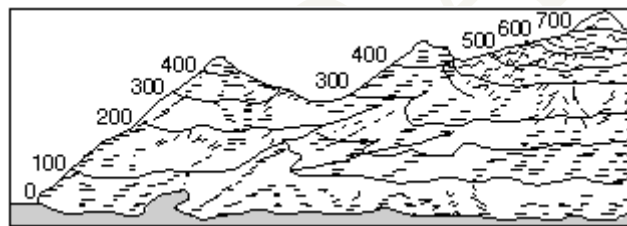
2-Takeometri karnelerinden yararlanılarak açölçer hangi poligon noktasından hangisine $0^\circ.00$ ile bakılmışsa o doğrultu ile karşılaştırılarak, açölçer hareket ettirilmeden diğer detay noktalarının yatay açıları ve hesaplanan yatay uzunlukları (ölçek dikkate alınarak) plan kağıdı üzerinde işaretlenir ve böylece bu detay noktalarının gerçek yerleri belirlenir ve sadece yükseklikleri desimetre

mertebesinde (123.9 vb.) yazılarak kotlu plan (takeometrik plan(plankote)) elde edilir.

Daha sonra kotlu plandan yararlanılarak arazinin eş yükseklik eğrili haritası hazırlanır.

Eş yükseklik eğrileri, yeryüzünde aynı yükseklikteki noktaların çizim kağıdı üzerindeki izdüşümlerinin oluşturduğu eğrilerdir.

- 1- Bir eş yükseklik eğrisi üzerindeki bütün noktalar aynı kottadır.
- 2- Eş yükseklik eğrileri birbirlerini kesmezler.
- 3- Bütün eş yükseklik eğrileri kapalı eğrilerdir.
- 4- Eş yükseklik eğrilerinin sıklaştığı yerler eğimin arttığını, seyrekleştiği yerler ise eğimin azaldığını gösterir.
- 5- Arazinin eğimi üniform ise eğri aralıkları eşittir.



her hangi bir arazi resmi



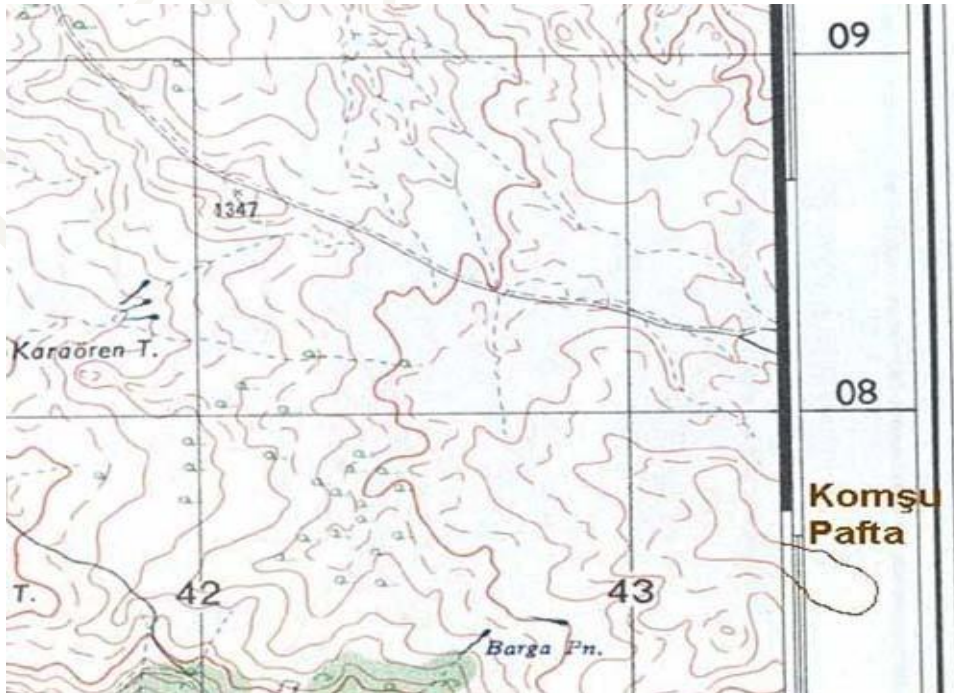
eşyükseklik eğrili haritası

EŞ YÜKSEKLİK EĞRİLERİNİN ÖZELLİKLERİ

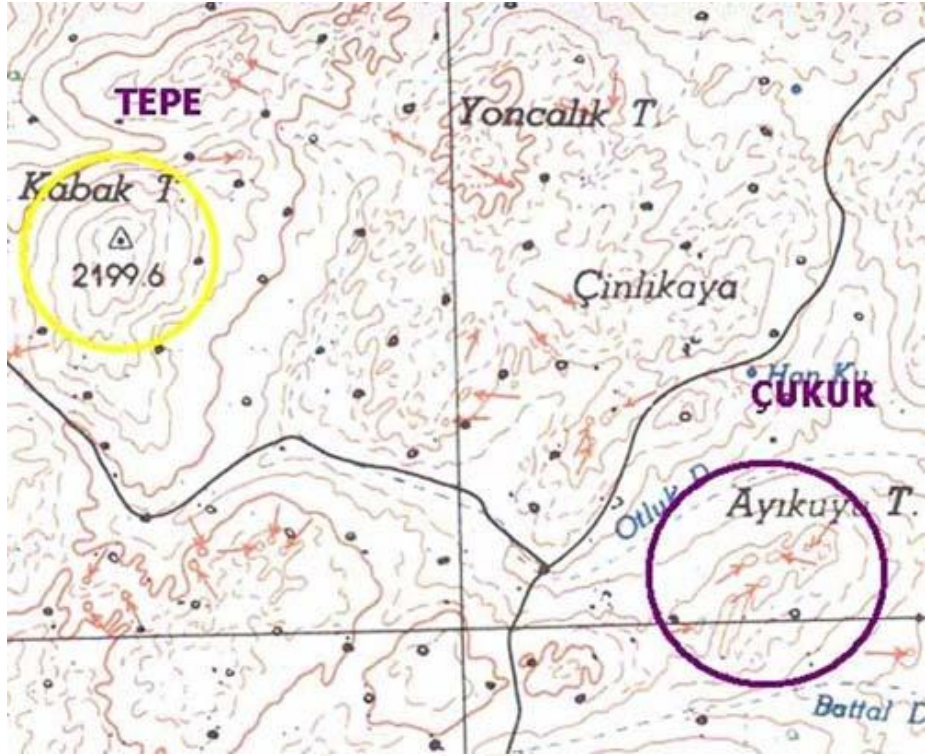
1. Bir eş yükseklik eğrisi üzerindeki bütün noktalar deniz seviyesinden aynı yüksekliktedir.



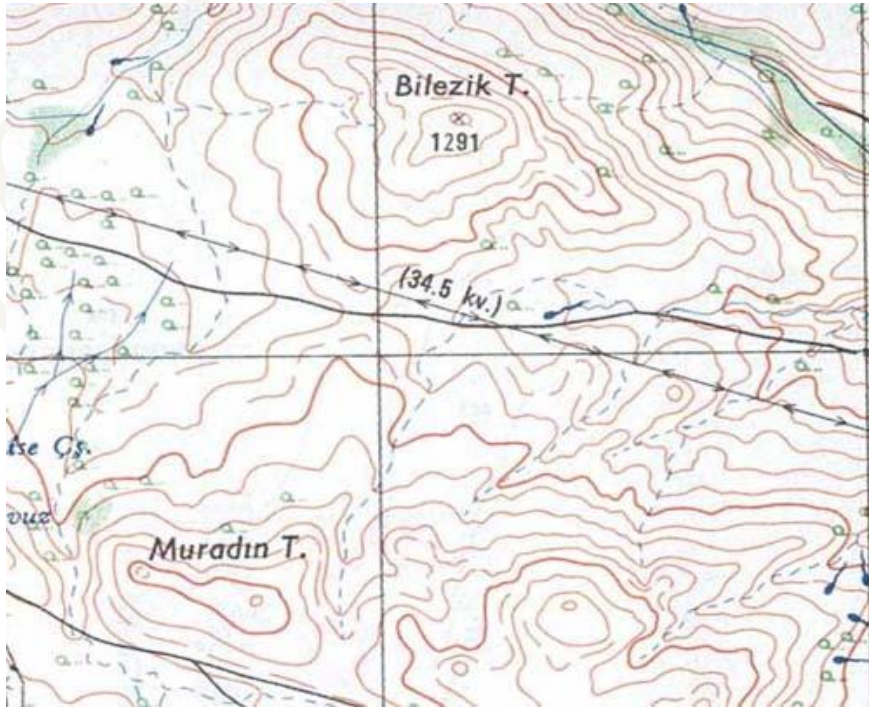
2. Her eş yükseklik eğrisi kendi üzerine kapanır. Haritanın kenarında kesilse bile komşu haritada devam eder ve kapanır.



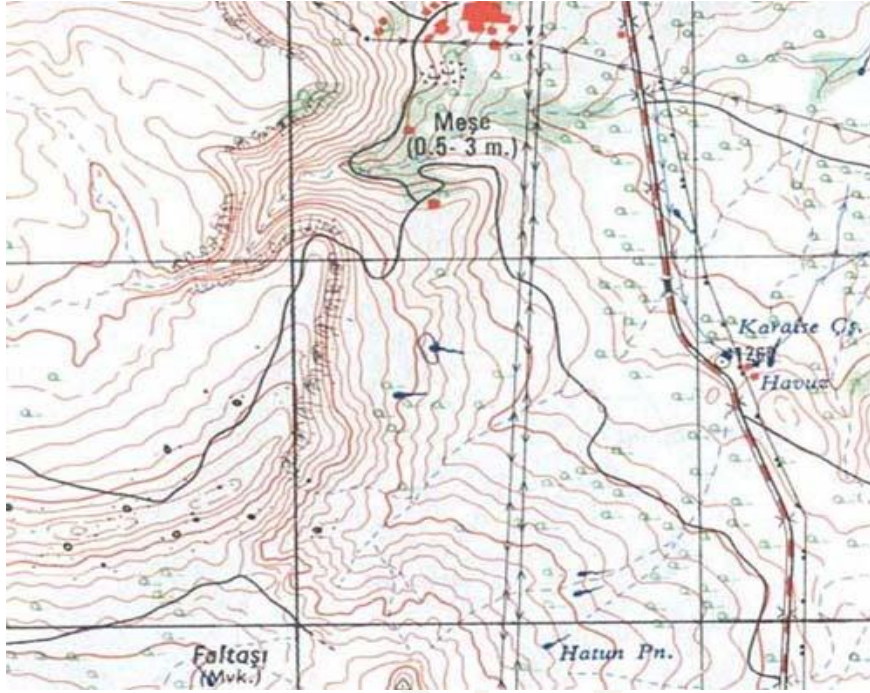
3. Kapanan bir eş yükseklik eğrisi, tepe veya çukuru gösterir. Tepe ve çukuru ayırt etmek için çukur merkezini gösterecek şekilde ok konur.



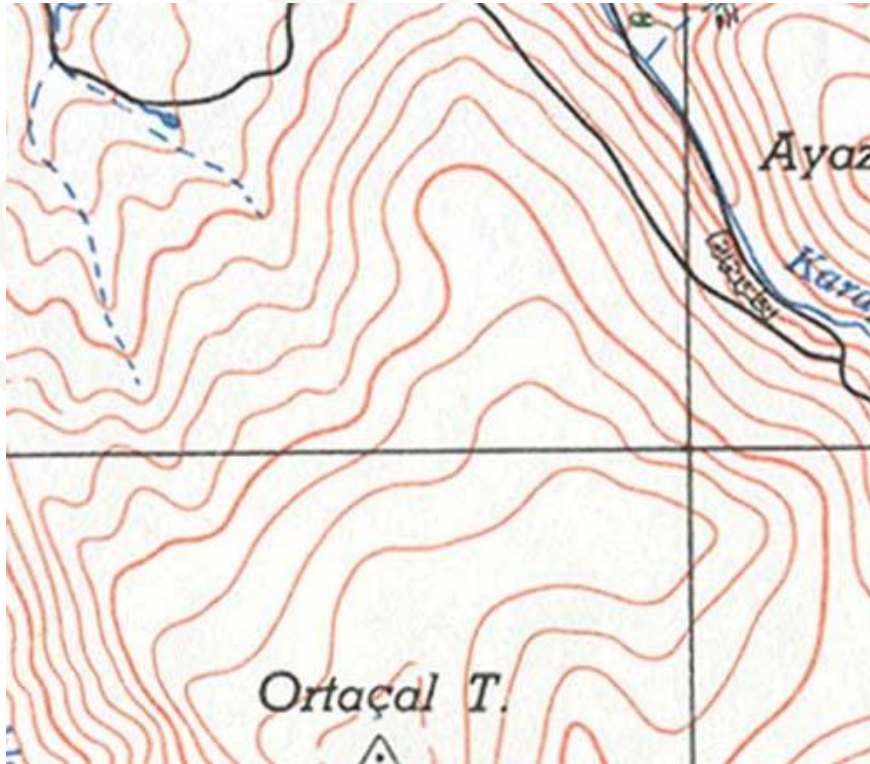
4. Eş yükseklik eğrileri birbirini kesmezler.



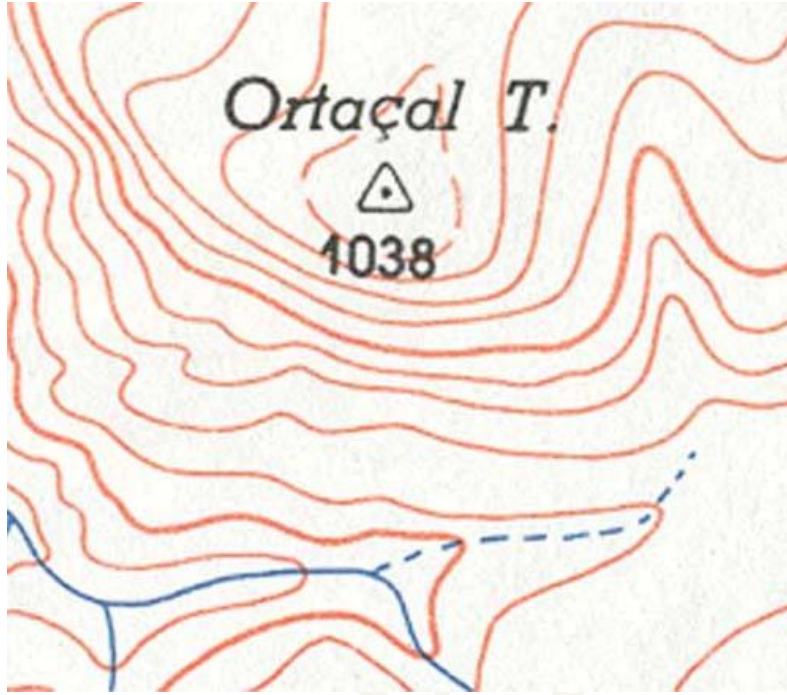
5. Yer yüzeyinin eğimi arttıkça (dikleştikçe) eş yükseklik eğrileri de birbirlerine daha yakın olarak geçerler.



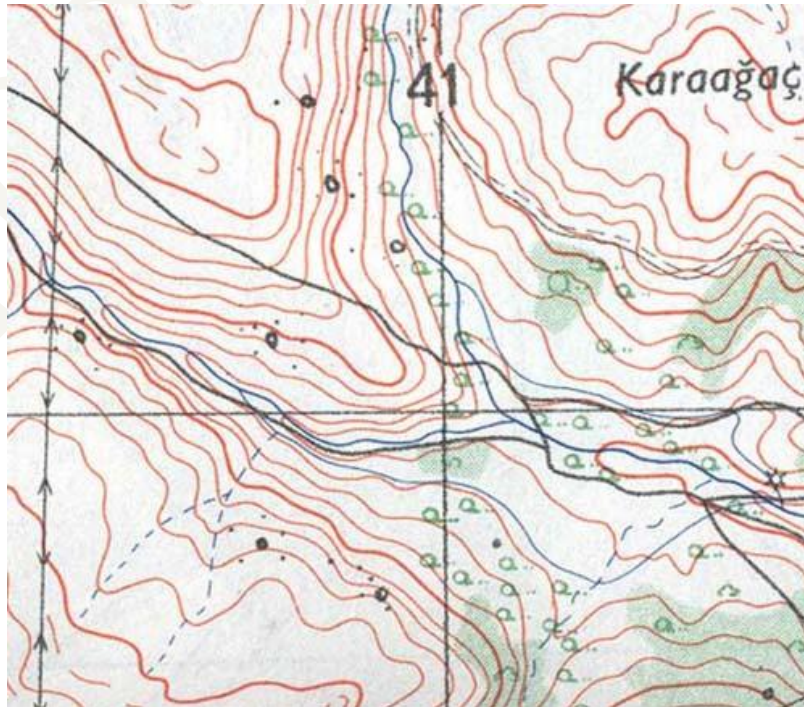
6. Düzgün (eş) eğimli arazide eş yükseklik eğrilerinin aralıkları eşittir.



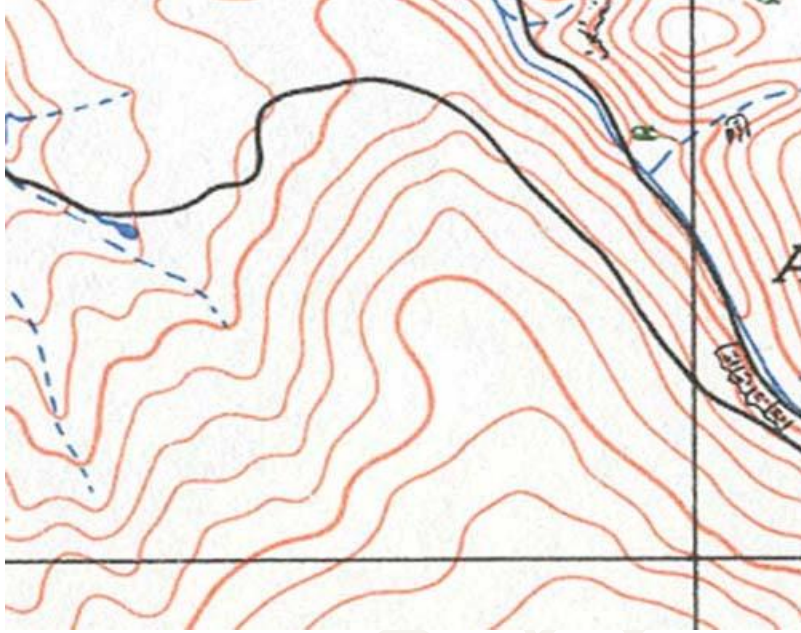
7. Üstü yassı ve yuvarlak tepelerde eş yükseklik eğrileri tepeye doğru ve eteklerde, ortaya yakın yerlere nazaran daha aralıklıdır.



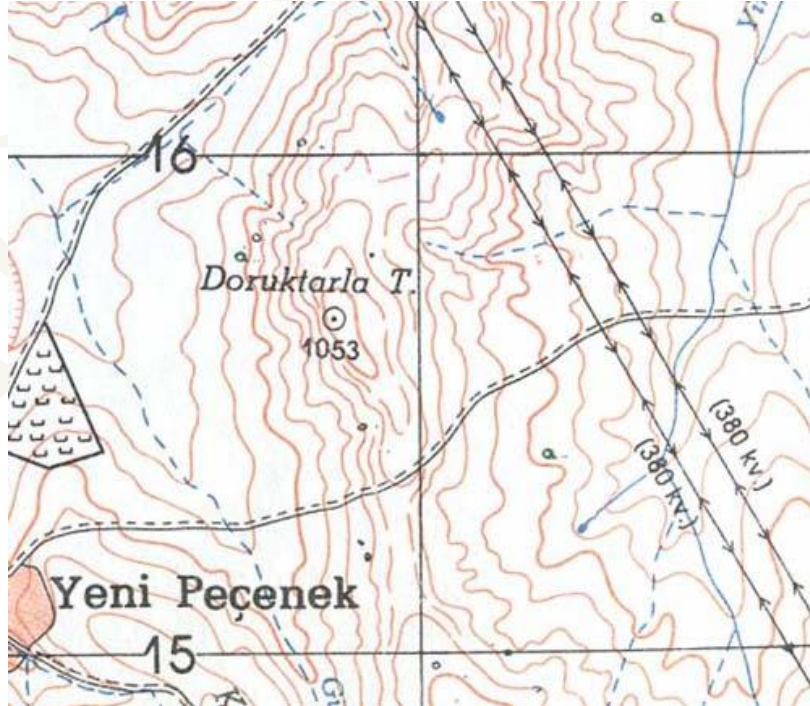
8. Bir vadiyi takip eden eş yükseklik eğrisi vadinin bir kenarı boyunca yukarı çıkar, sonra dönüş yaparak vadi tabanından geçer, vadinin diğer kenarından aşağı doğru iner. Vadi yamacındaki eş yükselti eğrileri yamaç eğim doğrultusuna dik bir yol izlerler.



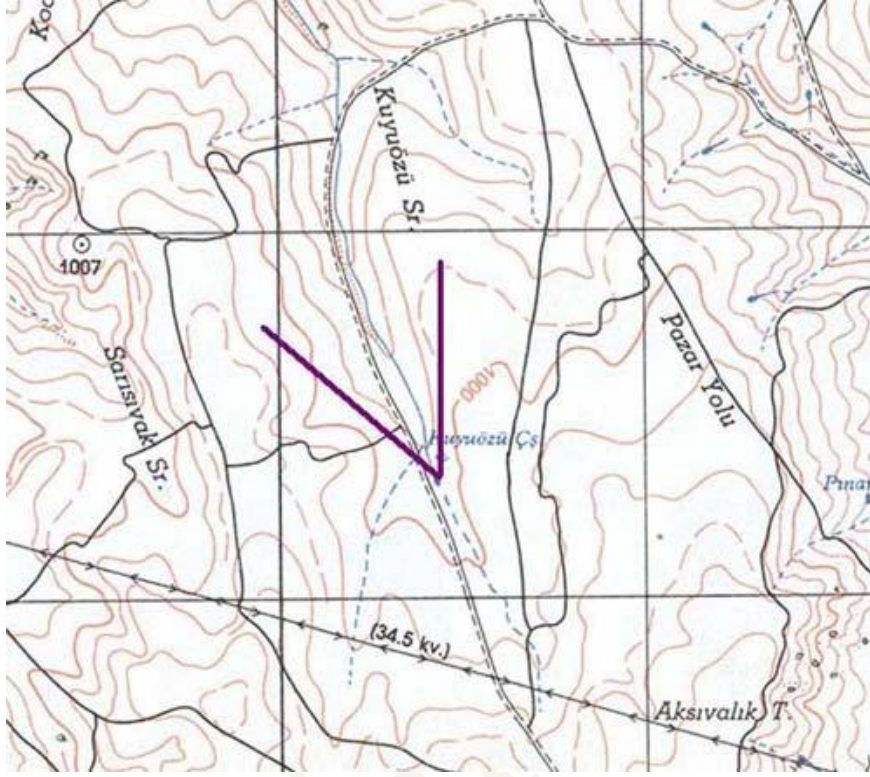
9. Bir sırttan geçen eş yükseklik eğrisi, sırtın bir kenarını takip ederek gelir, su bölümü hattından döner ve sırtın diğer kenarı boyunca geri gider.



10. Akarsuyun kaynağında su yatağı dik olduğundan eş yükseklik eğrileri daha sık, akarsu büyüyüp kollar aldıkça eğim azalacağından, eş yükseklik eğrileri daha seyrek geçer.



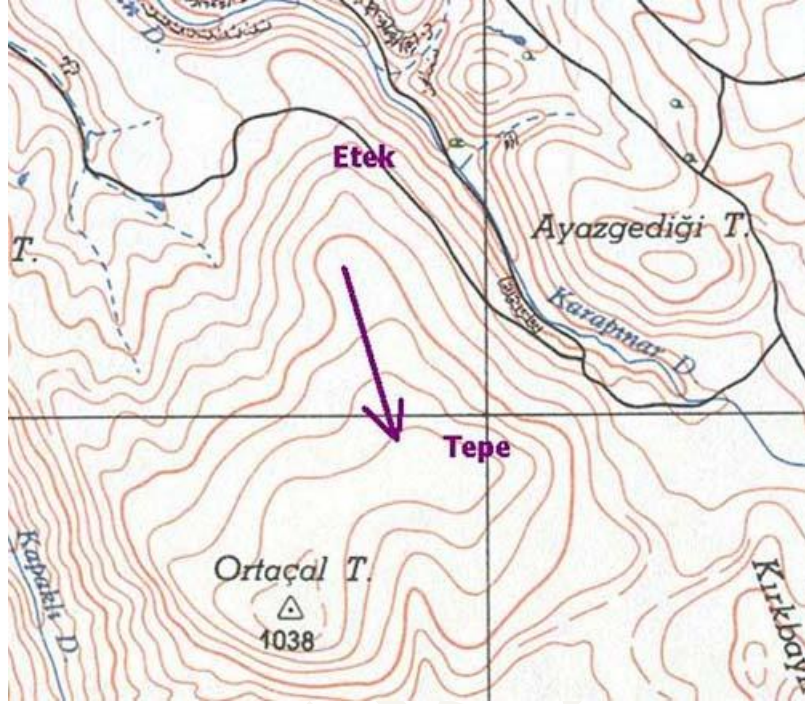
11. Eş yükseklik eğrisi akarsularda V harfi şeklinde geçerler. Harfin sivri ucu akarsuyun kaynağını gösterir.



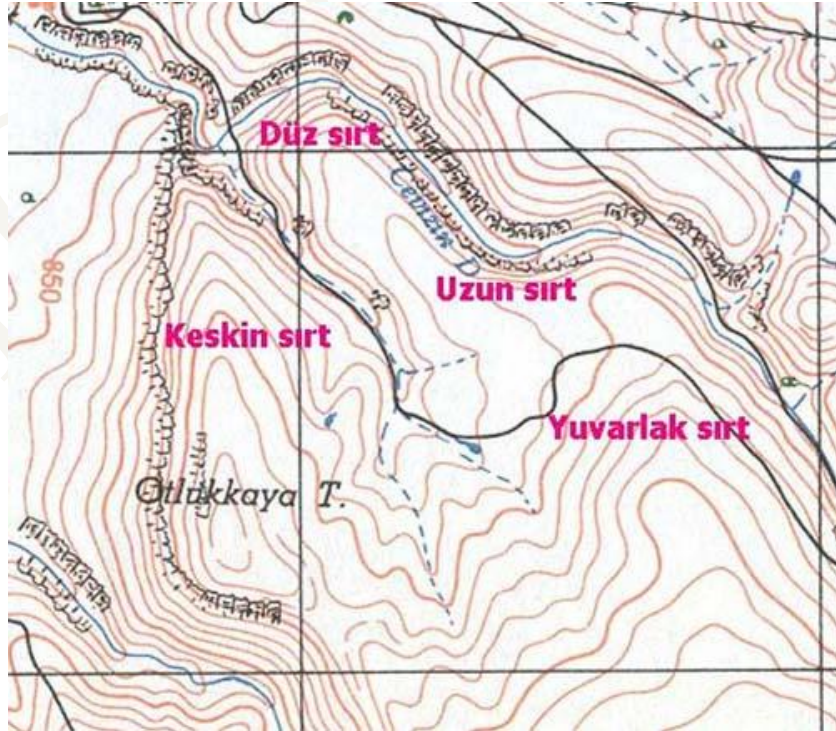
12. Birbirine paralel iki dereden hangisi daha derin (rakımı az) ise aynı rakamlı eş yükseklik eğrisi derin olan derede daha ileri gider.



13. Eş yükseklik eğrileri sağrı ve sırtlarda U harfi şeklinde geçer. U harfinin kapalı kısmı sağrı veya sırtın etek kısmını, açık tarafı da tepe kısmını gösterir.



14. Eş yükseklik eğrileri geniş sağrı ve sırtlarda yayvan ve küt, sivri sağrı ve sırtlarda ise dar kavisli şekilde geçerler.



15. Deniz dibi derinliklerini göstermek için yine eş yükseklik eğrileri kullanılır.

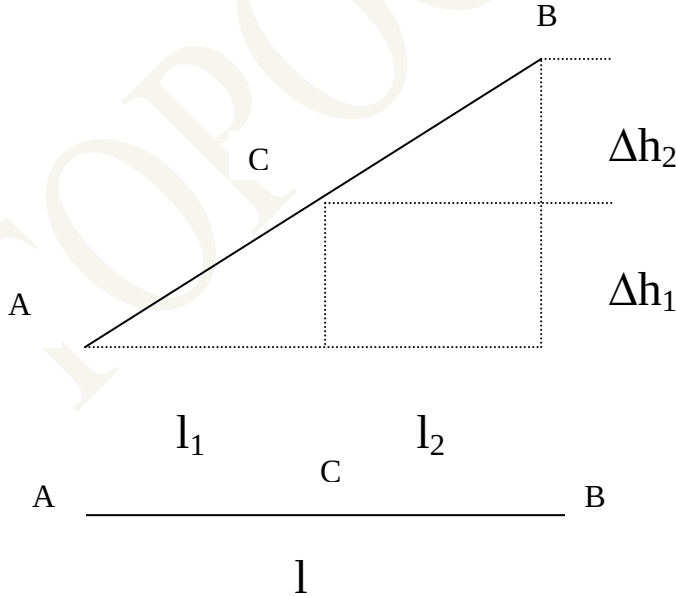
Yalnız bu eş yükseklik eğrilerine derinlik eş yükseklik eğrileri denir.

EŞ YÜKSELTİ EĞRİLERİNİN ÇİZİMİ

Hesap yöntemi:

Arazide eğimi değişen ardışık noktalara mira tutulmuş olması nedeniyle kotlu plan üzerindeki ardışık ve en yakın iki nokta arasında arazi eğimi sabittir. Böyle iki nokta A ve B olsun. Bu noktalar arasındaki yükseklik farkı (Δh) bellidir. A ve noktaları arasındaki uzaklık kotlu plan üzerinden ölçülerek bulunur. AB uzunluğunu ölçek ile çarparak gerçek uzunluğu bulmak gerekli değildir. A ve B noktaları arasınada tamsayılı kotta olan noktalar eş yükselti eğrilerine ait noktaları oluşturur. Tamsayılı kottaki bir C noktasının yerinin belirlenmesi için; $l_1=AC$, $l_2=CB$, $l=AB$ olmak üzere

$$\frac{l_1}{\Delta h_1} = \frac{l_2}{\Delta h_2} = \frac{l}{\Delta h} = k \quad (1)$$



ifadesi ile

$$\begin{aligned} l_1 &= k \Delta h_1 \\ l_2 &= k \Delta h_2 \end{aligned} \quad (2)$$

bulunur

Örnek

AB arası planda 55 mm olarak ölçülmüştür. Metrede bir eşyükselti eğrisi geçirilmek istendiğine göre AB noktaları arasındaki tam kottadaki noktalarının yerlerinin saptanması A noktasının kotu=168.4 m, B noktasının kotu=170.3 metredir

AB arasındaki 169 ve 170 m kotundaki noktaların yerleri aranmaktadır

Yükseklik farkı:

$$\Delta h_{AB} = H_B - H_A = 170.3 - 168.4 = 1.9 \text{ m dir}$$

$$\frac{l_1}{\Delta h_1} = \frac{l_2}{\Delta h_2} = \frac{l}{\Delta h_{AB}} = k \text{ ile } k = \frac{55}{1.9} \approx 29 \text{ olur.}$$

(2) nolu eşitliklerden

$$l_1 = 17.4 \text{ mm}$$

$$l_2 = 46.4 \text{ mm}$$

bulunur. Planda A noktasından itibaren l_1 ve l_2 uzunlukları alınarak 169 ve 170 m kotlu noktaların yerleri işaretlenir.

Eş Yükselti Eğrilerinin Çizimi

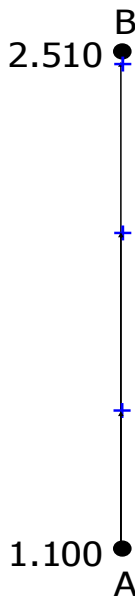
2.510 •
B

2.905 •
C

A, B ve C noktaları nivelmanla belirlenmiştir
0.5 m aralıklarla eş yükselti eğrisi geçirmek
istiyoruz

1.100 •
A

Eş Yükselti Eğrilerinin Çizimi



AB hattı

$$\Delta H_{AB} = 2.51 - 1.10 = 1.410$$

$$D_{AB} = 10 \text{ m}$$

1.5 m için eş yükselti eğrisi :

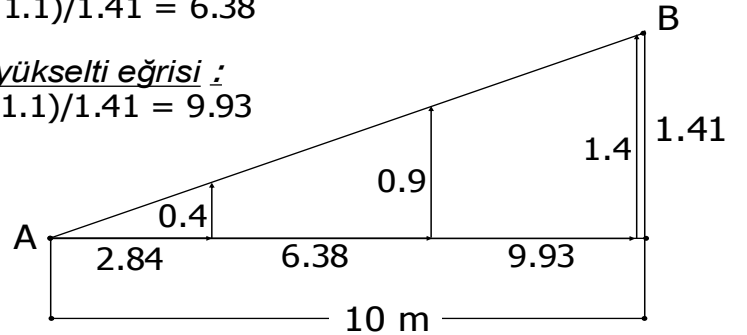
$$D = 10 * (1.5 - 1.1) / 1.41 = 2.84$$

2.0 m için eş yükselti eğrisi :

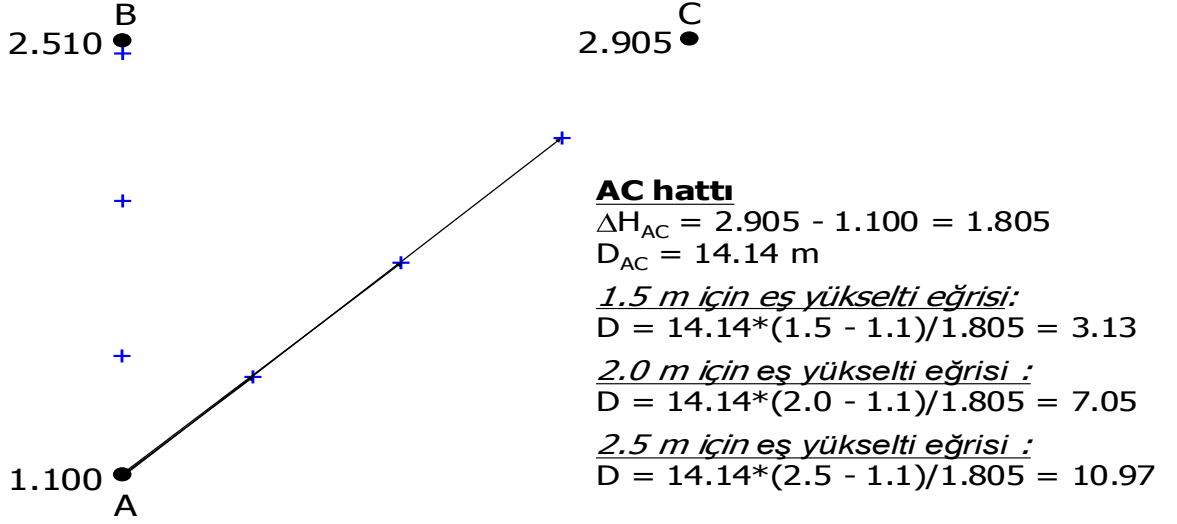
$$D = 10 * (2.0 - 1.1) / 1.41 = 6.38$$

2.5 m için eş yükselti eğrisi :

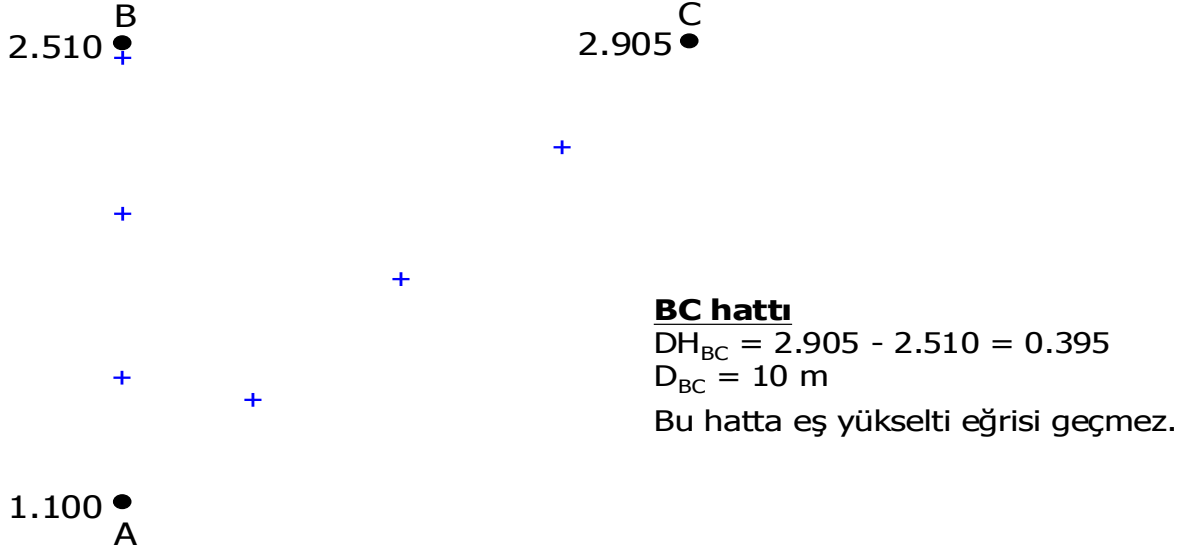
$$D = 10 * (2.5 - 1.1) / 1.41 = 9.93$$



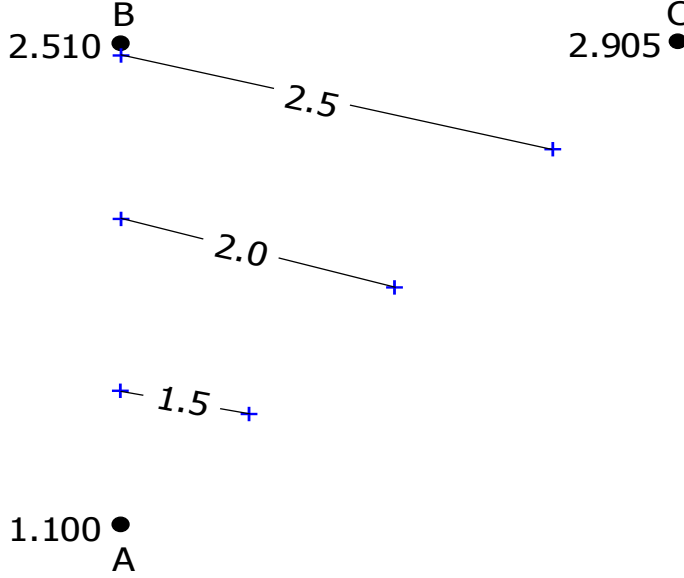
Eş Yükselti Eğrilerinin Çizimi



Eş Yükselti Eğrilerinin Çizimi

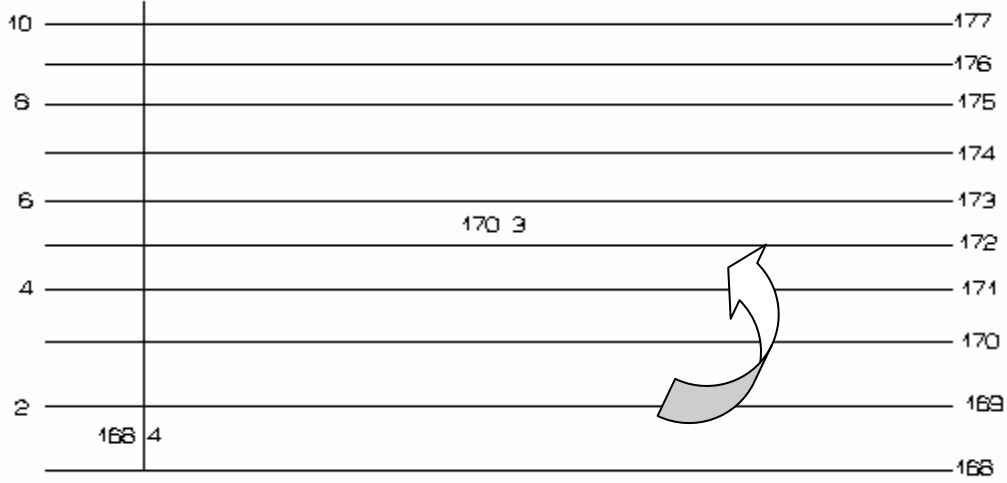


Eş Yükselti Eğrilerinin Çizimi



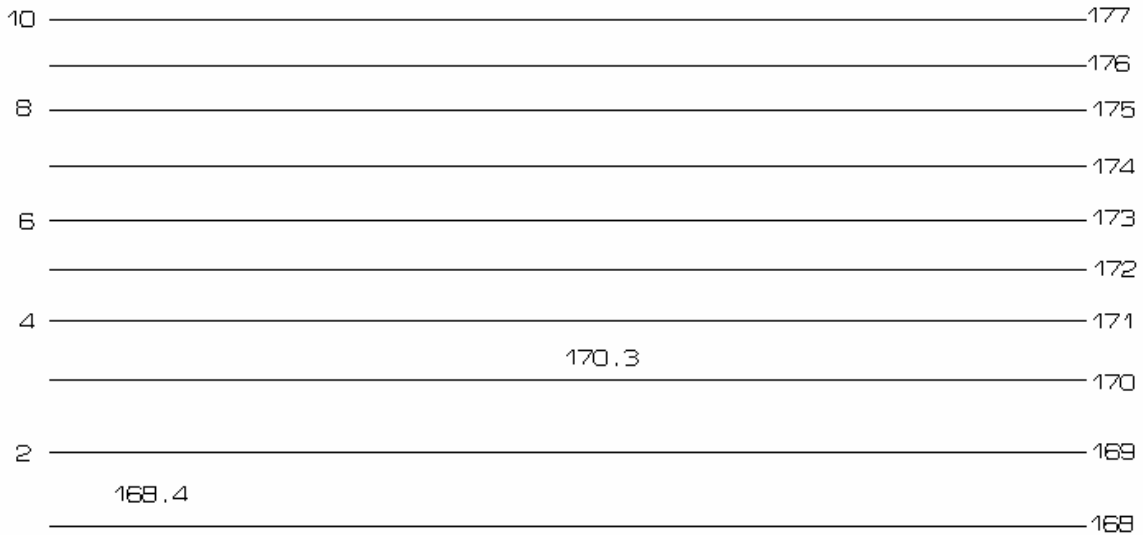
Paralel çizgili şeffaf kağıt yöntemi

Hesap yönteminin kullanılması zaman alacağından preizsyon aranan işlerde bu yöntem uygulanır. Bu yöntemde üzerine eşit aralıklarla paralel çizgiler çizilmiş şeffaf kağıtlardan yararlanılır. Eş yükselti eğrilerinin sık olduğu yerlerde bu aralıkların küçük, seyrek olduğu yerlerde büyük olması gerekir. Bu nedenle aralıkları 2 ila 10 mm arasında değişen değerlerde olmak üzere paralel çizgili şeffaf kağıtlar kullanılır(milimetrik aydınır). Bu çizgiler 1,2,3,... olarak sayılandırılır . Paralel çizgilere , kotlu plandaki en küçük kottan başlayıp en büyük kota doğru artmak üzere değerler verilir ve çizgilerin sağ ucuna aşağıdan yukarıya doğru sayılar artacak biçimde yazılır.



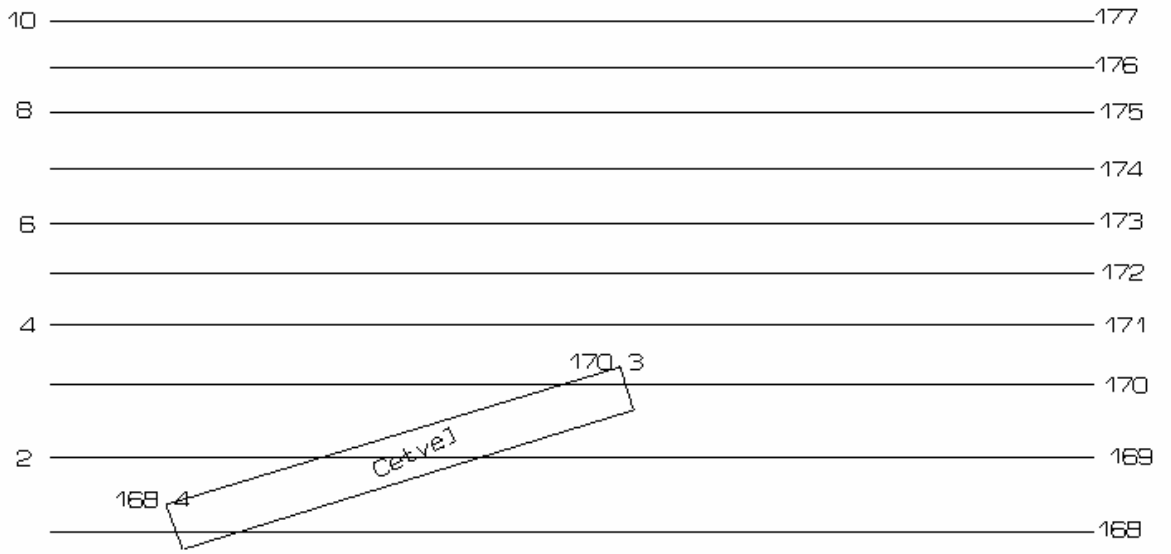
Paralel çizgili şeffaf kağıt kotlu plan üzerine konur. Bu durumda 168.4 m kotunun hem virgülünü hemde yerini göstermekte olan nokta 1 ve 2 çizgisi arasında ve 12 aralığının 1 çizgisinden itibaren onda dördü uzaklığında bulunmaktadır. 1ve 2 çizgisi arasındaki bu noktaya bir iğne batırılır.

Kotlu plan üzerindeki paralel çizgili şeffaf kağıt, 170 ile 3 sayılarının arasındaki nokta 170 ve 171 kot çizgileri arasına gelecek biçimde iğne etrafında döndürülür. Bu durumda 170 ile 3 sayıları arasındaki nokta, 170 kotlu çizgiyi aralığın onda üçü kadar geçer.

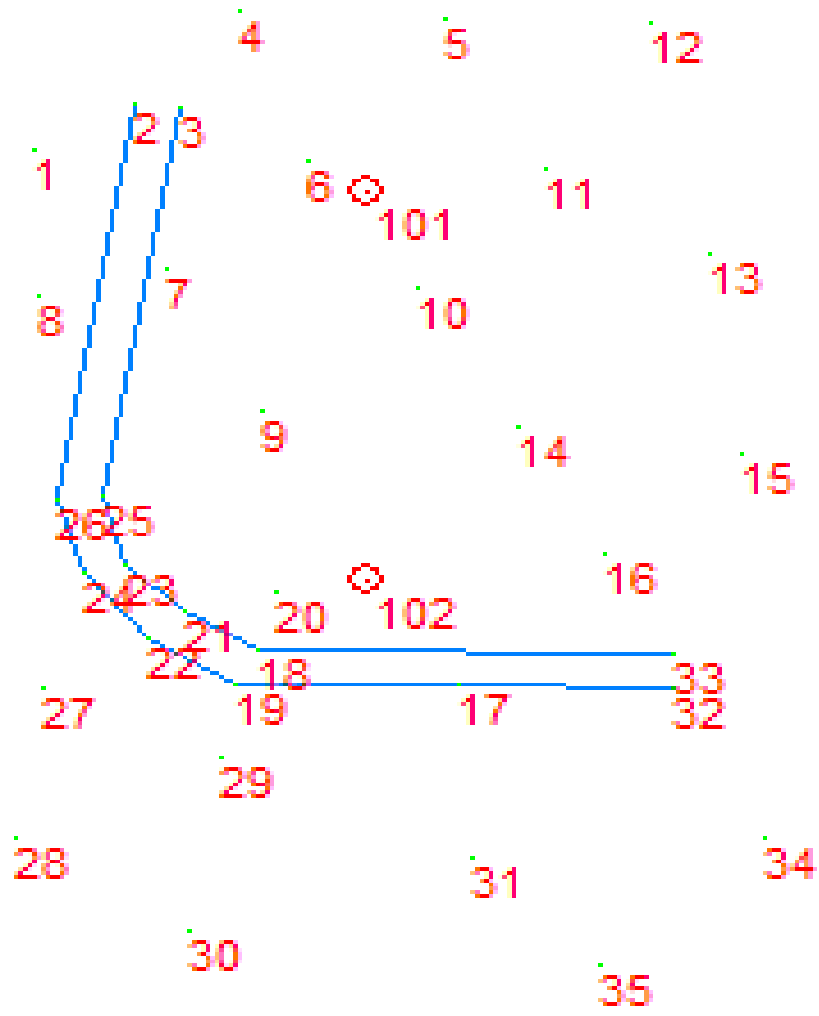


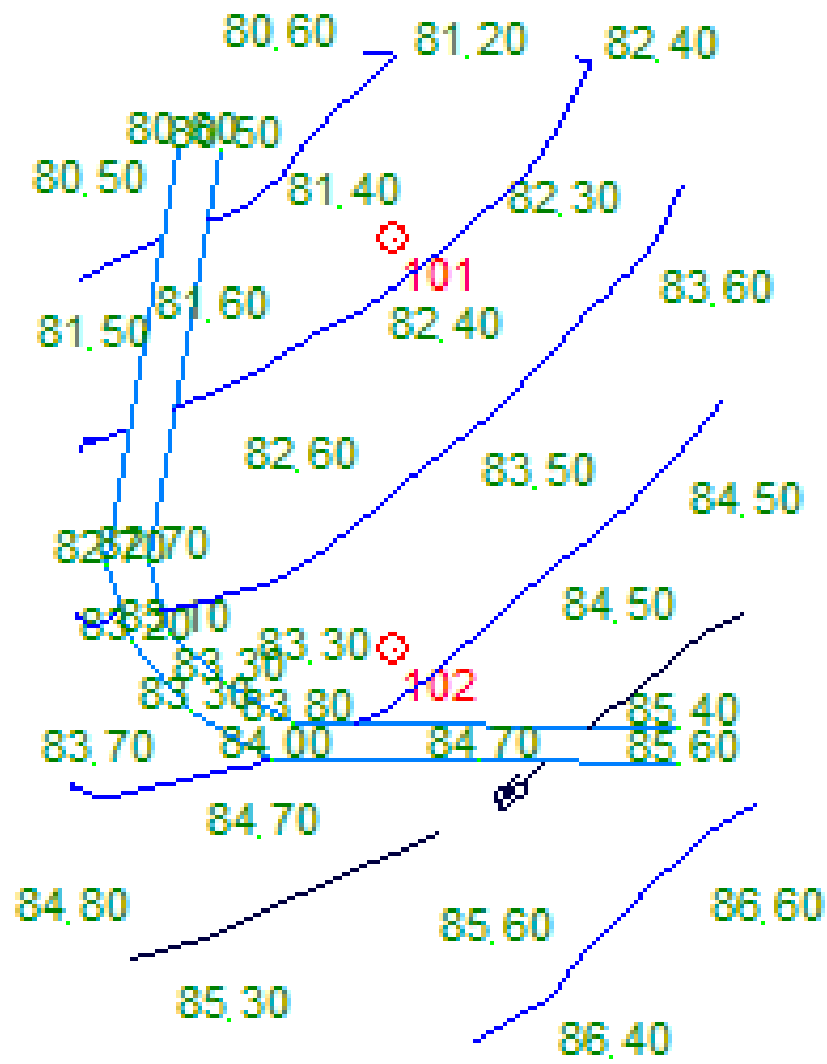
Bundan sonra bu nokta ile iğne doğrultusuna bir cetvel konur. Cetvelin 169 ve 170 kotlu çizgileri kestiği noktalar iğne ile delinerek 169 ve 170 m kotlu noktaların yerleri kotlu plan üzerinde işaretlenmiş olur. Bu işe en yakın noktalar

arasında devam edilerek tam metre kotundaki noktalar bulunur ve eşit kotlu noktalar birleştirilir.



Detay noktaları haritada enaz 0.2mm konum doğruluğunu sağlayacak nitelikte paftada işaretlenir.





TOPRAK HACMİNİN HESABI

Hacim hesabı eldeki verinin yapısına uygun bir yöntemle yapılmalıdır. Bu çalışmada yüzey modellemesinde kullanılan kontrol(dayanak) noktaları, düzenli grid köşelerinde ve düzensiz(rasgele) dağılmış noktalar şeklinde belirlenmiştir. Uygulamada kullanılan hacim hesabı yöntemleri aşağıda özetlenmiştir.

-Ortalama alanlar yöntemi(Paralel Kesitlerle Hacim Hesabı)

-Uç alanlar yöntemi

-Simpson yöntemi

Ortalama alanlar yöntemi

Bu yöntemde hacim, kesit alanlarının ortalaması uç alanlar arasındaki yükseklik ile çarpılarak bulunur. Alanlar $F_1, F_2, \dots, F_n$ ve uç alanlar arasındaki yükseklik H ise, hacim (V)

$$V = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{n} H$$

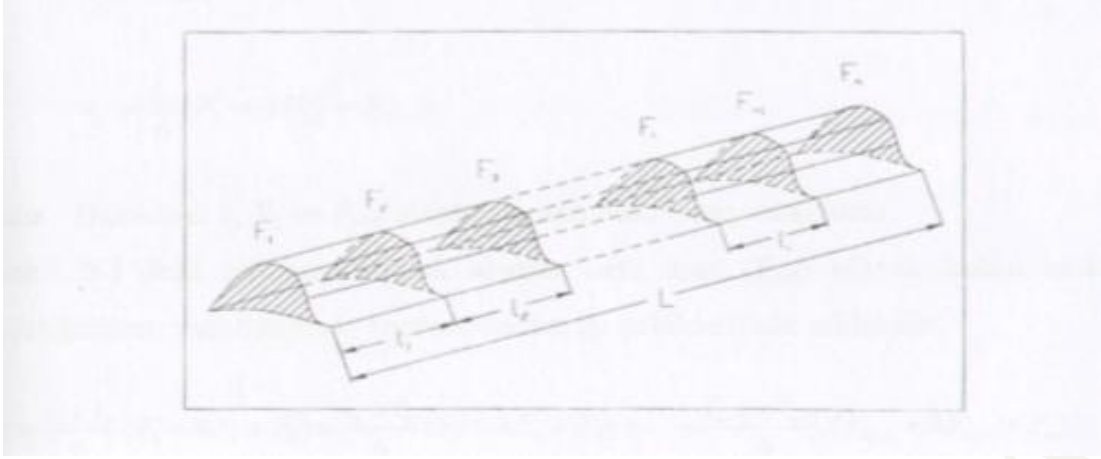
eşitliği ile hesaplanır.

Paralel Kesitlerle Hacim Hesabı

Arazi yüzeyi düşey düzlemlerle kesilerek, paralel kesitler elde edilir. F_1 ve F_2 uç alanları (Şekil 1) arasında kalan hacim (V), kesit alanlarının ortalaması ile iki uç arasındaki yatay uzaklık çarpılarak bulunur. Paralel kesitlerin belirlediği alanlar $F_1, F_2, \dots, F_{n-1}, F_n$ ve uç alanlar arasındaki uzaklık L ise

$$V = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{n} L \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanır.



Şekil 1 Paralel Kesitlerle Hacim Hesabı

Uç alanlar yöntemi

Ardışık kesitler arasındaki yatay uzunluklar birbirine eşit olursa ($l_1=l_2=.....=l_{n-1}=l_n$, $L=(n-1)l$), bu durumda (1) nolu eşitlik

$$V = \frac{(n-1) \sum_{i=1}^n F_i}{n} l \quad (1a)$$

şeklini alır.

Şekildeki ardışık F_i ile F_{i+1} alanları arasında kalan hacim

$$V = \frac{F_i + F_{i+1}}{2} l_i \quad i=1,2,.....,n-1 \quad (2)$$

formülü ile ifade edilirse, ardışık kesitler arasındaki yatay uzaklıkların genel olarak birbirine eşit olduğu ($l_1=l_2=.....=l_{n-1}=l_n$) varsayımı ile, F_1 ve F_n uç alanları arasındaki toplam V hacmi (2) den

$$V = \frac{1}{2} (F_1 + 2F_2 + 2F_3 + + 2F_{n-1} + F_n) \quad (3)$$

şeklini alır (trapezoidal formül) (Press ve diğ 1988).

Simpson yöntemi

Ardışık iki alan arasındaki şekil kesik prizma kabul edilirse, hacim Simpson Formülü ile hesaplanabilir. F_{im} , F_i ile F_{i+1} alanları arasındaki orta kesitin alanını gösterdiğine göre F_i ile F_{i+1} alanları arasında kalan hacim

$$V_i = \frac{l_i}{6} (F_i + 4F_{im} + F_{i+1}) \quad (4)$$

olur. Buradaki l_i , F_i ile F_{i+1} alanları arasındaki yatay uzaklıktır.

Şekil 1 deki çift sayı indisli alanlar ortalama orta alan (F_{im}) olarak kabul edilirse, (4) nolu eşitlikten yararlanarak toplam hacim;

$$V_i = \frac{l_1+l_2}{6} (F_1 + 4F_2 + F_3) + \frac{l_3+l_4}{6} (F_3 + 4F_4 + F_5) + \dots + \frac{l_{n-2}+l_{n-1}}{6} (F_{n-2} + 4F_{n-1} + F_n)$$

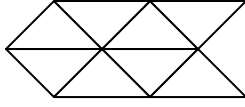
Kesitler arasındaki uzaklıkların birbirine eşit olduğu varsayımı ile

$$V_i = \frac{l}{3} (F_1 + 4F_2 + 2F_3 + 4F_4 + 2F_5 + 4F_6 + \dots + 2F_{n-2} + 4F_{n-1} + F_n)$$

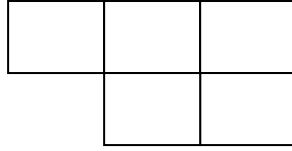
genişletilmiş simpson yöntemi elde edilir.

Düzenli dağılmış dayanak noktaları ile hacim hesabı (Yüzey nivelmanı ile toprak hacmi hesabı)

Maden ocakları, spor alanları, hava meydanları vb yerlerde uygulanır. Bu amaçla alan 10-20-50 m lik karelere bölünür. Karelerin köşe noktalarına kot taşınır. Noktalardaki kazı derinlikleri belirlendikten sonra düzenli dağılmış dayanak noktaları yardımıyla arazi yüzeyi üçgen veya dörtgen prizmalara ayrılır. Kazı veya dolgu hacimleri, üçgen veya dörtgen prizmaların hacimleri hesaplanıp bunların toplamı alınmak suretiyle bulunur. Bu prizmaların taban alanları plandaki ölçülerden elde edilir.

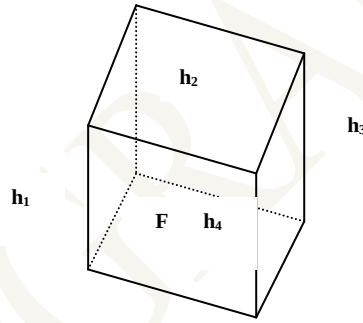
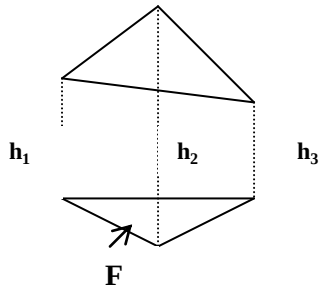


Düzenli üçgenler ağı



Düzenli dikdörtgenler ağı

F= Taban
Alanı



h_i = kazı derinlikleri olmak üzere

$$h_i = H - H^*$$

Kazı derinliği= (Arazi kotu(siyah kot) -
proje kotu(Kırmızı kot))

Hacim üçgen prizma için;

$$V = F \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3}$$

Hacim dörtgen prizma için;

$$V = F \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4}$$

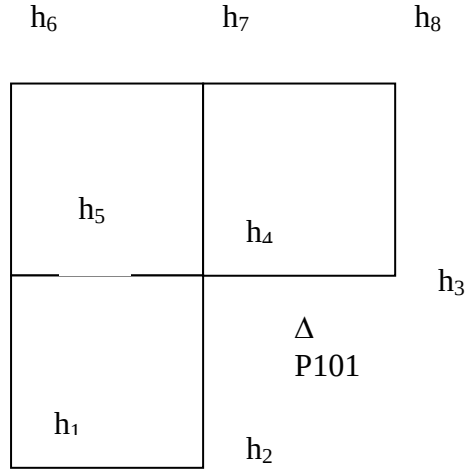
eşitlikleri ile hesaplanır.

ÖRNEK:

Bir bina inşaatında arsanın temel kotuna indirilmesi amacı ile arsa 10 m genişliğinde karelere bölünmüş ve kare köşe noktalarının kotları geometrik nivelmanla belirlenmiştir. Verilerden yararlanarak gerekli kazı derinliklerini ve kazılacak toprak hacmini hesaplayınız. (Temel kotu=proje kotu=33 m dir.)

$$h_i = H - H^*$$

Kazı derinliği= (Arazi kotu(siyah kot) - proje kotu(Kırmızı kot,temel kot))



Nokta	Ara	Mira Okumaları(m)			Yükseklik	Nokta	Temel Kotu
No.	Uzaklık	Geri	Orta	İleri	Farkı	Yükseklikleri (H)	Temel Kotu(H*)
P101		3.060				36.00	
1			2.363		0,697	36,697	33
2			2,852		-0,489	36,208	33
3			2,322		0,530	36,738	33
4			2.308		0,014	36,752	33
5			1.086		1,222	37,794	33
6			0.987		0,099	38,703	33
7			0.785		0,202	38,275	33
8				0.690	0,095	38,370	33

$$h_i = H_i - H^*$$

kazı derinlikleri hesaplanır.

$$h_1 = H_1 - H^* = 3.697 \text{ m}$$

$$h_6 = H_6 - H^* = 5.703 \text{ m}$$

$$h_2 = H_2 - H^* = 3.208 \text{ m}$$

$$h_7 = H_7 - H^* = 5.275 \text{ m}$$

$$h_3 = H_3 - H^* = 3.738 \text{ m}$$

$$h_8 = H_8 - H^* = 5,370 \text{ m}$$

$$h_4 = H_4 - H^* = 3.752 \text{ m}$$

$$h_5 = H_5 - H^* = 4.794 \text{ m}$$

$$V_1 = F \frac{h_1 + h_2 + h_4 + h_5}{4} = 359,9$$

$$V_2 = F \frac{h_3 + h_4 + h_7 + h_8}{4} = 453,4$$

$$V_3 = F \frac{h_4 + h_5 + h_6 + h_7}{4} = 488,1$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 1301.4 \text{ m}^3$$

ALAN HESAPLARI

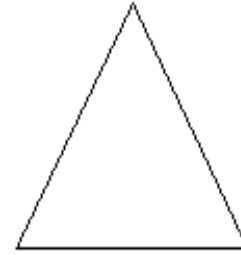
A- Uzunluk ve Açı Ölçmeleri İle Alan Hesabı

1- Üç kenarı ölçülen üçgenin alanı:

Ölçülenler:

Kenarlar: a, b, c

$$F = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)} \quad s = (a+b+c)/2$$



2- İki kenar ve aralarındaki açıları ölçülen üçgenin alanı

Ölçülenler:

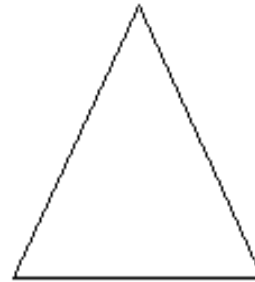
Kenarlar : l_1, l_2, l_3

Açılar : $\beta_1, \beta_2, \beta_3$

$$F = 1/2 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \sin \beta_3$$

$$F = 1/2 \cdot l_1 \cdot l_3 \cdot \sin \beta_1$$

$$F = 1/2 \cdot l_2 \cdot l_3 \cdot \sin \beta_2$$



3- Bir kenar ve uçlarındaki açıları ölçülen üçgenin alan

Ölçülenler:

Açılar:

α, β, γ

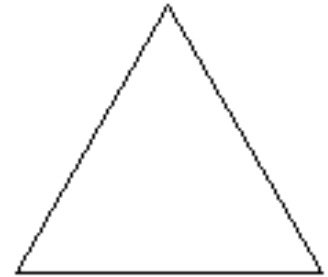
Kenarlar:

a, b, c

$$F = \frac{1}{2} a^2 \frac{\sin \alpha \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$F = \frac{1}{2} b^2 \frac{\sin \gamma \sin \beta}{\sin(\gamma + \beta)}$$

$$F = \frac{1}{2} c^2 \frac{\sin \alpha \sin \gamma}{\sin(\alpha + \gamma)}$$



B-KOORDİNATLARLA ALAN HESABI

$$2F = \sum X_N(Y_{N+1} - Y_{N-1}) = \sum Y_N(X_{N-1} - X_{N+1})$$

X_i, Y_i noktaların koordinatlarıdır.

