

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

**ORTAÖĞRETİM PROJESİ**

**HARİTA-TAPU-KADASTRO**

**YOL ETÜTÜ  
581MSP106**

**Ankara, 2011**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. ETÜT HAZIRLIK ÇALIŞMASI .....	3
1.1. Klasik Etüt .....	3
1.1.1. Klasik Etüt Ekibi ve Kullandığı Araç Gereçler .....	4
1.1.2. Klasik Etüt Arazi Çalışmaları .....	5
1.1.3. Klasik Etüt Büro Çalışmaları .....	17
1.2. Fotogrametrik Etüt .....	22
UYGULAMA FAALİYETİ .....	23
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	25
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	27
2. ETÜT PAFTASI ÜZERİNDE GÜZERGÂH ARAŞTIRMASI .....	27
2.1. Sıfır Poligonu .....	28
2.2. Sıfır Poligonundan Faydalanarak Kesin Güzergâhın Geçirilmesi .....	32
2.3. Sıfır Poligonu Çizmeden Kesin Güzergâhın Tayini .....	34
2.4. Kesin Güzergâhın Boy Kesit Üzerinden Etüdü .....	34
2.5. Kesin Güzergâhın En Kesit Üzerinden Etüdü .....	35
UYGULAMA FAALİYETİ .....	36
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	37
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	39
CEVAP ANAHTARLARI .....	41
KAYNAKÇA .....	42

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>581MSP106</b>
<b>ALAN</b>	<b>Harita-Tapu-Kadastro</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Haritacılık</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Yol Etüdü</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Etüt hazırlık çalışması ve etüt paftası üzerinde güzergâh araştırması ile ilgili temel bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/32
<b>ÖN KOŞUL</b>	
<b>YETERLİK</b>	Yol etüdü yapmak
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Sınıf ortamında gerekli araç gereç sağlandığında tekniğine uygun olarak etüt ile ilgili işlemleri yapabileceksiniz. <b>Amaçlar</b> 1-Tekniğine uygun olarak yol etüdü hazırlık çalışması yapabileceksiniz. 2-Tekniğine uygun olarak yol etüdü paftası üzerinden güzergâh araştırması yapabileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Sınıf, arazi <b>Donanım:</b> GPS, total station, hesap makinesi, nivo, mira, çelik şerit metre, jalon, çekül, işaret fişi, kazma, kürek, balta, milimetrik kâğıt, aydıngeç, cetvel, gönye, pusula, çizim kalemleri
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

Bu modül sonunda edineceğiniz bilgi ve beceriler, harita alanında, etüt hazırlık çalışması ve etüt paftası üzerinde güzergâh araştırması işlerinin yapımında sizlere yardımcı olacaktır.

Ekonomik ve kaliteli yollar meydana getirebilmenin ilk şartı, etüt çalışmaları kusursuz olan projeler yapmaktır. Bu nedenle, etüt ve proje çalışmaları kara yollarının yapımında teknik ve ekonomik açıdan büyük önem taşır.

Çalışmalarda ilk adım, haritaların yardımı ile yapılması kararlaştırılan yolun alternatif güzergâhlarının belirlenmesidir. Belirlenen alternatiflerden en uygun olanı seçilerek etüt çalışmalarına başlanılmasıdır.

Haritacılık alanında gelişen teknolojinin yol yapım tekniklerine yansıtılması kaçınılmaz bir zorunluluktur. Bir ülkenin kalkınma esaslarından biri de ulaşımın ulaşım sistemlerinin başında da kara yolları gelmektedir.

Yol yapım tekniğine uygun olarak yapılan etüt çalışmaları, maliyetinin azaltılması ve kara yolunun kısaltılması ile birlikte ülke ekonomisine de çok büyük katkılar sağlayacaktır. Petrolde dışa bağımlı bir ülke olduğumuzu düşünürsek yol etüt çalışması ülke ekonomisi açısından çok büyük önem arz etmektedir.

Yapılacak projenin alternatiflerini tüm ayrıntılarıyla inceleyerek bir yandan doğal ve tarihî çevreyi korunmaya çalışılırken diğer yandan sosyo - ekonomik çevre ve bu çevreye etkileri yönünden değerlendirerek doğru kararların alınmasında sizler de birer teknik eleman olarak alacağınız bu modülle büyük katkılar sağlayacaksınız.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Tekniğine uygun olarak yol etüdü hazırlık çalışması yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Klasik yol etüdü arazi ve büro çalışmalarında yapılan işlemleri araştırınız. Edindiğiniz bilgileri sınıf ortamında arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 1. ETÜT HAZIRLIK ÇALIŞMASI

İstikşaf tamamlandığında arazi üzerinde geçirilmesi mümkün bir ya da birkaç güzergâh için gerekli bilgiler elde edilmiştir. Arazinin yol geçirmeye uygun kısmı belirlenmiş olur. Belirlenen güzergâh veya güzergâhlar üzerinde ayrıntılı bir etüt yapılarak kesin güzergâh tespit edilir.

İstikşaf yoluyla güzergâhın geçeceği kabaca belli olan bölümler için tesviye eğrili şerit hâlinde büyük ölçekli topoğrafik bir harita üretmek üzere gerekli arazi ve büro çalışmalarına genel olarak **etüt** denir.

Kesin güzergâhın tayini için ayrıntılı bir harita gereklidir. İstikşaf sonunda elde edilen güzergâhlar genellikle bir arazi şeridi içinde toplanabilir. Kesin etüdün yapılabilmesi için önce bu arazi şeridinin düzeç eğrili ve büyük ölçekli bir haritasının yapılması gerekir.

Etüt haritalarının genellikle 1/ 2000 ölçekli olması yeterlidir. Ancak otoyolların projelendirilmesi, şehir ve kasaba geçişleri ile daha fazla özen gösterilmesi gerekli yerlerde 1/ 1000, köprü yerleri ile alt ve üst geçit yerlerinde yapılacak plankote alımlarında ölçek 1/500 olmalıdır.

Yolun sınıfı ve arazinin özelliklerine göre etüt haritaları, 200-500 m genişlikteki araziye içine alacak şekilde hazırlanır.

Yol ekseni için çok daha farklı çözümlerin bulunabileceği bölümlerde ise etüt haritası genişliği gerektiği kadar artırılabilir. Ancak il ve köy yollarında kısa mesafeli yol onarımı gerekiyorsa ve arazi baştan sona net olarak görülebiliyorsa etüt alımı yapılmadan eksen doğrudan doğruya aplane (araziye uygulama) edilebilir. Buna doğrudan **aplikasyon** denir.

### 1.1. Klasik Etüt

Bu yöntemle yapılacak arazi çalışmaları etüt ekibi tarafından yürütülür. Bu ekip, ekip şefi, etüt ve kontrol teknisyeni, alet operatörü, nivocu, şenörler, işçiler ve diğer ekipmanlardan oluşur.

Etüt ekibinde ölçme, aplikasyon ve kamp malzemeleri bulunur.

Ölçme ve aplikasyon işlerinde, teodolit, nivo, pusula, el nivosu, prizma, klizimetre, altimetre, çelik şerit metre, mira, jalon, çekül, çizim malzemeleri, arazi defterleri, hesap makinesi gibi malzemeler kullanılır.

#### **Klasik etüt haritası alımında büro çalışmaları:**

- Nirengi, poligon hesapları ve kanavalarının çizilmesi
- Poligon koordinat hesaplarının yapılması ve poligon noktaları ile kenarlarının çizilmesi
- Paftaların açılması
- Takimetri defterinin kodlandırılması
- Tafsilat noktalarının işaretlenmesi
- Sabit tesislerin ve tesviye eğrilerinin çizilmesi
- Etüt paftasının çizilmesi
- Etüt paftası üzerinde güzergâh araştırması

#### **1.1.1. Klasik Etüt Ekibi ve Kullandığı Araç Gereçler**

Yol etüt ve aplikasyon işleri özel arazi ve büro çalışmalarını gerektirmektedir. Arazi çalışmaları etüt ekipleri tarafından yapılır. Arazide yapılan ölçü ve diğer bilgiler büroya getirildikten sonra da büro çalışmalarına başlanır.

Etüt ekibi aşağıdaki kişilerden oluşur:

- **Ekip şefi:** Ekip çalışma programını yapar, iş programlarını hazırlar, ekibin mesleki bilgisini geliştirir. Ekip malzemelerinin diğer personel tarafından mesai içinde ve dışında korunmasını sağlar. Yüksek mühendis, mühendis ve tekniker gibi personellerin arasından belirlenir.
- **Kontrol teknisyeni:** Yapılan işlerin çabuk ve doğru olması için ekip şefine yardımcı olur. Ekip şefinin bulunmadığı zamanlarda onun görevini yürütür. İş raporlarını ve yıllık program izlemesini yürütür. Alet operatörü ve nivocu olmadığı zaman onların işlerini yapar.
- **Alet operatörü:** GPS (Global position system – uydu ile konum belirleme), elektronik takeometre ve klasik takeometre aletlerini kullanır. Aletlerle ilgili hesapları ve ekip şefinin göstereceği diğer işleri yapar. Cihazların bakımını sağlar.
- **Nivocu:** Nivelman ile ilgili nivo ve diğer aletleri kullanır, bunlarla yapılan ölçü ve hesapları yürütür. Alet operatörü ve üst görevlilerin göstereceği işleri yapar.
- **İşçiler:** Ekip işlerinde birlikte çalıştığı diğer ekip personelinin göstereceği bütün işleri yapar.
- **Şoför:** Etüt ekibini kamptan çalışma alanına götürüp getirir. Gerekli ihtiyaç maddelerini ekip şefinin direktifine göre taşır. Ekip şefinin vereceği talimata göre hareket eder.



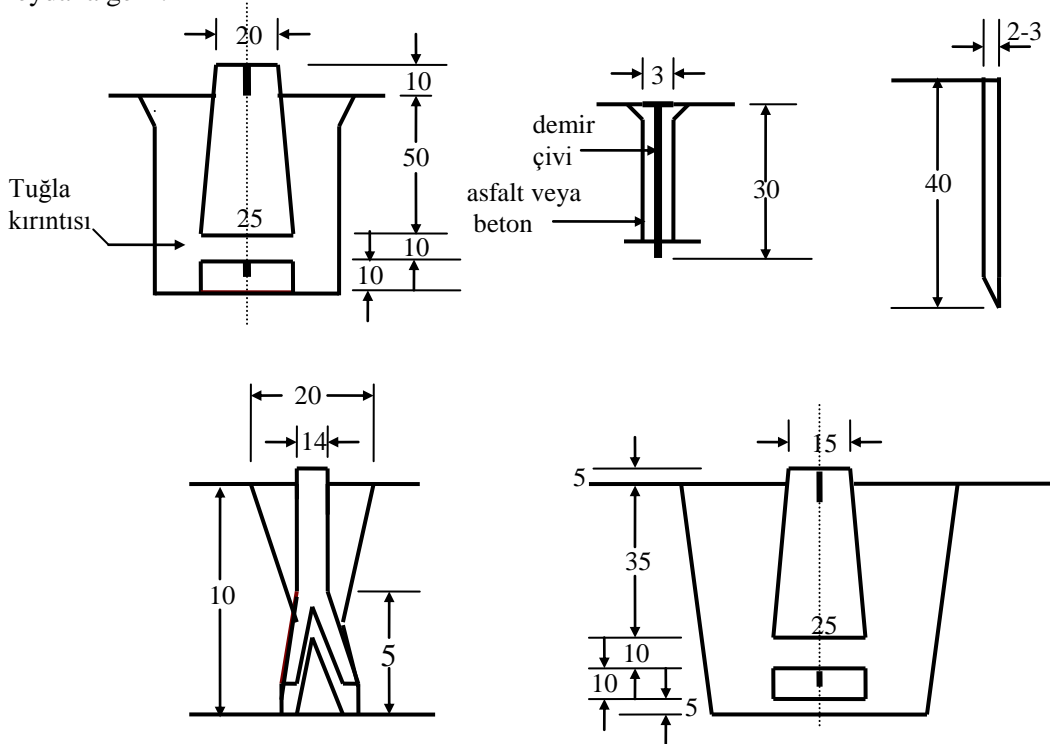
- **Etüt ekibi tarafından kullanılan alet ve malzemeler:** GPS, elektronik ve klasik takeometre, alet sehпасı, nivo, el nivosu, çelik şerit metre, mira, jalon, çekül, işaret fişi, kazma, kürek, tahra, balta, milimetrik ve aydınır kâğıt, cetvel, gönye, hesap makinesi, yağlı tebeşir, çivi, alet şemsiyesi, portatif sandalye, pusula gibi malzemelerdir.

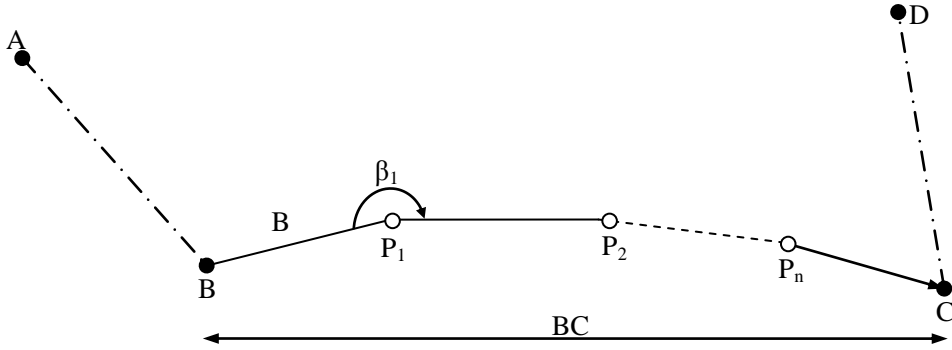
## 1.1.2. Klasik Etüt Arazi Çalışmaları

Etüt ekibi arazi çalışmalarını yapmak üzere araziye gider. İstikşafı yapan kimse ekip şefine güzergâhın geçeceği bölümleri genel olarak gösterir. Bunun üzerine ekip iş sırasına göre arazi çalışmalarını yapar. Bu çalışmalar aşağıda anlatılmıştır.

### 1.1.2.1. Nirengi ve Poligon Noktalarının Yerlerinin Seçimi, Tesis Edilmeleri ve Röper Krokilerinin Düzenlenmesi

Yol aplikasyonunun en önemli unsurlarından biri olan nirengi ve poligon noktaları, arazi şeklini ve mevcut yapı ile tesislerin alınımının yapılabilmesi için inşa edilip koordinat ve kotları hesaplanan noktalardır. Poligon ağı soyut olarak düşünülen çok kırıklı doğrulardan meydana gelir.



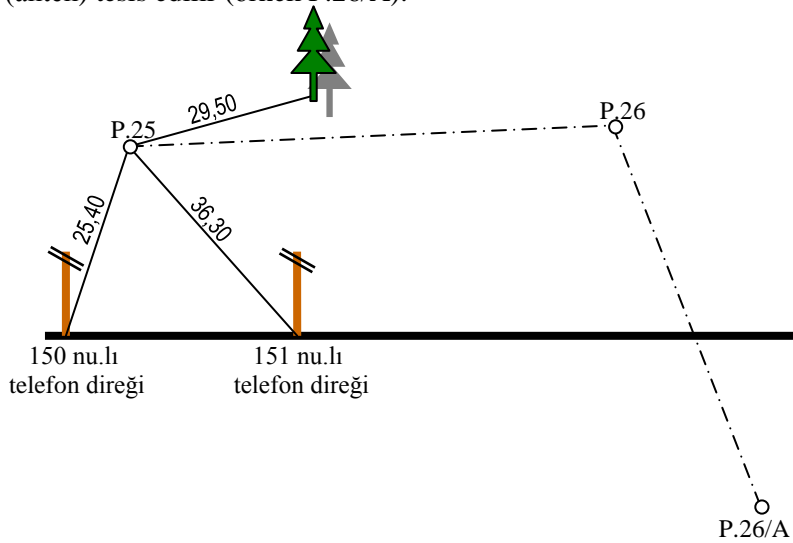


**Şekil 1.2: Örnek bir poligon güzergâhı**

Poligon noktası olarak seçilecek noktalar şu özellikleri taşımalıdır:

- Poligon noktaları etrafı kolayca görebilecek tepelikler veya hâkim noktalar olmalıdır.
- Bir poligon noktası kendinden bir önceki ve bir sonraki poligon noktalarını görebilmelidir.
- Poligon açı ve kenar uzunlukları Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nde belirlenen sınırları geçmemelidir.
- Poligon açıları mümkün olduğunca  $200^g$  civarında, yani gergin olmalıdır.

Poligon hesabından önce bu noktalar, açı ve mesafe yönüyle yakınında bulunan nirengi noktalarına bağlanır. Bu sayede yol ağları arasında bir bütünlük sağlanır ve mümkünse tüm poligonlar memleket koordinat sisteminde koordinatlandırılır. Herhangi bir poligon noktasından yeterince tafsilat noktası (takeometrik alım yapılan ve eş yükselti eğrili haritaya altlık teşkil edecek olan nokta) ölçme imkânı yoksa görülebilecek bir yerde tali poligon noktaları (anten) tesis edilir (örnek P.26/A).

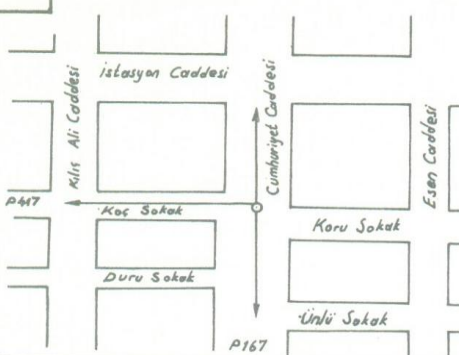
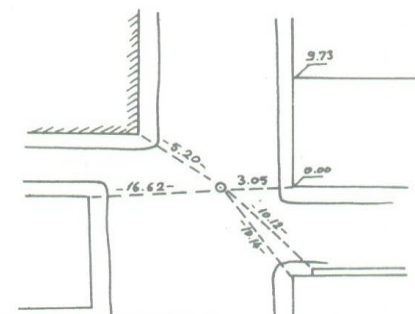
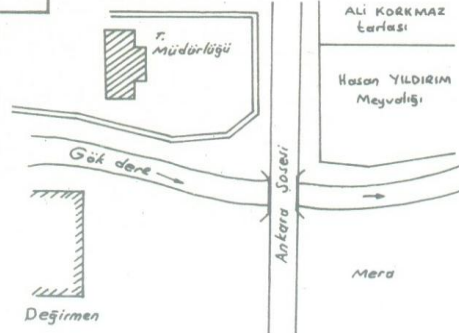
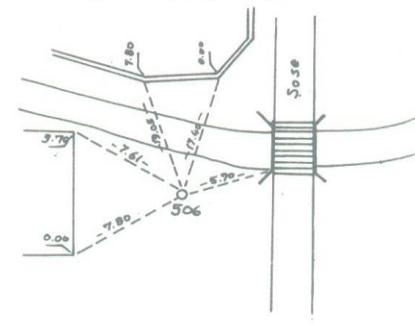
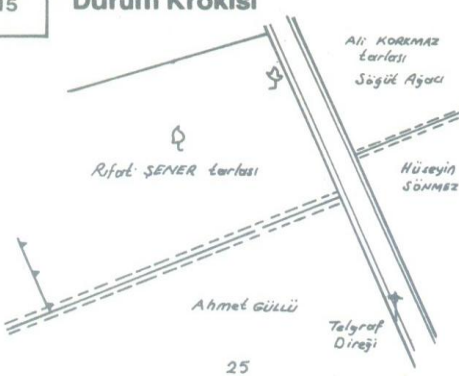
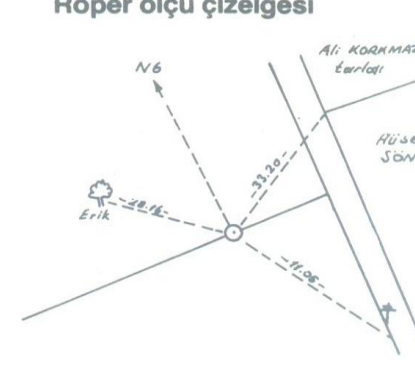


**Şekil 1.3: Poligon noktalarının sabit noktalara bağlanması (röperlenmesi)**

Başlangıçtaki poligon noktaları P.1 olarak isimlendirilir ve bu nokta yol inşaatının başlangıcından yeterince geride olmalıdır. Hiçbir nedenle etkilenip bozulmamalıdır. P.1 noktası etrafında 1/5000 ölçekli haritada gösterilen özellikle köprü, çeşme gibi tesisler varsa bu noktalara da bağlantı yapıp belirli noktalardan (nirengei vb.) deniz seviyesine göre mümkün olabilen hassasiyette kot verilmelidir. Bu kot (ileride yapılacak aplikasyonun bir numaralı röperi olarak alınacağından) nivelman betonu şeklinde inşa edilmelidir.

## POLİGON RÖPER ÇİZELGESİ

il: ANKARA İlçe: Çankaya Mahalle (veya köy): Ayrancı Sayfa: 7

P. No.	Tesisin cinsi : Poligon Çivisi	Y : 542 251.9	X : 4508 844.55	H : 950.117
101	<b>Durum krokisi</b> 	<b>Röper ölçü çizelgesi</b> 		
P. No.	Tesisin Cinsi : Beton	Y : 542 247.95	X : 4509 538.62	H : 942.164
506	<b>Durum krokisi</b> 	<b>Röper ölçü çizelgesi</b> 		
P. No.	Tesisin Cinsi : Beton	Y : 542 245.98	X : 4509 885.66	H : 950.714
715	<b>Durum Krokisi</b> 	<b>Röper ölçü çizelgesi</b> 		

Şekil 1.4: Poligon röper çizelgesi

### 1.1.2.2. Nirengi ve Poligon Noktalarının Açı ve Kenarlarının Ölçülmesi, Kroki Çizimi

Nirengi ve poligon noktalarının koordinatlarının hesaplanabilmesi için öncelikle arazide tesis edilmiş bu noktaların birbiri arasındaki açı ve mesafelerin ölçülmesi gerekmektedir.

Elektronik teodolit veya elektronik total station ölçü yapılacak noktanın üzerinde düzeçlenir. Bu poligondan bir önceki ve bir sonraki noktalar arası mesafe kontrollü olarak ölçülür. İki ölçü arasındaki fark Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nde belirlenen hata sınırını geçemez. Bu noktada ölçülecek olan poligon hesabındaki kırılma açısı ( $\beta$ )  $\square$  güzergâh yönünün sol tarafında kalan açıdır (Şekil 1.2).

#### **Kırılma açısı şu şekilde ölçülür:**

Teodolit bir poligon noktası üzerinde düzeçlenir. Kendisinden önce teodolit kurulan herhangi bir poligon noktasına sıfırlanır. Bu noktadan görülebilen tüm poligon noktalarına gözlem yapılarak doğrultu açıları ölçülür. Bir sonraki doğrultu açısından bir önceki doğrultu açısı arasındaki fark kırılma açısını verir.

### 1.1.2.3. Tafsilat alımı

Tafsilat alımı önceden, klasik teodolit ve mira yardımı ile yapılmaktaydı. Ancak bu yöntem artık kullanılmamaktadır. Bunun yerine ölçülen açı ve mesafeleri direkt olarak ekranda gösteren elektronik teodolit veya elektronik total station kullanılmaktadır.

Tafsilat alımının esası, arazinin topoğrafik yapısını ortaya çıkarmaktır. Bu amaçla koordinat ve kodu hesaplanmış olan poligon ve nirengi noktaları kullanılarak takeometrik alım yapılmalıdır.

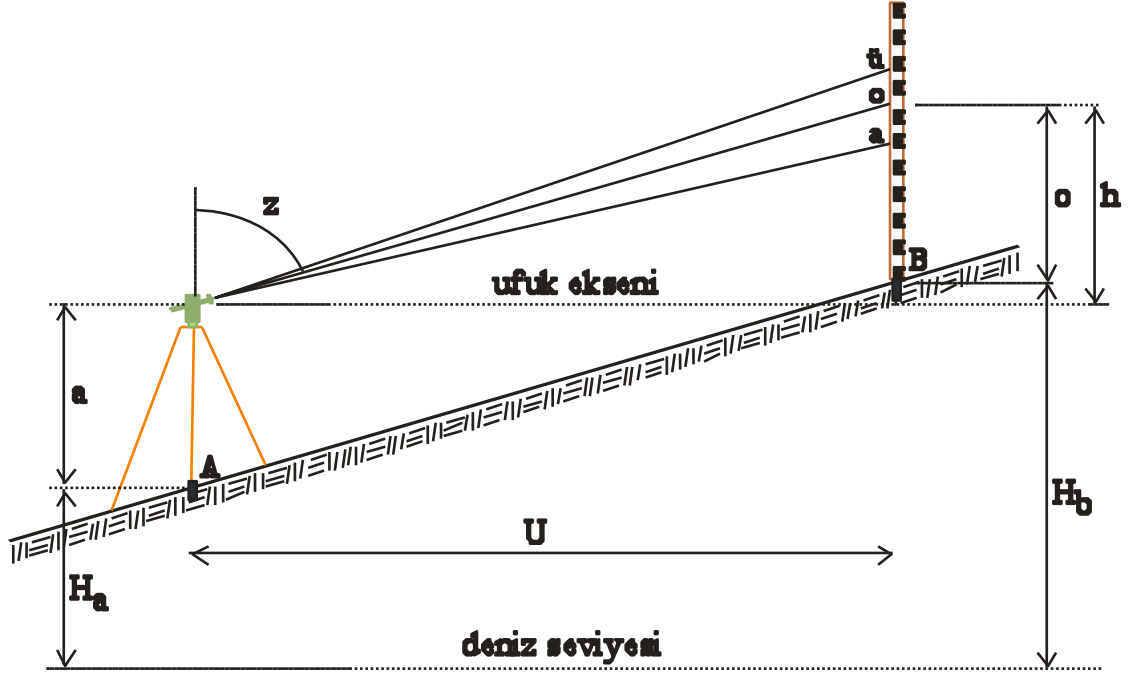
Takeometrik yöntemde bir noktanın yatay konumu ve yüksekliği birlikte ölçülür. Koordinatları ve yüksekliği belirli bir nokta üzerine (örneğin bir poligon noktasına) teodolit kurularak ölçülmek istenen noktaların konumlarını, kutupsal koordinat yöntemiyle, yüksekliklerini de trigonometrik olarak ölçmektir. Klasik teodolitlerle yapılan kutupsal koordinat işleminde nokta uzaklıkları optik olarak ölçülür.

Takeometre de yatay ve düşey durumların beraberce ölçülmesi nedeniyle aynı iş daha kısa zamanda yapılabildiği için bu isim verilmiştir. Klasik takeometri yönteminin (her ne kadar hızlı ölçü yapılmasını sağlasa da) hassasiyeti düşüktür. Bu yöntemle 100 m'lik bir uzunluk için yaklaşık olarak yatayda 5-10 cm, düşeyde ise 10 cm'ye kadar hassasiyet sağlanabilmektedir. Hata miktarı uzunlukların artması ile doğru orantılıdır. Bu hassasiyet birçok işleminde kullanılacak haritalar için yeterlidir.

#### **Klasik takeometride uzunluk ölçümü şu şekilde yapılır:**

Takeometri düzeçlendikten sonra koordinat ve kotu bilinen diğer poligon noktasına gözlem yapılır. Yatay açı, düşey açı ve takeometre yüksekliği ölçülerek çizelgeye yazılır.

Tafsilat noktalarına sırayla gözlem yapılarak yatay açı, düşey açı, alt, orta ve üst mira okuması yapılarak takeometre çizelgesindeki yerlerine yazılır. Ölçülerden yararlanılarak durulan nokta ile tafsilat noktaları arasındaki yatay mesafe ve yükseklik farkı hesaplanabilir. Klasik takeometri işlemi, Şekil 1.5'te görülmektedir.



Şekil 1.5: Klasik takeometri

$$U = k.l.\sin^2 z \quad (1)$$

$$h = \frac{1}{2} k.l.\sin(2.z) \quad (2)$$

- $U$  : Durulan nokta ile tafsilat noktası arası yatay mesafe
- $h$  : Ufuk eksenini ile orta okuma (veya prizma ) arası yükseklik farkı
- $k$  : Mira okumaları metre cinsinden yazılmış ise 100 olarak alınan katsayı
- $l$  : Mira üst kıl ile alt kıl okumaları arasındaki fark
- $z$  : Düşey açı
- $o$  : Tafsilat noktasındaki orta okuma (veya prizma) yüksekliği
- $H_A$  : Durulan noktanın kotu
- $H_B$  : Bakılan (tafsilat) noktanın kotu
- $a$  : Takeometre yüksekliği

Bu değerlerden faydalanarak tafsilat noktasının kotu,

$$H_B = H_A + a + h - o \quad \text{formülü kullanılarak hesaplanır.} \quad (3)$$

**Örnek 1:** Teodolit kurulan  $P_{58}$  noktasının kotu 125,18 m'dir. Bu noktada kurulan teodolit yüksekliği 1,48 m, 152 numaralı tafsilat noktasına yapılan gözlemin düşey açısı  $93^g,50$ , alt mira okuması 1,00, orta okuma 1,59 ve üst okuma 2,18 olduğuna göre 152 numaralı noktanın kotu nedir?

**Çözüm 1:**

$$H_A = 125,18m$$

$$a = 1,48m$$

$$z = 93^g,50$$

$$alt = 1,00m$$

$$orta = 1,59m$$

$$üst = 2,18m$$

$$l = 2,18m - 1,00m = 1,18m$$

$$U = k.l.Sin^2 z = 100.1,18.Sin^2(93^g,50) = 116,77m$$

$$h = \frac{1}{2}.k.l.Sin(2z) = \frac{1}{2}.100.1,18.Sin(2.93,50) = 11,96m$$

$$H_{152} = H_A + a + h - o = 125,18 + 1,48 + 11,96 - 1,59 = 137,03m$$

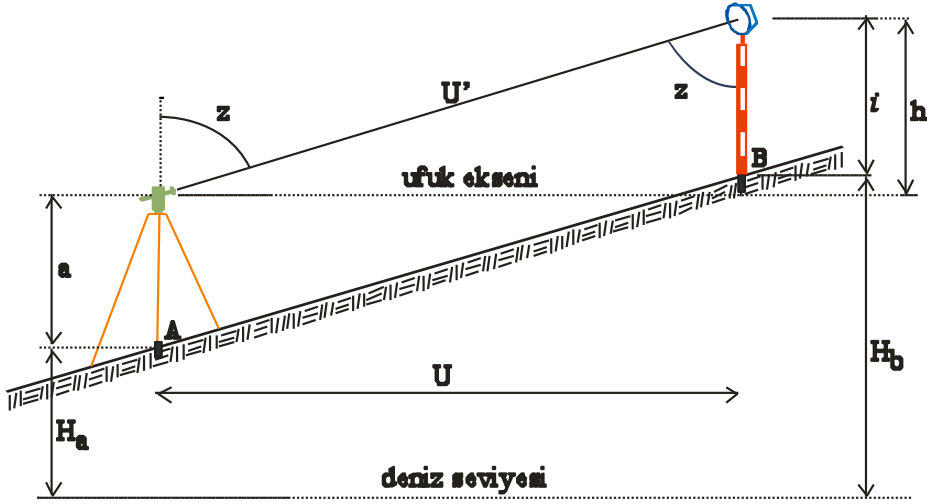
Elektronik teodolit kullanılarak yapılan takeometri işleminde yatay mesafeyi hesaplamak için mira değerlerini okumaya gerek olmadığından hesap daha da kısadır. Elektronik teodolitlerle yapılan takeometri işleminde yatay açı, düşey açı ve eğik mesafe ölçülmektedir.

Ölçülen bu değerler yardımı ile prizma merkezi ile ufuk eksenindeki kot farkı olan  $h$ ,

$$Cosz = \frac{h}{U'} \Rightarrow h = U'.Cosz \quad (4)$$

Yatay mesafe ise,

$$Sinz = \frac{U}{U'} \Rightarrow U = U'.Sinz \quad \text{şeklinde hesaplanır.} \quad (5)$$



Şekil 1.6: Elektronik teodolit ile takeometri

Tafsilat noktasının kotu da klasik takeometride olduğu gibi,

$$H_B = H_A + a + h - i \quad (6)$$

$i$ : Prizma (reflektör) jalonunun yüksekliği

$U'$ : Eğik mesafe

Takeometri yöntemi, daha çok yol ve demir yolu projelerinin yapımında, hava nakil hatları etütlerinde, konut ve fabrika inşaatı alanları ile imar planı yapımına altlık oluşturacak hâlihazır harita alımı işlerinde uygulanmaktadır.

#### 1.1.2.4. Kroki çizimi

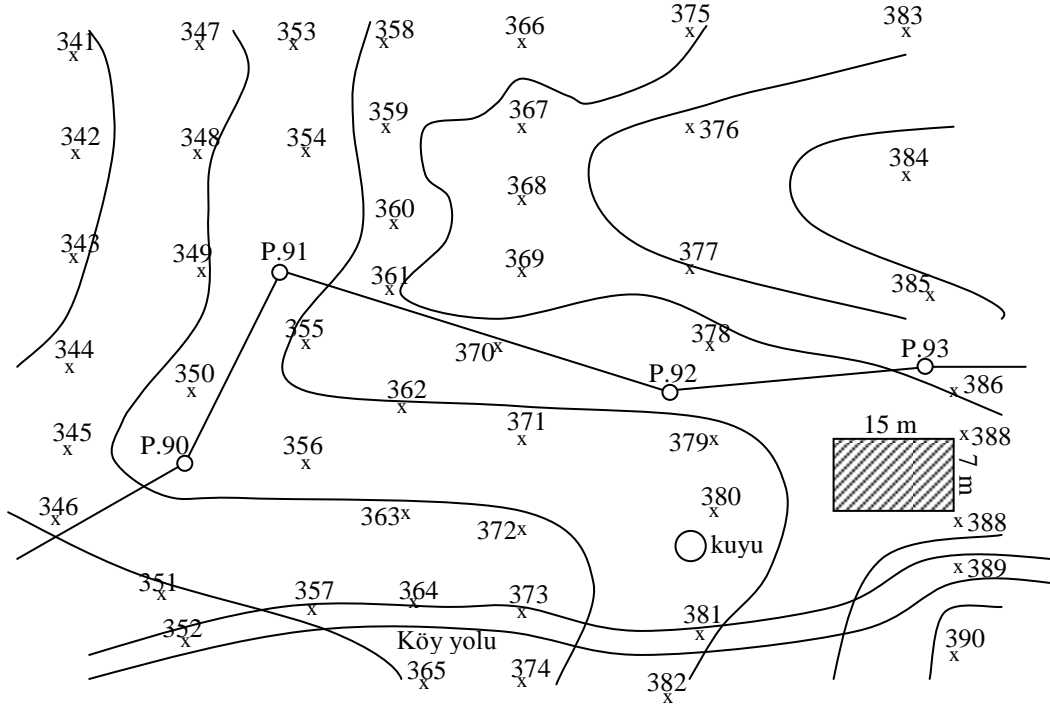
Tafsilat noktalarının alınmasına geçilmeden önce teodolitin kurulduğu poligon noktasından görülebilen kısımları gösteren tesviye eğrili basit bir kroki çizilir. Kroki çizen kimse, tafsilat noktaları alınmasıyla ilgili çalışmalarını organize ettiğinden ekip şefinin krokiyi çizmesi daha uygun olur. Herhangi bir sebeple bu mümkün olmuyorsa etüt kontrol teknisyeni veya ekip şefinin uygun göreceği bir kimse kroki çizmelidir.

Krokiler her poligon noktasından yapılan okumalar için ayrı birer sayfa olarak çizilmelidir. Sayfanın sağ üst köşesine çalışılan yolun adı, poligon numarası ile o poligon noktasından okunan tafsilat noktalarının ilk ve son numaraları yazılmalıdır.

Kroki defter hâlinde tutuluyorsa ayrıca defterin boş sayfasına yolun adı, krokiyi çizenin ismi ve belirtilmesi zorunlu görülen noktalara ait bilgiler yazılmalıdır. Üzerine teodolit kurulan poligon (krokide sayfanın ortasına gelmek üzere) bir önceki ve bir sonraki poligonlarla birlikte gösterilmelidir. Poligon hattının kırmızı; dere, göl, deniz gibi sulu yerlerin mavi; ağaçların yeşil; yolların sarı; binaların ise siyah çizilip taranmaları krokinin



açık ve anlaşılır olması yönünden faydalıdır. Mira tutulan tafsilat noktaları, krokide çarpı işaretiyle belirlenip yanına numarası yazılır.



Şekil 1.7: Kroki örneği

#### 1.1.2.5. Stadya Defterinin Tutulması

Poligon ve tafsilat noktalarına ait mira okumalarının yazıldığı deftere **stadya defteri** denir. Etüde başlarken kullanılacak defterin kapağına yolun adı, başlangıç poligon numarası ile kilometresi, defter numarası ve işe başlama tarihi yazılmalıdır. Kara yolları teşkilatında özel şekilde hazırlanmış arazi defterlerinin etüt işi için kapak kısmının yazılışı Tablo 1.1’de, iç sayfalarının dolduruluşu da Tablo 1.2’de görüldüğü gibidir.

Arazi defterine her gün başlarken tarih, hava durumu ve çalışanların isimlerinin yazılması faydalıdır. İlk ve son sayfaya önemli notlar yazılır. Alet kurulup yatay açı sıfırı bir önceki poligon noktasına ayarlandıktan sonra tafsilat noktalarına bakılır. En son aleti kaldırmadan da aynı noktaya bakıp kontrol edilir ve bir sonraki poligon noktasına bakılır.

**KARA YOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**ETÜT PROJE ARAZI DEFTERİ**

(1) BÖLGE NU. 4 (2) YOL KONTROL KESİM NU. 68-12 (3) EKİP NU. 2 (4) DEFTER NU. 1

(5) YOLUN ADI

ANKARA-ESKİŞEHİR

BAŞLANGICI km

BİTECEĞİ KM

(6) İŞİN BÜTÜNÜNÜN.....  
(7) BU DEFTERDEKİ İŞİN.....

(8) BU DEFTERİN HANGİ İŞ NEVİ İÇİN OLDUĞU  
(ilgili işin solundaki kareye X işaretini koyunuz)

APLİKASYON

ETÜT İŞLERİ

ENKESİT

STADYA

İSTİMLAK

NİVELMAN

(9) EKİP ŞEFİNİN

ADI VE SOYADI

İMZASI

.....

.....

(10) LUZUMLU KAYITLAR	BOLGEDE	MERKEZDE
ARŞIV NU.		
ARŞIV TARİHİ		
ARŞIV VE KARTOTEKSE İŞLEYENLERİN İMZALARI		

**Tablo 1.1: Etüt işinde kullanılan defterin kapağı**





### **1.1.3. Klasik Etüt Büro Çalışmaları**

Arazi çalışmaları bittikten sonra büroda çalışmalara devam edilir. Bu çalışmalar aşağıda verilmiştir.

#### **1.1.3.1. Stadya Defterinin Kotlandırılması**

Arazide tutulmuş takeometrik nivelman karnesi veya takeometre cetveli yardımıyla poligon ve tafsilat noktalarının kotları hesaplanır. Tablo 1.3'te görüldüğü gibi etüt arazi defterinin sol sayfası arazide doldurulur (g) ve (h) sütunlarına hesaplara göre çıkış (+) ve iniş (-) değerleri yazılır.

Poligon kotuna alet yüksekliği ilave edilerek bulunan sayının (i) sütunundaki sayılarla ayrı ayrı cebrik toplamları kotları verir. Bulunan kotlar (k) sütununa yazılır.

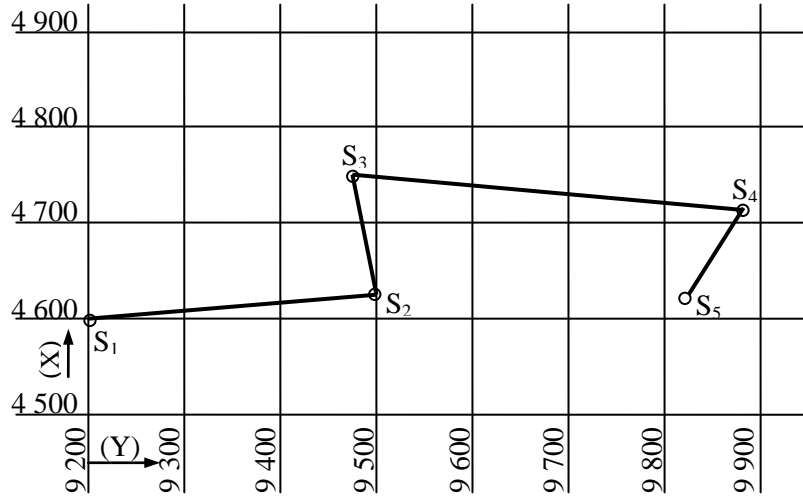
a	b	c yatay açı	d düşey açı	e mira okuma	f okuma farkı	g	h	i	k	l	m
	Alet	P.1 de	0,000	İle P.2	ye	P.1 kotu 1002,78					
	bakıldı	alet	yük.	h=1.60		1002.18+1,60=1003,78					
	P.1- P.2	arası=	132.8 0	m							
	P.2	0,000	95,26	233,50 167 100	133,50	132,8 0	+9,91	+8,24	1012,0 2		
	1	30,50	92,80	260 180 100	160	158,0 0	+17,9 5	+16,1 5	1019,9 3		
	2	62,10	92,15	240 170 100	140	137,9 0	+17,0 9	+15,3 9	1019,1 7		
	3	127,7 0	94,20	220 160 100	120	119,0 0	+10,8 7	+9,27	1013,0 5		
	4	208,2 0	102,5 2	280 140 100	180	79,90	-3,17	-4,57	999,21		
	5	317,8 0	106,1 0	220 160 100	120	118,9 0	-11,43	-13,03	990,75		
	Alet	P.2 de	0,000	İle P.1 e							
	bakıldı	h=1.5 8									
	P.1	0,000	104,6 8	233,50 167 100	133,50	132,8 0	-9,77	-11,77	1002,1 8		
	P3	203,7 3	90,10	262,50 180 100	162,50	158,6 0	-24,86	-23,05	1036,6 7		

**Tablo:1.3:Etüte ait kot hesaplarının yazılışı**

### 1.1.3.2. Poligon Koordinat Hesaplarının Yapılması ve Poligon Kanavasının Çizilmesi

Açı ve mesafe değerleri, ölçülmüş olan tüm poligon noktalarının koordinatları önceden koordinat değerleri olan nirengi noktalarına dayalı olarak hesaplanır. Bu hesap, **poligon hesabı** adı verilen ve genellikle klişe yardımıyla veya bilgisayar ortamında elde edilen bir hesap yöntemidir.

Koordinatı hesaplanan poligonların birbirlerine göre konumlarının ve güzergâhların numaraları ile birlikte gösterildiği 1/5000 veya 1/10000 ölçeğinde kroki çizilir. Bu krokiye **poligon kanavas**ı adı verilir. Bu kanava sayesinde poligon güzergâhı, poligon numaraları ve karelaj (grid) koordinatları bir arada görülebilir (Şekil 1.9 ve 1.10).



Şekil 1.9: Kanava üzerinde poligonun gösterilmesi

1/100 000 Pafta no:İ27

.....POLİGON KANAVASI

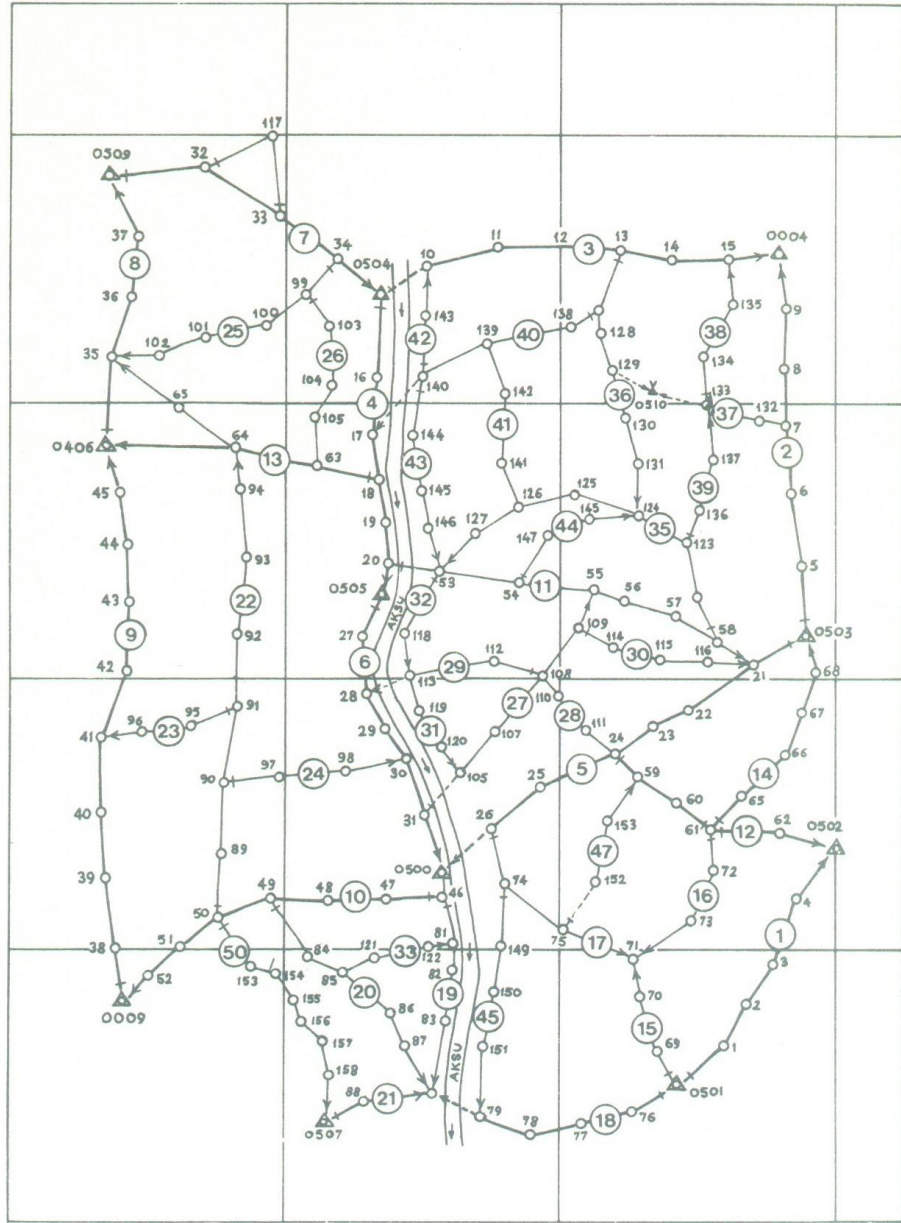
4380400

4379400

4378400

4377400

4376400



384200

385200

1:10 000

386200

387200

Şekil 1.10: Poligon kanavası

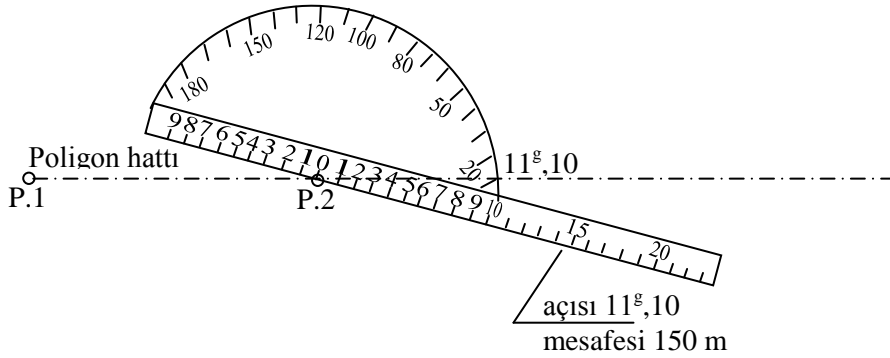


### 1.1.3.3. Tafsilat Noktalarının İşaretlenmesi

Poligon hattı, asıl kâğıda çizilmeden önce başka bir kâğıda plan sınırının tespiti amacıyla 1/10000 veya 1/20000 ölçeğinde çizilir. Bu plandan yararlanılarak 1/2000 ölçeğinde çizilecek olan poligon hattı, geniş ve kalın bir kâğıdın ortasına gelecek şekilde koordinat eksenleri çizilir. Koordinat eksenlerine göre de poligonların yerleri işaretlenir. Bu işaretler birleştirilerek poligon hattı çizilmiş olur (Şekil 1.10).

Elle yapılan bu tür işlemin yanında bilgisayar teknolojisi kullanılarak CAD tabanlı programlar yardımıyla poligon hattı ve poligon kanavasını kolaylıkla ve istenilen ölçekte alınabilmektedir.

Klasik yöntemle tafsilat noktalarının tersimatı (işaretlenmesi) için raportör adı verilen grad bölümlenmeli bir iletke ve buna bağlı cetvel kullanılır. Raporörün merkezi poligon noktasına getirilir. Açılar raportörle, yatay mesafeler de raportöre bağlı ölçekli cetvel ile ölçülerek nokta belirlenir (Şekil 1.11).



Şekil 1.11: Tafsilat noktalarının işaretlenmesi

### 1.1.3.4. Sabit Tesislerin ve Tesviye Eğrilerinin Çizimi

Krokiden faydalanarak belirli noktaların arası birleştirilerek dere, telefon hattı, şev, bina, yol vb. şekiller çizilir. Noktalar üzerine yazılan kotlar tam sayı olmadığından aralarındaki tam sayılı kotların yerlerinin belirlenmesi gerekir. Bunun için ölçme bilgisi ve uygulaması dersinde görülen yöntemlerden yararlanır. Klasik yöntemlerle yapılacak bu işlem için en çok kullanılan yöntem paralel çizgili şeffaf kâğıt yöntemidir. Toplu iğne ile tam sayılı kota ait noktalar işaretlendikten sonra kalemle belirtilir, kotları da yanlarına yazılır.

Bu tam sayılı kotlar birleştirilerek tesviye eğrileri çizilir. On metrelik tesviye eğrileri kalın çizgi ile çizilir.

Paralel çizgili şeffaf kâğıt yöntemi ile tesviye eğrileri çizimi yerine tam sayılı kot çizim yöntemi kullanılır. Bu işte uzmanlaşmış kişiler, göz tahminî ile tam sayılı kot çizgilerini çizmektedir.

## 1.2. Fotogrametrik Etüt

Yapılması düşünülen bir kara yolu projesinin çok kısa zamanda hazırlanması günümüz tekniğinde zorunlu hâle gelmiştir. Klasik yöntemle etüt hem zaman kaybına neden olmakta hem de fotogrametrik yöntemle göre ekonomik ve yeterli incelikte olmamaktadır. Proje için gerekli arazi işlerini azaltarak tüm ölçüm ve çizimleri, havadan çekilen resimleri değerlendirerek yapmak, yol ekseninin aplikasyonu için gerekli değerleri elde etmek, hacim hesaplarını doğru ve hızlı yapmak fotogrametrik yöntemin ana ilkeleridir.

Fotogrametrik yöntemde, bilgisayarlardan da yararlanarak üretim hızı ve personel tasarrufu sağlanmaktadır.

Fotogrametri yöntemi bugün dünyanın gelişmiş ülkelerinde olduğu gibi ülkemiz haritacılık sektöründe de geniş şekilde kullanılmaktadır.

Kara yolu projelerinin hazırlanmasında fotogrametrik yöntemin klasik yöntemle göre birçok avantajı vardır.

- Klasik yöntemle göre % 30 -% 50 daha ekonomiktir.
- Yol harita ve projeleri daha az elemanla ve kısa zamanda hazırlanır.
- Güzergâh değişikliği ve yeni düşünülen tesislerin projelendirilmesi için mevsim ve hava engelleri sorunları olmaksızın arazide yapılması gereken ölçümlerin resimler üzerinde değerlendirilerek elde edilmesi mümkün olabilmektedir.
- Güzergâh ekseninin arazide aplikasyonu yapılmadan boyuna ve enine kesitler çıkarılabilmektedir. Bilgisayarlar yardımı ile alan ve hacim hesapları yapılmakta ve gerekli karşılaştırmalar kısa zamanda sonuçlandırılmaktadır.
- Proje ön çalışmaları arazi sahiplerini rahatsız etmemektedir.
- Arazinin değer ve cinsinin belirlenmesini kolaylaştırır.
- Arazinin topoğrafik yapısı her zaman seçilebilmektedir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

- 1/2000 ölçekli bir etüt haritası temin ediniz ve klasik etüt çalışması yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Klasik etüt ekibini oluşturunuz.	➤ Klasik etüt ekibinin en az 6 kişiden oluştuğunu göz önünde bulundurunuz.
➤ Nirengi ve poligon noktalarının tesisini yapınız.	➤ Arazi yapısını inceleyiniz. Poligon noktalarını birbirini net görecek şekilde seçiniz. Röper krokilerini hazırlayınız.
➤ Nirengi ve poligonların açı ve kenarlarını ölçünüz.	➤ Poligon açılarının 200 <sup>g</sup> civarında olmasına dikkat ediniz. Kroki çiziniz.
➤ Tafsilat alımını yapınız.	➤ Alet okumalarına özen gösteriniz.
➤ Kuzey istikametini belirleyiniz.	➤ Kuzey yönünü ok ile gösteriniz.
➤ Poligon hattını sigortalayınız.	➤ Poligon hattının sigortalanması konusundaki bilgilerden yararlanınız.
➤ Poligon ve tafsilat noktalarının kotlarını hesaplayınız.	➤ Hesapların hata sınırı içerisinde kalmasına özen gösteriniz.
➤ Poligonların koordinat hesaplarını yapınız.	➤ Poligon noktalarının koordinatlarını daha önceden koordinat değerleri olan nirengi noktalarına dayalı olarak hesaplayınız.
➤ Poligon kanavalarını çiziniz.	➤ Poligonların birbirlerine göre konumlarını ve güzergâhlarını numaraları ile birlikte gösteriniz.
➤ Tafsilat noktalarını işaretleyiniz.	➤ Açı ve mesafeleri iletke kullanarak işaretleyiniz.
➤ Sabit tesislerin ve tesviye eğrilerinin çizimini yapınız.	➤ Krokiden faydalanarak dere, telefon hattı, şev, bina, yol vb. şekilleri çiziniz.

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Klasik etüt ekibini oluşturduunuz mu?		
2. Nirengi ve poligon noktalarının tesisini yaptınız mı?		
3. Nirengi ve poligonların açı ve kenarlarını ölçtünüz mü?		
4. Tafsilat alımını yaptınız mı?		
5. Kuzey istikametini belirlediniz mi?		
6. Poligon hattını sigortaladınız mı?		
7. Poligon ve tafsilat noktalarının kotlarını hesapladınız mı?		
8. Poligonların koordinat hesaplarını yaptınız mı?		
9. Poligon kanavalarını çizdiniz mi?		
10. Tafsilat noktalarını işaretlediniz mi?		
11. Sabit tesislerin ve tesviye eğrilerinin çizimini yaptınız mı?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

- İstikşaf yoluyla güzergâhın geçeceği kabaca belli olan bölümler için tesviye eğrili şerit hâlinde büyük ölçekli topoğrafik bir harita üretmek üzere gerekli arazi ve büro çalışmaları işlemi aşağıdakilerden hangisidir?  
A) İstikşaf  
B) Etüt  
C) Harita  
D) Aplikasyon
- Aşağıdakilerden hangisi klasik etüt haritası arazi çalışmalarından değildir?  
A) Poligon noktalarının yerlerinin seçimi  
B) Poligon açı ve kenarlarının ölçülmesi  
C) Kuzey istikametinin belirlenmesi  
D) Poligon koordinat hesaplarının yapılması
- Aşağıdakilerden hangisi klasik etüt haritası alımında büro çalışmalarından değildir?  
A) Sabit tesislerin ve tesviye eğrilerinin çizimi  
B) Tafsilat noktalarının işaretlenmesi  
C) Poligon hattının sigortalanması  
D) Poligon kanavasının çizilmesi
- Aşağıdakilerden hangisi doğrudur?  
A) Poligon noktaları etrafı kolayca görebilecek tepelikler veya hâkim noktalar olmalıdır.  
B) Bir poligon noktası kendinden bir önceki ve bir sonraki poligon noktalarını görebilmelidir.  
C) Poligon, açı ve kenar uzunlukları Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapım Yönetmeliği'nde belirlenen sınırları geçmemelidir.  
D) Poligon açıları mümkün olduğunca 300g civarında, yani gergin olmalıdır.
- Teodolit kurulan  $P_{60}$  noktasının kotu 150,25 m'dir. Bu noktada kurulan teodolit yüksekliği 1,52 m, 120 numaralı tafsilat noktasına yapılan gözlemin düşey açısı  $95^{\circ}25'$ , alt mira okuması 1,00, orta okuma 1,61 ve üst okuma 2,23 olduğuna göre 120 numaralı noktanın kotu nedir?  
A) 159,30  
B) 153,90  
C) 156,60  
D) 157,70
- Poligon ve tafsilat noktalarına ait mira okumalarının yazıldığı defter aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Nivelman defteri  
B) Stadya defteri  
C) Röper defteri  
D) Nivelman karnesi

7. Koordinatı hesaplanan poligonların birbirlerine göre konumlarının ve güzergâhların numaraları ile birlikte gösterildiği 1/5000 veya 1/10000 ölçeğinde çizilen kroki aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Nirengi kanavas
  - B) Nivelman kanavas
  - C) Poligon kanavas
  - D) Röper krokisi
8. Aşağıdakilerden hangisi kara yolu projelerinin hazırlanmasında fotogrametrik yöntemin klasik yönteme göre avantajlarından değildir?
- A) Klasik yönteme göre % 30 -% 50 daha ekonomiktir.
  - B) Yol harita ve projeleri daha az elemanla ve kısa zamanda hazırlanır.
  - C) Proje ön çalışmaları arazi sahiplerini rahatsız etmemektedir.
  - D) Arazinin değer ve cinsinin belirlenmesini zorlaştırır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Tekniğine uygun olarak yol etüdü paftası üzerinden güzergâh araştırması yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Etüt paftası üzerinde güzergâh araştırmasının nasıl yapıldığını araştırınız. Edindiğiniz bilgileri sınıfınızdaki arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 2. ETÜT PAFTASI ÜZERİNDE GÜZERGÂH ARAŞTIRMASI

Bir kara yolu güzergâhının seçiminde, yolun teknik etüdünde belirtilen bütün hususlar ile ekonomik koşulları sağlayacak ayrıntılı bir çalışma yapılır. Bu çalışmalar yanında yol ekseninin ve kurpların tespit edilmesinde uyulması gereken ana ilkeler şunlardır:

- Yolun eğimi maksimum eğimi aşmamalıdır.
- İki zorunlu nokta arasında güzergâh mümkün olduğu kadar kısa olmalıdır.
- Büyük bir ekonomik yük getirmiyorsa araziye uyan en büyük yarıçaplı karp kullanılmalıdır.
- Planda güzergâh, minimum yarıçaplı kurptan daha küçük kurpları gerektirecek keskin dönüşler göstermemelidir.
- Toprak işlerinin az olması ve estetik bakımlardan yol eksenini doğal zeminlere uymalıdır.
- Boy kesitte yeterli dalgalanması olmayan çok uzun aliymanlarda, farların göz almasını ve uykuyu önlemek amacıyla yer yer civarın estetiğine göre her 5-10 km'de bir eksen sapmaları oluşturulmalıdır. Bu eksen sapmaları arasında 10°'lik açı oluşturulması amaca uygun olup yolun uzamasından dolayı fazla bir yük getirmemektedir.
- Estetik bakımdan sapma açısı çok küçük olan aliymanlar uygulanmamalıdır. Uygulama zorunluluğu varsa developman boyunu artırmak için büyük yarıçaplar kullanılmalıdır.
- Sapma açısı 5°'den küçük olan kurplarda en az 150 m'lik developman boyu kullanılmalıdır. Sapma açısı küçüldükçe her derece küçülüşü için developman uzunluğu en az 25 m artacak şekilde karp yarıçapı seçilmelidir.
- Uzun aliymanlar veya büyük kurplardan sonra ani olarak küçük yarıçaplı kurplar kullanılmamalıdır. Böyle bir durumda azar azar küçülen alıştırıcı kurplar kullanılmalıdır.
- Keskin kapalı düşey kurbun ortasında veya sonrasında keskin dönüşlü yatay karp gelmemelidir. Yatay kurbun developmanı düşey karp içine girecek şekilde

- büyütülmelidir. Mümkünse düşey ve yatay kurbun some noktaları çakıştırılmalıdır.
- Aralarında kısa bir aliyman bulunan aynı yönlü iki kurbun kullanılmaması gerekir. Genel olarak sürücü, herhangi bir kurptan çıktıktan sonra aynı yöne dönen ikinci bir kurbun olabileceğini düşünmez.
  - Arazinin topoğrafik yapısı uygun ise seçilecek yatay kurbun açık ve görüşü olan bir kurp olmasına dikkat edilmelidir.
  - Tepelere, derelere ve yol kavşaklarına yaklaştıkça eğim azaltılmalıdır.

Bütün bu şartların hepsinin birden gerçekleşmesi mümkün değildir. İki nokta arasındaki en kısa mesafe, bu iki noktayı birbirine birleştiren doğrudur. Eğer yol güzergâhının çok kısa olması istenirse zorunlu noktalar tek eğimli bir aliyman ile birleştirilebilir. Bu aliymanın eğimi maksimum eğimi aşmasa bile böyle bir güzergâh büyük kazı ve dolguları gerektireceğinden toprak işlerini ve dolayısıyla yolun maliyetini artıracaktır. Ayrıca sürekli çıkış olması ve daha başka teknik güçlükler nedeni ile böyle bir güzergâhın gerçekleşmesi hemen hemen mümkün olmaz.

Yolun doğal zemine uyum sağlayarak devam etmesi, toprak işlerinin azalmasını sağlayacaktır. Verilen maksimum eğimi aşmadan, bütünüyle doğal zemine uyumlu giden bir yolda toprak işleri çok az olacaktır. Yani yol doğal zemine çok az kazı (*yarma*) ve dolgu yaparak geçer. Engebeli arazide böyle bir güzergâh ise çokça keskin dönüşler göstereceğinden minimum kurp yarıçapı şartını sağlamak mümkün olmayacağı gibi güzergâh gereğinden fazla uzayacaktır. Bununla birlikte kesin güzergâhın tayini için önce doğal zeminden ayrılmadan giden yani doğal zemin ile çakışan ve “**sıfır poligonu**” denilen teorik bir güzergâh etüdü yapılır.

## 2.1. Sıfır Poligonu

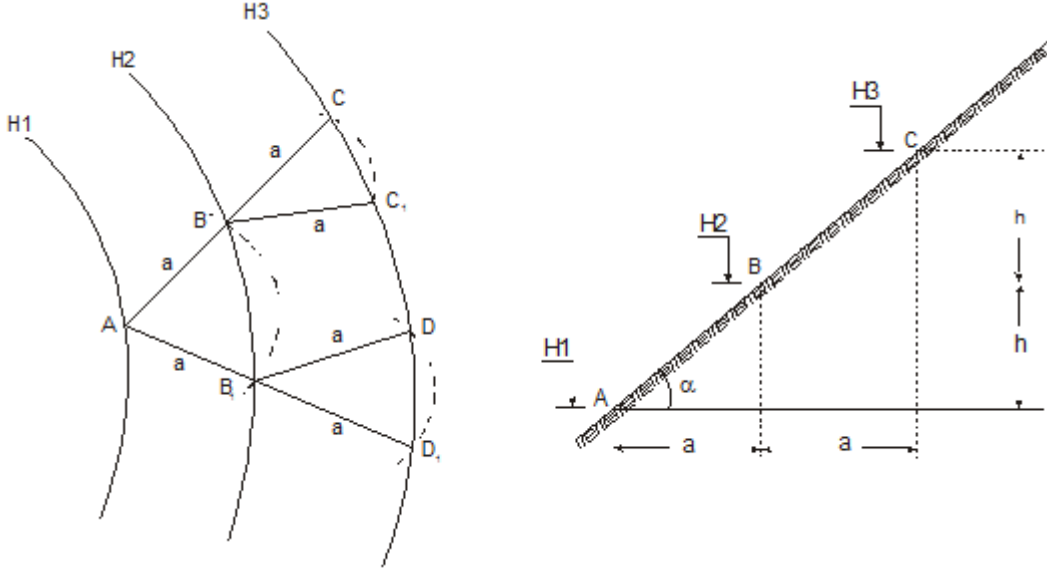
Yol güzergâhının geçirilmesi planlanan araziye ait ve Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'ne uygun olarak çizilmiş olan 1/2000 ölçekli ve eş yükselti eğrili (tesviye eğrili) harita üzerinde güzergâhının araştırılmasında, güzergâhın tespitinde verilen eğim şartlarına göre önce **sıfır poligonu** çizilir. Sıfır poligonu, verilen eğime göre doğal zemine en uygun, en az kazı ve dolgu gerektiren güzergâhı belirtir.

Poligon, düzeç eğrili harita üzerinde düzeç eğrileri ile kesiştiği her noktada doğrultu değiştiren kırık bir çizgidir. Sıfır poligonundan yararlanarak geçirilecek kesin bir güzergâh sıfır poligonundan daha kısa olacağından kesin güzergâhın eğimi de sıfır poligonunun eğiminden büyük olacaktır. Bu nedenle sıfır poligonunun eğimi, maksimum eğimden % 1 daha küçük seçilir.

Yapılması düşünülen yolda uygulanacak maksimum eğimin tespit edilmiş olduğunu kabul edip **1/m ölçekli** ve yükseklik eğrileri arasındaki fark **h** olan bir harita üzerinde herhangi bir A zorunlu noktadan başlayan bir sıfır poligonunun nasıl geçirileceğini inceleyelim.



Yapılacak işlem iki düzeç eğrisi arasına doğal zeminle çakışan ve eğimi belirli olan doğru parçaları yerleştirmektir. Birbirlerini izleyen iki düzeç eğrisi arasına yerleştirilecek sıfır poligonuna ait AB doğru parçasının uzunluğu  $a$  olsun. A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkı  $h$  ve maksimum eğimin % 1 eksiği olan sıfır poligonunun eğimini  $\tan \alpha$  ile gösterilirse



Şekil 2.1: Sıfır poligonunun geçirilmesi

$$\tan \alpha = \frac{h}{a} \quad (1)$$

$$a = \frac{h}{\tan \alpha} \quad \text{olur. Haritanın ölçeği } 1/m \text{ olduğuna göre} \quad (2)$$

$$\text{Ölçek} = \frac{1}{m} = \frac{\text{Harita üzerindeki uzunluk}}{\text{Arazideki uzunluk}} = \frac{a'}{a} \quad \text{olduğundan} \quad (3)$$

$$a' = \frac{a}{m} \quad \text{olur. } a' \text{ nın karşılığı yerine konursa pergel açıklığı için} \quad (4)$$

$$a' = \frac{h}{m \cdot \tan \alpha} \quad \text{elde edilir.} \quad (5)$$

A noktasından itibaren  $a'$  kadar açılan bir pergelin  $H_2$  kotlu düzeç eğrisini kestiği noktalar sıfır poligonunun köşe noktalarıdır.

Pergelin açıklığı değiştirilmez ve bulunan B ve  $B_1$  noktalarından aynı işleme devam edilirse sıfır poligonunun diğer noktaları bulunur. Noktaların birleştirilmesiyle kırık çizgilerden oluşan sıfır poligonları elde edilir. Sıfır poligonlarının sayısının başlangıçtan itibaren 2 – 4 – 8 – 16 olarak arttığı görülmektedir. Poligonlar daha ayrıntılı bir şekilde incelenirse başlangıçta bunların bir kısmının uygun güzergâh olmadığı anlaşılacak ve bunlar elimine edilip sıfır poligonlarının sayısı azaltılarak birkaç poligondan başka uygun teorik güzergâh kalmayacaktır.

Sıfır poligonuna ait bir boy kesit çizilirse bunun eğiminin  $\tan\alpha = \%$  g olan tek eğimli bir doğru olduğu görülür. Bu doğru ise doğal zemindeki her noktada çakışarak gider.

Pergel açıklığı ( $a'$ ) nün bulunması ile ilgili bir örnek verelim:

**Örnek 1:** 1 / 2000 ölçekli topoğrafik bir haritadaki eş yükselti eğrileri arasındaki yükseklik farkı 2 m'dir. Yol için düşünülen en yüksek eğim % 5 olduğuna göre güzergâh seçimi için kullanılacak sıfır poligonunun pergel açıklığı ne kadar olmalıdır?

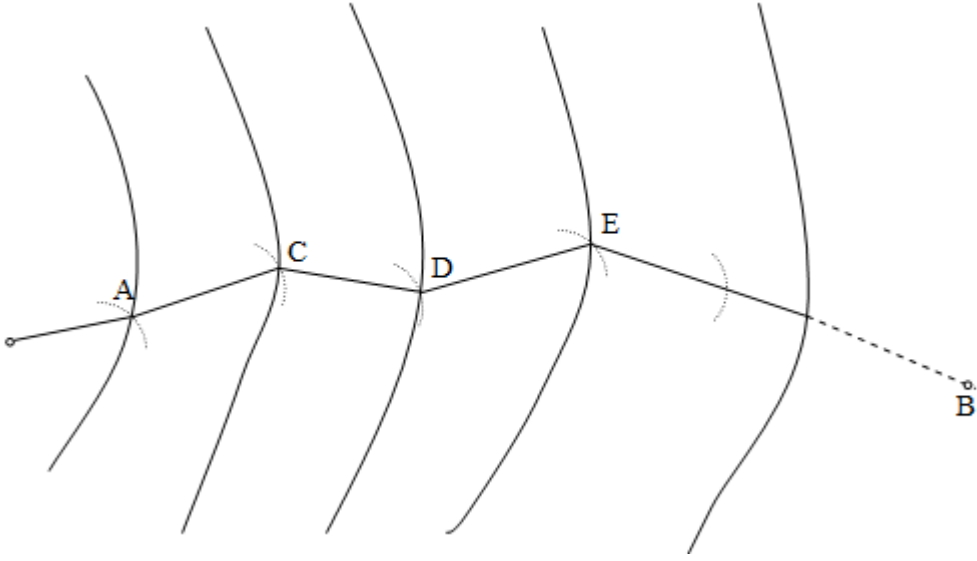
**Çözüm 1:** Pergel açıklığı  $a'$  ile gösterilmiştir. En yüksek eğim % 5 olduğuna göre sıfır poligonunun eğimi,

$\tan\alpha = 0,05 - 0,01 = 0,04$  olur ki bu da % 4 demektir. Bu değer (5) numaralı formülde yerine konursa,

$$a' = \frac{h}{m \cdot \tan\alpha} = \frac{2}{2000 \cdot (0,04)} = \frac{1}{40} = 0,025 \text{ m} = 2,5 \text{ cm}$$
 bulunur. Bu durumda pergel açıklığı 2,5 cm olmalıdır. 1 / 2000 ölçekli bir haritada 1 cm' lik bir mesafe arazide 20 m' ye karşılık geldiğinden orantı yöntemiyle 2,5 cm' nin 50 m olduğu anlaşılacaktır.

Sıfır poligonları, arazinin engebelerine uyarak iniş ve çıkışlar gösterir. Genellikle iniş ve çıkışta sıfır poligonlarının eğimi aynı olup yalnız işaretleri farklıdır.

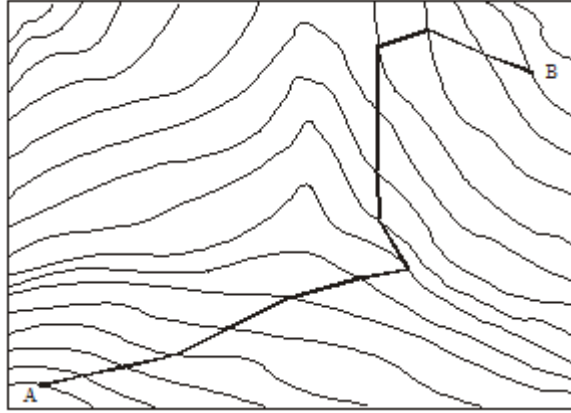
Sıfır poligonu çizilirken çizilen yay yükseklik eğrisine teğet olursa bu durumda iki nokta yerine bir nokta elde edilir ki sorun daha basitleşir. Ancak arazinin eğiminin az olduğu yerlerde çizilen yay, bir sonraki yükseklik eğrisini kesmeyebilir.



**Şekil 2.2: Çizilen yayın eş yükselti eğrisini kesmemesi durumu**

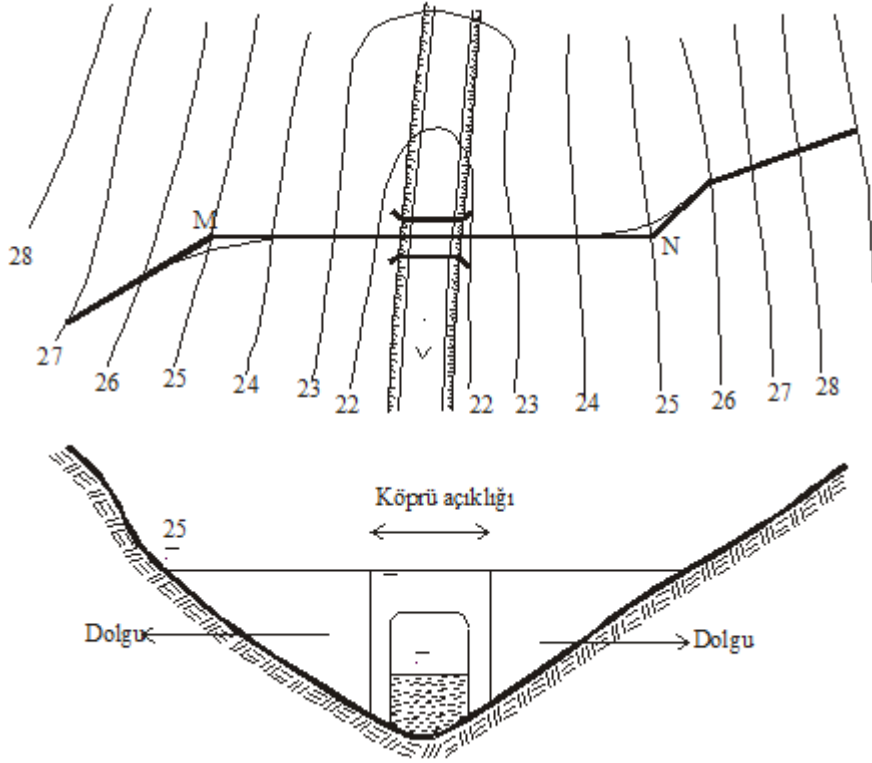
Bu durumda kaldığımız noktadan B noktasına çizilen doğrunun bir sonraki eğriyi kestiği nokta sıfır poligonuna ait nokta olarak kabul edilir. Bu noktadan itibaren işleme devam edilir (Şekil 2.2).

İki zorunlu nokta arasında ancak bir sıfır poligonu çizilebiliyorsa bu poligondan yararlanır (Şekil 2.3). İki zorunlu nokta arasında birden fazla sıfır poligonu geçirilebiliyorsa bu poligonlardan kısa olanları ve büyük kırıklıklar göstermeyenleri seçilir.



**Şekil 2.3: Sıfır poligonu**

**Özel durum:** Sıfır poligonu bir akarsuya gelince akarsu bir köprü aracılığı ile geçileceğine göre burada sıfır poligonunun doğal zemine çakışarak devam etmesi düşünülemez.



**Şekil 2.4: Sıfır poligonu çalışmasında akarsuya rastlanması durumu**

Bu durumda akarsuyun en yüksek su seviyesi göz önünde tutularak belirlenen köprü üst koduna gelen sıfır poligonu bu noktada kesilir. Akarsu mümkün olduğu kadar dik geçilerek karşı kıyıdaki aynı kotlu noktadan itibaren devam ettirilir.

Şekil 2.4'teki gibi tasarlanan köprü üst seviyesi kotu 25 m ise sıfır poligonu 25 m kotlu düzleş eğrisinde kesilip akarsu dik olarak geçildikten sonra, karşı kıyıda 25 m kotlu noktadan itibaren devam ettirilmiştir.

## 2.2. Sıfır Poligonundan Faydalanarak Kesin Güzergâhın Geçirilmesi

Sıfır poligonları geçirildikten sonra her birinin ayrı ayrı etüdü yapılır. Bu etüt sırasında, yukarıda bahsedilen esaslara göre en uygun sıfır poligonu ya da poligonları seçilir. Kesin güzergâh, uygun sıfır poligonlarının proje standartlarına göre düzeltilmesi ile elde edilir.

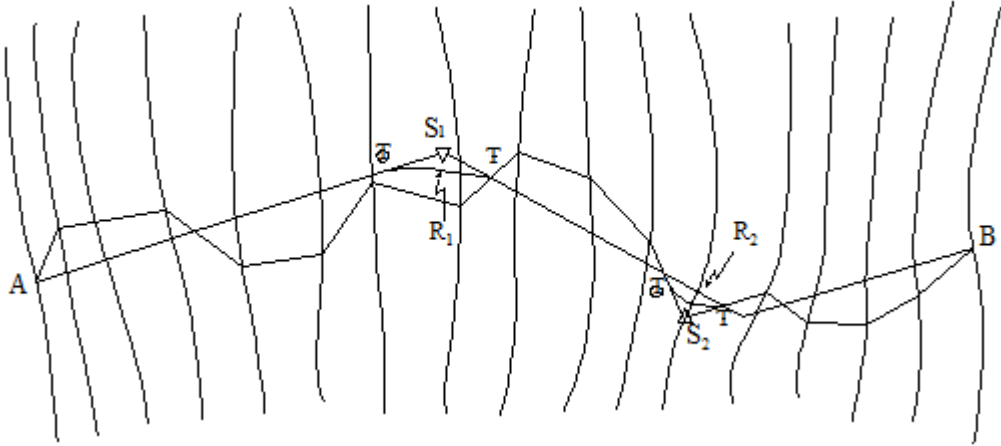
Kesin bir güzergâhın toprak işleri, güzergâh sıfır poligonundan uzaklaştıkça artacağından kesin güzergâhın aliymanları ve kurpları sıfır poligonuna mümkün olduğunca yakın olarak geçirilir (Şekil 2.5).

Sıfır poligonu A ve B noktaları arasında şekilde olduğu gibi düzgün olmayan bir biçimde geçiyorsa dengelenerek düzeltilir. Bu dengeleme, sıfır poligonu ile yol ekseninin sağ ve solunda kalan alanların yaklaşık olarak birbirine eşitlenmesi şeklinde yapılır.

Aliymanlar arasında kurplar yerleştirilirken yarıçapları belirli kurp şablonları kullanılır. Bu şablonlar aliymanlara teğet olup sıfır poligonunu dengeleyecek şekilde deneme yolu ile uygulanarak min R (R=Yarıçap) den küçük olmayan uygun kurp yarıçapı belirlenir.

Aliymanlar arasına yerleştirilecek kurp yarıçapı aşağıdaki esaslar dikkate alınarak belirlenir:

- Yol geometrik standartları
- Arazinin topoğrafik durumu
- Emniyetli görüş ve emniyetli geçiş uzaklığı
- Hız ve dever



**Şekil 2.5: Sıfır poligonundan faydalanarak kesin güzergâhın geçirilmesi**

- Uzun taşıtların kurp içindeki manevra kabiliyeti
- Art arda gelen iki kurbun birinin bitiş ve diğerinin başlangıcı arasında kalan rakordman boyu en az 60 m olmalıdır.
- En küçük kurp yarıçapı (min R) dır.

Bu değer,  $R_{\min} = \frac{(0,00443).V^2}{S_{\max}}$  formülü ile hesaplanır. (6)

Bu formülde;

V: km/saat (km/h) olarak minimum proje hızı

$S_{\max}$ = Maksimum deveri ifade etmektedir (% 10)

Ancak soğuk iklimin (kar ve buz) hüküm sürdüğü yerlerde  $S_{\max}$ = % 8 olarak alınır. Bu formüle göre hesaplanacak R yarıçapı 30 m'den az çıkarsa min R olarak 30 m alınır.

**Örnek 2:**  $V= 120$  km/saat ve  $S_{\max}=0,08$  olan bir yerde minimum kurp yarıçapını hesaplayınız.

Çözüm 2:

$$R_{\min} = \frac{(0,00443) \cdot 120^2}{0,08} = 797,40 \cong 800m$$

### 2.3. Sıfır Poligonu Çizmeden Kesin Güzergâhın Tayini

Yüksek standartlı yollarda, yol maliyetinin yüksek olmasından kaçınılamayacağı için toprak işlerinin az veya çok olması önemli değildir. Böyle durumlarda yol güzergâhı, etüt paftası üzerinde sıfır poligonu geçirilmeden çizilir. Ancak bu durumlarda da yolun estetik görünüşü ve zemin şartları göz önüne alınmalıdır. Güzergâha ait kesin kararlar tecrübeli yol proje, yapım ve zemin araştırma mühendisleri tarafından verilir.

Planda güzergâh belirlenirken bazı karşılaştırmalar yapılır. Bu karşılaştırmalar boy kesit ve en kesitler üzerinde gerekli incelemeler yapılarak yürütülür.

Sıfır poligonu geçirme çalışması çok zorunlu durumlarda gerçekleştirilmektedir. Bu durum bilgisayar teknolojisinden faydalanılmasından kaynaklanmaktadır. Ancak kullanılan programlar, sıfır poligonu mantığını esas alır.

### 2.4. Kesin Güzergâhın Boy Kesit Üzerinden Etüdü

Planda güzergâhlar karşılaştırılırken bunların boy kesitteki durumlarının da incelenmesi gerekir. Maksimum eğimin aşılmaması, toprak işleri ve sanat yapılarının durumu boy kesitler çizilerek incelenmeli ve uygun olmayan güzergâhlar düşünülmemelidir.

Boy kesit, yol güzergâhının bir bölümü veya uygun ölçekte tamamını başlangıç ve bitiş noktalarını da içine alabilecek şekilde yandan görüntüsünün çıkarılması işlemidir.

Boy kesitlerinin kolay çizilebilmesi ve ucuz bir şekilde çoğaltılarak üzerinde proje çalışmalarının yapılabilmesi amacı ile milimetrik aydınlatma kâğıtları üzerine çizilir. Kesitlerin uzun olması dolayısıyla genişliği 30-50 cm arasında değişen rulo biçiminde kâğıtlar kullanılır. Bu tür kâğıt kullanılarak çıkarılan boy kesit ve diğer haritalar **şeritvari haritalar** olarak adlandırılmaktadır.

Çizim ölçeği, yatay uzunluklar için amaca göre 1/1000 ile 1/5000 arasında seçilebilir. Düşey ölçekler ise genellikle arazinin yükseklik farklarını abartmalı olarak gösterecek şekilde ve yatay ölçeğe göre on kat daha büyük alınır. Örneğin 1/2000 yatay ölçeğinde çizilen bir kesitte düşey ölçek 1/200 alınabilir.

Çizim, dik koordinat esaslarına göre yapılır. Yatay eksen uzunlukları, düşey eksen yükseklikleri gösterir. Kesitin çizilebilmesi için önce yatay eksene çizime uygun bir kot verilir. Geçici boy kesiti çizmek için plandaki güzergâhın yükseklik eğrilerini kestiği noktaların başlangıca uzaklıkları yatay eksen üzerinde, kotları da düşey eksen üzerinde

alınarak doğal zemin noktaları işaretlenir. Çizimde ölçek cetveli yerine milimetrik çizgilerden yararlanılır. İşaretlenen noktalar birleştirilerek doğal zemin çizgisi (siyah çizgi) elde edilir.

Daha sonra toprak işleri, maksimum eğim şartı ve diğer hususlar düşünülerek **kırmızı çizgi** (yol güzergâhının geçeceği hat) geçirilir.

Elde edilen boy kesit, plan üzerinden alındığı için kesin değildir. Kesin boy kesit yol ekseninin araziye aplikasyonu yapıldıktan sonra, yapılan boy kesit nivelmanı sonucunda elde edilen yüksekliklere göre çizilir.

Kırmızı çizgiler, daire yayları ile olabileceği gibi ülkemizde uygulanan şekli ile ikinci derece parabol ile birleştirilerek düşey kurplar şeklinde de olur.

## 2.5. Kesin Güzergâhın En Kesit Üzerinden Etüdü

Plan ve boy kesit üzerindeki güzergâh, toprak işleri bakımından yalnız eksenindeki durum hakkında bir fikir verebilir. Yarma ve dolgu miktarlarının gerçeğe yakın bir şekilde bilinmesi, en kesit alanlarının ve bu kesitler arasında kalan hacimlerin hesabı ile ortaya çıkar. Kesin en kesitler, eksenin aplikasyonu yapıldıktan sonra eksene dik olarak yapılan en kesit nivelmanı sonuçlarına göre çizilir. Daha önce yarma ve dolgu hacimlerini yaklaşık olarak hesaplamak için düzeç eğrili plan üzerinde, yol eksenine dik doğrultuda en kesitler çıkarılarak bunların alanları ve kesitler arasındaki hacimler hesaplanır. Kazı ve dolgu hacimleri arasında bir dengenin olup olmadığı bu hesaplamalar neticesinde anlaşılır.

En kesitleri çizmek için planda, güzergâha dik doğrultuların düzeç eğrilerini kestikleri noktalar arasındaki uzunluklar yatay eksen, noktaların kotları da düşey eksen üzerinde alınarak milimetrik kâğıtlar üzerine işaretlenir. Bu noktalar birleştirilerek doğal zeminin en kesiti çizilir.

En kesitler hacim hesaplarında kullanıldıkları için çizim, yatay ve düşey ölçekler aynı olarak genellikle 1/100 veya 1/200 ölçeğinde yapılır.

En kesitler üzerinde yol ekseninin yeri, yol platformu ve şevler çizilerek en kesit tamamlanır. Doğal zemin ile yol arasında kalan alanlar ve bu kesitler arasında kalan hacimler hesaplanır. Gerekli inceleme ve güzergâh karşılaştırmaları yapılarak en uygun kırmızı çizginin çizilebildiği güzergâh kesinleştirilip yolun aplikasyonuna karar verilir.

Boy kesit ve en kesitler üzerinde kesin etüt, yol ekseninin aplikasyonundan sonra yapılır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

- 1/1000 veya 1/2000 ölçekli tesviye eğrili harita üzerinde yol güzergâh çalışmaları yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Yolun geçirileceği güzergâhın eğimine göre pergel açıklığını hesaplayınız.	➤ Yol için düşünülen en yüksek eğimi dikkate alınız.
➤ Pergel açıklığını değiştirmeden tesviye eğrileri üzerinde kestiği yerleri işaretleyiniz.	➤ Pergel açıklığının değişmemesini sağlayınız.
➤ İşaretlenen noktaları birleştirerek sıfır poligonunu çiziniz.	➤ İniş ve çıkışlarda sıfır poligonlarının işaretlerine dikkat ediniz.
➤ Sıfır poligonundan faydalanarak kesin güzergâhı çiziniz.	➤ Kesin güzergâhın aliyanlarını ve kurplarını sıfır poligonuna mümkün oldukça yakın olarak geçirmeye dikkat ediniz.

### KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Yolun geçirileceği güzergâhın eğimine göre pergel açıklığını hesapladınız mı?		
2. Pergel açıklığını değiştirmeden tesviye eğrileri üzerinde kestiği yerleri işaretlediniz mi?		
3. İşaretlenen noktaları birleştirerek sıfır poligonunu çizdiniz mi?		
4. Sıfır poligonundan faydalanarak kesin güzergâhı çizdiniz mi?		

### DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.



## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. “Yol güzergâhının geçirilmesi planlanan araziye ait ve “Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği”ne uygun olarak çizilmiş olan 1/2000 ölçekli ve eş yükselti eğrili (tesviye eğrili) harita üzerinde güzergâhının araştırılmasında, güzergâhın tespitinde verilen eğim şartlarına göre önce ..... çizilir”. cümlesinde boşluk bırakılan yerlere aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?  
A) Röper çizelgesi  
B) Nirengi kanavas  
C) Poligon kanavas  
D) Sıfır poligonu
2. 1/1000 ölçekli topoğrafik bir haritadaki eş yükselti eğrileri arasındaki yükseklik farkı 1 m’dir. Yol için düşünülen en yüksek eğim % 6 olduğuna göre güzergâh seçimi için kullanılacak sıfır poligonunun pergel açıklığı aşağıdakilerden hangisidir?  
A) 2 cm  
B) 2,5 cm  
C) 3 cm  
D) 1,5 cm
3. 1/2000 ölçekli topoğrafik bir haritadaki eş yükselti eğrileri arasındaki yükseklik farkı 1 m’dir. Yol için düşünülen en yüksek eğim % 6 olduğuna göre güzergâh seçimi için kullanılacak sıfır poligonunun pergel açıklığı aşağıdakilerden hangisidir?  
A) 2 cm  
B) 2,5 cm  
C) 1 cm  
D) 1,5 cm
4. Proje hızı 100 km/saat ve maksimum dever % 6 olan bir güzergâhta minimum kurp yarıçapı aşağıdakilerden hangisidir?  
A) 736,40  
B) 738,33  
C) 783,33  
D) 739,33
5. Proje hızı 110 km/saat ve maksimum dever % 7 olan bir güzergâhta minimum kurp yarıçapı aşağıdakilerden hangisidir?  
A) 765,76  
B) 756,33  
C) 766,67  
D) 764,75

6. Aliymanlar arasına yerleştirilecek kurp yarıçapını belirlemede dikkate alınacak esaslar aşağıdakilerden hangisinde verilmiştir?
- A) Arazinin topoğrafik durumu
  - B) Emniyetli görüş ve emniyetli geçiş uzaklığı
  - C) Uzun taşıtların kurp içindeki manevra kabiliyeti
  - D) En büyük kurp yarıçapı

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

➤ A ve B bölümlerindeki istenilenleri yaparak kendinizi değerlendiriniz.

A) Klasik etüdü tamamlanmış 1/2000 ölçekli bir haritada eş yükselti eğrileri arasındaki yükseklik farkı 4 metredir. Yol için % 4 eğim, proje hızı  $V=120$  km/saat, maksimum dever  $S_{max}=0.09$  düşünülmüştür.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Sıfır poligonunun pergel açıklığını hesaplayınız.	➤ Konuyla ilgili verilen formülden yararlanınız.
➤ Sıfır poligonu hattını çiziniz.	➤ Bulduğunuz pergel açıklığı değerini uygulayınız.
➤ Akarsu, dere gibi özel durumlara göre sıfır poligonu hattını değerlendiriniz.	➤ Sıfır poligonunu kesen özel durumları gözden geçiriniz.
➤ Yolun karp yarıçapını hesaplayınız.	➤ Konuyla ilgili verilen formülden yararlanınız.

B) Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Etüt ekibinde ölçme, aplikasyon ve kamp malzemeleri bulunur.
2. ( ) Tafsilat alımının esası, arazinin topoğrafik yapısını ortaya çıkarmaktır.
3. ( ) Poligon ve tafsilat noktalarına ait mira okumalarının yazıldığı deftere kot defteri denilmektedir.
4. ( ) Betonlanan poligon noktaları kroki ve stadya defterlerinde gösterilmelidir.
5. ( ) Fotogrametrik etüt klasik yöntemle göre % 50 -% 80 daha ekonomiktir.
6. ( ) Sapma açısı  $15^{\circ}$ den küçük olan kurplarda en az 150 m'lik developman boyu kullanılmalıdır.
7. ( ) Sıfır poligonları, arazinin engebelerine uyarak iniş ve çıkışlar gösterir. Genellikle iniş ve çıkışta sıfır poligonlarının eğimi aynı olup yalnız işaretleri farklıdır.
8. ( ) Boy kesit ve en kesitler üzerinde kesin etüt, yol ekseninin aplikasyonundan önce yapılır.
9. ( ) En kesitler hacim hesaplarında kullanıldıkları için çizim, yatay ve düşey ölçekler aynı olarak genellikle 1/100 veya 1/200 ölçeğinde yapılır.

## **DEĞERLENDİRME**

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	D
3	C
4	D
5	A
6	B
7	C
8	D

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİNCEVAP ANAHTARI

1	D
2	A
3	C
4	B
5	A
6	D

## MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Doğru
3	Yanlış
4	Doğru
5	Yanlış
6	Yanlış
7	Doğru
8	Yanlış
9	Doğru

## KAYNAKÇA

- KONYALIOĞLU Gürol, **Yol Bilgisi ve Uygulaması**, MEB Devlet Kitapları Müdürlüğü Yayını, İstanbul, 2004.
- SONUÇ Turhan, **Kara Yolu Tekniđi**, Ör Matbaası Yayını, İstanbul, 2003.
- YAMAN Naim, Fikri KAMAN, **MEB Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları Genel Müdürlüğü**, Ankara, 1979.