

**DEMİRYOLU DERS NOTLARI**

**2. KISIM**

**(PROJE)**

Yrd.Doç.Dr. Şafak BİLGİÇ

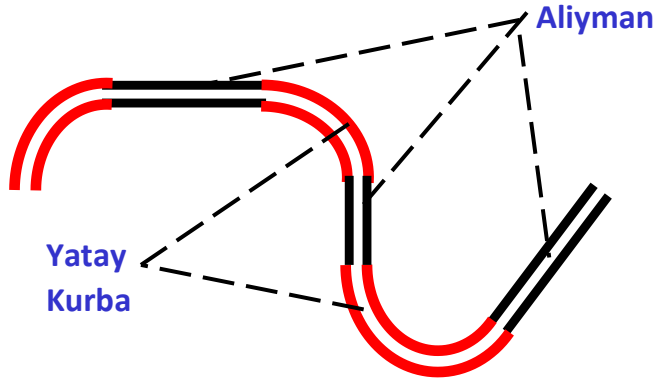
Bu bölümde öncelikle yol projesine ait elemanlar açıklanacaktır.

**Geçki (güzergah):** Bir yolun arazi üzerinde izlediği doğrultudur.

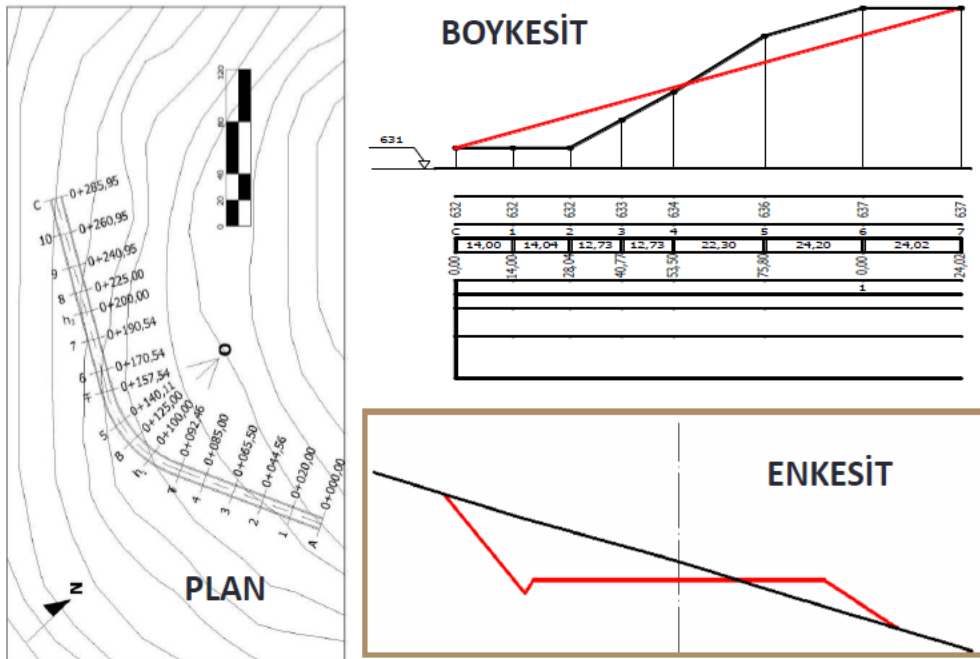
**Plan:** Yolun yatay bir düzlem üzerindeki izdüşümüdür.

**Aliyman:** Yol planındaki düz kısımlara denir.

**Yatay kurba (yatay kurp, viraj):** Yol planında düz kısımlar arasındaki eğri kısımlara denir.



*Aliyman ve Yatay Kurba*



**Boykesit (profil):** Plandaki yol eksenini bir doğru boyunca açılır ve bunun düşey bir düzlem üzerinde izdüşümü alınır. Boykesit üzerinde, belli bir kıyas hattına göre arazinin doğal durumu ile yolun bitmiş durumu gösterilir.

**Enkesit:** Yolun herhangi bir noktasında eksen hattına dik doğrultuda alınan kesittir.

**Tip Enkesit:** Yolun standart ölçülerini ve inşaat özelliklerini ayrıntılı olarak gösteren enkesittir. Genel olarak, platform, kaplama ve banket genişlikleri, hendek boyutu, şev eğimleri, enine

eğim, üst yapıya ait tabakalar ve bunların kalınlıkları-malzeme cinsleri ile kamulaştırma genişliği belirtilir.

**Kot:** Dikkate alınan bir noktanın deniz yüzeyinden veya başlangıç olarak alınan bir kıyas düzleminden yüksekliğidir.

**Kıyas Kotu:** Diğer noktalara ait kotların bulunması sırasında baz olarak kabul edilen kot.

**Siyah Çizgi:** Yol boykesitinde arazinin oluşturduğu çizgidir.

**Siyah Kot:** Yol boykesitinde herhangi bir noktaya ait doğal zemin kotu.

**Kırmızı Çizgi:** Yol boykesitinde yolun oluşturduğu çizgidir. Çıkış ve iniş eğimli düz kısımlar ile bunlar arasındaki eğrisel düşey kurbalardan oluşan hattır. Kırmızı çizgi yolun bitmiş durumunu gösterir. Boykesitte kırmızı çizginin üstünde kalan kısımlar kazılacak, altında kalan kısımlar doldurulacak demektir.

**Kırmızı Kot:** Yol boykesitinde kırmızı çizgi üzerindeki herhangi bir noktaya ait kot.

**Enine eğim (Bombe, Yol Çatı Eğimi):** Yol yüzeyine düşen yağış sularının platformu bir an önce terk edebilmeleri için yol enkesitine eksenden yol dış kenarına doğru olmak üzere her iki tarafta verilen eğime denir.

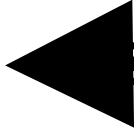
## YATAY KURBALAR (VİRAJLAR)

Yatay kurba yolun dönüş yaptığı kısımlara verilen addır. Bu bölgelerde araçlar belli bir merkez etrafında ve belli bir yarıçapla dönüş yapmaktadırlar.

**Yanal Kuvvet:** Enine eğim ve kurbalarda merkezkaç kuvvetinden ileri gelen ve taşıta hareket doğrultusuna dik yönde etkileyen kuvvettir.

Yanal kuvvet en iyi motosiklet gibi 2 tekerlekli araçlarda gösterilebilir. Merkezkaç kuvveti aracı virajdan yolun dışına doğru savurmaya çalışır, motor sürücüsü, ağırlık merkezini yolun iç tarafına doğru kaydırarak, buna karşı koyacak bir merkezci kuvvet yaratır.

**Merkezcil  
Kuvvet**



**Merkezkaç  
Kuvveti**

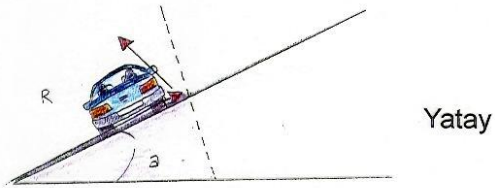


*Yatay kurbalardaki yanal kuvvetler*

Ancak 4 veya daha çok tekerlekli araçlarda, sürücünün kendisinin bir merkezcil kuvvet yaratması mümkün değildir. Bu sebeple yol inşaatı yapılırken yolun iç tarafa doğru eğimli yapılarak, merkezcil kuvvet yaratılması amaçlanır.

**Dever:** Yatay kurbalarda taşıtların maruz kaldığı merkezkaç kuvvetinin etkisini azaltabilmek için, yol enkesitine kurba boyunca, içeriye doğru verilen enine eğimdir. Demiryollarında dever iç ve dış raylar arasındaki yükseklik farkı olarak kullanılır. Karayollarında ise % ile ölçülür.

Yolun Orta Noktası



R=Kurb Yarı Çapı (Viraj Yarı Çapı)

a=Dever Açısı (Eğim Açısı)

a>Büyür ise R Küçülür

a<Küçülür ise R Büyür

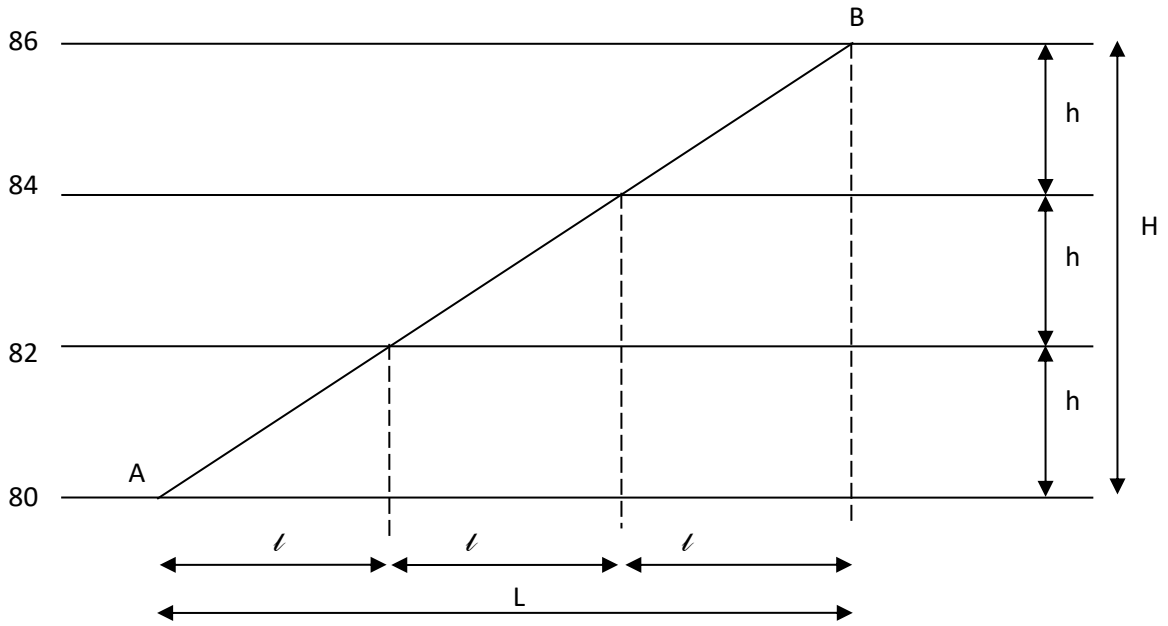
## TESVİYE EĞRİLİ HARİTADA GEÇKİ ARAŞTIRMASI

Geçki araştırması için arazinin 3 boyutlu olarak düşünülmesi gereklidir. Bu sebeple 2 boyutlu bir kağıt üzerinde yüksekliklerin yani 3.boyutun tesviye (eşyüksekti) eğrileriyle gösterildiği bir haritaya ihtiyaç vardır. Haritadaki her bir çizgi, belli bir kıyas kotundan aynı yükseklikteki noktaların birleşimidir.

Uygun ölçekte haritanın temininden sonra başlangıç, bitiş noktaları ve diğer ana kontrol noktaları harita üzerinde işaretlenir. Yol belli parçalara bölünüp, her bir parça tek eğimli olarak ayrı ayrı çizilecektir. Çizilecek bir parçanın başlangıç noktası A ve bitiş noktası B ise, yolun bu kısmının eğimi,

$$s = \frac{H}{L} \text{ olarak verilir. Burada H, iki nokta arasındaki kot farkı, L ise yatay}$$

mesafedir.



*Pergel açıklığı profil görünümü*

Yol boyunca yol eğiminin sabit olabilmesi için

$$s = \frac{H}{L} = \frac{h}{l} \text{ olması, yani her bir tesviye eğrisi aralığının yatayda aynı mesafede (1)}$$

geçilmesi gerekir.

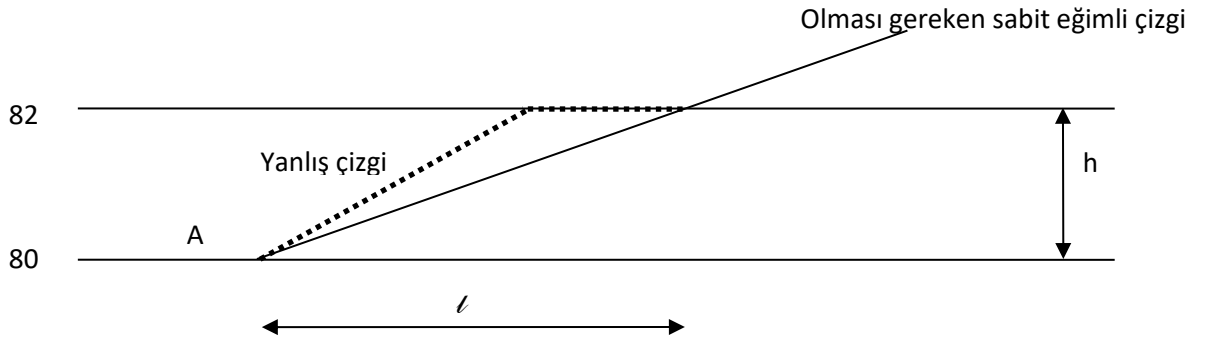
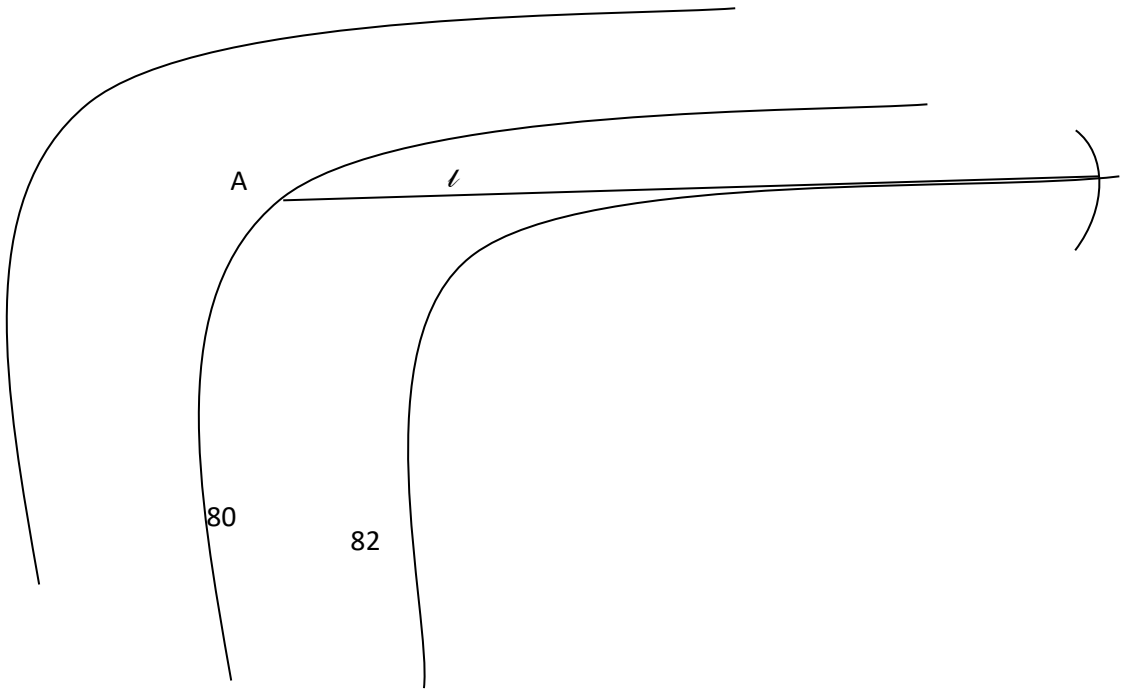
A ve B noktalarını, her aralığı eşit ( l ) mesafesinde geçerek birleştiren çizgiye **SIFIR ÇİZGİSİ** adı verilir. Bu çizgi üzerindeki herhangi bir noktaya ise **SIFIR NOKTASI** adı verilir. Eğer yolumuzun geçkisi tam olarak bu çizginin üzerinden geçirilebilirse, yani yol ekseni olarak sıfır çizgisi alınabilirse, bu yarma ve dolgularda büyük azalma sağlayacaktır.

Ancak tesviye eğrili harita üzerinde A'dan başlayarak tüm aralıkların aynı ( l ) uzunluğuyla geçilmesi, oldukça zordur. Tesviye eğrileri düzgün olmayan, adları gibi eğri çizgiler olduklarından, iki eğri arasında sabit eğimle hareket eden tam ( l ) uzunluğunda bir çizginin çizilmesi oldukça zordur. Bu sebeple sıfır çizgisine en yakın geçecek şekilde kırık doğru parçalarından oluşan **SIFIR POLİGONU**'nun çizilmesi gereklidir.

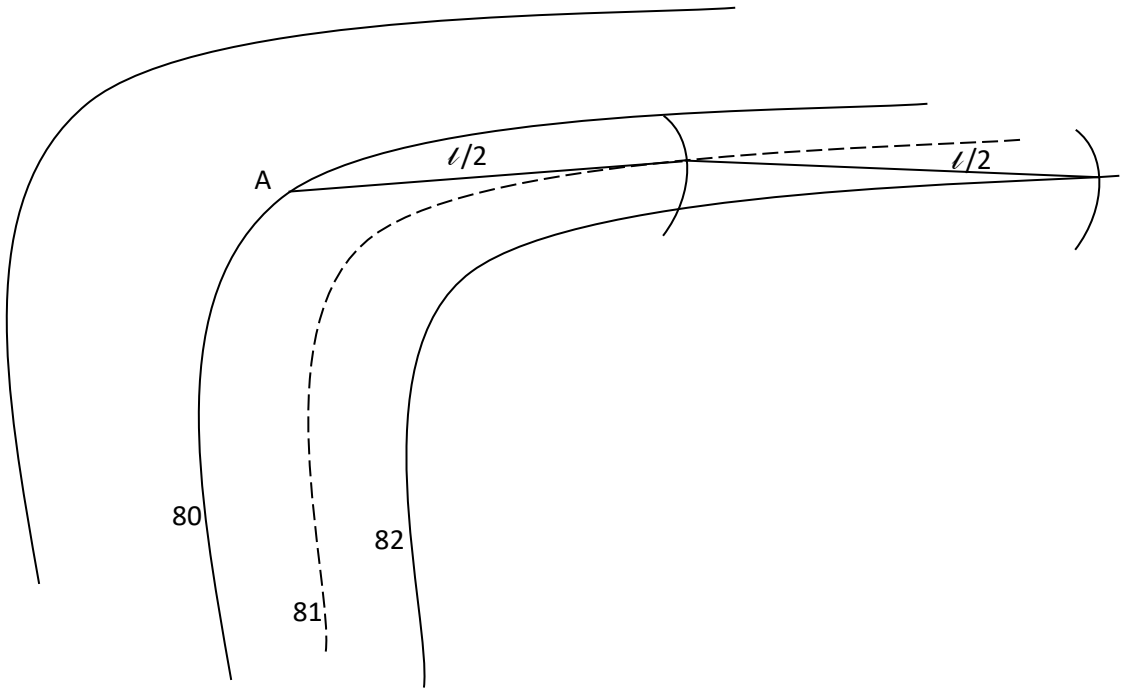
Bunu sağlayabilmek amacıyla, A noktasından başlayarak bir pergel yardımıyla, B'ye doğru bütün tesviye eğrisi aralıklarının sırayla geçilmesi gerekir. Pergel ( l ) kadar açılıp, A'dan itibaren bir sonraki tesviye eğrisi kestirilir. Aynı işlem yol boyunca devam ettirilir. Son aralıkta tam B noktasına ulaşılmaya çalışılır. Eğer B'den önce o tesviye eğrisine varılırsa, pergeli açılıp, B'den ileride o tesviye eğrisine varıldıysa, pergeli küçültülüp tekrar A noktasından başlayarak sıfır poligonu çizimi yapılır.

#### **Sıfır poligonunun çizimi sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar:**

1. Yol boyunca sabit eğimin sağlanması, yani çizilen sıfır poligonunun, sıfır çizgisini temsil edebilmesi oldukça önemlidir. Bir tesviye eğrisinden diğerine gidilirken, arada teğetlik ve kesişim istenmez. Örneğin aşağıdaki şekilde, yanlış bir uygulama gösterilmiştir. A'dan itibaren sıfır poligonunun sabit eğimle gitmesi gerekirken, bu sağlanamıyor. Çizgi aynı tesviye eğrisine çok önce varıp, üzerinde gitmeye başlıyor. Bu durumda tesviye eğrilerinin arasına hayali tesviye eğrileri çizilmeli ve ( l ) uzunluğu da bölünerek parçalar halinde çizilmelidir. Dikkat edilmesi gereken husus, her aralıkta toplam ( l ) uzunluğunun sağlanmasıdır.



**Pergel açıklığı çizim hatası**

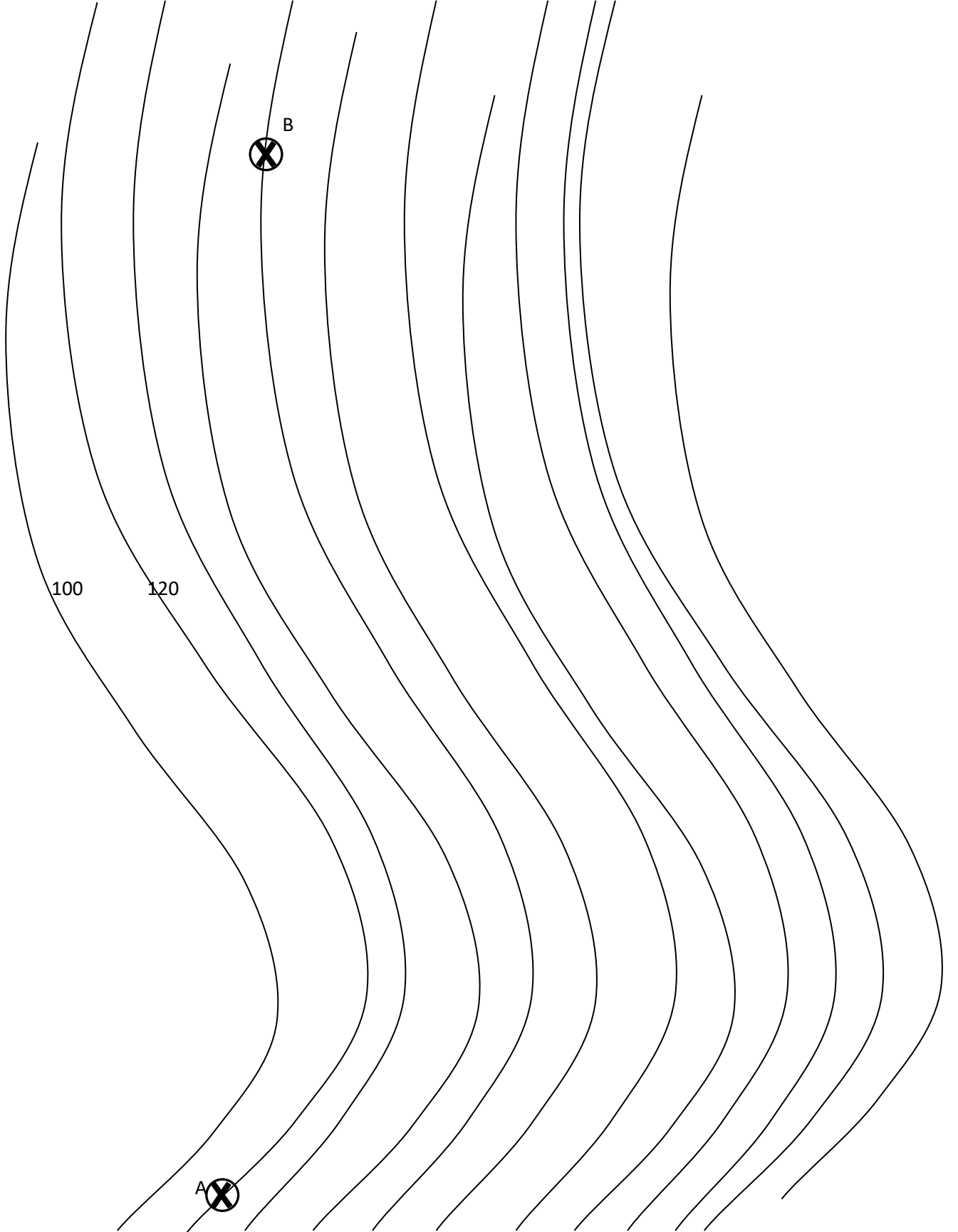


**Pergel açıklığı doğru çizimi**

2. Eş yükselti eğrileri birbiri ardına kestirilerek gidilirken çok zorunlu olmadıkça keskin dönüşler yapılmamalıdır.
3. Tepe üstleri veya vadi tabanları gibi yerlerde aynı kotlu karşı taraftaki tesviye eğrisine atlama yapıp, buradan itibaren eğim değiştirilebilir.
4. Çabuk yapılması istenen ve fazla hassaslık aranmayan durumlarda eğer arazideki tesviye eğrileri de birbirine yaklaşık paralel gidiyorsa birkaç tane tesviye eğrisi bir seferde geçilebilir. Bunun için bir seferde kaç aralık geçilecekse pergel açıklığının o kadar katı alınır.
5. Yatay kurba yarıçapının sığmayacağı bölgelere girilerek “cep” oluşturulmamalı, bu bölge sanki hiç yokmuş gibi önünden geçilmelidir.
6. Yol üzerinde istasyon yerleştirilmesi isteniyorsa bu bölgede eğim sıfır alınmalı ve yatay kurba yapılmamalıdır. İstasyon uzunluğu aksi belirtilmediği sürece 2 km alınmalıdır. İstasyon çıkışında rampa hemen başlatılmamalı, 1 km uzunluğunda palye kesimi konulmalıdır. Trenin daha çabuk hızlanması için bu kesimde eğim 0 alınmalıdır. Ancak gerekirse bu kesimde yatay kurba yapılabilir. İniş kısmından önce palye yapılmasına gerek yoktur.



**Örnek:** A şehrindeki palye çıkışından B şehrindeki istasyon girişine kadar olan yol için sıfır poligonunu çiziniz. Yolun orta noktası civarında bir istasyon yerleştiriniz. Maksimum eğim ‰ 16 verilmiştir.



*Sıfır poligonu sorusu (Ölçek: 1/50000)*

### **Sıfır Poligonu Yardımıyla Geçki Belirlenmesi:**

Çizmiş olduğumuz sıfır poligonunu aynen Geçki olarak kullanmamız mümkün değildir. Sıfır poligonu araziye uygun olarak çizildiğinden, sık ve keskin dönüşler içerebilir. Yolun sınıfına bağlı olarak sağlanması gereken proje standartlarına uyabilmek için sıfır poligonundan uzaklaşmak gerekebilir. Burada her zaman akılda tutulması gereken şey; sıfır poligonundan ne kadar uzaklaşırsa toprak işi, dolayısıyla maliyet o kadar artar.

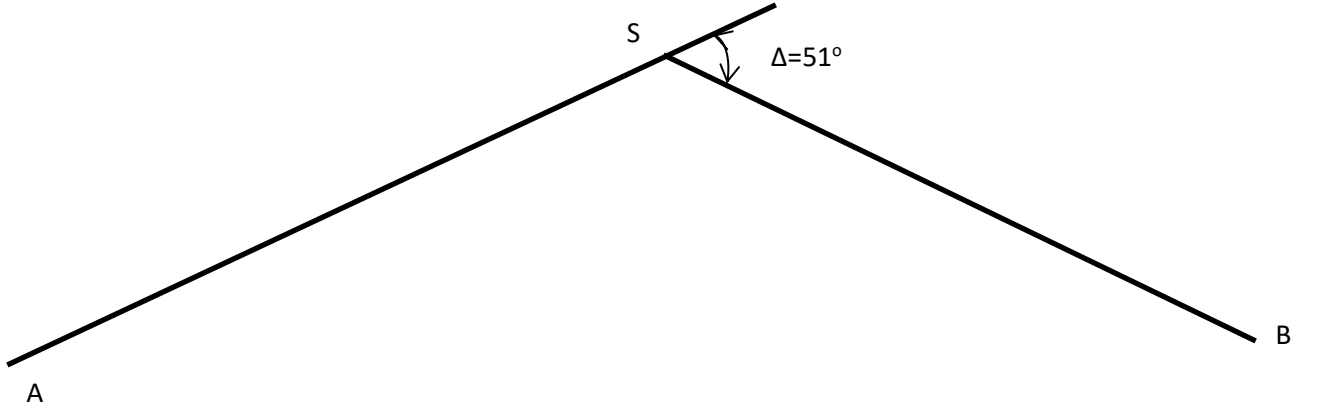
Geçki belirlenmesinde amaç, proje standartlarını sağlayan, ama mümkün olduğunca ucuza malolacak bir Geçki oluşturulmasıdır.

1. Öncelikle A noktasından başlayarak, sıfır poligonunun düz devam ettiği kısımlar için aliymenlar yerleştirilir.
2. Ardından bu aliymenların arasına, proje standartlarını sağlayan, minimum kurp yarıçapından büyük yatay kurbalar yerleştirilir. En uygun kurp yarıçapı deneme yoluyla bulunacaktır. İstenirse kesilmiş karton parçaları veya aydıngere çizilen iç içe çemberler kullanılabilir.
3. kurbalar yerleştirilip, aralarındaki mesafeler ölçülür. kurbalar arasında en az 500m kalması istenir. Eğer gerekiyorsa bu şartın sağlanması için geri dönölüp aliymenlar düzeltilir.

**Not:** Yerleştirme işlemi mutlaka geometrik yöntemle yapılmalıdır. Karton veya aydınger yardımıyla yerleştirme yapılmaz.

### **YATAY KURBA YERLEŞTİRİLMESİ ÖRNEĞİ**

**Soru 1.** Aşağıda verilmiş olan yolda iki aliymen arasına  $R=2500m$  yarıçaplı yatay kurbanın yerleştirilmesi istenmektedir. Gerekli hesapları (4 parametre) yaparak bu yatay kurbayı şeklin üzerine yerleştiriniz.



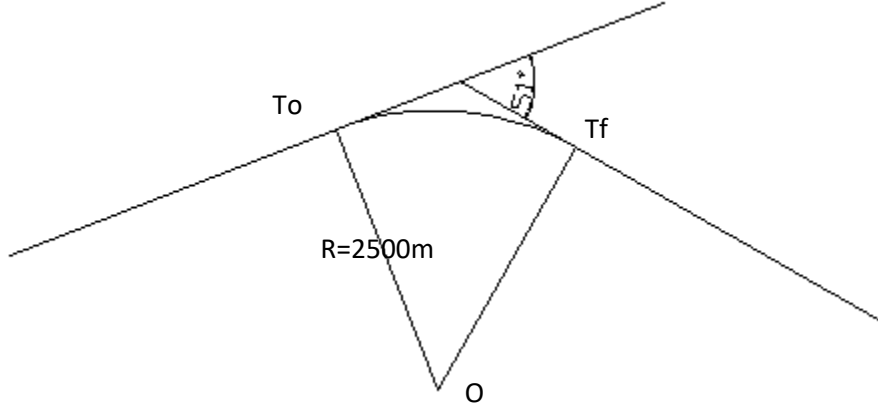
**Cevap 1.** Yatay kurbayı yerleştirmek için gerekli parametrelerin hesabı:

$$t = R \cdot \tan \frac{\Delta}{2} = 2500 \cdot \tan \frac{51}{2} = 1192,44m \quad D = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \frac{\Delta}{360} = 2 \cdot \pi \cdot 2500 \cdot \frac{51}{360} = 2225,29m$$

$$b = R \cdot (\sec \frac{\Delta}{2} - 1) = 2500 \cdot (\sec \frac{51}{2} - 1) = 269,82m \quad \overline{T_o - T_f} = 2 \cdot R \cdot \sin \frac{\Delta}{2} = 2 \cdot 2500 \cdot \sin \frac{51}{2} = 2152,56m$$

Parametreleri hesaplanmış yatay kurbanın aliymanlar arasına yerleştirilmesi:

- **Some noktasından her iki tarafa ( t ) kadar gidilerek To ve Tf noktaları bulunur. Bunlardan A'ya yakın olana To, B'ye yakın olana Tf ismi verilir.**
- Bu iki nokta hem teğetlerin hem de yatay kurbanın üzerinde yer alan geçiş noktalarıdır. Böylece 2 noktası bilinen daire yayının merkezi bulunabilir. Bu noktalara R kadar açılan pergeller yerleştirilir ve iki yay çizilir. Bu yayların kesişim yeri yatay kurbanın merkezi ( O ) noktasıdır.
- Pergel gene R kadar açık halde O merkezine konulup, To ve Tf arasındaki yatay kurbaya ait yay çizilir.
- To ve Tf noktaları O noktasına birleştirilir. Bu doğruların aliymanlar ile yaptığı açı tam 90 derece olmalıdır.



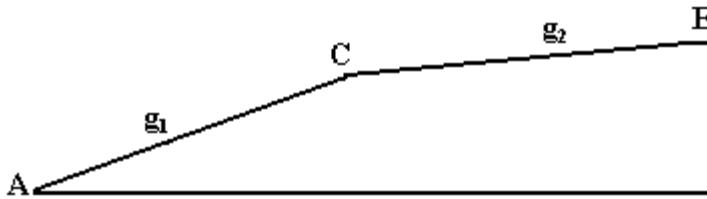
## BOYKESİT ÇİZİMİ VE DÜŞEY KURBALAR

Geçiş eğrili ve geçiş eğrisiz yatay kurbalar yerleştirilip yol güzergâhının son durumu ortaya çıktıktan sonra boykesitin çizilmesi gerekir. Boykesitte dikkate alınan noktalar şunlardır:

- A ve B gibi ana kontrol noktaları
- Yatay kurba ve istasyonlara ait noktalar (To, B, Tf, İ<sub>1</sub>, İ<sub>2</sub>, P)
- Yolun tesviye eğrilerini kestiği noktalar
- Yol aynı tesviye eğrisini arka arkaya 2 kere kesiyorsa arada bu eğriden en çok uzaklaştığı nokta

Bu noktalara göre öncelikle siyah çizgi çizilir. Ardından en uygun şekilde kırmızı çizgi geçirilir. Ardından kırmızı çizgi kolları arasına uygun düşey kurbalar yerleştirilir.

Boykesitte eğimin değiştiği yere Düşey Kurba adı verilir. Düşey kurbalar daire yayı olarak yerleştirilir.



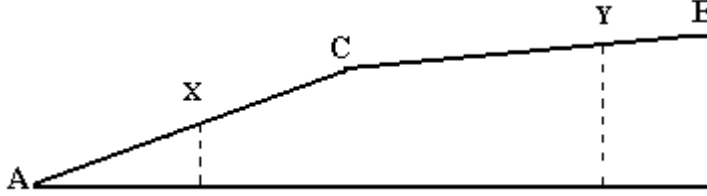
Boykesitte kırmızı çizgiler çizildikten sonra iki nokta arasındaki yol eğimi şu şekilde bulunabilir:

### *Yol eğiminin hesaplanması*

$$g_1 = (C_{\text{kot}} - A_{\text{kot}}) / (C_{\text{km}} - A_{\text{km}})$$

$$g_2 = (B_{\text{kot}} - C_{\text{kot}}) / (B_{\text{km}} - C_{\text{km}})$$

Eğimi bilinen bir yol üzerinde yer alan bir noktanın kilometresi biliniyorsa bu noktanın kotu bulunabilir. Örneğin;



*Herhangi bir noktanın yol kotunun (kırmızı kot) bulunması*

X noktasının kilometresi biliniyorsa A noktasından yararlanarak kotu bulunabilir.

$$X_{\text{kkot}} = A_{\text{kot}} + (X_{\text{km}} - A_{\text{km}}) * g_1$$

$$Y_{\text{kkot}} = B_{\text{kot}} - (B_{\text{km}} - Y_{\text{km}}) * g_2$$

Ancak bu formüllerde  $g_1$  ve  $g_2$  için eğer üstteki formüllerden bulunan sonuçlar yuvarlanarak alınırsa hassas bir sonuç elde edilemez. Bu nedenle ya hesap makinasında bulunan sonuç tam küsuratıyla alınmalı yada formüller şu halde yazılmalıdır:

$$X_{\text{kkot}} = A_{\text{kot}} + (X_{\text{km}} - A_{\text{km}}) * (C_{\text{kot}} - A_{\text{kot}}) / (C_{\text{km}} - A_{\text{km}})$$

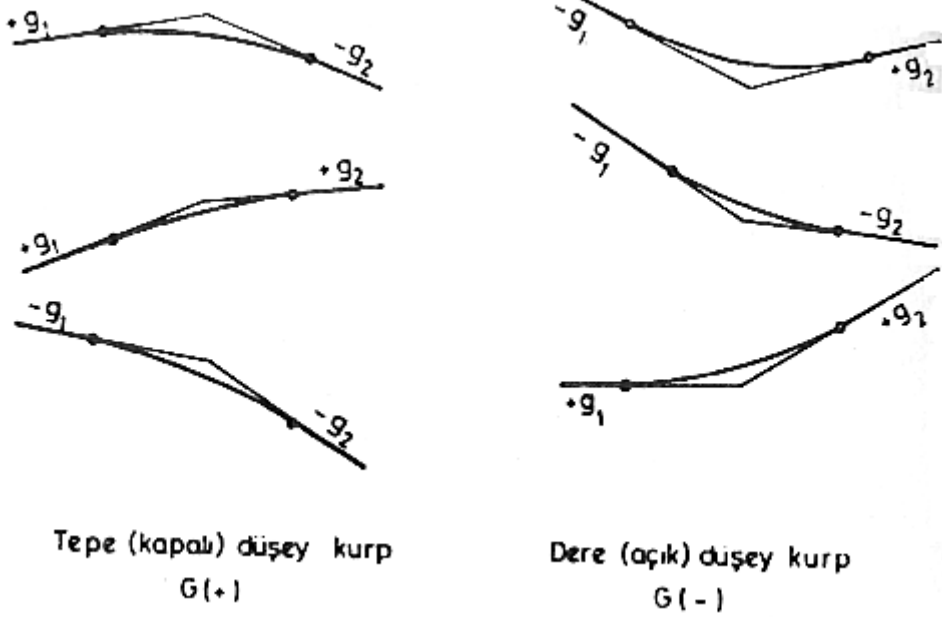
$$Y_{\text{kkot}} = B_{\text{kot}} - (B_{\text{km}} - Y_{\text{km}}) * (B_{\text{kot}} - C_{\text{kot}}) / (B_{\text{km}} - C_{\text{km}})$$

Ancak düşey kurbun içinde kalan noktalara ait kırmızı kotlar özel bir hesapla (düşey kurba hesap tablosuyla) bulunmalıdır. Yani X noktası düşey kurbun içinde kalıyorsa yukarıdaki hesap doğru kırmızı kotu vermeyecektir.

Boykesitte kırmızı çizginin yükselerek gittiği kısımlara **rampa**, alçalarak gittiği kısımlara ise **iniş** adı verilir.

**Tepe (kapalı) düşey kurb:** Bir rampayı bir iniş, rampayı daha az eğimli bir rampa veya bir inişı daha dik eğimli bir iniş izlediğinde aradaki eğriye verilen isimdir.

**Dere (açık) düşey kurp:** Bir inişi bir rampa, inişi daha az eğimli bir iniş veya bir rampayı daha dik eğimli bir rampa izlediğinde aradaki eğriye verilen isimdir.



*Düşey kurba çeşitleri*

Uygulamada çok az görülen ve boyuna eğimin sıfır olduğu yerlere **palye** adı verilir. Palye sadece çok özel durumlarda yapılır, genel olarak drenaj bakımından boyuna eğim yapılması istenir. Ancak istasyon bölgelerinde zorunlu olarak yapılan palye kesimlerinde drenaj için özel tedbirler alınmalıdır.

Boykesitte kırmızı çizgi çizilirken mümkün olduğunca istasyonlar arasında tek eğim uygulanmaya çalışılır.

Boykesit çizim kısmının altına yapılan tabloda şu elemanlar bulunmalıdır:

Nokta No	1cm
Hattın Durumu	2cm
Kırmızı Kot (m)	1,5cm
Siyah Kot (m)	1,5cm
Ara mesafeler (m)	1 cm
Kilometreler	1,5cm
Eğimler	2cm
Yatay Kurbalar	2cm