

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

# **ORTA ÖĞRETİM PROJESİ**

**HARİTA-TAPU-KADASTRO**

**İSTİKŞAF  
581MSP105**

**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. İSTİKŞAF HAZIRLIĞI .....	3
1.1. Kara Yolları Terimlerinin Tanımı .....	3
1.2. Yolların Sınıflandırılması .....	11
1.3. Yolların Geometrisinin Seçilmesi .....	12
1.4. Yol En Kesit Elemanları .....	15
1.5. Yatay Güzergâh .....	20
1.5.1. Yatay Kurp .....	20
1.5.2. Yatay Kurplarda Dever.....	23
1.6. Düşey Güzergâh.....	29
1.6.1. Maksimum Eğimler .....	31
1.6.2. Keskin Yatay Kurplardaki Eğim Azalmaları .....	31
1.6.3. Düşey Kurplar ve Proje Kotlarının Hesabı .....	32
1.7. Kavşaklar .....	36
1.7.1. Eş Düzeyli Kavşaklar .....	37
1.7.2. Farklı Düzeyli Kavşaklar .....	38
1.8. Güzergâh Tayininde Ana Düşünceler .....	39
1.9. İstikşaf.....	41
UYGULAMA FAALİYETİ .....	46
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	47
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	49
2. İSTİKŞAF RAPORU .....	49
2.1. Klasik İstikşaf .....	49
2.2. Fotogrametrik İstikşaf.....	50
2.3. İstikşaf Raporu ve Hazırlanması .....	51
UYGULAMA FAALİYETİ .....	52
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	53
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	55
CEVAP ANAHTARLARI .....	57
KAYNAKÇA .....	58

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>581MSP105</b>
<b>ALAN</b>	<b>Harita-Tapu-Kadastro</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Haritacılık</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>İstikşaf</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	İstikşaf hazırlığı ve istikşaf raporunun hazırlanması ile ilgili temel bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/32
<b>ÖN KOŞUL</b>	
<b>YETERLİK</b>	İstikşaf yapmak
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Sınıf ve arazi ortamında gerekli araç gereç sağlandığında tekniğine uygun olarak istikşaf ile ilgili işlemleri yapabileceksiniz. <b>Amaçlar</b> 1. Tekniğine uygun olarak istikşaf hazırlığı yapabileceksiniz. 2. Tekniğine uygun olarak istikşaf raporu hazırlayabileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Sınıf, arazi <b>Donanım:</b> Topoğrafik ve fotogrametrik haritalar, yol projeleri, hesap makinesi, gönye, kırmızı kalem, cetvel, pergel, silgi, pusula, çelik şerit metre, dürbün, fotoğraf makinesi, arazi taşıtı, total station, gps, bilgisayar
<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, istikşaf, etüt ve planlama hazırlığı ve istikşaf raporunun hazırlanması işlerinin yapımında sizlere yardımcı olacaktır.

Ekonomik ve kaliteli kara yolları yapabilmenin ilk şartı, etüt ve istikşaf çalışmaları kusursuz olan projeler hazırlamaktır. Bu nedenle, etüt ve proje çalışmalarının kara yolları yapımında büyük bir önemi vardır.

Etüt ve proje çalışmaları, fizibilitesi ve önceliği tespit edilecek çalışmalarda ilk adım, haritalar yardımı ile yapılması kararlaştırılmış olan yolun, alternatif güzergâhlarının belirlenmesidir. Belirlenen alternatiflerden en uygun olanı seçilerek etüt çalışmalarına başlanılmalıdır. Bu seçim yapılırken teknik standartlar, maliyet, trafik, arazinin jeolojik ve jeomorfolojik yapısı, heyelan ve drenaj faktörleri ve bölgenin sosyal durumu gibi kıstaslar göz önünde bulundurulmalıdır.

Günümüzde klasik usullerle yapılan projeler terk edilmiştir. Bunun yerine gelişen teknolojiye paralel olarak sayısal arazi modeli oluşturularak bilgisayar ortamında proje yapılması bir zorunluluk hâline gelmiştir.

Mühendisliğin özel bir alanı olan kara yolu yapımının bilimsel temeller üzerinde gerçekleştirilmesi bir mecburiyet olmuştur. Teknolojik gelişmelerin düzenli olarak izlenmesi konusunda, teknik araştırma çalışmaları, tartışılmaz bir işlev ve öneme sahiptir. Kalite kontrolü ve bilimsel araştırma yapma, arazi ve zemin bilgilerini toplama, proje ve yapım aşamasında ortaya çıkabilecek sorunlara çözüm bulma, teknik gelişmeleri izleme ve uygulamada sizlere, büyük ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan tüm bu çalışmalara sizlerin de büyük katkıları olacaktır. Bu modül, ulusal yol ağımızın yapımı, bakım ve kullanımı, rasyonel ve ekonomik özellikleri konusunda size, büyük katkılar sağlayacaktır.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Tekniğine uygun olarak istikşaf hazırlığı yapabileceksiniz.

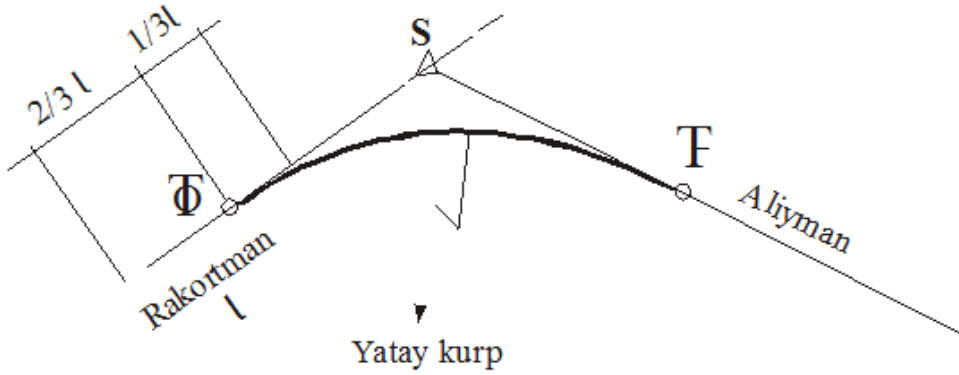
## ARAŞTIRMA

- Karayolları müdürlükleri, yol yapım şirketleri ya da harita mühendisliği bürolarına gidiniz. İstikşaf ve etüt çalışmalarının nasıl yapıldığını araştırınız. Elde ettiğiniz bilgileri sınıfınızda arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 1. İSTİKŞAF HAZIRLIĞI

### 1.1. Kara Yolları Terimlerinin Tanımı

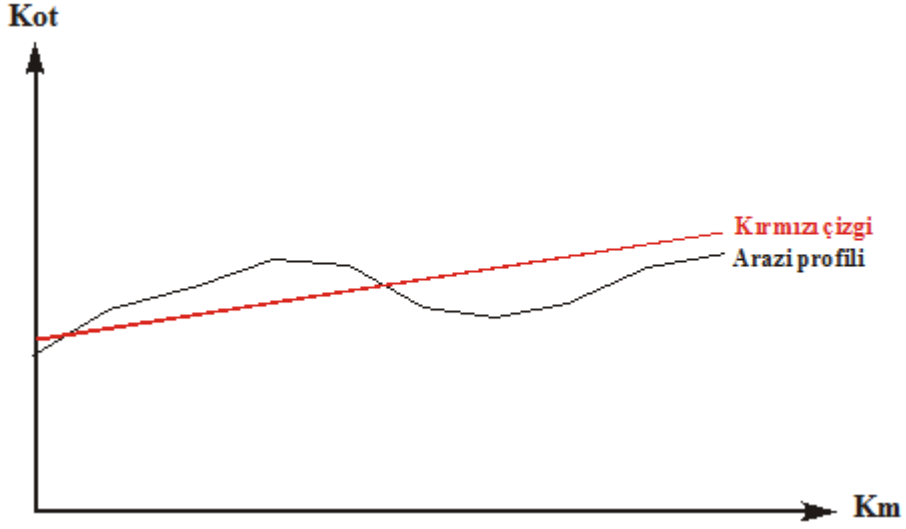
- **Kara yolu:** Trafik için kamunun yararlanmasına açık olan arazi şeridi, köprüler ve alanlardır.
- **İstikşaf:** Mevcut şartlara göre yolun geçebileceği bölgenin harita ve arazide tespit edilmesidir.
- **Etüt:** Ön inceleme ve istikşaf sonucunda yolun yapımının düşünüldüğü hat boyunca şeritvari (şerit şeklinde) ve eş yükselti eğrili haritaların yapılması işlemidir.
- **Güzergâh:** Yol şeridinin harita üzerinde takip ettiği ize denir.
- **Aplikasyon:** Harita veya planda bulunan bilgilerin araziye uygulanmasına denir.
- **Etüt aplikasyonu:** Etüt paftasına çizilen yol güzergâhının arazide uygulanmasına denir.
- **Doğrudan aplikasyon:** Yol ekseninin etüt yapılmadan arazide doğrudan doğruya uygulanmasıdır.
- **Plankote (kotlu plan):** Toplu konut inşaatı, sulama ve kurutma işleri, spor alanları ve yol yapımı gibi büyük inşaat projelerinin yapımından önce arazinin kotlu, eş yükselti eğrili (tesviye eğrili) ve detaylı planının çıkarılması işlemidir.
- **Some:** Etüt ve aplikasyondaki doğru parçalarının kesişme noktasıdır.
- **Rakortman:** Kurplarla aliymanları birleştiren geçiş eğrisidir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Yatay kurplarda rakortman boyunun gösterilmesi

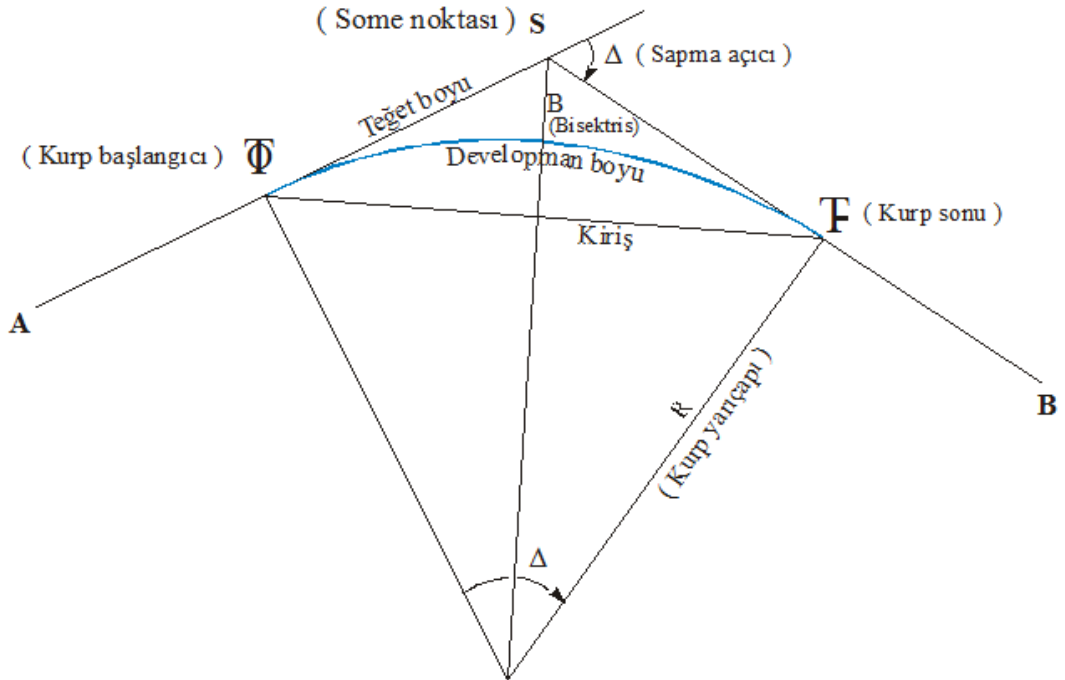
- **Poligon noktası:** Kırık çizgilerden meydana gelen hatta denir. Poligon hatlarının uygun karp elemanları yardımı ile yumuşatılması sonucunda yol güzergâhları şekillenir.
- Kamulaştırma planları ile yol uygulamasının en önemli unsurlarından biri olan poligon noktaları, arazi şeklinin ve mevcut yapı ile tesislerin alınımının (ölçümünün) yapılabilmesi için inşa edilip koordinat ve kotları hesaplanan noktalardır. Poligon ağı, soyut olarak düşünülen çok kırıklı doğrulardan meydana gelir.
- **Boy kesit:** Kesit çıkarma, yol, su, kanalizasyon, yüksek gerilim hattı ve inşaat projelerinde çok sık karşılaşılan bir durumdur. Kesitler bir doğru boyunca çıkarılıyorsa buna boyuna kesit veya boy kesit denir.
- **En kesit:** Yol geçecek arazinin enine durumunu belirtmek için en kesit alınır. En kesit çizmek için yapılan çalışmaya da en kesit nivelmanı denir.
- **Aliyman:** Yolun doğru kısımlarına denir (Şekil 1.1).
- **Piketaj:** Yolun geçeceği eksenin arazide kazık çakılarak belirlenmesi işlemidir.
- **Röper:** Yolun geçeceği güzergâh boyunca en fazla 500 m'de bir alınan ve gidiş dönüş nivelmanı ile kot verilen sabit noktalardır.
- **Kırmızı kot:** Kazı veya dolgudan sonraki yol eksenine kotuna denir.
- **Kırmızı hat (kırmızı çizgi):** Yolun geçeceği arazi yapısındaki kazı ve dolgu hacimleri ile yolun eğiminin de dikkate alınması ile oluşturulan hatta denir (Şekil 1.2).





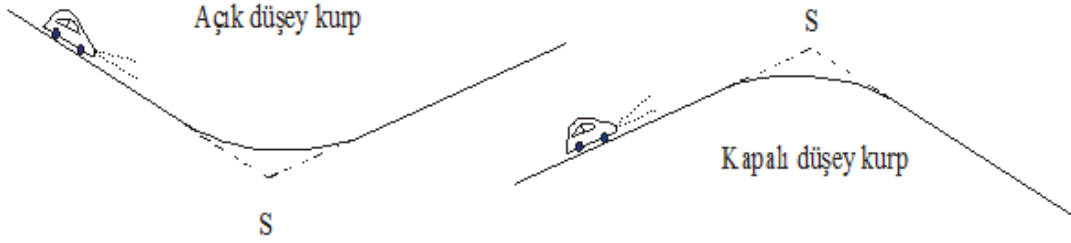
Şekil 1.2: Arazi profili (boy kesit) üzerinde kırmızı çizgi

- **Yatay karp:** Yol güzergâhı boyunca ardışık iki aliymanı birleştiren yolun eğri kısımlarıdır (Şekil 1.3).



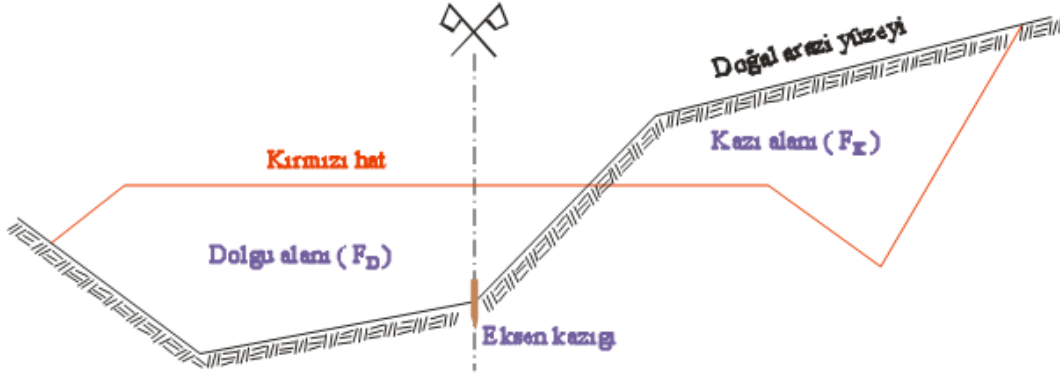
Şekil 1.3: Yatay karp elemanlarının gösterilmesi

- **Düsey karp:** Değişik eğimdeki iki kırmızı hattı birleştiren eğridir.



Şekil 1.4: Açık ve kapalı düsey karp

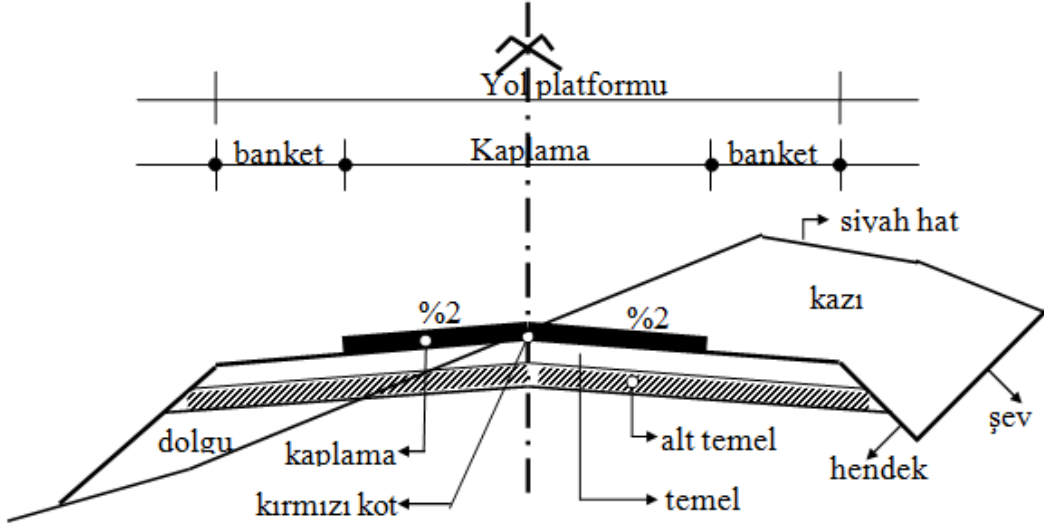
- **Kazı (yarma):** Kırmızı hattın üzerinde kalan arazi parçasına denir.



Şekil 1.5: Kazı ve dolgu alanlarının en kesit üzerinde gösterilmesi

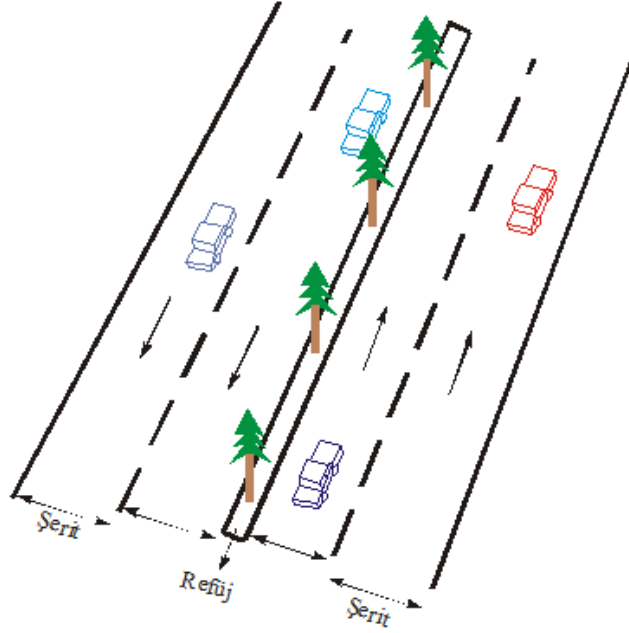
- **Dolgu (imla):** Zeminin kırmızı hatta kadar doldurulan kısmına denir.
- **Ariyet:** Kazıdan çıkan malzemenin, doldurulacak kısımlara yetmemesi hâlinde yol haricindeki yerlerden alınan kısmına denir. Yol çalışmaları başlamadan önce yapılan hesaplamalarla bu depolar belirlenir. Ariyetin öncelikle hazine arazisinden karşılanması tercih edilir. Eğer bu mümkün değilse özel araziler kamulaştırılarak ariyet depoları oluşturulur.
- **Depo:** Kazıdan çıkan malzemenin dolgudan artarak yol dışına atılan kısmıdır.
- **Eğim:** Eğim, matematik dersinden de hatırladığımız üzere bir doğrunun yatayla yaptığı açının tanjant değerine eşittir. Haritacılıkta eğim, kırmızı hattın yatayla yaptığı açının tanjant değerinin % olarak ifadesidir.

- **Şev:** Kot farkı olan iki yüzeyi birleştirmek amacı ile düzeltilmiş arazinin meyilli kısmıdır (Şekil 1.6).



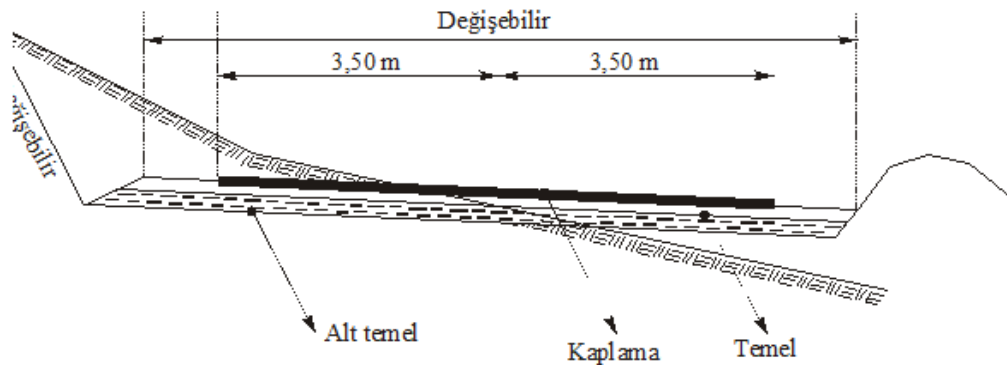
Şekil 1.6: Yol üst yapısında bulunan elemanlar

- **Sanat yapısı:** Yer üstü ve yer altı sularının yol gövdesinden uzaklaştırılması için yapılan yüzeysel ve derin drenaj (kurutma), herhangi bir sebeple kazı ve dolgu şevlerinin boyutlarını kısaltmak veya heyelanları önlemek için yapılan istinat duvarları gibi yapılar ile köprü, viyadük gibi yapıların hepsine genel olarak sanat yapısı adı verilir.
- **Banket:** Yol yüzeyinin motorlu araçların gidiş gelişine ayrılan kısmı dışında kalan yerine göre malzeme koymaya, yaya, hayvan vb. geçişine ve araçların durmasına ayrılan kısımdır (Şekil 1.6).
- **Kaplama:** Banketler arasında trafiğin emniyetli seyri için temel tabakası üzerine beton, asfalt, taş parke gibi malzemelerle yapılmış kısımdır (Şekil 1.6).
- **Platform:** Yolun banket dış sınırları arasında kalan kısmına denir (Şekil 1.6).
- **Hendek:** Kazılarda platform ve şevlere düşen suları toplayıp gerekli tahliye kanallarına akıtan kısımdır (Şekil 1.6).
- **Enine eğim (bombe) :** Platforma düşen suyu bekletmeden iki yana akıtmak için yola verilen eğimdir (Şekil 1.6).
- **Şerit:** Aynı yönde hareket eden taşıtların emniyetli geçişleri için yapılan, yolun yeterli genişlikteki kısmıdır (Şekil 1.6).



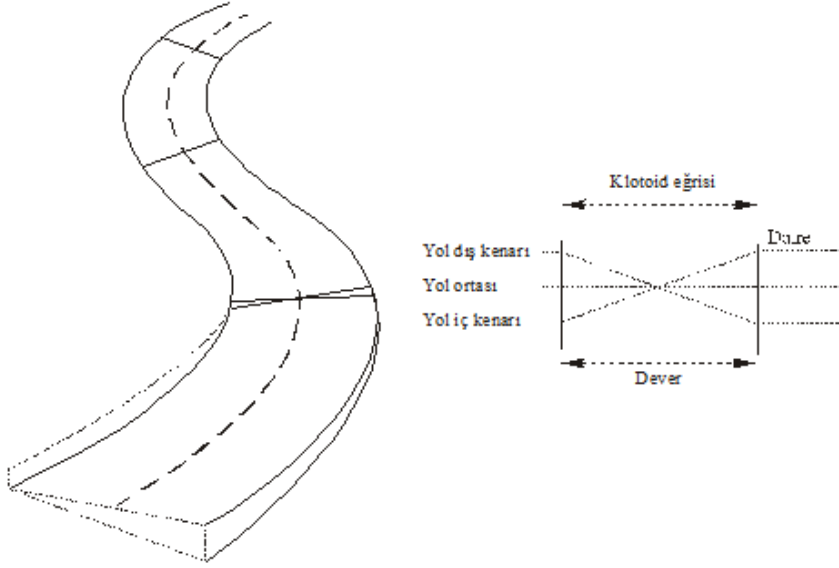
Şekil 1.7: Çift yönlü bölünmüş bir kara yolunda şerit

- **Refüj (emniyet adası):** Ters istikamette seyreden (hareket eden) araçların şeritlerini ayırmak için kullanılan kısımdır (Şekil 1.7).
- **Kilometre:** Yol projesinin başlangıç noktasından itibaren yolun herhangi bir noktasına ait toplam mesafedir. Kilometre, uzunluğun önce kilometre kısmının yazılması, sonra kalan metre kısmının yazılmasından ibarettir (Örneğin, 1723 m; 1+723 m olarak ifade edilir.).
- **Sigorta:** Yol eksenine çakılan kazıkların kaybolmamaları için bu kazıkların çevresinde işaretlenmiş sabit noktalar.
- **Alt temel:** Doğal arazi yüzeyi üzerine yolun temelini oluşturacak malzeme serilmeden önce genellikle, taş kırıkları ve kumdan ibaret bir tabaka oluşturulur. Buna alt temel denir (Şekil 1.8) .



Şekil 1.8: Yol platformunun tabakaları

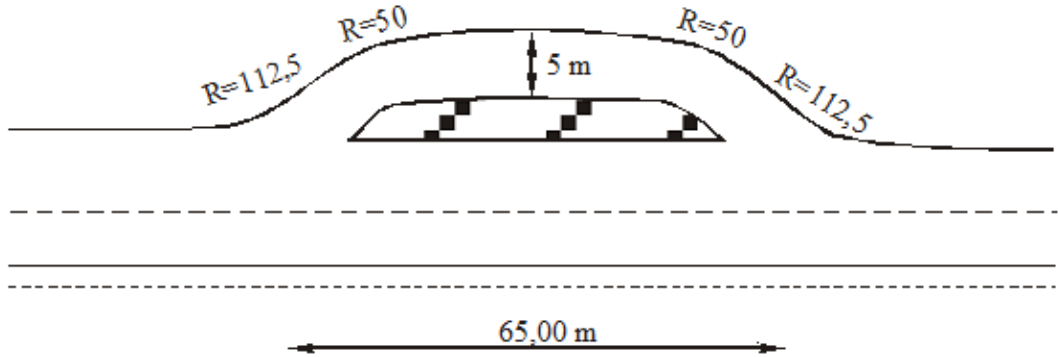
- **Temel tabakası:** Kaplama tabakası ile alt temel tabakası arasında bağlantıyı oluşturan, yük dağıtımı ve düzgünlük sağlayan yola gelen yükleri taşıyan, alt temel veya altyapıya intikal ettiren (aktaran) tabakadır.
- **Dever:** Kurplarda içe doğru verilen enine eğimdir (Şekil 1.9).



Şekil 1.9: Kurplarda dever

- **Yol üstyapısı:** Alt temel, temel ve kaplama tabakalarını içine alan yol yapısıdır.
- **Yol altyapısı:** Yoldaki toprak işlerini (kazı, dolgu, ariyet, depo) ve sanat yapılarını kapsayan kısımdır.
- **Dozaj:** İnşaat bünyesine giren 1 m<sup>3</sup> harcın veya yerine konup sıkıştırılmış 1 m<sup>3</sup> betonun ihtiva ettiği kg cinsinden çimento miktarıdır.
- **Bitümlü malzeme:** Bilumum asfalt ve yol katranlarının tamamını kapsayan geniş anlamlı malzemedir.
- **Bordür:** Tretuvar ile kaplama arasındaki kot farkını sağlamak için taş veya betondan yapılan kısımdır.
- **Rögar:** Bordür kenarında toplanan suları drenaj veya kanalizasyon şebekesine aktaran tesislerdir.
- **Kavşak:** İki veya daha fazla yolun kesişmesi ile oluşan kritik alana denir.
- **Kübaj:** Kazı, dolgu, ariyet ve depo işlemleri göz önünde tutularak yapılan toprakların hacimlerinin hesap edilmesi işlemidir.

- **Brückner (brükner):** Kazı veya dolgu topraklarının en ekonomik şekilde dağılımını gösterir grafikdir.
- **Ana kara yol:** Transit (beklemeden, duraksamadan) trafiğe tahsis edilmiş olan yola denir.
- **Ekspres yol:** Sınırlı erişme kontrollü ve önemli kesişme noktalarının köprülü kavşak olarak oluşturulduğu bölünmüş ana kara yoluna denir.
- **Otoyol:** Özellikle transit trafiğe tahsis edilen, belirli yerler ve şartlar dışında girişi ve çıkışı yasaklandığı; yaya, hayvan ve motorsuz araçların giremediği, ancak izin verilen motorlu araçların yararlandığı ve trafiğin özel kontrole tabi tutulduğu kara yoludur.
- **Hızlanma şeridi:** Ana trafiğe katılmak isteyen bir taşıtın hızını, transit trafiğin hızına ulaşmasını temin etmek, gerekli katılma mesafesini sağlamak ve ana platformdaki trafiğe gerekli zaman ve mesafe ayarlamalarını yapabilmek için inşa edilmiş olan hız değiştirme şeridine denir.
- **Yavaşlama şeridi:** Bir platformdan ayrılan bir taşıtın hızlı trafik akımından ayrıldıktan sonra ileride sapacağı yola güvenle girmesi için yavaşlamasını ve hız değiştirmesini sağlayan şeride denir.
- **Park şeridi:** Taşıtların park etmesini sağlamak için inşa edilmiş olan yardımcı şeride denir (Şekil 1.10).



Şekil 1.10: Park şeridi

- **Tırmanma şeridi:** Kapasite ve yoğunluğu muhafaza altına almak, güvenliğini sağlamak ve öncelikle yavaş giden araçların kullanmaları için yapılmış çıkış yönündeki yardımcı şeride denir.
- **Bölünmemiş yol:** Aksi yönlerde hareket eden trafiği birbirinden ayıran doğal veya yapay bir ayırıcının olmadığı yoldur.
- **Bölünmüş yol:** Bir yönde hareket eden trafiğin, zıt yöndeki trafikten ayrıldığı iki yönlü yola denir.

## 1.2. Yolların Sınıflandırılması

Yollar çeşitli yönlerden sınıflandırılır. Sınıflandırılmalarındaki asıl amaç, yol ile ilgili proje, planlama ve idari işlemlerin yapımı ve takibidir.

Türkiye'deki yolları idari bakımdan üç grupta incelemek mümkündür:

- **Otoyollar (autobahn, express way):** Üzerinde yaya, hayvan, at arabası hareketi kesinlikle yasaklanmış; motorlu taşıtların giriş ve çıkışlarının akan trafiği hiçbir şekilde kesmeyecek biçimde, sadece ayrılma ve katılma olarak düzenlenmiş, diğer yollarla bağlantısı alt ve üst geçitler şeklinde farklı düzeyde kavşaklarla sağlanmış yollardır.
- **Devlet yolları:** Türkiye'deki nüfus yoğunluğu fazla olan ana yerleşim birimlerini birbirine bağlayan yollara denir.
- **İl yolları:** Devlet yolları kapsamına giren ana yollar dışında, aralarında bağlantı bulunmayan illeri birbirine bağlamak için kullanılan yollara denir.  
Bu yollardan;  
Devlet ve il yollarının planlama ve projelendirme, yapım ve bakımı **Karayolları Genel Müdürlüğü'nün**,  
Köy yolları ise **Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün** sorumluluğundadır.
- **Turistik yollar:** Turizm merkezlerini devlet ve il yollarına bağlayan yollardır. Turizm Bakanlığının önerisi üzerine **Bakanlıkça** sağlanan ödeneklerle **Karayolları Genel Müdürlüğü'nün** inşa edilir ve bakımı yapılır.
- **Şehir içi yollar:** Devlet ve il yollarından şehir içine tali bağlantılar ile geçiş yapan, şehrin içindeki ulaşımı sağlayan yollardır.
- **Köy yolları:** Köy yerleşim birimlerinin birbirleri ile bağlantısının yanı sıra köyleri il ve devlet yollarına bağlayan yollardır.
- **Orman yolları:** Normal ulaşım amacıyla yapılabileceği gibi orman yangını esnasında anında müdahaleyi kolaylaştırmak için **Orman Bakanlığınca** yapılır.

Yollar, projelendirme ve planlama yönünden de sınıflandırılabilir. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün çeşitli kriterlere göre hazırlamış olduğu yol sınıflandırması Tablo 1.1'de görülebilir.

### 1.3. Yolların Geometrisinin Seçilmesi

Yol geometrisinin seçiminde kara yolunun temel özelliklerinden olan trafik hacmi, trafik karakteri, proje hızı, trafik kompozisyonu ve yaklaşma kontrolü önemli etkindir. Bu özellikler, kara yolunun ana hatlarını belirleyen kriterlerdir.

#### ➤ Trafik hacmi

Bir yolun herhangi bir kesitinden birim zaman içinde her iki yönde geçen taşıtların toplam sayısıdır.

#### ➤ Trafik karakteri

Saatlik proje trafik hacminin yol geometrisini kontrol etmesi nedeniyle bu trafik hacmi içindeki ağır taşıtların oranını trafik hacminin bir yüzdesi olarak ifade etmek gerekir.

KARA YOLU GEOMETRİK STANDARTLARI			
KENT DIŞI OTOYOLLAR	(2X2)	TEMEL KARARLAR	
PROJE ELEMANLARI	OTOYOL (2X2)		
Topoğrafik model TM ( Dz, Dl, Dğ )	Düz	Dalgalı	Dağlık
Proje hızı Vp (km/ saat)	120	100	80
Şerit genişliği L (m)	3,75	3,75	3,75
Banket genişliği b (m)	3,00	3,00	3,00
Refüj genişliği r (m)	5,00	5,00	4,00
Maksimum boyuna eğim m (%)	4	5	6
Maksimum dever n (%)	7	7	7
Maksimum karışık eğim (boyuna eğim+dever ) (%)	10	10	10
Minimum kurp yarıçapı R (m)	650	450	250
Minimum düşey kurp yarıçapı	Açık (m)	5,000	3,000
	Kapalı (m)	12,000	6,000
Görüş mesafesi	Düz ve eğimsiz arazi (m)	225	150
	Kurpta (m)	280	190
Gabari (m)	5,00	5,00	5,00

Tablo 1.1: Otoyol için yol geometrik standartları

#### ➤ Proje hızı

**Proje hızı**, sürücülerin kara yolunda normal trafik akımında ve normal şartlarda emniyet içinde rahatlıkla erişebilecekleri maksimum hız olarak tarif edilmektedir.

Bir projenin tümü veya belli bir kısmı için proje hızının seçimi bazı faktörlere bağlıdır. Bu faktörler;

- Yolu kullanacak taşıt sayısı,
- Bağlantı yollarındaki proje hızları,
- Topoğrafik ve jeolojik şartlar,
- Proje için ayrılan bütçe olanaklarıdır.



Proje elemanları arasında dengenin sağlanmasında ilk önemli adım, proje hızının uygun seçimi olmaktadır. Çünkü birçok proje elemanı seçilen bu proje hızına bağlı olarak tespit edilmektedir.

Arazi yapısına göre belirlenen proje hızı, düz yerlerde fazla, arızalı veya dalgalı arazi koşullarında da az olmalıdır.

Belirlenecek bu proje hızının genel olarak tüm araç türleri ve standartlarına uyumlu olması gerekir.

Proje hızı, seçilen yol kısmı için altına düşülemeyecek bir limittir. Bu hızın yolun bir kısmından diğer bir kısmına geçerken ani değişime uğramaması gerekmektedir. Güzergâhtaki eğim ve kurplar proje hızındaki ani değişimleri fark ettirmeyecek şekilde seçilmelidir.

#### ➤ **Trafik kompozisyonu**

Yol geometrik standartlarını, trafik hacim artışlarına göre sınıflara ayırmaktır. Bu trafik hacmi, belirli senelik zaman aralıkları içindir.

Trafik hacminin zaman aralıkları ya yolun trafiğe açıldığı yıl ya da proje amacı için seçilen gelecekteki bir yıl olabilmektedir.

Ortalama Günlük Trf. Proje Saatlik Trafik Yolun Sınıfı	4000 - 2000												2000 - 1000												<1000											
	400 - 200						200 - 100						<100						<100						<10											
	I. A		I. B		II. A		II. B		III. A		III. B		III. A		III. B		III. A		III. B		III. A		III. B		III. A		III. B		III. A		III. B					
Arıza Cinsi	Düz Arıza	Düşük Arıza	Çarpıklık Arıza	Çarpıklık Arıza	Düz Arıza	Düşük Arıza	Çarpıklık Arıza	Çarpıklık Arıza	Düz Arıza	Düşük Arıza	Çarpıklık Arıza	Çarpıklık Arıza	Düz Arıza	Düşük Arıza	Çarpıklık Arıza	Çarpıklık Arıza	Düz Arıza	Düşük Arıza	Çarpıklık Arıza	Çarpıklık Arıza	Düz Arıza	Düşük Arıza	Çarpıklık Arıza	Çarpıklık Arıza	Düz Arıza	Düşük Arıza	Çarpıklık Arıza	Çarpıklık Arıza	Düz Arıza	Düşük Arıza	Çarpıklık Arıza					
Serit Sayısı	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
Proje Hızı km/saat	110	100	70	60	90	80	60	50	100	90	60	50	80	70	50	40	80	70	50	40	60	50	40	30	60	50	40	30	60	50	40	30				
Maksimum Eğim:	% 6						% 7						% 8						% 7						% 8						% 9					
Serit Genişliği m	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00				
Banket Genişliği m	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
Platform Genişliği m	13	13	13	11	13	13	13	11	10	10	10	9	10	10	10	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8				
Komulastırma Ge.m	50						40						30						30						20											
Köprüler	8.50+2X0.60						8.50+2X0.60						8.50+2X0.60						700+2X0.60						700+2X0.60						700+2X0.60					
Yük t	H20-S16						H20-S16						H20-S16						H15-S12						H15-S12						H15-S12					

**KÖY YOLU GEOMETRİK STANDARTLARI**

Trafik	I Sınıt Köy Yolu	II Sınıt Köy Yolu
Arıza Cinsi	Çok Onemli	Az Onemli
Platform Genişliği m	7.00	5.00
Maksimum Eğim	% 15	
Komulastırma Genişliği m	İnşaatın gerektirdiği kadar	
Köprüler	Genişlik m	4.60+2X0.60
	Yük t	H10

**TRAFİK KOMPOZİSYONU:**  
%50 Otomobil + %50 Ağır taşıt olarak alınmıştır

**TRAFİK TAHMİN SÜRESİ:**  
Yol projesine esas trafik tahminleri yol yapımının bitimini takip eden 20 yıl sonrası için yapılacaktır.

**KÖPRÜLERDE ÖZEL GENİŞLİKLER:**  
Şehir içi geçişlerde veya şehire çok yakın yerlerde köprü ve yaya kaldırım genişliği ihtiyaca göre tespit edilecektir.

**YOLUN FONKSİYONEL KAREKTERİSTİĞİ (A, B)**  
Yolun "Ekonomik, Askeri, İdari, Sosyal, Turistik önem ve görevleri göz önünde tutularak Plân ve Proje Dairesi Başkanlığınca tespit edilecektir.

**TIRMANMA ŞERİDİ:**  
Görüştürme amaçlı olan eğimli yollarda tırmanma seridini gerektiren halter ve çözüm şekilleri Yol Etüd Proje El kitabında açıklanacaktır.  
Görüştürme amaçlı olmayan eğimli yollarda tırmanma seridinde ihtiyaç yoktur.

**4 SERİTLİ YOLLAR:**  
Proje saatlik trafikinin 400 den fazla olması hallerinde 4-seritli yol kullanılacak ve bunun tipi özel olarak tespit edilecektir

Tablo 1.2: Yol geometrik standartları tablosu

## 1.4. Yol En Kesit Elemanları

Kara yolunun en kesit elemanları, yolun kullanılış amacına göre değişir.

Yüksek trafik hacmine ve hıza sahip yollar, trafik hacmi ve proje hızı daha düşük olan yollara oranla daha çok trafik şeridine, daha büyük kurplara ve daha düşük eğime ihtiyaç duyar. Hatta yüksek trafiği olan yollar için geniş banketler, refüjler, ayrılma ve katılma şeritleri ve erişme kontrolü düşünülmemelidir.

- **Yol en kesiti proje elemanları;**
  - Trafiğin kullanıldığı yol (kaplama, şerit genişliği ve sayısı, enine eğim),
  - Yol kenarı (banketler, kaldırımlar, bordürler, korkuluklar ve hendek),
  - Trafik ayırıcıları (refüj) olmak üzere üç gruptan oluşmaktadır.
- **Kaplama**

Yolun üst katmanını oluşturan bu kısım **düşük, orta ve yüksek tip** olmak üzere üç grupta incelenebilir.

### **Kaplamanın tip ve kalitesini;**

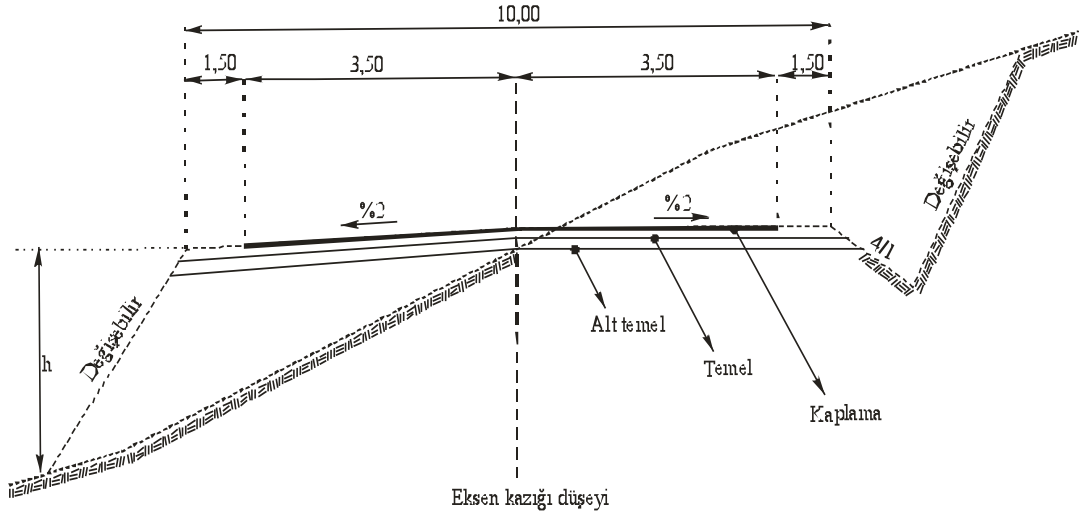
- Trafik hacmi ve karakteri,
- Gerekli malzemenin varlığı,
- Yapım ve onarım masraflarının büyüklüğü tayin eder.
  - **Yüksek tip kaplamalar**, trafik hacmi fazla olan yollar için önerilmekte ve her türlü iklim şartlarında rahat bir sürüş özelliği ve iyi bir kayma direnci sağlayabilmektedir. Bu tip kaplamalarda yol yüzeyi, kalitesini her zaman muhafaza etmekte, platform belirli bir trafik yükünü bozulmadan karşılayabilmekte, fazla bakım harcaması gerektirmemektedir.
  - **Orta tip kaplamalar**, yüksek tip kaplamalara göre nispeten daha ucuz ve daha az dayanıklıdır.
  - **Düşük tip kaplamalar**, kullanılan yüzey malzemesine göre pratikten kırma taşa kadar değişik özellikler arz etmektedir.

Kaplamanın proje geometrisi ile olan önemli ilişkileri; kaplamanın şeklini ve ölçülerini muhafaza edebilmesi, drenaj özelliği, yeterli kayma direncini sağlayabilmesi ve sürücü davranışlarına etkisidir.

Yüksek tip kaplamalar, oturmuş temel üzerine oturdukları sürece şekil ve ölçülerini korur. Kaplama yüzeyinin düzgün ve yeterli enine eğimde olması, sürücüye sürüş rahatlığı ve taşıtı belli bir izde sürme kolaylığı sağlamaktadır.

Diğer taraftan düşük tip kaplamalar, aşınmalara maruz kalır, genişlik ölçülerini koruyamaz. Kaplamanın etkin genişliğinin azalması nedeni ile sürücünün belli bir izde gitmesi için oldukça büyük gayret göstermesi gerekmektedir.

Düşük tip kaplamalar, trafik hacmi az olan yollarda kullanılmalıdır.



**Şekil 1.11: Yol en kesit tipi**

### ➤ Şerit genişliği

Kara yolunun hiçbir elemanı, kaplamanın genişliği ve şartları kadar sürüş konforu ve emniyeti üzerinde etkili olamamaktadır. Kara yolunda her zaman için düzgün, kayma dirençli ve her türlü iklim şartlarına dayanıklı yüzey arzulanmaktadır.

Kara yollarında, şerit genişliği olarak 3 m'den 4 m'ye kadar değişen değerler kullanılmaktadır. 1. sınıf yollarda ise 3,7 m şerit genişliği daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Şerit genişliğini 3 m yerine 3,7 m inşa etmekle ortaya çıkan maliyet artışı, bakım harcamalarındaki azalma ile belli oranda karşılanabilmektedir.

Şerit genişliğinin kara yolunun kapasitesine etkisi çok fazladır. İki şeritli yollarda, 3 ve 3,4 m şerit genişliklerinin pratik kapasiteleri, 3,7 m genişlikteki şeridin kapasitesinin sırasıyla % 77 ve % 86'sı kadardır.

Bölünmemiş dört şeritli yollarda ise bu oran sırasıyla % 89 ve % 95'tir. Kapasite açısından trafik şeridinin etkin genişliği yolun yakınında, istinat duvarı, köprü ve park etmiş taşıt gibi görünüşü kısıtlayan engeller nedeniyle ayrıca azalmaktadır.

Bu kapasitesinin yanında, sürücü konforu ve kaza artış oranları da şerit genişliklerinden etkilenmektedir.

### Ülkemiz için iki şeritli kent dışı kara yolları yol geometrik standartlarına göre;

- I. sınıf devlet yollarında tüm arazi sınıfları için 3,5 m,
- II. sınıf devlet yollarında düz arazi için 3,5 m,
- Dalgalı ve dağlık arazide ekonomi göz önünde tutularak 3,25 m,
- III. sınıf devlet yollarında ise tüm arazi şartları için 3,0 m şerit genişliği uygun görülmüştür.

### ➤ **Banketler**

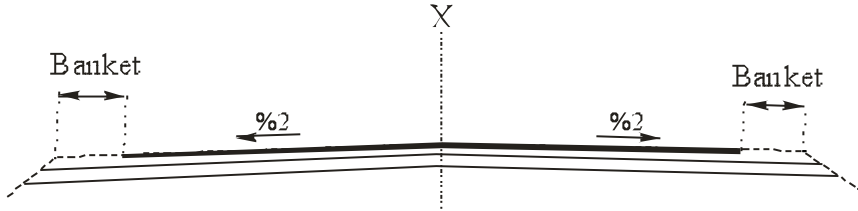
**Banket**, yolun trafik şeridinin her iki yanında, yol boyunca devam eden taşıtların zorunlu hâllerde kullandıkları ve yol gövdesine destek veren kısımlardır.

#### **Banketlerin genişlikleri;**

Düşük sınıflı yollarda 0,6 m,

Yüksek sınıflı yollarda ise 3,7 m'ye kadar değişik değerler alabilmektedir.

Banketler, her türlü iklim koşullarında gövdeye iyi bir destek verebilmeleri için kısmen veya tamamen kaplanmalıdır. Banket kaplamasında malzeme olarak çakıl, deniz kabuğu, kırma taş, mineral veya kimyasal katıklar, bitümlü kaplama ve asfalt-beton kaplamaların değişik şekilleri kullanılır.

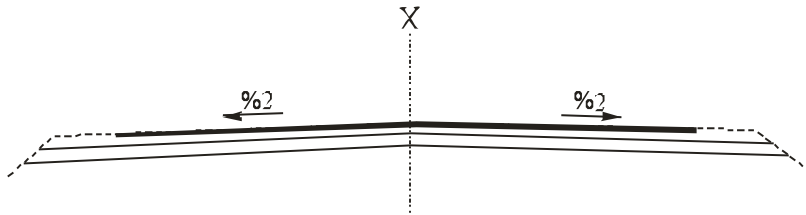


**Şekil 1.12: Banket**

### ➤ **Normal enine eğimler (bombeler)**

Yollardaki yüzey sularını yol kenarlarına akıtmak için yol platformuna enine eğim verilir. Eğimler, taşıt işletmesi açısından mümkün olduğu kadar küçük, suların kenarlara akıtılması için de yeterli derecede büyük olmalıdır.

Çok şeritli yollarda aynı yönde eğimi olan birden fazla şeridin eğimi, eksenden kenarlara doğru her şerit için artarak değişmelidir. Bu tip platformlarda eğimler, şeritten şeride % 0,5 civarında artmalıdır. İki şeritli yollarda normal enine eğim % 2'dir.



**Şekil 1.13: Enine eğim (bombeler)**

### ➤ **Yaya kaldırımları**

Yaya kaldırımları şehir içinde ve dışında kullanılabilir.

Şehir içindeki yaya kaldırımları caddenin bir bölümünü teşkil eder.

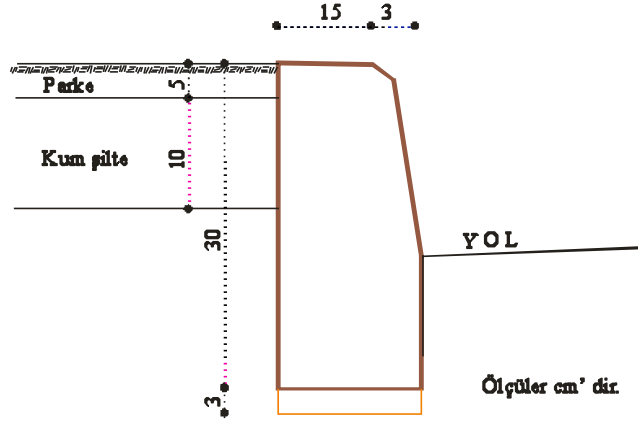
Şehir dışı yollarda ise yüksek hız ve yetersiz aydınlatma nedeni ile yayaların yol üzerinde yürümeleri, beklenmeyen ve istenmeyen trafik sonuçları ortaya çıkarabilir.

Bundan dolayı şehirler arası yollardaki yaya kaldırımlarının çoğunlukla okul, iş yeri ve endüstri alanlarının bulunduğu yerlerde yapılmasında fayda vardır.

### ➤ Kaldırım (bordür) taşları

Kaldırım taşları bir yolun emniyet ve ulaşımını doğrudan etkileyen faktörlerdendir. Önem verilmemesine rağmen yol drenajının kontrolünü ve taşıtların yoldan çıkmalarını önler.

Ayrıca sürücülerin yol kenarını rahat görmelerini sağlar.



Şekil 1.14: Bordür taşı

### ➤ Korkuluk ve kenar taşları

Korkuluk ve kenar taşları, daha çok keskin kurpların ve görüş alanının kısıtlı olduğu durumlarda kullanılır.

**Yapılmalarındaki amaç**, yolu kullanan sürücüye yol kenarının neresi olduğunu fark ettirmektir.

### ➤ Şevler

Kazı (yarma) ve dolgu (imla) şevleri topoğrafyaya uyacak şekilde mümkün olduğunca yatırılmalı ve yuvarlatılmalıdır.

Etkin erozyon kontrolü, düşük bakım harcamaları ve yeterli drenaj, ağırlıklı olarak şevlerin uygun düzenlenmelerine bağlıdır. Ekonomi, yolun ilk yatırım harcamalarına bağlı olmayıp aynı zamanda, bakım harcamalarına da bağlıdır.

Bakım masraflarında ise şev stabilitesi, önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır.

Normal olarak motorlu bakım araçlarının kolaylıkla kullanabilmesi için yarma şevinin 1:3 (1 birim düşey: 3 birim yatay) veya daha yatık olması gerekmektedir. Yerleşim bölgelerinde, istenilen şev değerinin uygulanması, yeterli alanın olmamasından dolayı bazen mümkün olmayabilir. Bu şartlarda trafik emniyeti ve zemin stabilitesi göz önünde tutularak yarma şevi olarak 1:3'ten dik şev düşünülmemelidir.

Alan sınırlamaları nedeni ile 1:2'den dik kazı şevi kullanılması gerekiyor ise bu durumda istinat duvarı kullanılması düşünülmelidir. Diğer taraftan zemin şartları 1:2, hatta 1:3'ten yatık şevin uygulanmasını gerektirebilmektedir. Bu şartlarda, bu yatık şevleri uygulamak için yeterli genişlik yok ise istinat duvarı gerekebilir.

Yarma veya dolgu yüksekliği (m)	Arazi tipine göre şev değeri		
	Düz arazi	Dalgalı arazi	Dağlık arazi
0-1,20	1:6	1:4	1:4
1,20-3,00	1:4	1:3	1:2
3,00-4,60	1:3	1:2,5	1:1,25
4,60-6,10	1:2	1:2	1:1,5
>6,10	1:2	1:1,5	1:1,5

**Tablo 1.3: Arazi tipine göre şev değerleri**

Yatık şev dik şeve göre daha emniyetlidir. 1:4 veya daha yatık dolgu şevleri, kontrolünü kaybederek şeve doğru kayan sürücünün büyük bir kazaya neden olma ihtimalini önemli miktarda azaltmaktadır.

Yatık şevler, dik şevlere göre daha sağlamdır. Dik şevlerde erozyon ve şev kayması daha etkindir. Toprağın kayma olasılığı şevin dikliği arttıkça fazlalaşmaktadır.

Yer altı sularının dik şevlerde sık sık kaymalara neden olmalarına karşın, yatık şevlerde bu etkinlik oldukça azalmaktadır.

Yarma ve dolgu yüksekliklerine göre şev değerlerini veren proje standartlarının kullanılması ile yeterli esneklikler sağlanabilmektedir. Ancak en iyi sonuca, her durum için özel çalışma yaparak şev değerlerini şartlara göre tespit etmekle ulaşılabilmektedir. Arazi tipi ve yarma dolgu yüksekliklerine göre şev değerleri Tablo 1.3'te görülebilir.

#### ➤ **Refüjler**

**Refüjler**, çok şeritli yollarda gidiş ve dönüş trafiğini ayıran yapılardır. Genişlikleri 1,20 m ile 18,00 m arasında değişir.

Refüjlerin sabit genişlikte ve gidiş dönüş yollarıyla aynı seviyede olmasına gerek yoktur.

#### ➤ **Kamulaştırma genişliği**

Kamulaştırma genişliği, yol yapımı, drenaj ve yolun uygun bakımı için yeterli genişlikte olmalıdır. Uygun kamulaştırma genişlikleri ile yatırılmış şevler, sürücülere daha fazla emniyet vermekte, daha kolay ve ekonomik bakım olanağı sağlamaktadır.

Kamulaştırma genişliklerinin yolun ilk yapıldığı zaman yeterli genişlikte tutulması, ileride trafik arttığında, yolun uygun bir harcama ile rahatlıkla genişletilmesine olanak sağlamaktadır.

Gelişmekte olan yörelerde, kamulaştırma genişliklerinin minimum bir değer ile sınırlandırılması daha uygundur. Ancak her şartta, kamulaştırma genişliği yol ekseninin tüm gereksinimlerini karşılayacak bir genişlikte olmalıdır.

## 1.5. Yatay Güzergâh

**Yatay güzergâh;** dairesel eğrilerin, doğru parçalarının ve geçiş eğrilerinin birleşimidir. Proje standardı olarak kullanılan minimum kurp yarıçapının tespiti, görüş mesafesi ve sürtünme faktörü de dikkate alınarak sürücü, taşıt ve yol boyu karakteristiklerine bağlı olarak planlanmalıdır.

Aliymanları birbirine bağlayan dairesel kurpların her iki tarafı uygun bir eğri ile aliymanlara bağlanmalıdır. Ani değişiklikler ve uygun bir aliymandan sonra sürpriz nitelikteki keskin kurplar kullanılmamalıdır.

Geometrik elemanlar ekonomik, emniyet ve öngörülen proje hızında devamlılık sağlayacak şekilde seçilmelidir. Kurpların projelendirilmesinde hız ve bunların deverle olan ilişkileri belirtilmelidir.

Proje aşamasında sıfır çizgisine en yakın geçecek şekilde ve arazi durumu dikkate alınarak çizilen aliymanların güzergâh olabilmesi için aliymanlar arasına yatay daire yayı olan yatay kurplar çizilir.

Güzergâhın başlangıcından sonuna doğru giderken aliymanların kesim noktaları olan S (some) noktalarından, sonuca ulaşmak için bir sonraki aliyman doğrultusuna sapılan  $\Delta$  (delta) açılarına **sapma açıları** denir.

Merkezi iki aliyman doğrultusu ara kesiti üzerinde bulunmak ve aliymanlara teğet olmamak üzere sonsuz daire yayı çizilebilir. Bu yayın aliymanlara teğet olduğu noktalar  $\mathbb{T}$  ve  $\mathbb{F}$  teğet noktalarıdır.  $\mathbb{T}$  Başlangıca yakın olan teğet noktası olup buna **tanjant orijin** denir. Diğeri de  $\mathbb{F}$  ile gösterilen **tanjant final** noktasıdır.

### 1.5.1. Yatay Kurp

Yatay güzergâh, üzerinde aliymanları birleştiren yolun eğri kısımlarına denir. Bir yatay kurpta bulunan aşağıdaki elemanların bilinmesi gerekir.

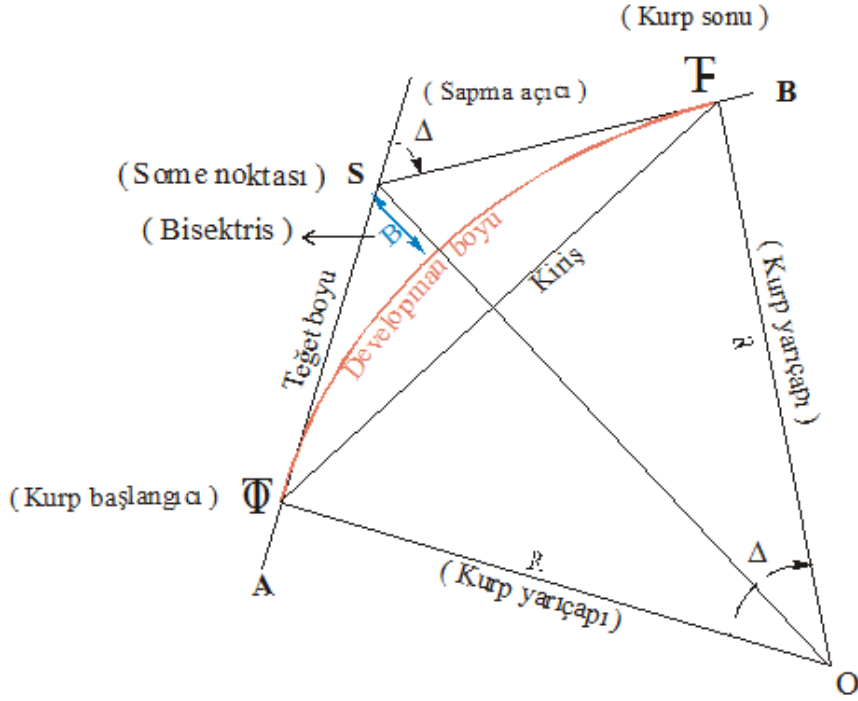
**Teğet boyu (T):**  $T = \mathbb{T}S = \mathbb{F}S$  uzunluğudur. Yani kurbun başlangıç noktası olan  $\mathbb{T}$  ile some noktası arasındaki mesafe, kurbun bitiş noktası olan  $\mathbb{F}$  ile some noktası arasındaki mesafe birbirlerine eşittir ve “teğet boyu” diye isimlendirilir (Şekil 1.15).

**Developman (açınım) boyu (D):**  $\mathbb{T}$  ile  $\mathbb{F}$  arasındaki yay uzunluğudur (Şekil 1.15).

**Kiriş boyu (K):**  $\mathbb{T}$  ile  $\mathbb{F}$  arasını birleştiren doğru uzunluğudur (Şekil 1.15).

**Bisektris boyu (B):** Developmanın orta noktası ile some noktası arasındaki mesafedir (Şekil 1.15).





Şekil 1.15: Yatay kırp elemanları

**Yatay eksen;** dairesel eğrilerin, doğru parçalarının ve geçiş eğrilerinin birleşimidir.

Proje standardı olarak kullanılan minimum kırp yarıçapının tespiti:

Görüş mesafesi, sürtünme faktörü de dikkate alınarak taşıt ve yol boyu karakteristiklerine bağlı kalınarak yapılmaktadır.

Yatay eksenin tespitinde, güzergâh geçirilirken uyulması gereken bazı hususlar vardır. Bunlar, somut formül veya verilere dayanmamakla birlikte, kara yolunda emniyetli ve rahat bir trafik akışını sağlamada önem kazanmaktadır.

**Fazla kırp ile doğru ve eğrilerin teknik kurala uymayan birleşimi;** kaza olasılığına, kapasite sınırlamalarına, zaman ve işletme masraflarında ekonomik kayıplara ve kara yolunun hoş olmayan bir görünüme sahip olmasına sebep olmaktadır.

Bu gibi durumlarla karşılaşmamak için yatay eksen tespitinde uyulması gereken genel kurallar şunlardır:

- Güzergâh, topoğrafyaya uymak koşuluyla mümkün olduğu kadar doğru şeklinde olmalıdır (Resim 1.1).
- Proje için seçilen proje hızına bağlı olarak tespit edilen minimum kırp yarıçapı ancak şartların zorladığı durumlarda kullanılmalıdır. Şartlar elverdiği sürece büyük yarıçaplı kırp, her zaman için tercih edilmelidir.

- Uzun aliymanların sonuna keskin kurplar konulmamalıdır.
- Büyük yarıçaptan küçük yarıçapa ani geçişler yapılmamalıdır.
- Güzergâh boyunca kurp yarıçapları yavaş yavaş azaltılmalıdır. Bu şekilde sürücüye hızını yeni şartlara uydurabilme olanağı sağlanmakta ve hızını aniden değiştirme zorunda kalması gibi bir durumla karşılaşılmayacağından kaza yapma olasılığı da önlenmiş olmaktadır.
- Küçük sapma açılı kurplarda, güzergâhın kırık bir görünüş vermemesi için kurp boyları yeterli uzunlukta olmalıdır.
- Yol boyunca ağaç, yarma şevi, çalılık gibi cisimler olmayacağı için sürücü kurbun gidişatını tahmin etmekte zorluk çekecek ve önündeki şartlara kendini uyduramayacaktır. Bu şekilde projelendirilmiş dolgulara, taşıt kontrolden çıktığında bir kaza olasılığı kaçınılmazdır.  
Bu tehlikeyi ortadan kaldırmak için yol kenarına görüş olanağı sağlayacak şekilde projelendirilmiş bariyerler konulmalıdır.
- Birbirine çok yakın ters kurplar kullanılmamalıdır. Aksi takdirde dever uygulaması tam yapılamamakta ve sürüş açısından tehlikeli ve istenmeyen durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu duruma neden olmamak için iki kurp arasına dever uygulamasını tam olarak yapabilecek aliyman konulmalıdır.
- Aynı yönde iki kurp arasına kısa aliyman koymaktan kaçınılmalıdır. Bu şekilde projelendirilmiş güzergâhlar iyi bir görünüş vermez. Bu durumda geçiş eğrisi veya kombine kurp kullanılması tercih edilmelidir.  
Kurplar arasına tanjant mesafesi olarak yeterli uzunluk bırakılma durumunda, her iki kurp belli uzaklıktan açık olarak görülebiliyor ise güzergâh iyi bir görünüş vermeyecektir.



**Resim 1.1: Ana istikamette topoğrafyaya uygun güzergâh**

Yukarıdaki ve aşağıdaki resimler, uzun alıyman (Resim 1.1), kısa kurp (Resim 1.2) ve kurplar ile birlikte sürekliliği sağlanmış iki güzergâhın karşılaştırılmasıdır. Resim 1.1’de ana istikamette topoğrafyaya uygun bir güzergâh görülmektedir. Resim 1.2’de ise arazinin doğal durumuna uyularak yatay düşey ekseninde çok az ani değişimler yapılarak hazırlanmış bir proje gösterilmektedir.



Resim 1.2: Çeşitli yol güzergâhları üzerinde yatay kurp

### 1.5.2. Yatay Kurplarda Dever

**Dever**, yolun enine kesitinde, platform uçları arasındaki kot farkının platform genişliğine orandır.

Taşıtlar, kurpta seyrederken merkezkaç kuvvet tarafından kurbun dışına itilmektedir. Merkezkaç kuvveti, kurp yarıçapına ve taşıt hızına bağlı olarak;

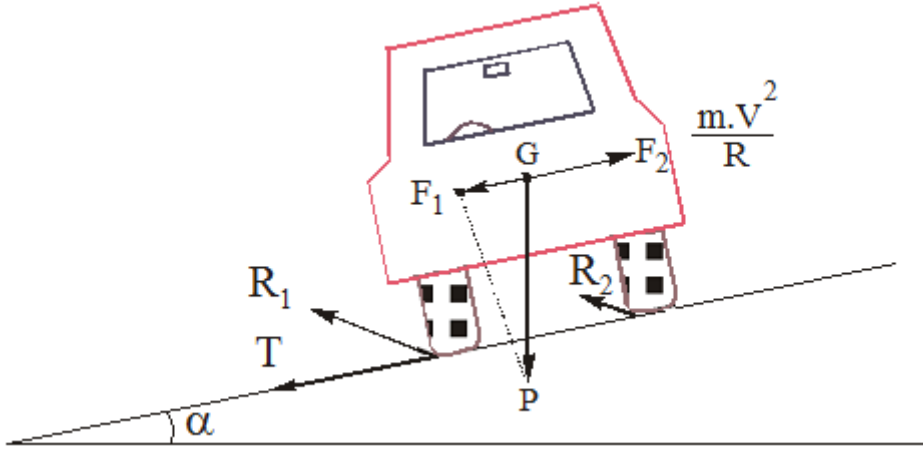
$$F = \frac{M.V^2}{R} \quad \text{formülü ile bulunmaktadır.}$$

F: Merkezkaç kuvveti

M: Taşıtlın kütlesi

V: Taşıtlın hızı

R: Kurp yarıçapı



**Şekil 1.16: Yol platformu üzerindeki bir araca uygulanan merkezkaç kuvvetin etkisi**

Taşıtların kurpta tehlikesiz bir şekilde seyredebilmeleri için doğacak merkezkaç kuvvetinin emniyetli bir şekilde karşılanması gerekmektedir. Bunu karşılayacak kuvvetlerin biri, yol yüzeyi ile taşıt tekerlekleri arasında gelişen sürtünme kuvvetidir.

Çok büyük yarıçaplarda veya oldukça düşük hızlarda sürtünme kuvveti, merkezkaç kuvvetini emniyet ile karşılayabilmektedir. Diğer durumlarda ise kurplarda yolun dış tarafı yeteri kadar yükseltilerek meydana getirilecek taşıt ağırlığının yatay bileşkesi, sürtünme ile yalnız merkezkaç kuvvetini karşılayabilmektedir.

Mekanik kurallara göre kurpta seyreden taşıt için aşağıdaki formül oluşmaktadır.

- S: Yola uygulanan dever oranı (m/m)
- f: Yanal sürtünme faktörü
- V: Taşıt hızı (km/saat)
- R: Kurp yarıçapı (m)

Bu formülde S.f çarpımı her zaman için çok küçük değer vermektedir. Sonuç olarak S.f terimi normal olarak kara yolu projesinde ihmal edilebilir.

$$S = \frac{V^2}{(127,1).R} - f \quad \text{olur.}$$

Araştırmalar ve deneyler S ve f için değerlerin sınırlı olduğunu göstermektedir. Maksimum dever (Smax) ve uygun sürtünme faktörü (f) yukarıda verilen formüle konulduğu zaman değişik hızlar için minimum kurp yarıçapları elde edilmektedir.

Hiçbir zaman, tespit edilecek dever, söz konusu deverden büyük olmamalıdır. Yüksek hızlarda, drenaj yeterli değilse kaplama yüzeyinde oluşan su tabakası taşıttın kaymasına neden olacaktır. Yüksek dever verilmiş kurpta düşük hızla seyredildiğinde, (-) yanal kuvvet geliştiğinden sürücü, taşıtı ancak eğim yukarı veya yatay kurp yönünün tersine yönelttiği

zaman belli bir izde tutabilmektedir. Bu durum, normal hızın gerektirdiğinden daha fazla dever verilmiş yollarda, bazı sürücülerin taşıtlarını doğal olmayan yöne yönlendirmelerine ve sürüş zorluklarına neden olmaktadır.

Bu yüksek deverin şehir içi gibi yüksek hacimli yollarda uygulanması istenilmez. Bu tip yollarda, trafik hacmi veya diğer nedenlerden dolayı taşıt hızı önemli oranlarda azalmıştır. Bazı kamyonların bu tip kurplarda seyrederken ağırlıklarının büyük bir yüzdesi iç tekerleklerinin üzerine binmektedir.

Yolda seyreden taşıtların değişik cinsten ve hızda olmaları ayrıca trafik arttığı zaman işletme hızının çok düşebileceği de göz önüne alındığında çok yüksek dever değerlerinin uygulanmasının mümkün olmayacağı açıktır. **Kara yollarında kullanılacak maksimum dever bazı faktörlerle kontrol edilmektedir.** Bu faktörler;

- İklim şartları (kar ve buzun miktarı ve sıklığı),
- Arazi şartları (düz ve dağlık),
- Bölgenin özelliği (kent içi veya kent dışı),
- Çok yavaş seyreden taşıtların sıklığıdır.

Bu faktörler dikkate alındığında tek bir maksimum dever değerinin uygulanmasının mümkün olmayacağı sonucuna varılır.

Kar ve buzlanmanın olmadığı bölgelerde maksimum dever olarak % 10 uygun görülmektedir.

Kar ve buzlanmanın sıklıkla rastlandığı bölgelerde maksimum dever % 6-8 ile sınırlanmalıdır.

Şehir ve kasabaların nispeten iskân edilmiş ve iş yeri kesimleri yakınından geçen, üzerinde sık sık hemzemin kavşakların azaldığı durumlarda % 2 dever uygulanması uygun görülmektedir.

Belirlenmiş dever limitlerini aşmamak koşulu ile merkezkaç kuvvetinin tamamen dever ile karşılanması mümkün değildir. Bir miktar yanal sürtünmenin göz önünde tutulması gerekmektedir.

Yanal sürtünme ile dever kombinasyonu ülkelere göre farklı şekilde uygulanmaktadır. 1965 yılında hazırlanmış olan Karayolları Geometrik Standartlarında proje hızının % 75'inin dever, % 25'inin sürtünme ile karşılandığı kabul edilmiştir.

Buna göre dever formülü şöyledir:

$$S = \frac{(0,00443).V^2}{R}$$

S : Dever (m/m)

V: Proje hızı (km/saat)

R: Kurp yarıçapı (m)

0,00443: Sabit sayı

### Örnek 1:

Proje standartlarına göre hızı 90 km/saat olan bir yolun 600 m yarıçaplı kurbunda uygulanacak deveri bulunuz.

### Çözüm 1 :

$$S = \frac{(0,00443).90^2}{600} = \frac{35,883}{600} = 0,059805$$
'tir. Bu değer 100 ile çarpıldığında 5,9805 gibi bir değer çıkar ki bu % 5,9805 kısaca % 6'lık bir deveri göstermektedir.

### Örnek 2:

60 km/saatlik hıza göre projelendirilmiş bir yolun 200 m yarıçaplı kurpta uygulanacak dever miktarını bulunuz.

### Çözüm 2 :

$$S = \frac{(0,00443).60^2}{200} = \frac{15,948}{200} = 0,07974$$
'tür. Bu ise % 8'lik bir devere karşılık gelmektedir.

Değişik proje hızlarına ve kurp yarıçaplarına bağlı şekilde formüle uygulanarak bulunan dever değerleri Tablo 1.3'te gösterilmiştir. Bazı ülkelerde yüksek standartlı yollarda aliymanlar, kurba geçiş spiral eğrisi ile yapılmakta ise de ülkemiz kent dışı yollarında dever rakordmanı, kurbun tanjant orjin noktaları  $\Phi$  civarında kısmen aliyman, kısmen kurp içinde yapılmaktadır. Deverin ne şekilde uygulanacağı ise Şekil 1.17 ve Şekil 1.18'de gösterilmektedir.

Ls rakordman boyunun 2/3'ü aliyman, 1/3'ü ise kurp içinde kalmaktadır. Rakordman boyunun bulunması için kullanılan formül şöyledir:

$$L_s = \frac{(0,0354).V^3}{R}$$

Ls : Rakordman boyu (m)

V : Proje hızı (km/saat)

R : Kurp yarıçapı (m)

### Örnek 3:

Proje hızı 60 km/saat ve yarıçapı 400 m olan bir kurpta uygulanması gereken dever ve dever rakordman boyu ne kadar olmalıdır?

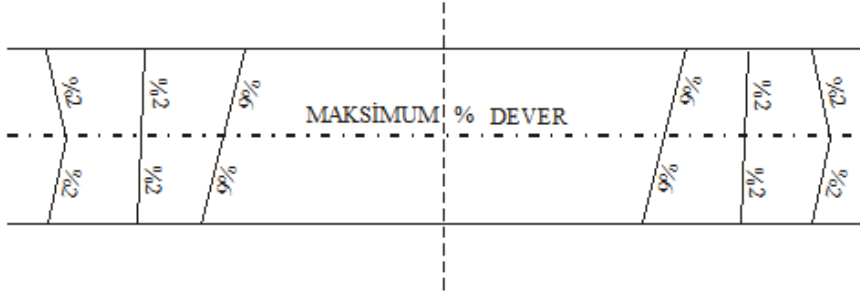
### Çözüm 3 :

$$S = \frac{(0,00443).V^2}{R} = \frac{(0,00443).60^2}{400} = 0,0399 \text{ diğer bir deyişle } S = \% 3,99 = \% 4 \text{ 'tür.}$$

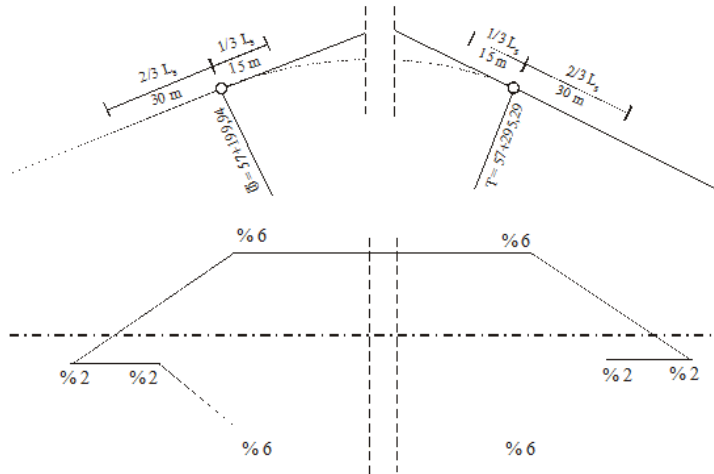
$$L_S = \frac{(0,0354).V^3}{R} = \frac{(0,0354).60^3}{400} = 19,116m$$

Rakordman boyu 19,116 m çıkmasına karşın Karayolları Genel Müdürlüğü Yol Etüt Proje Fen Heyeti verilerine göre minimum rakordman boyu 45 m olacağından bu değer 45 m olarak değerlendirilecektir. Dever cetvelinden de (Tablo 1.4) 60 km/saat hız ile 400 m'lik karp yarıçapı verileri karşılaştırıldığında alınacak rakordman boyu bulunabilir. Rakordman boyu olarak elde edilen 45 m'nin 2/3'ü olan 30 m  $\nabla$ 'dan önce; 1/3'ü olan 15 m ise  $\nabla$ 'dan sonra uygulanır.

Tablo 1.4'te aynı zamanda karp yarıçaplarına ve proje hızlarına göre rakordman boyları da verilmektedir. Rakordman boyunun an az 45 m olması öngörülmüştür.



Şekil 1.17: Rakordman ve dever uygulama örneği



Şekil 1.18: Rakordman ve dever uygulama örneği



SÜR'AT Km./St	R = KURP YARIÇAPI																			
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200
S	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
LS	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
S	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
LS	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
S	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
LS	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
S	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
LS	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
S	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
LS	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
S	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
LS	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
S	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
LS	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
S	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
LS	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
S	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
LS	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
S	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
LS	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
S	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
LS	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
S	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
LS	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45

6- R ≤ 200 m lık kurplarda yol plâformu iç tarafta genişletilecektir.

1- Max dever % 10 dur.

2- Kar ve buzun hüksürdüğü yerlerde max dever % 8 olacaktır

3- Bulun kurplarda dever kullanılmıdır.(Şehir içleri hariç)

4- Min dever % 2 alınır

5- Rakoriman uzunluğu en az 45 m. olacak

S = Dever =  $\frac{0.00443 \cdot V^2}{R}$

LS = Rakoriman =  $\frac{0.0354 \cdot V^3}{R}$

Kurp yarıçapı

R = 200 m

R = 150 m

R = 100 m

R = 50 m

Genişleme miktarı

0.00 m

0.50 m

0.75 m

1.00 m

428POLLAR ÇEVRE YERİNDİLİĞİ  
YOL ETUD PROJESİ FEN HİZMETİ MODÜRLÜĞÜ

DEVER CETVELİ

Tablo 1.4: Dever cetveli tablosu



## 1.6. Düşey Güzergâh

Kara yollarında, daha önce anlatılan yatay güzergâhların dışında, arazinin doğal yapısına uygun düşey güzergâhlarla da karşılaşılır. **Düşey eksen**, düşey kurpların (genellikle parabolik şekilde, açık ve kapalı olarak) ve belli eğimdeki tanjant parçalarının birleşimidir

Düşey kurpta, yatay kurba benzer elemanlar dışında sıkça kırmızı çizgi (kırmızı hat) teriminden söz edilir. Bu kırmızı çizgi projede tespit edilen yol güzergâhının diğer bir ifadesidir ve arazinin topoğrafik yapısına uygun şekilde oluşturulmuş bir çizgidir. Kırmızı çizgi (kırmızı hat ) tespit edilirken toprak işlerinin minimum olmasına, kazı ve dolgu hacimlerinin birbirini dengelemesine, görüş mesafesinin ve diğer geometrik karakteristiklerin sağlanması hususlarına azami derecede dikkat edilmelidir.

Topoğrafik durumu engebeli (arızalı) ve ulaşılması zor arazi şartlarında, kazı ve dolgu hacimlerinin birbirini dengeleyecek şekilde kırmızı çizginin geçirilmesi yol inşaatında ekonomi sağlar.

Bu durumu düz yollarda sağlamak zordur. Kar yağışı fazla olan bölgelerde karın yol üzerinde birikmesini önlemek ve kar mücadelesini azaltmak bakımından kırmızı hattın doğal zeminden 1,80–2,00 m yükseklikten geçirilmesinde fayda vardır.

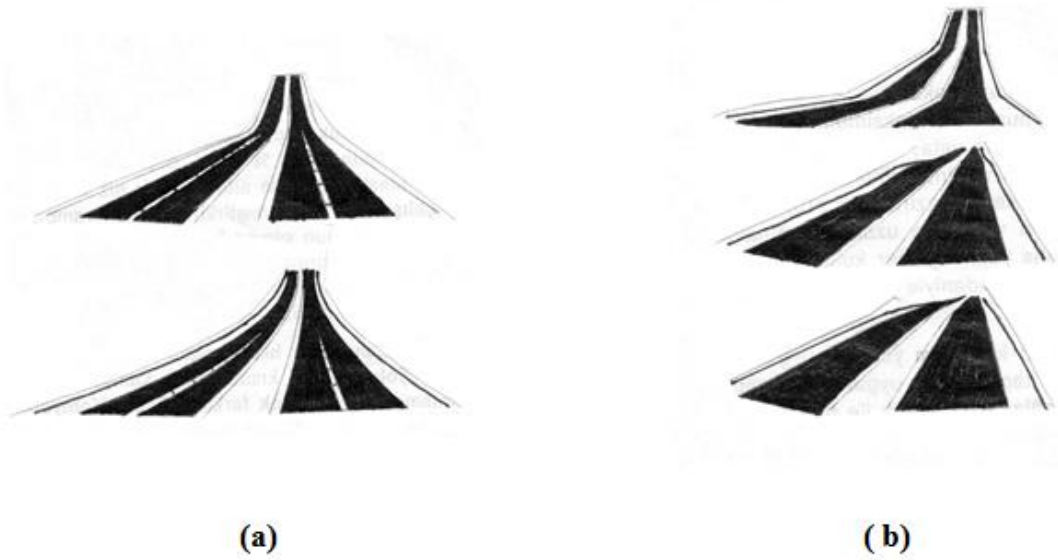
### **Düşey eksen, düşey kurbun sahip olacağı eğim değerinin ve kurp boyunun seçimi;**

- Sürücü,
- Taşıt,
- Yol boyu karakteristiği,
- Görüş uzaklığı gereksinimlerine bağlıdır.

Emniyetli, tatminkâr projeler elde edebilmek için estetik hususlar ve yatay düşey eksen kombinasyonu her zaman için göz önünde tutulmalıdır.

Projede aşağıda belirtilen düşey eksen ile ilgili genel kontrol kurallarına dikkat edilmelidir:

- Kara yolunun tipine, sınıf ve arazinin karakterine göre azar azar değişen yumuşak eğimler, her zaman için sık sık değişen kısa boydaki eğimlere tercih edilmelidir.  
Proje kriterleri maksimum eğim ve eğimin kritik boyu olmasına karşın bunların devamlı bir hat boyunca araziye uygulanması bitmiş bir yolun uygunluğunu ve görüntüsünü ortaya koyacaktır.
- “Gizlenmiş iniş.” tipi güzergâhlardan kaçınılmalıdır. Genellikle bu tip güzergâhlara uzun yatay aliymanlarda, kırmızı hattın dalgalı doğal arazi çizgisini yakından takip etmesi durumunda rastlanmaktadır.  
Birçok eski yolda, bu tip istenmeyen profile rastlamak mümkündür. Bunlar, estetik açıdan ve tehlike oluşturmaları bakımından istenmeyen durumlardır.
- Uzun tırmanışlarda, dik eğim aşağıya konmalı ve eğim rampanın üstüne yaklaştıkça azaltılmalıdır.  
Uniform eğim yerine kırmızı hattı, belli aralıklarla daha düşük eğimli parçalar koyarak bölmekte yarar vardır. Bu durum, özellikle düşük proje hızlı kara yollarında uygulanmalıdır.



Şekil 1.19: Düşey eksen çeşitleri

Yukarıdaki şeklin (a) bölümü, kısa düşey kurbun olduğu güzergâha belirli uzaklıktan bakıldığından inişten çıkışa ani bir geçiş yapıldığı izlenimi vermektedir. Bu durum, düşey kurp boyunu uzatarak veya yatay eksenini kırarak düzeltilmelidir.

Şeklin (b) bölümü ise aynı yönde düşey kurpların kısa tanjantlarla birleştirilmesinden kaçınılması gerektiğini belirtmektedir.

- Oldukça uzun, hız artırıcı eğimleri kapsayan dalgalı kırmızı hatlardan, işleme kötü etkileri nedeni ile kaçınılmalıdır. Bu tip profiller, şayet iniş eğimlerinin sonunda çıkış eğimleri yoksa özellikle ağır taşıtların beklenenden daha hızlı seyretmelerine sebep olmakta, dolayısıyla bu hız artışları diğer taşıtlar için tehlike oluşturmaktadır.
- Kara yolu boyunca eş düzeyli kavşaklar bulunuyorsa kavşağa yaklaşırken eğim azaltılmalıdır. Bu şekilde dönüş yapan taşıtlara kolaylık sağlanmakta ve kaza olasılığı azaltılmış olmaktadır.
- Bordürlü kesimlerde istenilen minimum boyuna eğim % 0,5 (binde beş) olmalıdır. Bazen dever uygulanan geçiş kısımlarında, bu minimum eğimi uygulamak mümkün olmamaktadır. Bu gibi durumlarda % 0,5'ten küçük olan boyuna eğimlerin uzunluklarının kısa tutulmasında fayda görülmektedir.

Kara yolları, yol boyunca uniform trafik akışını sağlayacak şekilde projelendirilmelidir. Proje hızının seçimiyle birçok geometrik elemanın da seçimi yapılmış olmaktadır.

### 1.6.1. Maksimum Eğimler

Bir projede kullanılacak maksimum eğimin seçimi, üzerinde önemle durulması gereken bir husustur. Maksimum eğim maliyete etki eden bir faktör olmayıp aynı zamanda yatay eksen ve genel olarak yolun işletimini de kontrol etmektedir.

Örneğin, dağlık arazide yatık eğim ve minimum toprak işi göz önünde bulundurularak hazırlanmış projede, yolun boyu, küçük yarıçaplı yatay kurp sayısı ve görüş uzaklığı kısıtlamaları artmıştır. Diğer bir şekilde projede daha yatık eğimler kullanıldığında kazı ve dolguların aşırı miktarda artması nedeni ile yol yapım ve gelecekteki bakım harcamaları da çok artacaktır.

Dalgalı arazide, bazen tüm yol için uygun düşen maksimum eğimin, projenin kritik birkaç yerinde uygulanması mümkün olmayabilmektedir. Bu yerel şartın sağlanması amacı ile tüm proje için standardı düşürmekle, yolun diğer kısımlarındaki eğimlerin uygun kontrolünü sağlamakla elde edilen faydadan fedakârlık edilmiş olmaktadır.

Bu noktada, standart maksimum eğimden daha dik eğimin kullanımı tartışılarak kararlaştırılmalı ve bu durum, yerel istisna olarak düşünülmelidir. AASHTO'ya göre 113 km/saatlik proje hızı için % 5 maksimum eğim uygun görülmektedir. 48 km/saatlik proje hızı için topoğrafyaya bağlı olarak maksimum eğim % 7 ile % 12 arasında, ortalama olarak % 8'dir. Önemli kara yolu söz konusu olduğunda 48 km/saatlik proje hızı için maksimum eğim % 7 veya % 8 uygun görülmektedir.

Maksimum eğim ancak şartların zorladığı durumlarda kullanılmalıdır. Diğer bir şekilde, 150 m'den kısa, tek yönlü eğim inişlerinde maksimum eğim % 1 oranında artırılabilir. Düşük trafik hacimli kara yollarında maksimum eğim % 5 oranında artırılabilir. Alt geçitler ve köprü yaklaşımlarında kısa uzunluklarda daha sık eğimlerin kullanılması mümkün görülmektedir. Bunun dışında maksimum eğimin altındaki eğimler, her zaman için tercih edilmelidir. Ülkemiz kent dışı iki şeritli kara yolları geometrik standartlarında, yol sınıflarına göre maksimum eğimler, Tablo 1.2'de verilmektedir.

### 1.6.2. Keskin Yatay Kurplardaki Eğim Azalmaları

Büyük yarıçaplı bir kurpta veya alıymanda çıkış hâlinde olan bir taşıtın keskin bir yatay kurba girdiği anda, eğime ilave olarak kurpta hareket edişin meydana getirdiği güçlüğü de yenmesi gerekmektedir.

Yol eğimi arttıkça ve kurp küçüldükçe kurp üzerinde hareket etme güçlüğü (kurbun direncinin taşıt üzerindeki tesiri) o derece artar. Bu nedenle taşıtların dik eğimli yollarda keskin kurpların etkilerine maruz kalmadan hareket etmelerini sağlamak için kurp uzunlukları boyunca dik eğimlerin azaltılması yoluna gidilmektedir.

Küçük kurplardan dolayı meydana gelecek güçlükleri yenmek amacı ile yapılması gereken eğim azaltmaları aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$\text{Eğim azaltması } \% = \frac{76,2}{R}$$

R: Kurp yarıçapı (m)

76,2: Sabit değer

Eğim azaltmaları, genel olarak kurp yarıçapı 300 m'den küçük, eğimin % 5 ve daha büyük olduğu hâllerde kullanılmaktadır.

#### Örnek 4:

175 m yarıçaplı kurban bulunduğu bir yol güzergâhında eğim % 6'dır. Kurp nedeniyle yapılması gereken eğim azaltması ne olmalıdır?

#### Çözüm 4:

Eğim azaltması  $\% = \frac{76,2}{R} = \frac{76,2}{175} = 0,435$  kısaca % 0,4 alınabilir. Bu demek oluyor ki güzergâhtaki bu kurp ile birlikte bulunan düşey kurba ait alımanın eğimi % 0,4 (binde dört) oranında azaltılırsa (% 6-% 0,4 = % 5,6) emniyetli sürüş elde edilmiş olur.

### 1.6.3. Düşey Kurplar ve Proje Kotlarının Hesabı

Yolun boyuna kesitinde (boy kesit) kırılan iki eğimi birbirine bağlayan parabolik düşey eğrilere **düşey kurp** denir.

Düşey kurplar, düşey ekseninde eğimlerin birbirine düzenli geçişini sağlamaktadır.

Düşey kurplar;

- Açık düşey kurp,
- Kapalı düşey kurp (Şekil 1.4) olmak üzere iki çeşittir.

Bu eğriler, arazinin topoğrafik şartlarına uygun ve proje hızının gerektireceği görüş mesafesini sağlayacak şekilde tespit edilir.

Kırmızı çizginin yükselen eğimleri genellikle  $g_1$  ile gösterilir ve işareti pozitifdir (+ $g_1$ ); alçalan eğimleri ise  $g_2$  ile gösterilir ve işareti negatiftir (- $g_2$ ). Eğimlerin cebrik farklarının ( $g_1-g_2$ ) pozitif olması hâlinde, eğimlerin kesişme yeri olan some noktası birleştirme eğrisinin üst tarafında bulunur. Bu durumda, bu iki eğim bir tepe teşkil eder.

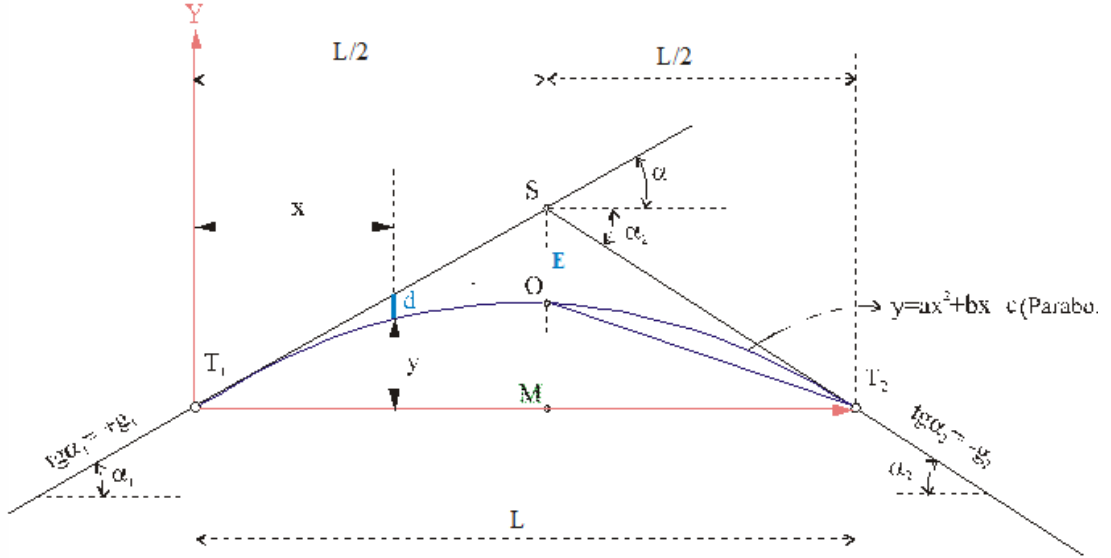
Buraya yerleştirilen düşey kurba da **tepe kurbu** denir.

Buna karşılık eğimlerin cebrik farkı negatif ise kırmızı çizgilerin kesim noktası birleştirme eğrisinin altındadır. Birleştirme eğrisi bir dere teşkil eder. Bu gibi yerlere yerleştirilen düşey kurplara da **dere kurbu** denir.

Düşey kurpların uygulaması basit olmalı ve proje işletim açısından emniyet ve konforu, istenilen bir görüş ve yeterli bir drenaj sağlamalıdır. Ekonomi elverdiği sürece daha uzun görüş uzaklıkları uygulanmalıdır.

Seyahat edenlerin konforu açısından eğimlerin değişim oranları, kabul edilebilir sınırlar içinde kalmalıdır. Bu şart, yer çekimi ve düşey merkezkaç kuvvetinin aynı yönde etkilemesi nedeni ile açık düşey kurplarda önem kazanmaktadır. Estetik hususlar da göz önüne alınmalıdır. Uzun kurp, kısa kurba göre daha iyi bir görünüş sağlamaktadır. Kısa kurp profilde (boyuna kesit/boy kesit) ani bir kırıklık görüntüsü vermektedir.

## Parabolik düşey kurplar ve proje kotlarının hesabı



Şekil 1.20: Parabolik düşey karp

Eğimleri  $g_1$  ve  $g_2$  olan kırmızı çizgilerin denklemi

$$y = ax^2 + bx + c$$

olan ikinci derece parabolüyle birleştirildiğini düşünelim (Şekil 1.20).

$T_1T_2$  giriş yönünü  $x$ , düşey eksen de  $y$  eksen olarak kabul edelim.

$y = ax^2 + bx + c$  denkleminde  $x$  değişkenine göre türev alınırsa

$y' = 2ax + b$  şeklini alır. Bu denkleminde  $x=0$  değeri için  $y' = b$  olur.

$y' = tg\alpha_1 = g_1$  olduğundan

$b = g_1$  olur.

$x=L$  için  $y' = g_2$  olduğundan bu değerler denkleminde yerine konulursa

$g_2 = 2aL + g_1$  elde edilir. Buradan

$a = \frac{g_2 - g_1}{2L}$  bulunur. Bu formüldeki  $g_1 - g_2 = G$  kabulünü yaparsak

$a = -\frac{G}{2L}$  elde edilir. Bu değer yerine yazılırsa

$y = -\frac{G}{2L}x^2 + g_1x$  olarak bulunur.

T<sub>1</sub>S kırmızı çizgisi üzerindeki her noktanın kotları kolayca bulunabileceğinden proje üzerine çizim ve parabole ait kotları hesaplama bakımından uygulamada  $d$  uzunluğu hesaplanır.

$$y + d = g_1 \cdot x \quad \text{olduğundan}$$

$d = g_1 \cdot x - y$  olur. Formülünde bulunan  $y$  değeri bu formülde yerine yazılırsa

$$d = g_1 \cdot x - \left( -\frac{G}{2L} x^2 + g_1 \cdot x \right) = \frac{G}{2L} x^2 \quad \text{elde edilir.}$$

Parabolün tepe noktasındaki SO=E uzunluğu ise

$x = \frac{L}{2}$  alınırsa  $d=E$  olduğundan bu değerler yukarıdaki formülde yerine yazılırsa

$$E = \frac{G}{2L} \cdot \frac{L^2}{4} = \frac{GL}{8} \quad \text{olarak elde edilir.}$$

T<sub>1</sub> noktasının kotu HT<sub>1</sub> olduğuna göre P<sub>i</sub> noktasının kotu

$$HP_i = H_{T_1} + g_1 \cdot x_i - d_i \quad \text{'dir.}$$

### Örnek 5:

Aşağıdaki verilere göre düşey kurbun ara noktalarının proje kotlarını (kırmızı kotlarını) hesaplayınız.

### Çözüm 5:

$S_{km} = 3 + 064,85$  m (düşey kurbun başlangıç noktasının kilometraji)

$H_S = 331,07$  m (başlangıç noktasının kotu)

$L = 430,00$  m ( T<sub>1</sub> ve T<sub>2</sub> noktaları arasındaki yatay uzunluk )

$g_1 = +0,047536 = \% 4,75$  (çıkış eğimi)

$g_2 = -0,065764 = \% 6,58$  (iniş eğimi)

Proje kotlarına geçmeden önce kurbun başlangıç ve bitiş noktalarının kilometre ve kotları ile E değerini hesaplayalım:

$$T_{1km} = S_{km} - \frac{L}{2} = 2 + 849,85 \text{ m}$$

$$H_{T_1} = H_S - g_1 \frac{L}{2} = 320,85 \text{ m}$$

$$T_{2km} = S_{km} + \frac{L}{2} = 3 + 279,85 \text{ m}$$

$$H_{T_2} = H_S + g_2 \frac{L}{2} = 316,93 \text{ m}$$

$$G = g_1 - g_2 = 0,1133$$

$$E = \frac{GL}{8} = \frac{(0,1133) \cdot (430,00)}{8} = 6,09 \text{ m}$$

N.N	Kilometre	x	$g_1 \cdot x$	Kırmızı kot $H_i = HT_1 + g_1 \cdot x$	$d = (G/2L) \cdot x^2$	Proje kodu $HT_1 + g_1 \cdot x - d$
$T_1$	2+849,85	0,00	0,00	320,85	0,00	<b>320,85</b>
	2+900,00	50,15	2,38	323,23	0,33	<b>322,90</b>
	2+950,00	100,15	4,76	325,61	1,32	<b>324,29</b>
	3+000,00	150,15	7,14	327,99	2,97	<b>325,02</b>
	3+050,00	200,15	9,51	330,36	5,28	<b>325,09</b>
<b>S</b>	<b>3+064,85</b>	<b>215,00</b>	<b>10,22</b>	<b>331,07</b>	<b>6,09</b>	<b>324,98</b>
	3+100,00	250,15	11,89	332,74	8,24	<b>324,50</b>
	3+150,00	300,15	14,27	335,12	11,87	<b>323,25</b>
	3+200,00	350,15	16,64	337,49	16,15	<b>321,34</b>
	3+250,00	400,15	19,02	339,87	21,09	<b>318,78</b>
$T_2$	3+279,85	430,00	20,44	341,29	24,36	<b>316,93</b>

Tablo 1.5: Örnek 5'e ait tablo

### Örnek 6:

Düşey kurba ait verilen aşağıdaki elemanlara göre kurbun ara noktalarına ait kot değerlerini hesaplayınız.

### Çözüm 6:

$S_{km} = 2 + 185,09$  (Düşey kurp some noktasının yol başlangıcından olan mesafesi)

$H_s = 402,15$  m (Düşey kurp some noktasının kot değeri)

$L = 385,00$  m (Düşey kurbun yatay iz düşüm uzunluğu)

$g_1 = +0,039117 = \% 3,9117$  (Düşey kurbun çıkış eğimi)

$g_2 = -0,054698 = \% -5,4698$  (Düşey kurbun iniş eğimi)

$S_{km}$  olarak verilen değer her ne kadar 2+185,09 olarak verilmişse de hesap makineleri ile işlem yapılırken 2185,09 olarak ele alınır. Proje kotlarının hesaplanmasından önce düşey kurbun başlangıç ve bitiş noktalarının kilometre ve kotları ile E değeri hesaplanır. Buradaki E değeri daha önce de belirtildiği üzere düşey kurbun tepe noktası ile düşey kurp some noktası arasındaki düşey mesafedir.

$$T_{1km} = S_{km} - \frac{L}{2} = 2185,09 - \frac{385,00}{2} = 1 + 992,59 \text{ m}$$

$$H_{T1} = H_s - g_1 \cdot \frac{L}{2} = 402,15 - 0,039117 \cdot \frac{385,00}{2} = 394,62 \text{ m}$$

$$T_{2km} = S_{km} + \frac{L}{2} = 2185,09 + \frac{385,00}{2} = 2 + 377,59 \text{ m}$$

$$H_{T2} = H_s + g_2 \cdot \frac{L}{2} = 402,15 + (-0,054698) \cdot \frac{385,00}{2} = 391,62 \text{ m}$$

$$G = g_1 - g_2 = 0,039117 - (-0,054698) = 0,093815 = \%9,3815$$

$$E = \frac{G \cdot L}{8} = 4,51 \text{ m}$$

Bulunan bu değerler yardımı ile başlangıç noktası  $T_1$ den başlayarak  $T_2$ ye kadar olan ara noktaların kotları hesaplanacaktır. Bunun için yuvarlak kilometre değerleri alınacaktır. Burada bulunacak olan  $x$  değerleri, seçilen ara noktaların başlangıç kilometresi olan 1+992,59 ile farkını ifade eder.

Geometrideki bir kurala göre eğim ile o eğime ait olan yatay mesafe çarpılırsa eğimin başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki kot farkını verir. O da örneğimize ait tablomuzda  $g \cdot x$  ile ifade edilmektedir.

N.N	Kilometre	x	$g_1 \cdot x$	Kırmızı çizgi kotları $H_j = HT_1 + g_1 \cdot x$	$d = \left( \frac{G}{2 \cdot L} \right) \cdot x^2$	Proje Kodu $HT_1 + g_1 \cdot x - d$
T1	1+992,59	0,00	0,00	394,62	0,00	<b>394,62</b>
	2+000,00	7,41	0,29	394,91	0,01	<b>394,90</b>
	2+050,00	57,41	2,25	396,87	0,40	<b>396,47</b>
	2+100,00	107,41	4,20	398,82	1,41	<b>397,41</b>
	2+150,00	157,41	6,16	400,78	3,02	<b>397,76</b>
S	2+185,09	192,50	7,53	402,15	4,51	<b>397,64</b>
	2+200,00	207,41	8,11	402,73	5,24	<b>397,49</b>
	2+250,00	257,41	10,07	404,69	8,07	<b>396,62</b>
	2+300,00	307,41	12,02	406,64	11,51	<b>395,13</b>
	2+350,00	357,41	13,98	408,60	15,56	<b>393,04</b>
T2	2+377,59	385,00	15,06	409,68	18,06	<b>391,62</b>

Tablo 1.6: Örnek 6'ya ait tablo

## 1.7. Kavşaklar

**Kavşak**, iki veya daha fazla yolun kesişmesinden meydana gelen ve trafik hareketleri için gerekli şartları bünyesinde barındıran bir alandır. **Kavşağın ana görevi** trafiğin yön değiştirmesini sağlamaktır.

Bir yolun en önemli kısmını teşkil eden kavşaklar;

Yolun emniyetine, hızına, işletme masraflarına ve kapasitesine etki eder. Bu nedenle kavşakların projelendirilmeleri, yolun en ekonomik ve sağlıklı çalışmasını temin edecek şekilde yapılmalıdır.

Trafiğin yönlendirilme ve kontrol edilme şekline göre kavşaklar;

- Eş düzeyli kavşak,
- Farklı düzeyli kavşak olmak üzere iki ana grupta incelenir.

Seviyeli kavşaklarda trafik, alt veya üst geçit gibi yapılarla ayrılmıştır.



### 1.7.1. Eş Düzeyli Kavşaklar

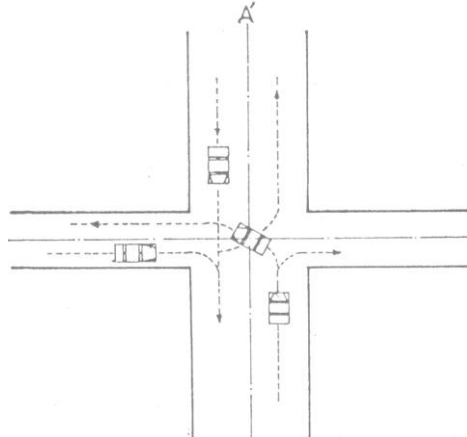
Kavşak alanına ulaşan yolların aynı düzeyde kesişmelerinden meydana gelen kavşaklara **eş düzeyli kavşaklar** denir.

Kesişen yolların bir dar açı ile yapılması istenilmez. Kesişmelerin  $90^\circ$  C'lik bir açı ile yapılması istenir. Bu şekilde projelendirilen kavşaklarda hızların azalması nedeni ile kaza ihtimali azdır.

Kavşaklar, çok değişik şekilde projelendirilir. Bu projelendirmede, saatlik trafik hacmi, trafik karakteri (transit veya dönen trafik) ve proje hızı gibi faktörler göz önünde bulundurulur. Ancak kavşak tipinin seçimine, en çok saatlik trafik hacmi etki etmektedir.



Resim 1.3: Eş düzeyli dönel kavşak



Şekil 1.21: Eş düzeyli kavşak

### **Kavşak tipleri;**

- Kesişen yolların sayısına,
- Trafiğin hareket tarzına,
- Topoğrafyanın fiziksel özelliklerine,
- İstenilen kavşak işletmesine bağlı olarak değişmektedir.

Eş düzeyli kavşakların en çok kullanılan tipleri; **dörtlü** ve **dönel** kavşaklardır.

**Dönel kavşaklar**, trafiğin bir ada etrafında katılma ve ayrılmasını temin eden yapılardır. Bu tip kavşaklar, kavşak alanında değişen bütün yolların toplam trafiği saatte en az 3000 taşıt olduğu zaman düşünülmelidir.

Taşıt hareketlerini daha iyi kontrol etmek amacı ile kavşaklarda trafik adaları inşa edilir. Bu adalar, aynı zamanda yayaların geçişlerini de kolaylaştırır. Özellikle trafiğin yoğun olduğu ve birkaç yolun kesiştiği noktalarda inşa edilen dönel kavşakların projelendirilmesinde;

- Proje hızı,
- Dönel yolun genişliği,
- Enine eğimler,
- İşaretlemeler,
- Küçük eğimler ve yeterli görüş mesafesi,
- Uygun ada yarıçapı,
- Kesişen yollar arası mesafe göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu hususlar dikkate alınarak projelendirilen kavşaklar, büyük bir trafik hacmine hizmet eder.

Kavşağın kapasitesini artırmak, transit trafiğin de daha rahat akışını sağlamak amacı ile kavşaklarda sığınma ve ayrılma şeritleri inşa edilir.

### **1.7.2. Farklı Düzeyli Kavşaklar**

Trafiğin çok yoğun olduğu kesişen yollarda, eş düzeyli kavşaklardaki kesişmeleri kaldırmak, zaman kaybını önlemek ve trafik emniyetini artırmak amacıyla **farklı düzeyli kavşaklar** inşa edilir.

Farklı düzeyli kavşak projeleri;

- Saatlik trafik hacmi,
- Trafik hareketleri,
- Proje hızı,
- Topoğrafya,
- Kamulaştırma,
- Yapım masrafları gibi faktörlerden etkilenmektedir.

Bu tip kavşaklar, daha çok otoyol gibi trafiği çok yoğun olan yollarda inşa edilir.

### **Farklı düzeyli kavşak geometrisi;**

- Kesişen yolların sayısına,
- Katılan ve ayrılan trafiğin hacmine,
- Topoğrafyanın fiziksel özelliklerine göre değişmektedir.



**Resim 1.4: Farklı düzeyli kavşak**

## **1.8. Güzergâh Tayininde Ana Düşünceler**

İnşa edilecek bir kara yolunun en uygun şartlarda hangi güzergâhtan geçeceğini tespit edilmesi amacıyla yapılan büro ve arazi çalışmalarının tümüne güzergâh araştırması denir.

Yol projesinin tespit edilmesinde ve güzergâh çalışmaları sırasında etken olan bazı faktörler vardır. Bu faktörler:

- **Hizmet edilecek trafiğin miktarı ve kompozisyonu:** Yol geometrik standartlarını, trafik hacim artışlarına göre sınıflara ayırmaktır. Bu trafik hacmi, belirli senelik zaman aralıkları içindir. Bu da ya yolun trafiğe açıldığı yıl ya da proje amacı için seçilen gelecekteki bir yıl olabilmektedir. Yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) veya saatlik trafik olarak ifade edilmektedir.
- **Seçilecek yol güzergâhı boyunca arazi topoğrafyası:** Geometrik standartlar, güzergâhın geçtiği arazinin topoğrafyası dikkate alınarak sınıflandırılmaktadır. Genellikle arazi tipleri **düz**, **dalgalı** ve **dağlık** olarak ele alınır. Bu sınıflandırma seçilen yol güzergâhının geçtiği araziye belirtmektedir. Arazi sınıflandırması, tüm güzergâh boyunca birkaç kez değişebilmektedir. Her değişiklik, güzergâhın

bir topoğrafik sınıftan diğerine geçtiği belirli noktada yapılmaktadır. Bu sınıflandırma özellikle dağlık arazilerde, yol yapım maliyetinin düşürülmesi açısından önemli görülmektedir.

- **Hizmet seviyesi:** Emniyetli hız, sınırlayıcı eğimler, sürücü emniyet ve konforu ile işletme ekonomisini kapsamaktadır. Geometrik standartlarda bu parametre, değişik proje hızları kullanılarak belirlenmiştir. Değişik proje hızlarının kullanılmasındaki en önemli amaç, diğer proje elemanları arasında uyumun ve ekonominin sağlanabilmesidir. Bir proje için belirli bir proje hızının seçimi ile otomatik olarak birçok yol geometrik elemanlarına da sınır konulmaktadır. **Proje hızının tespiti**, yolun yapım ve bakım maliyetinde etkili olması açısından çok önemlidir.
- **Bütçe olanakları:** Yukarıda açıklanan ölçütlerin sağlıklı tespit edilmesi ile proje geometrisinin ana konularına uygulanması kolay olmakta ve sonuçta elde edilen standartlar, geniş şartlara uygulanabilmekte ve uygulamanın sonucunda ekonomik ve tatminkâr projeler elde edilebilmektedir.

Detaylı olarak hazırlanmış bir kara yolu projesi, söz konusu proje ile ilgili ana bilgilere dayalı olarak hazırlanan projedir. Bu bilgiler, yapım ve gelecekteki bakım için eldeki bütçe olanaklarının belirtilmesini, güzergâhın önemini ve gelecekte belirli bir zamanda kara yolunu kullanması beklenen trafiğin miktarını ve kompozisyonunu kapsamaktadır.

Proje kriterlerinin sağlıklı seçimi ancak elde sağlıklı bilgilerin bulunması ile gerçekleşebilmektedir.

**Bir yol güzergâhı için gerekli olan arazi çalışmalarına başlamadan önce yolun karakterine ve eldeki mali imkânlara göre;**

- Yola ait hız,
- En kesit şekli ve ölçüleri,
- En küçük karp yarıçapı,
- En büyük eğim gibi proje standartlarını tespit etmek gerekir.

Güzergâh araştırmasında ve proje standartlarının tespitinde aşağıdaki konular göz önünde bulundurulmalıdır:

- Yol sağlam bir temel zemine oturtulmalıdır (Yol güzergâhı seçilirken arazinin yapısının sağlam olmasına dikkat edilmelidir.).
- Tespit edilen yol standartlarına uyulmalı, standartlardan fedakârlık edilmemelidir.
- Mümkün olduğunca kurplardan çok alıymanlar tercih edilmelidir.
- Yoldan faydalanacaklar için her türlü emniyet düşünülmüş ve gerçekleştirilmiş olmalıdır.
- Bakım masrafları en düşük olacak şekilde güzergâh düşünülmelidir.

- Yoldan faydalanma oranı yüksek olmalı, mümkün olduğu kadar çok kişinin, eşyanın ve malzemenin ulaşımına imkân vermelidir.
- Yol kendisinden yararlanacak yörenin ticari ve ekonomik şartlarına hizmet etmelidir.
- Akarsu yataklarına yakın olmamalıdır.
- Gelecekte trafiğin yoğunlaşacağı düşünülmeli, kamulaştırma genişliği buna göre yapılmalıdır.
- Dağlık bölgelerde yolun güney bölgelerden geçmesine dikkat ederek yolun buzlanmasına engel olunmalıdır.
- Demir yolları ve diğer yollarla tehlikeli kesişmeler yapmamalıdır.
- Kurplar, büyük yarıçaplı ve rahat olmalı, keskin yatay kurplardan kaçınılmalıdır.
- Bunun yanı sıra güzergâhın en kısa hattan geçmesini engelleyen çeşitli etkenler de vardır.

## 1.9. İstikşaf

Yol güzergâhının geçeceği iki nokta arasında ayrıntılı bir etüt yapmaya değer hangi güzergâh veya güzergâhların seçilmesi gerektiğinin kısa ve dikkatli bir araştırılmasına **istikşaf** denir. Bu araştırma sırasında, başlangıç ve bitiş noktaları arasında mesafe, drenaj, bakım ve hizmet çalışmalarının uygulanabilirliği, toprak hacmi, sağlamlık, trafik ve gelişme faktörleri gibi hususlar göz önünde bulundurulur.

Başka bir deyişle, günün şart ve talepleri dikkate alınarak yolun geçeceği bölgenin harita ve arazide tespitine “istikşaf” denir. İstikşaf çalışmaları **Karayolları Genel Müdürlüğüne** bağlı teşkilatlardaki **Yol Etüt ve Proje Fen Heyeti** tarafından yürütülür.

İstikşaf, ilk önce haritalar üzerinde yapılır. Bunun için 1/ 25000 ölçekli topoğrafik haritalar ile 1/ 100000 ölçekli jeolojik haritalar en uygun olanlardır.

İstikşaf çalışması sırasında aşağıdaki etütler yapılır:

### ➤ **Siyasal ve askerî etüt**

Bir yol güzergâhının tayininde ülkenin savaşta ve barışta bu yolun askerî amaçla kullanılabilirliği düşünülmelidir.

Normal bir yol güzergâhı, bu bakımdan etüt edilebileceği gibi askerî amaçlara hizmet etmek üzere tamamen askerî düşüncelerle inşa edilecek yollar için de olabilir.

### ➤ **Ekonomik etüt**

Yapımı düşünölen bir yolun maliyetinin düşük olması ve ekonomik gelişime katkıda bulunması istenir.

Ekonomik şartların sağlanması, yolun standartları ile de ilgili olduğu için iyi bir teknik etüt, yolun maliyeti bakımından da olumlu sonuçlar vermelidir.

### ➤ **Teknik etüt**

Bir yolun maliyeti az olmalı ve yol standartlara uygun özelliklerde olmalıdır. Yolun temel özelliklerini belirten bu standartlara “**proje standartları**” denir.

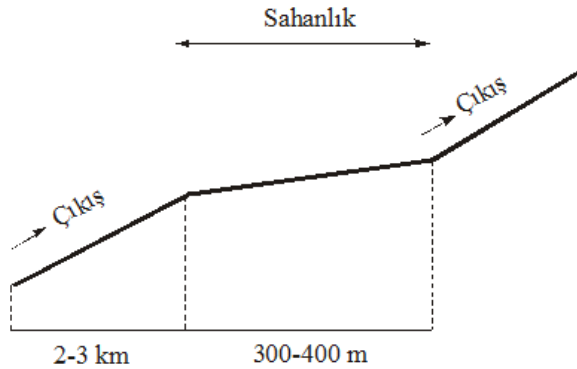
#### **Başlıca proje standartları şunlardır:**

- **Proje hızı:** Başka taşıtların etkisi olmadan normal hava koşullarında güvenle yapılabilecek en yüksek hızdır. Proje hızının seçilmesinde yolun sınıfı, arazinin topoğrafik durumu ve trafik karakteristikleri gibi etkenler dikkate alınır.
- **Maksimum eğim:** Yolun sınıfı, arazinin topoğrafik durumu, kaplama cinsi ile yoldan yararlanacak trafikteki hâkim taşıt cinsine göre belirlenen eğimdir.
- **Minimum kurp yarıçapı:** Taşıtlar bir kurpta hareket ederken merkezkaç kuvvetinin etkisiyle kurbun dışına doğru itilir. Proje hızı arttıkça merkezkaç kuvvetinin büyüyeceği düşünölerek kurp yarıçapı seçiminde proje hızı dikkate alınmalıdır.
- **En kesit tipi:** Yol genişliğinin, şev üst yapı cinsinin dolayısıyla kaplamanın belirlenmesi için önceden bilinmesi gereken bir özelliktir. Kurplarda enine kesite verilecek dever de belirlenmelidir.

#### **Proje standartları belirli olan bu yolda, genellikle üç yönden teknik etüt yapılır:**

- **Trafik etüdü:** Yol trafiğı ile ilgili bilgilerin ve taşıtların yol üzerinde güvenli hareketinin sağlanması için yapılan çalışmalardır. Bu etütte, taşıt sayısı, taşıtların cinsi ve ağırlıkları, taşıtların hızı ve buna bağlı olarak planlanacak olan dever, trafik hacmi, emniyetli duruş ve geçiş uzaklıkları tespit edilir.
- **Jeolojik etüt ve zemin etüdü:** Yolun geçeceğı arazi üzerinde jeoloji ve zemin mekaniğı bakımından gerekli etütlerin yapılmasıdır. Ayrıca yer altı ve yer üstü suları bakımından da arazinin incelenmesi gerekir.

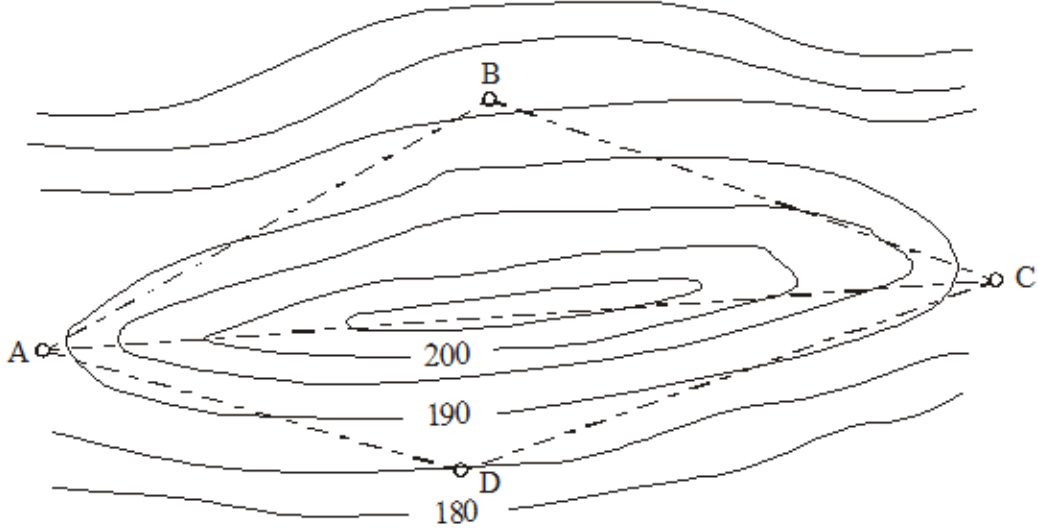
- **Proje standartları ve arazi engebesi bakımından etüt:** Uygun proje standartlarını sağlayan ve arazinin topoğrafik durumunu göz önünde tutarak yapılacak bir teknik etütte aşağıda belirtilen hususlar oluşturulmalıdır:
  - Güzergâh, zorunlu noktaları birbirine bağlamalıdır. Bunların yanında daha küçük yerleşim merkezleri, büyük sanayi merkezi veya turistik merkez, demir yolu, deniz yolu ya da hava ulaşımı ile ilgili bir terminal, dağlık, bataklık bir bölge veya bir nehrin aşılması sırasında bulunabilecek en uygun geçiş yerleri de bazı durumlarda zorunlu nokta durumunda olabilir.
  - Maksimum boyuna eğim, proje hızına, arazi cinsine ve kaplama çeşidine uygun seçilmelidir. Bu koşulları sağlayan maksimum eğimin mümkün olduğu kadar küçük seçilmesi istenir. Bu bakımdan yolun büyük eğimler gerektirmeyen yerlerden geçirilmesi uygun olur.
  - İki zorunlu nokta arasında yer alan yolda, eğim kaybı olmamalıdır. Örneğin, yükselerek giden bir araziden geçecek yol da yükselerek gitmelidir.
  - Tek eğimli devamlı çıkışlar uygun değildir. Devamlı çıkış yapan bir taşıt, büyük bir hız kaybına uğrayacaktır. Bu bakımdan böyle yerlerde taşıtın hız kazanabileceği sahanlıklar yapılmalıdır. En fazla 2–3 km’de bir 300–400 m uzunluğunda sahanlıkların oluşturulması yeterlidir (Şekil 1.22).
  - İki ara zorunlu nokta arasında yer alan bir yolun başka zorunlu noktalara da uğraması gerektiğinde bu ana zorunlu noktaların ana yola bağlantısı ihtiyaç ve ekonomi açısından ayrıca araştırılmalıdır.
  - Yol üzerindeki taşıtların uygun hızla gitmelerini sağlamak için kurp yarıçapları büyük ve kurplar uzun olmalıdır. Genel olarak 150-200 m’den küçük kurp yarıçaplarının kullanılmaması gerekir. Kurp sayısının az olmasında da fayda vardır.



Şekil 1.22: Tek eğimli devamlı çıkışlarda uygulanacak sahanlık bölgesi



- Yol maliyetini düşürmek ve yol yapımını hızlandırmak amacı ile toprak işlerinin az olacağı yerlerden geçilmelidir. Derin yarma ve yüksek dolgu gerektiren yerlerden kaçınılmalıdır.
- Dağlık arazide yolun engebeyi keserek geçmesi durumunda toprak işleri artacağından ya da büyük eğimlere gitmek zorunda kalacağından tepeyi dolaşarak geçmek uygun olacaktır.



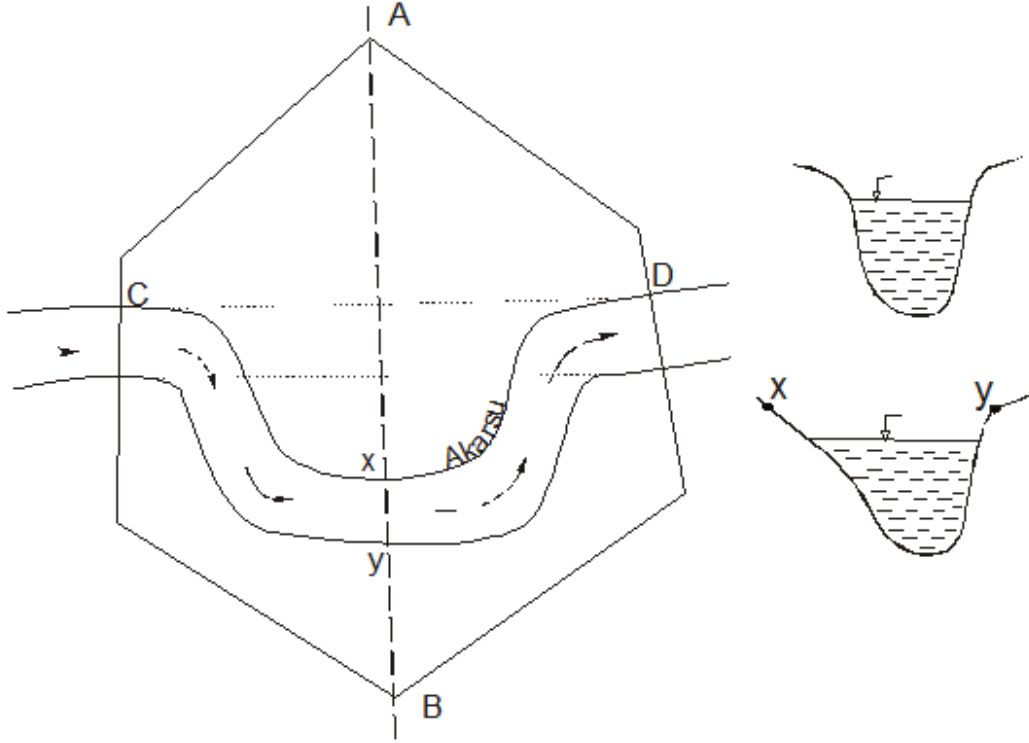
**Şekil 1.23: Dağlık arazide yolun tepeyi dolaşarak geçmesi**

Şekil 1.23'te görülen A ve B noktaları bir doğru ile birleştirilirse eğimin minimum olabilmesi için tepeyi büyük bir yarma ile geçmek gerekir. Bu istenmiyorsa tepenin en üst noktasına çıkmak ve oradan inmek gerekecektir ki bu çözüm yolu da eğimi çok artıracaktır.

ACB ve ADB yollarından birini seçmek ayrıca yanından akarsu geçen ACB yolunun su basma tehlikesi olup olmadığını araştırmak gerekir.

- Dağlık bir arazide yolun kuzeye bakan yamacından geçirilmesi de soğuk iklim koşullarından kaçınmak bakımından uygun olur. Nemli iklimlerde güney ve doğuya bakan yamaçlar, sıcak iklimlerde de kuzey ve batı yönlerine bakan yamaçlar tercih edilir.
- Güzergâh üzerinde bulunan akarsuların aşılması için yapılması gereken köprü yerlerinin dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekir. Akarsuları geçerken yol ekseninin mümkün olduğu kadar akarsu eksenine dik olması sağlanmalıdır.





Şekil 1.24: Yol ekseninin akarsuyu geçmesi

Akarsu yatağının kıvrımlı olması durumunda akarsu yatağının değiştirilmesi (**derivasyon**) gerekli görülebilir. Bu durum çoğu kez ekonomik bir çözüm olabilir.

Noktalar, derenin iki tarafında ise AB doğrusu bu yolun genel doğrultusu olur. Ancak şekilde de görüldüğü üzere bu doğru, akarsuyun menderes yaptığı yerden geçerse sakıncalı sonuçları olabilir. Bu gibi yerlerde arazinin kesiti x-y kesitinde görüldüğü gibidir. Bu durumda “y” tarafındaki köprü ayaklarının yanları ve altı, oyulma tehlikesine maruz kalır.

Dere yatağının “x” tarafında ise suyun hızı az olduğundan toprak yığılması oluşur ki bu da kesit alanını küçültür.

Böyle durumlarda derivasyon yapılması düşünülüyorsa güzergâh akarsuyun menderes yapmayan kısımlarından geçirilmelidir.

Yapılacak yol, diğer kara yolları ve demir yolları ile tehlikeli kesişmeler yapmamalıdır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Yol güzergâhının geçeceği bölgeye ait 1/ 250000, 1/ 100000, 1/ 25000 varsa 1/ 5000 ölçekli topoğrafik haritalara göre aşağıdaki işlem basamaklarını uygulayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Güzergâhın yol geometrisini seçiniz.	➤ Yolun trafik hacmi, trafik karakteri, proje hızı, trafik kompozisyonu ve yaklaşma kontrolünü belirleyiniz.
➤ Yol en kesiti proje elemanlarını belirleyiniz.	➤ Kaplama, şerit genişliği ve sayısı, enine eğim, banket, kaldırım, bordür, korkuluk, hendek ve orta kaldırımı tasarlayınız.
➤ Proje standartlarına göre kurpta uygulanacak dever miktarını hesaplayınız.	➤ $S = \frac{(0,00443).V^2}{R}$ formülünü kullanınız.
➤ Keskin yatay kurpta eğim azalmasını hesaplayınız.	➤ $\% = \frac{76,2}{R}$ formülünü kullanınız.
➤ Düşey kurbun ara noktalarına ait kot değerlerini hesaplayınız.	➤ Proje kotlarının hesaplanmasından önce düşey kurbun başlangıç ve bitiş noktalarının kilometre ve kotları ile E değerini hesaplayınız.

### KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Güzergâhın yol geometrisini seçtiniz mi?		
2. Yol en kesiti proje elemanlarını belirlediniz mi?		
3. Proje standartlarına göre kurpta uygulanacak dever miktarını hesapladınız mı?		
4. Keskin yatay kurpta eğim azalmasını hesapladınız mı?		
5. Düşey kurbun ara noktalarına ait kot değerlerini hesapladınız 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 okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz

1. Mevcut şartlara göre yolun geçebileceği bölgenin harita ve arazide tespit edilmesi işlemine ne ad verilir?  
A) İstikşaf  
B) Etüt  
C) Direk aplikasyon  
D) Aplikasyon
2. Toplu konut inşaatı, sulama ve kurutma işleri, spor alanları ve yol yapımı gibi büyük inşaat projelerinin yapımından önce bu arazinin kotlu, eş yükselti eğrili (tesviye eğrili) ve detaylı planının çıkarılması işlemine ne denir?  
A) Yol istikşafı  
B) Takeometrik alım  
C) Plankote (Kotlu plan)  
D) Etüt aplikasyonu
3. Aşağıdakilerden hangisi yatay kurbun elemanı değildir?  
A) Developman boyu  
B) Poligon hattı  
C) Kiriş boyu  
D) Bisektris
4. Aşağıdakilerden hangisi yol en kesit elemanı değildir?  
A) Yol kaplaması  
B) Proje hızı  
C) Şerit genişliği  
D) Banket
5. Kara yollarında kullanılacak maksimum deveri aşağıdaki faktörlerden hangisi etkilemez?  
A) Görüş mesafesi  
B) Arazi şartları  
C) Bölgenin özelliği  
D) İklim şartları
6. Aşağıdaki yollardan hangisi Türkiye'deki idari yolları sınıfına girmez?  
A) Devlet yolları  
B) İl yolları  
C) Otoyollar  
D) Orman yolları
7. Aşağıdakilerden hangisi yol geometrisinin seçiminde önemli bir etken değildir?  
A) Proje hızı  
B) Trafik kompozisyonu  
C) Yol kaplaması  
D) Trafik hacmi
8. Proje standartlarına göre hızı 80 km/saat olan bir yolun 500 m yarıçaplı kurpta uygulanacak deverin değeri aşağıdakilerden hangisidir?  
A) 0,0567 (%5,67)  
B) 0,0437 (%4,37)  
C) 0,06,80 (%6,80)  
D) 0,0725(%7,25)

9. Proje standartlarına göre hızı 90 km/saat olan bir yolun 5000 m yarıçaplı kurbunda uygulanacak dever rakortman boyu kaç metredir?  
A) 45,00 m B) 56,24 m  
C) 51,61 m D) 53,12 m
10. Aşağıdakilerden hangisi proje standardı değildir?  
A) Proje hızı B) En kesit tipi  
C) Maksimum eğim D) Trafik hacmi

## 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

Uygun ortam sağlandığında istikşaf raporu hazırlayabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Kara yolları müdürlükleri, yol yapım şirketleri ya da harita mühendislik bürolarına gidiniz. İstikşaf raporunu araştırınız. Elde ettiğiniz bilgileri sınıfınızda arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 2. İSTİKŞAF RAPORU

Bir kara yolunun istikşaf çalışmaları iki türde yapılabilir:

- Klasik istikşaf
- Fotogrametrik istikşaf

### 2.1. Klasik İstikşaf

Harita ve arazi çalışmaları neticesinde elde edilen güzergâhlar, klasik usul ile yapılmış olur. Klasik istikşaf çalışmaları için önce istikşaf komisyonu oluşturulmalıdır.

#### **Bu komisyonda;**

- Jeodezi ve fotogrametri mühendisleri,
- Yol inşaat mühendisleri,
- Jeoloji mühendisleri,
- Zemin araştırma personeli,
- Teknisyenler
- Yeteri kadar işçi bulunur.

#### **Komisyonadaki kişiler;**

- Bölgenin coğrafi yapısına ait bilgilere hâkim olmalıdır.
- Bölgeye ait trafik özelliklerini bilmelidir.
- Yol güzergâh tespiti çalışmalarında tecrübeli olmalıdır.
- **Klasik istikşafta büroda yapılan işler:** Arazinin düzeç eğrili topoğrafik ve jeolojik haritaları varsa istikşafın büyük bir kısmı bu haritaların incelenmesi ile yapılabilir. Yol güzergâhının geçeceği bölgeye ait

1/250000, 1/100000, 1/25000 varsa 1/5000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinde ilk istikşaf çalışmaları yapılır. Bu tespit edilen güzergâhlar, arazide görülür. Bu incelemeden sonra araziye çıkılarak gerekli çalışmalar yapılır.

- **Klasik istikşaf arazide yapılan işler:** Yolun geçeceği arazinin tanınması için zorunlu noktalar arası yürüyerek arazi taşıtları ile ya da helikopterlerle gezilerek gerekli bilgiler toplanır. Bu işte, klasik istikşaf çalışmasında belirtilen tecrübeli teknik elemanlar görev alır. Bu elemanlar, arazinin genel yapısını kolayca izleyebilir. İstikşaf yapılırken elektronik teodolitler (**total station**), metre, pusula, klizimetre, altimetre, dürbün, fotoğraf makinesi ve çeşitli ölçeklerdeki haritalardan yararlanılır.

Dağlık arazilerde çalışılıyorsa dağın tepesinden başlayıp aşağıya doğru inilerek istikşaf yapılması daha uygun olur.

Büroda tespit edilen güzergâhlar, istikşaf komisyonu tarafından arazide incelenir. Burada yapılacak ölçümlerde fazla hassasiyet gerekmemektedir. Arazinin topoğrafik durumu gereği, geçilmesi zorunlu vadi veya akarsu geçitleri gibi noktalar tespit edilir. Bazı önemli bölgelerin fotoğrafları çekilir.

İstikşaf yapılan bölge ve yakınlarındaki malzeme ocakları, zemin durumları, su vb. gibi elemanların yerleri tespit edilir. Kış mevsiminde kuzey kesimler buzlu olacağından yol güzergâhının tespitinde güney bölgeler tercih edilmelidir.

Kullanılan haritalar üzerinde bulunmayan bazı detaylar veya eksiklikler, arazi istikşafı sırasında tamamlanmalıdır. Bu çalışmalar neticesinde her güzergâh için ayrı bir **istikşaf raporu** hazırlanır.

## 2.2. Fotogrametrik İstikşaf

Fotogrametri, bir cismin, bir tesisin veya yeryüzünün bir bölümünün çekilen fotoğrafları ile harita, plan ve kesitler üzerinde yeniden düzenleyip modelini yapma işidir. Bu teknik, uygun araç gereçler ile donatılmış uçaklar vasıtasıyla havadan çekilen fotoğraflarla veya uygun şartlarda yerden çekilen fotoğraflarla olur. Bu nedenledir ki fotogrametri;

- Hava fotogrametrisi ve
- Yer fotogrametrisi olmak üzere iki kısımda incelenir.

Görülüyor ki klasik metotla yapılan bir istikşaf çalışması hayli çaba ve zaman gerektirmektedir. Oysa günümüzde bu iki kavram önemini iyice artırmıştır. En iyi ürünü en kısa zamanda ortaya koymak günümüz ihtiyaçlarının bir sonucudur.

Fotogrametrik yöntemle yapılan bir istikşaf çalışması, klasik yöntemle göre hem daha ekonomik hem de daha hızlı ve hassas olmaktadır. Bunun için proje için gerekli olan arazi çalışmalarını en aza indirecek en kesitlerin alınması dâhil olmak üzere bütün ölçümleri

havadan çekilen resimler üzerinde yapmak, yol ekseninin ve projenin aplikasyonu için gerekli detayları koordinatları ile hesap ederek bulmak, hacim hesaplarını en doğru ve çabuk elde etmek fotogrametrik yöntemle yapılan istikşafın üstünlüklerindedir.

Türkiye’de fotogrametrik çalışmalar, **Harita Genel Komutanlığı** ile **Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü** tarafından hazırlanan teknik yönetmelik esaslarına göre yapılmaktadır. Diğer kurum ve kuruluşlar da bu müesseseler ile iş birliği yaparak fotogrametrik çalışmalardan yararlanmaktadır.

### 2.3. İstikşaf Raporu ve Hazırlanması

İstikşaf yapılırken gerekli bilgiler, yerinde alınarak kaydedilir. Buna genel olarak **istikşaf raporu** denir. Bir istikşaf raporunda aşağıdaki bilgiler bulunur:

- Yolun ismi
- İstikşafı yapanlar ve istikşafın yapıldığı tarih
- Güzergâh ve güzergâhların isimleri
- Güzergâhın 1/25000 veya varsa daha büyük ölçekli haritalarda gösterilmiş durumu (1/5000 vb.)
- Güzergâha ait kroki ve fotoğraflar
- Arazinin topoğrafik durumu (tepeler, vadiler, akarsular, boyun noktaları, en yüksek ve en düşük noktalar vb.leri)
- Şehirler, kasabalar, köyler ve bunları birbirine bağlayan yollar, demir yolları geçişleri ve bu bölgenin yol ile ilgili ihtiyaçları
- Arazinin jeolojik yapısı, tabakaların eğimleri, zeminin yapısı ve yol inşaatında kullanılacak doğal malzeme ocaklarının yeri
- Güzergâha ait kamulaştırma durumu
- Akarsu geçit yerleri
- Sanat yapılarının cinsi, miktarı ve yeri
- Kavşak yerleri
- Trafik hacmi ve trafiği oluşturan taşıtların cinsleri
- Yapım ve bakımı ilgilendiren özellikler
- Tahminî yol yapım maliyeti
- Karar

## UYGULAMA FAALİYETİ

Yol güzergâhının geçeceği bölgeye ait 1/250000, 1/100000, 1/25000 varsa 1/5000 ölçekli topoğrafik haritalara göre aşağıdaki işlem basamaklarını uygulayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ İstikşaf komisyonu oluşturunuz.	➤ Jeodezi ve fotogrametri mühendisleri, yol inşaat mühendisleri, jeoloji mühendisleri, zemin araştırma personeli, teknisyenler ve yeteri kadar işçi bulundurunuz.
➤ Arazide gerekli bilgileri toplayınız.	➤ Yol güzergâhının geçeceği araziye giderek bölgenin tanınması için zorunlu noktalar arasını inceleyiniz.
➤ Kullanılan haritalar üzerinde bulunmayan bazı detaylar veya eksiklikler varsa arazi istikşafı sırasında tamamlayınız.	➤ İstikşaf yaparken elektronik teodolitler (total station), metre, pusula, klizimetre, altimetre, dürbün, fotoğraf makinesi gibi aletleri yanınızda bulundurunuz.
➤ Her güzergâh için ayrı bir istikşaf raporu hazırlayınız.	➤ “2.2. İstikşaf Raporu ve Hazırlanması” başlığı altında bulunan bilgilerden yararlanınız.

### KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İstikşaf komisyonu oluşturduğunuz mu?		
2. Arazide gerekli bilgileri topladınız mı?		
3. Kullanılan haritalar üzerinde bulunmayan bazı detaylar veya eksiklikleri tamamladınız mı?		
4. Her güzergâh için ayrı bir istikşaf raporu hazırladınız 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.

1. Klasik istikşaf komisyonundaki kişilerde bulunması gereken özellikler aşağıdakilerden hangisi değildir?  
A) Bölgenin coğrafi yapısına ait bilgilere hâkim olmalı  
B) Bölgeye ait trafik özelliklerini bilmeli  
C) Bölgeye ait nüfus bilgilerini bilmeli  
D) Yol güzergâh tespitinde tecrübeli olmalı
2. Klasik istikşaf komisyonunda hangi teknik elemanın bulunmasına gerek yoktur?  
A) Jeodezi fotogrametri mühendisi      B) İnşaat mühendisi  
C) Jeoloji mühendisi      D) Elektrik mühendisi
3. Büroda yapılan klasik istikşafta hangi haritalar üzerinde çalışmalar yapılmaz?  
A) Yol güzergâhının geçeceği bölgeye ait 1/250000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinde ilk istikşaf çalışmaları yapılır.  
B) Yol güzergâhının geçeceği bölgeye ait 1/100000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinde ilk istikşaf çalışmaları yapılır.  
C) Yol güzergâhının geçeceği bölgeye ait 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinde ilk istikşaf çalışmaları yapılır.  
D) Yol güzergâhının geçeceği bölgeye ait 1/250000, 1/100000, 1/25000 varsa 1/5000 ölçekli siyasi haritalar üzerinde ilk istikşaf çalışmaları yapılır.
4. Klasik istikşaf yapılırken hangi aletlerin bulunmasına gerek yoktur?  
A) Kazma, kürek mala, çekiç  
B) Elektronik teodolitler (total station)  
C) Metre, pusula, klizimetre, altimetre  
D) Dürbün, fotoğraf makinesi ve çeşitli ölçeklerdeki haritalar

**Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.**

5. Bir cismin, bir tesisin veya yeryüzünün bir bölümünün havadan veya yerden çekilen fotoğrafları ile harita, plan ve kesitler üzerinde yeniden düzenlenip modelini yapma işine.....denir.
6. Fotogrametrik yöntemle yapılan bir istikşaf çalışması, ..... yönteme göre hem daha ekonomik hem de daha hızlı ve hassas olmaktadır.
7. Türkiye’de fotogrametrik çalışmalar ..... ile ..... tarafından hazırlanan teknik yönetmelik esaslarına göre yapılmaktadır.
8. İstikşaf yapılırken gerekli bilgiler yerinde alınarak kaydedilir. Buna genel olarak ..... denir.

## **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)** 1/25000 veya varsa daha büyük ölçekli topoğrafik bir haritadan faydalanarak klasik istikşaf çalışması yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Yatay güzergâh işlemlerini yapınız.	➤ Dever hesabını yapınız.
➤ Düşey güzergâh işlemlerini yapınız.	➤ Proje kotu hesabını yapınız.
➤ Klasik istikşaf çalışması yapınız.	➤ Önce proje ekibini oluşturunuz.
➤ İstikşaf raporu hazırlayınız.	➤ Raporda bulunması gereken bilgileri ikinci öğrenme faaliyetinden takip ediniz.

**B)** Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise **D**, yanlış ise **Y** yazınız.

- ( ) Türkiye'deki yolları idari bakımdan beş grupta incelemek mümkündür.
- ( ) Yol geometrisinin seçiminde kara yolunun temel özelliklerinden olan trafik hacmi, trafik karakteri, proje hızı, trafik kompozisyonu ve yaklaşma kontrolü önemli etkindir.
- ( ) Kara yolunun en kesit elemanları yolun kullanılış amacına göre değişir.
- ( ) Düşey güzergâh dairesel eğrilerin, doğru parçalarının ve geçiş eğrilerinin birleşimidir.
- ( ) Dever, yolun boyuna kesitinde platform uçları arasındaki kot farkının platform genişliğine oranıdır.
- ( ) Kırmızı çizgi projede tespit edilen yol güzergâhının diğer bir ifadesidir ve arazinin topoğrafik yapısına uygun şekilde geçirilmiş bir çizgidir.
- ( ) Minimum eğim maliyete etki eden bir faktör olmayıp aynı zamanda yatay eksen ve genel olarak yolun işletimini de kontrol etmektedir.
- ( ) Yapılması düşünülen bir kara yolunun istikşaf çalışmaları iki türde yapılabilir.
- ( ) Yol güzergâhının geçeceği bölgeye ait 1/250000, 1/100000, 1/25000 veya 1/5000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinde ilk istikşaf çalışmaları yapılır.

10. ( ) Dağlık arazilerde çalışılıyorsa dağın tepesinden başlayıp aşağıya doğru inilerek istikşaf yapılması daha uygun olur.
11. ( ) Fotogrametrik yöntemle yapılan bir istikşaf çalışması, klasik yönteme göre hem daha pahalı hem de daha yavaş ve hassas olmaktadır.

## 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.	A
2.	C
3.	B
4.	B
5.	A
6.	D
7.	C
8.	A
9.	C
10.	D

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	D
3	D
4	A
5	fotogrametri
6	klasik
7	Harita Genel Komutanlığı-Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
8	istikşaf raporu

## MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1.	Yanlış
2.	Doğru
3.	Doğru
4.	Yanlış
5.	Yanlış
6.	Doğru
7.	Yanlış
8.	Doğru
9.	Doğru
10.	Doğru
11.	Yanlış

## KAYNAKÇA

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