BÖLÜM-6

YATAY KURPLAR

YATAY KURPLAR

Yatay Kurbalar

- Doğrultu değiştirmeye yarayan yatay kurplar güvenlik, kapasite ve yolculuk konforu yönünden önemli olan kritik kesimlerdir.
- Yatay kurplarda projelendirmenin iyi yapılmaması;
  - İşletme hızının düşmesi sonucu kapasitenin azalmasına,
  - Merkezkaç kuvvetin yol açtığı savrulma ve devrilmelerle kazaların oluşmasına,
  - Yolculuk konforunun azalmasına neden olabilir.

Arazi düz olsa bile yatay kurba yapılır.
Çünkü:

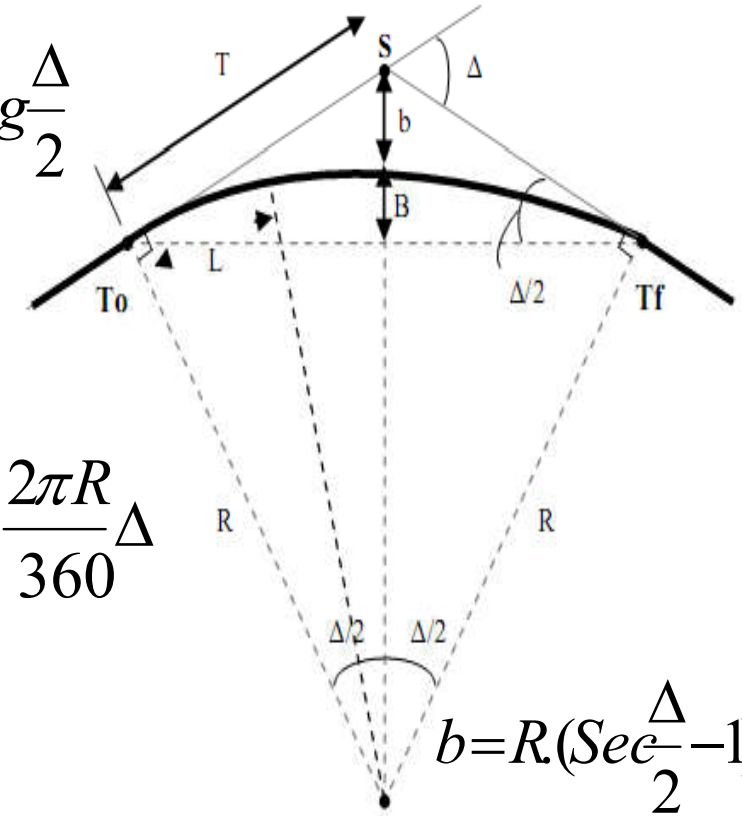
- Uzun alinyimanlar (8-10 km), sürücünün dikkatini dağıtır.
- Orta refüj yoksa, geceleyin karşılıklı far ışıkları göz kamaşmasına neden olur.
- Doğu-batı yönünde uzun süreli güneş etkisi söz konusu olur.
- Yukarıdaki her üç durum da kazalara neden olur; bunun için uzun alinyimanlar yerine, daha küçük uzunluktaki alinyimanları büyük yarıçaplı yatay kurbalarla bağlamak daha uygundur.

1. YATAY KURP ÇEŞİTLERİ

1. Basit Yatay Kurp: (Simple Circular Curve)

İki teğeti birbirine bağlayan daire yayıdır.

$$T = R tg\frac{\Delta}{2}$$

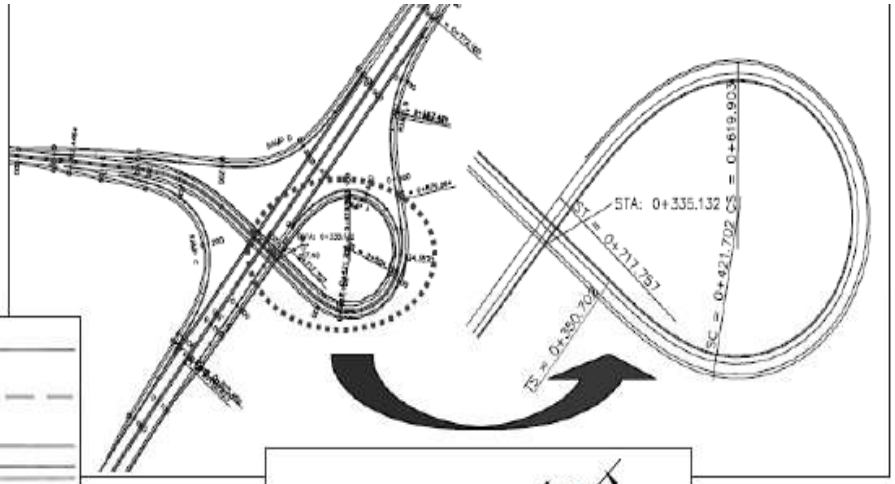


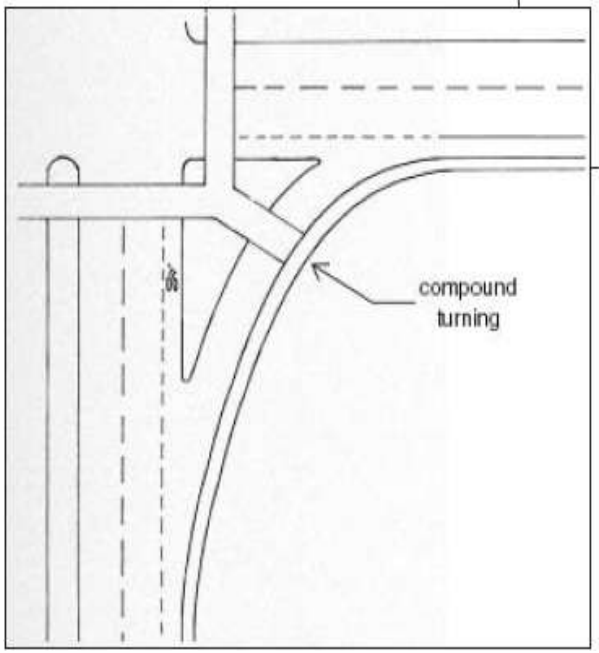
$$D = \frac{2\pi R}{360}\Delta$$

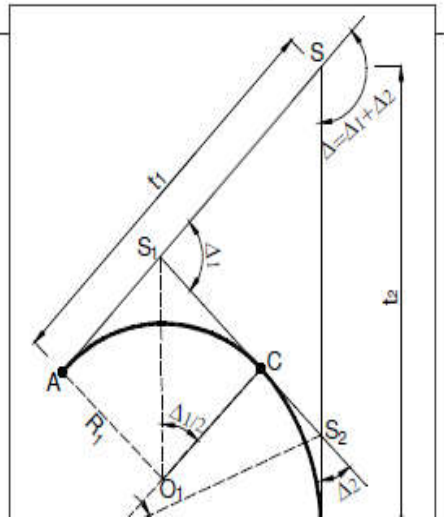
$$b = R.(Sec\frac{\Delta}{2} - 1)$$

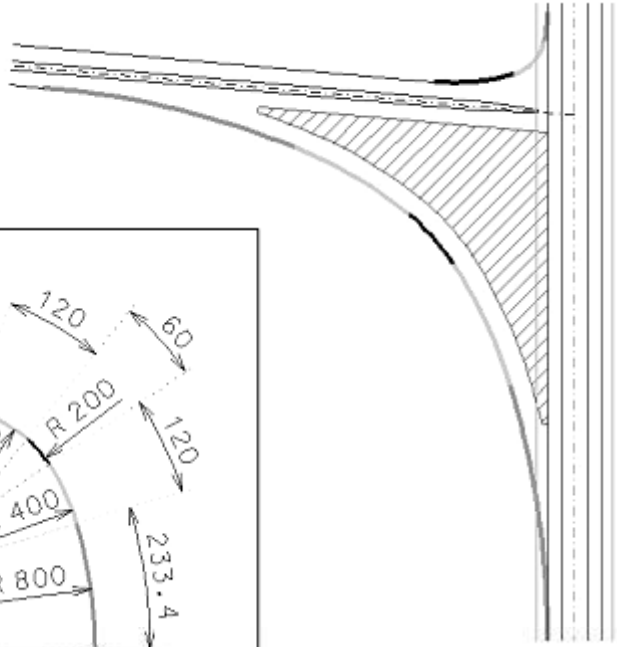
2. Birleşik Yatay Kurp (Kombine): (Compound Curve)

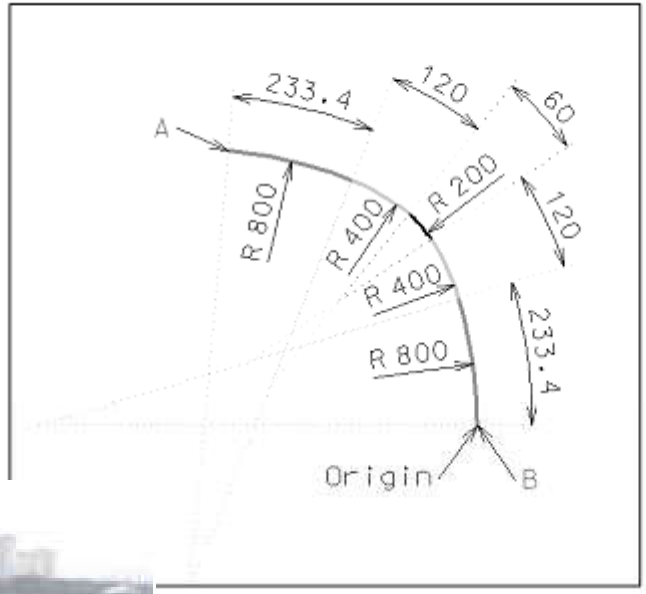
Bir ortak teğetin aynı tarafında bulunan farklı yarıçaplı iki daire yayından oluşur.



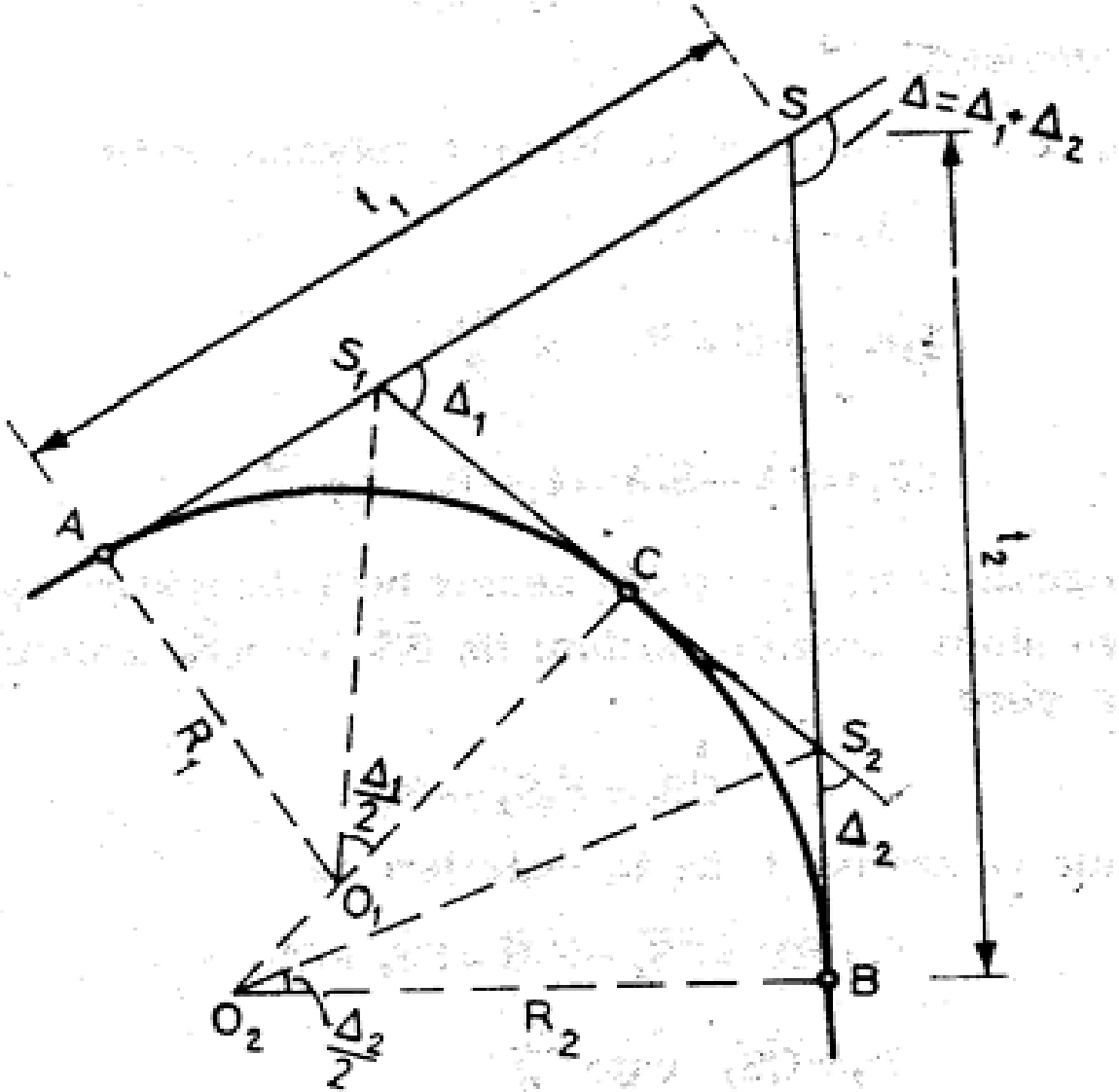







233.4
120
60
A
R 800
R 400
R 200
120
R 400
R 800
233.4
Origin
B

B) BİRLEŞİK KURBALAR



İki basit kurbadan oluşur.

Δ, Δ_1, Δ_2, R_1, R_2, t_1 ve t_2 olmak üzere yedi elemanı mevcuttur.

Birleşik Kurbalar

1) Δ_1, Δ_2, R_1 ve R_2 biliniyor

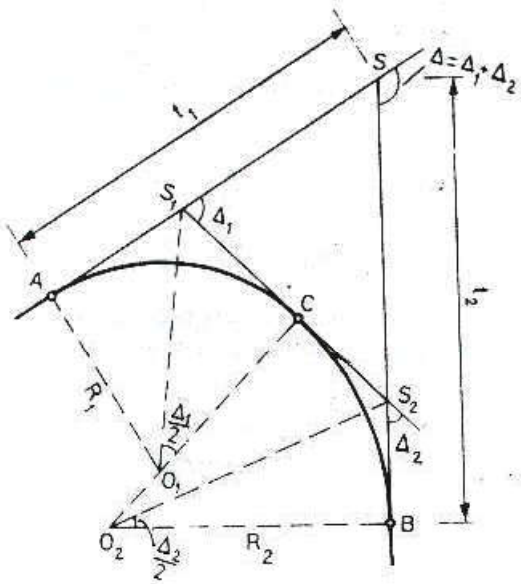
$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$

$S_1A = S_1C = R_1.tg(\Delta_1/2)$

$S_2C = S_2B = R_2.tg(\Delta_2/2)$

$S_1S_2 = S_1C + S_2C = R_1.tg(\Delta_1/2) + R_2.tg(\Delta_2/2)$

SS_1S_2 üçgeninin bir kenarı ve açıları belli olduğundan



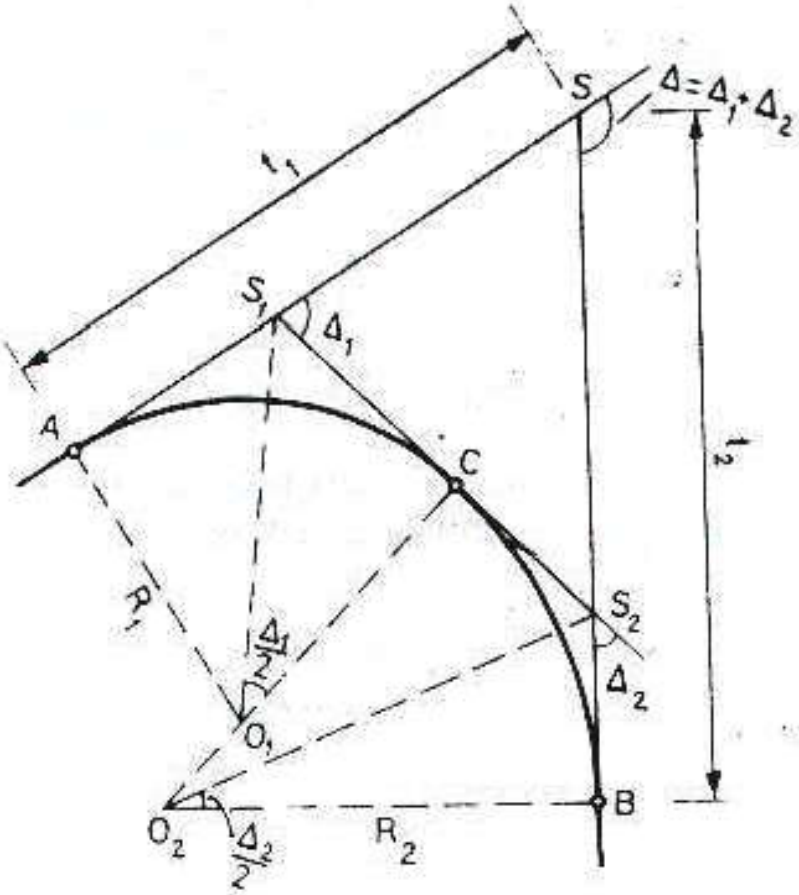
Şekil 8.3. Bileşik kurba

$\sin\Delta_2/SS_1 = \sin\Delta_1/SS_2 = \sin(180-\Delta)/S_1S_2$

Buradan SS_1 ve SS_2 uzunlukları hesaplanır.

$t_1 = SS_1 + S_1A$

$t_2 = SS_2 + S_2B$

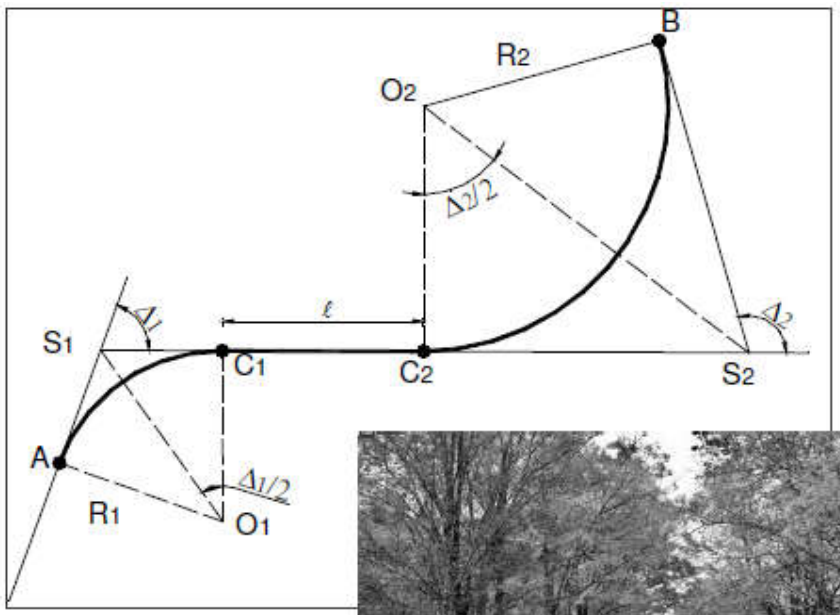


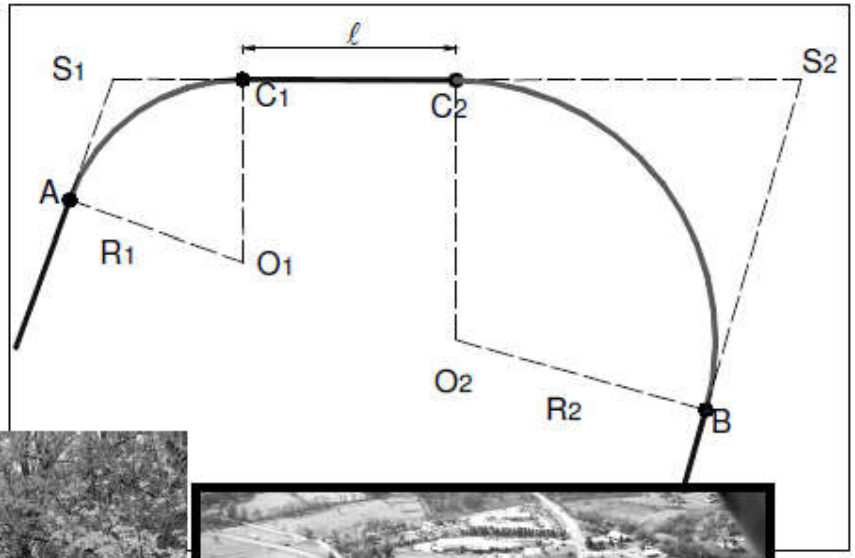
Şekil 8.3. Bileşik kurba

3. Birbirini İzleyen Yatay Kurplar

1. Aynı Yönde Yatay Kurplar (Broken-back curve)

2. Ters Yatay Kurplar (Reversing Curve)





Tablo 3.4– Birbirini Takip Eden Kurplar Arasında Minimum Aliyman Uzunluğu

Kurpta İşletme Hızı (km/sa)	Aliymanda İşletme Hızı (km/sa)										
	70	**75**	**80**	**85**	**90**	**95**	**100**	**105**	**110**	**115**	**120**
50	**110**	140	175	215	255	295	340	390	434	485	540
55		**120**	155	190	230	270	315	365	410	465	515
60			**125**	165	205	245	290	340	385	440	490
65				**135**	175	220	260	310	360	410	460
70					**145**	185	235	280	325	380	430
75						**155**	200	245	295	345	400
80							**165**	210	260	310	365
85								**170**	220	270	325
90									**180**	235	285
95										**190**	245
100											**200**

TERS KURBA

2. YATAY KURPLARDA TAŞIT STABİLİTESİ

Bir yol kesiminde aliymandan yatay kurbaya giren bir taşıt, çeşitli kuvvetlerin etkisinde hareket eder.

Bu kuvvetler,

– **taşıtın ağırlığından meydana gelen kuvvet** – buna karşı koyan, zıt yönde ve taşıtın ağırlık merkezinden yuvarlanma yüzeyine dik doğrultudaki normal kuvvet

– taşıt tekerleklerinin yuvarlanma yüzeyine temas ettiği noktalarda ve kurbanın merkezi yönündeki **enine sürtünme kuvveti**

– ağırlık merkezinden kurbanın merkezine zıt yönde yani dışına doğru **merkezkaç kuvvetidir.**

Yatay Kurbalarda merkezkaç kuvvet etkisiyle taşıt:

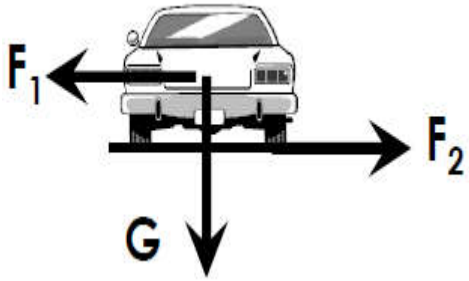
1. Savrulabilir
2. Devrilebilir

DEVER NEDİR?

Yola enine doğrultusunda verilen eğime dever denir.

Dever, demiryollarında ‘mm’ cinsinden (dış kenarın yükseltilme miktarı), karayollarında ‘%’ cinsinden (yol enine eğimi) verilir.

2.1 Deversiz Yatay Kurpta Savrulma



$$F_1 = m \times \frac{v^2}{R} = \frac{G}{g} \times \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R}$$

$$F_2 = \mu_e \times N = \mu_e \times G$$

F_1: Yatay Kurpta Etkiyen Merkezkaç Kuvveti

F_2: Yatay Kurpta Etkiyen Yanal Sürtünme Kuvveti

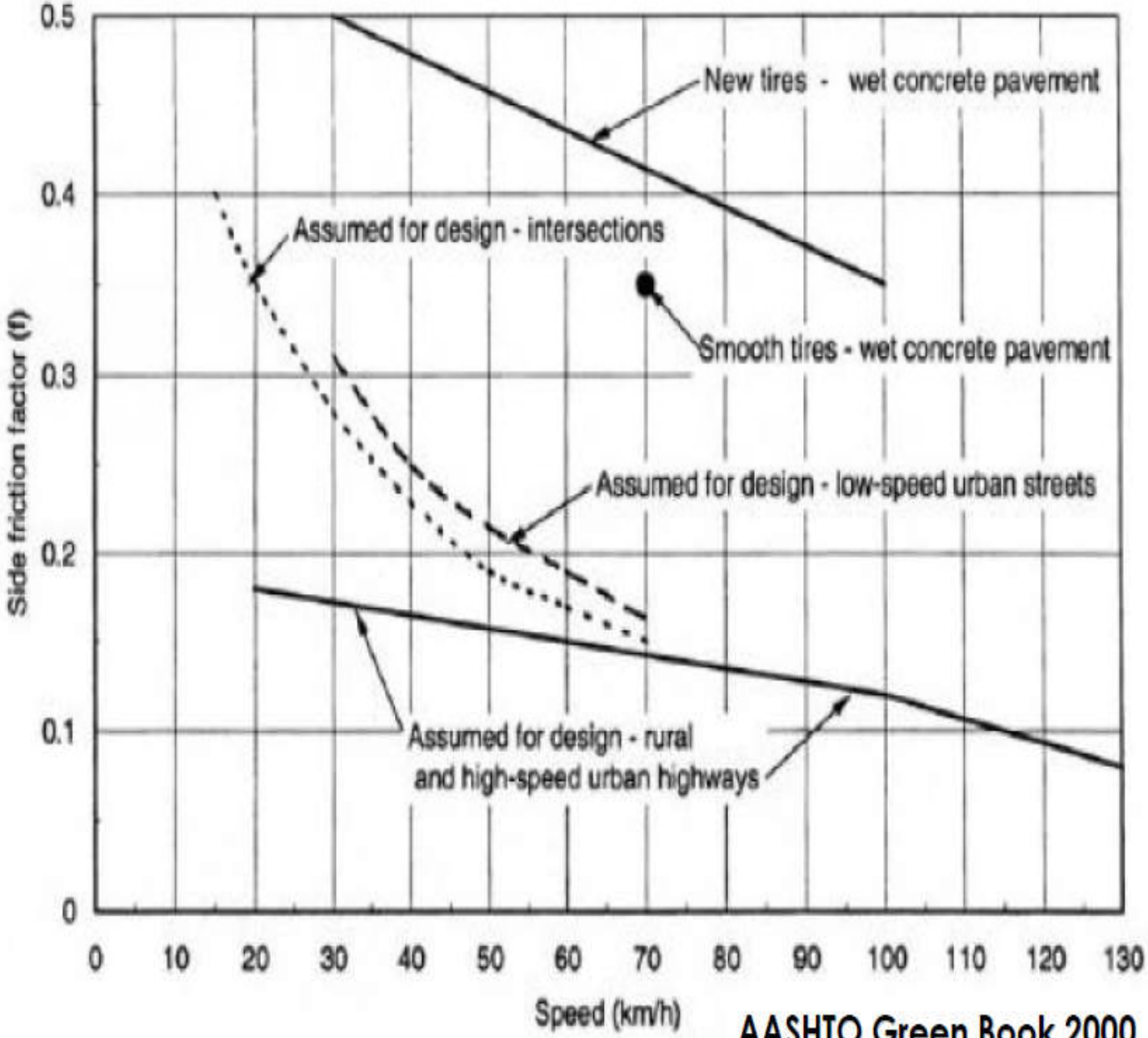
Savrulmanın olabilmesi için F1>F2 olmalıdır. Bu durumda F1=F2 savrulma sınırını göstermektedir.

$$F_1 = F_2 \quad \rightarrow \quad \frac{G}{g} \times \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} = \mu_e \times G$$

Savrulmaya neden olacak hız

$$V_{sav} = 3{,}6 \times \sqrt{\mu_e \times g \times R} \qquad \boxed{V_{sav} = 11{,}3 \times \sqrt{\mu_e \times R}}$$

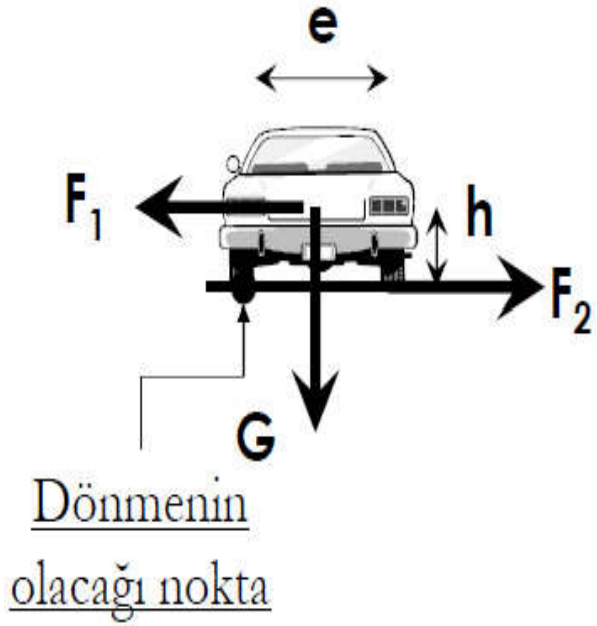
Proje hızı	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Enine sürtünme k.	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08



AASHTO Green Book 2000

2.2 Deversiz Yatay Kurpta Devrilme

Devrilme, iç kenardaki tekerlek çevresinde dönme ile gerçekleşir.



$$F_1 \times h = G \times \frac{e}{2}$$

$$\frac{G}{g} \times \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} \times h = G \times \frac{e}{2}$$

Devrilmeye neden olacak hız

$$V_{dev} = 3{,}6 \times \sqrt{\frac{e}{2} \times \frac{1}{h} \times g \times R}$$

$$\boxed{V_{dev} = 11{,}3 \times \sqrt{\frac{R \times e/2}{h}}}$$

ÖRNEK:

100 m yarıçaplı deversiz bir yatay kurpta, bir kamyonun 60 km/sa hızında seyretmesinin güvenli olup olmadığını irdeleyin.

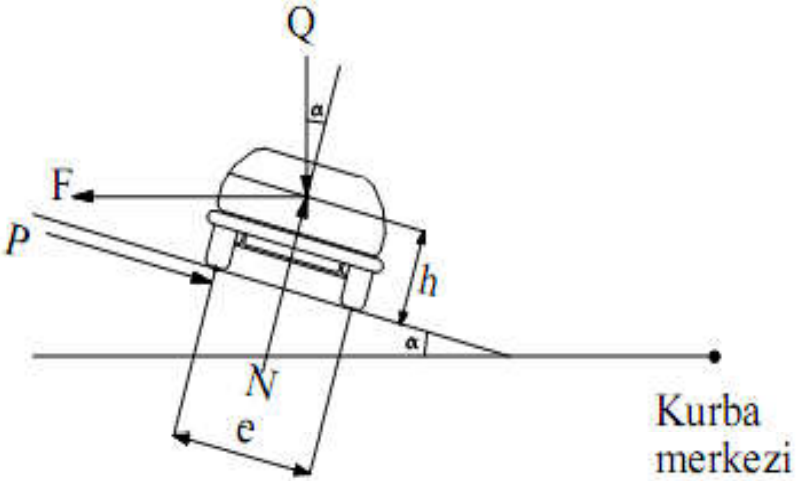
60 km/sa hızı için yanal sürtünme katsayısı 0,15 kabul edilmektedir. Kamyonun tekerlek eksenleri arasındaki uzunluk 2,0 m ve ağrılık merkezinin yerden yüksekliği 1,8 m'dir.

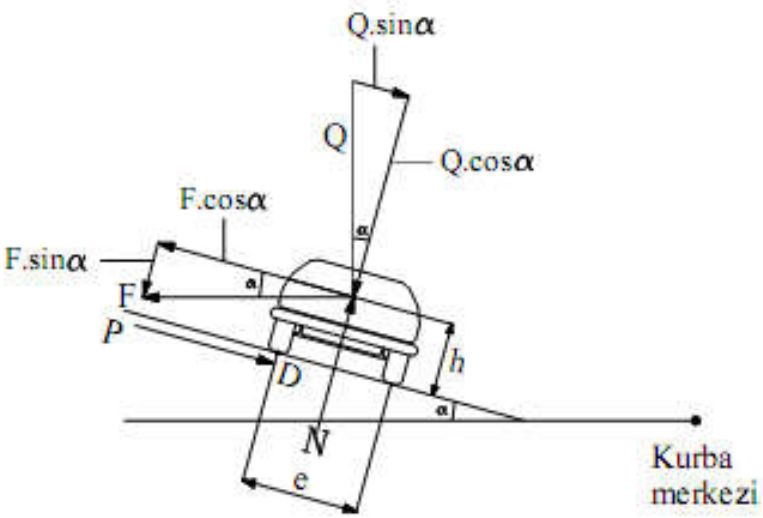
Çözüm:

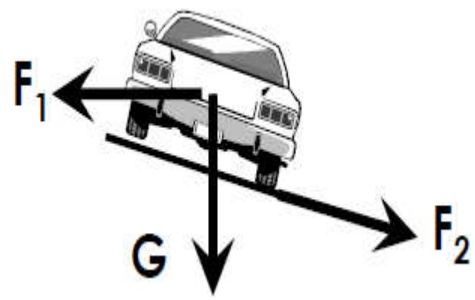
$$V_{sav} = 11{,}3 \times \sqrt{\mu_e \times R} = 11{,}3 \times \sqrt{0{,}15 \times 100} = 43{,}8 \text{ km/sa}$$

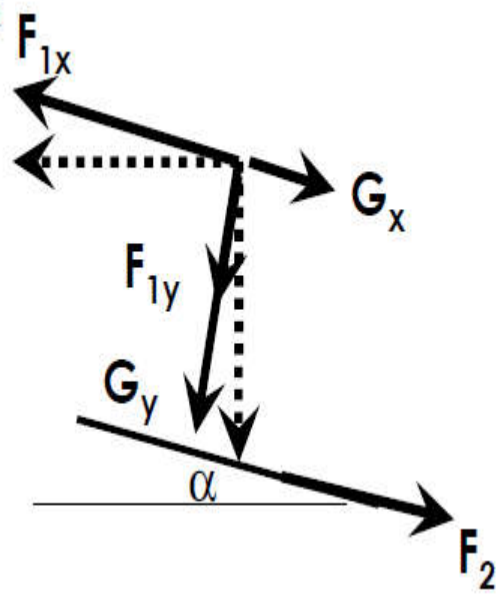
$$V_{dev} = 11{,}3 \times \sqrt{\frac{R \times e/2}{h}} = 11{,}3 \times \sqrt{\frac{100 \times 2{,}0/2}{1{,}8}} = 84{,}2 \text{ km/sa}$$

2.3 Deverli Yatay Kurpta Savrulma





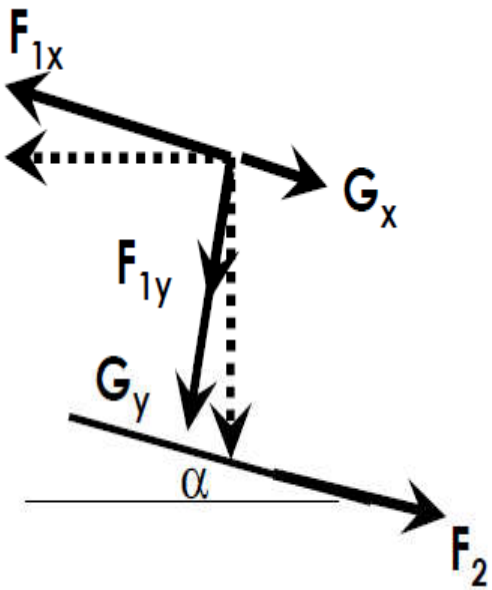




- $F_{1x}=F_1 \cdot \cos\alpha$
- $F_{1y}=F_1 \cdot \sin\alpha$
- $G_x=G \cdot \sin\alpha$
- $G_y=G \cdot \cos\alpha$
- $F_2=N \cdot \mu_e$
- $N=F_{1y}+G_y$

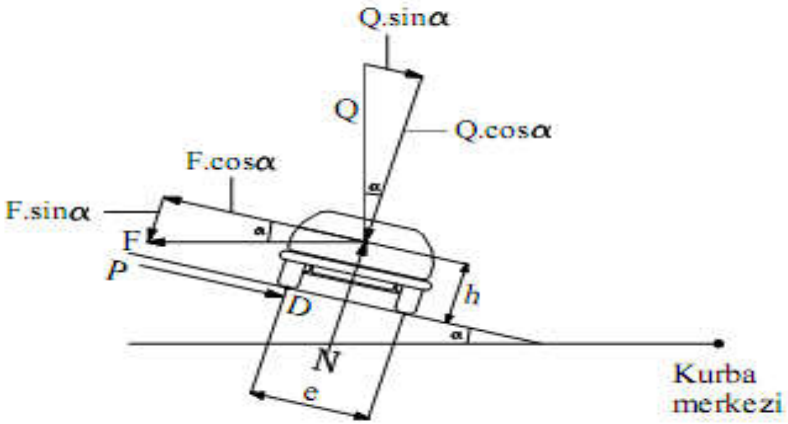
$$\Sigma X = 0 \qquad F_{1x} = G_x + F_2 = G_x + (F_{1y} + G_y) \times \mu_e$$

$$\frac{G}{g} \times \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} \times \cos\alpha = G \times \sin\alpha + \mu_e \times \left(\frac{G}{g} \times \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} \times \sin\alpha + G \times \cos\alpha \right)$$



$$\frac{G}{g} \times \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} = G \times tg\alpha + \mu_e \times \left(\frac{G}{g} \times \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} \times tg\alpha + G \right)$$

$$\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} = g \times tg\alpha + \mu_e \times \left(\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} \times tg\alpha + g \right)$$



$$\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} = g \times tg\alpha + \mu_e \times \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} \times tg\alpha + \mu_e \times g$$

$$\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} - \mu_e \times \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} \times tg\alpha = g \times tg\alpha + \mu_e \times g$$

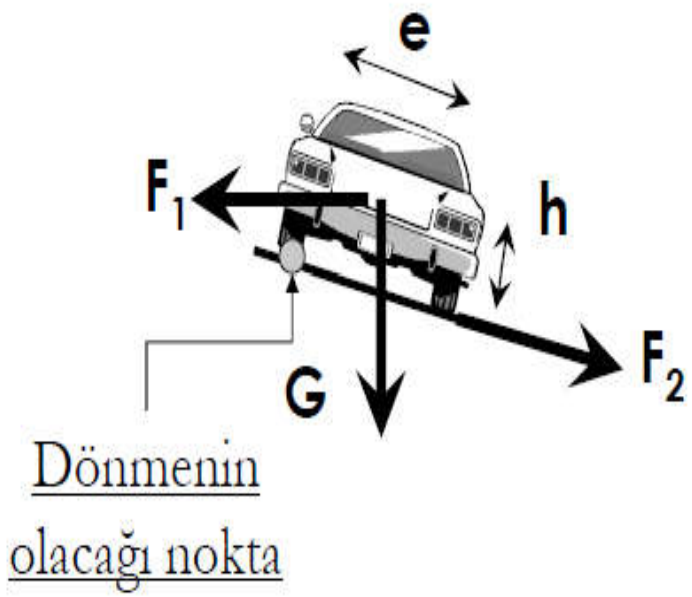
$$\left(V/3{,}6\right)^2 \times \left[\frac{1}{R} \times \left(1 - \mu_e \times tg\alpha\right)\right] = g \times \left(tg\alpha + \mu_e\right)$$

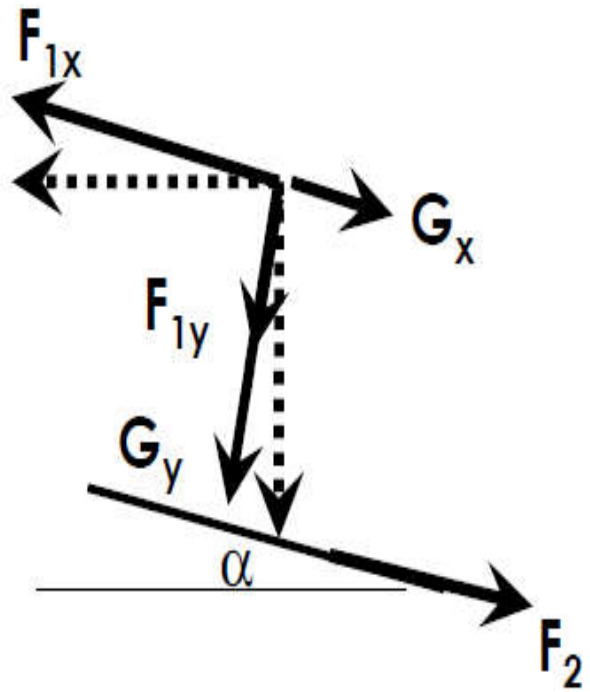
$$\left(V/3{,}6\right)^2 = \frac{R \times g \times \left(tg\alpha + \mu_e\right)}{\left(1 - \mu_e \times tg\alpha\right)}$$

$$V_{sav} = 3{,}6 \times \sqrt{\frac{R \times g \times \left(tg\alpha + \mu_e\right)}{\left(1 - \mu_e \times tg\alpha\right)}}$$

$$\boxed{V_{sav} = 11{,}3 \times \sqrt{\frac{R \times \left(tg\alpha + \mu_e\right)}{\left(1 - \mu_e \times tg\alpha\right)}}}$$

2.4 Deverli Yatay Kurpta Devrilme



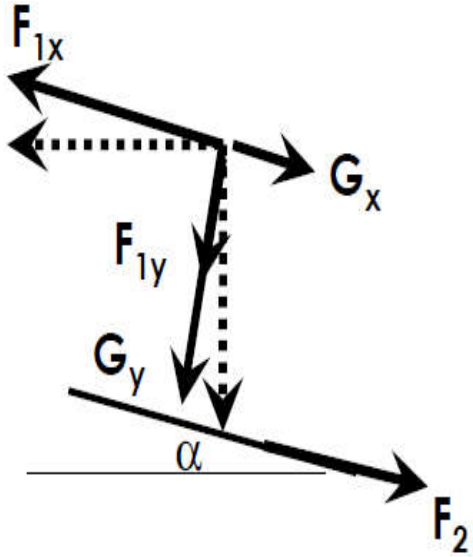


$$\underbrace{F_{1x} \cdot h} = \underbrace{G_y \cdot e/2} + \underbrace{F_{1y} \cdot e/2} + \underbrace{G_x \cdot h}$$

$$\frac{G}{g}\times\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R}\times\cos\alpha\times h\Bigg]=\left[G\times\cos\alpha\times\frac{e}{2}\right]+\left[\frac{G}{g}\times\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R}\times\sin\alpha\times\frac{e}{2}\right]+\left[G\times\sin\alpha\times h\right]$$

$$\left[\frac{G}{g}\times\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R}\times h\right]=\left[G\times\frac{e}{2}\right]+\left[\frac{G}{g}\times\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R}\times tg\alpha\times\frac{e}{2}\right]+\left[G\times tg\alpha\times h\right]$$

$$\left[\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R}\times h\right]=\left[g\times\frac{e}{2}\right]+\left[\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R}\times tg\alpha\times\frac{e}{2}\right]+\left[tg\alpha\times h\times g\right]$$



$$\left[\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R}\times\left(h-tg\alpha\times\frac{e}{2}\right)\right]=\left[g\times\left(\frac{e}{2}+tg\alpha\times h\right)\right]$$

$$\left(V/3{,}6\right)^2=\frac{R\times\left[g\times\left(\frac{e}{2}+tg\alpha\times h\right)\right]}{\left(h-tg\alpha\times\frac{e}{2}\right)}$$

$$V_{dev}=3{,}6\times\sqrt{\frac{R\times\left[g\times\left(\frac{e}{2}+tg\alpha\times h\right)\right]}{\left(h-tg\alpha\times\frac{e}{2}\right)}}$$

$$\boxed{V_{dev}=11{,}3\times\sqrt{\frac{R\times\left(\frac{e}{2}+tg\alpha\times h\right)}{\left(h-tg\alpha\times\frac{e}{2}\right)}}}$$

ÖRNEK:

100 m yarıçaplı %8 dever verilmiş bir yatay kurpta, bir kamyonun 60 km/sa hızında seyretmesinin güvenli olup olmadığını irdeleyin.

60 km/sa hızı için yanal sürtünme katsayısı 0,15 kabul edilmektedir. Kamyonun tekerlek eksenleri arasındaki uzunluk 2,0 m ve ağırlık merkezinin yerden yüksekliği 1,8 m'dir.

ÇÖZÜM:

$$V_{sav} = 11{,}3 \times \sqrt{\frac{R \times (tg\alpha + \mu_e)}{(1 - \mu_e \times tg\alpha)}} = 11{,}3 \times \sqrt{\frac{100 \times (0{,}08 + 0{,}15)}{(1 - 0{,}15 \times 0{,}08)}} = 54{,}5 \text{ km/sa}$$

$$V_{dev} = 11{,}3 \times \sqrt{\frac{R \times \left(\frac{e}{2} + tg\alpha \times h\right)}{\left(h - tg\alpha \times \frac{e}{2}\right)}} = 11{,}3 \times \sqrt{\frac{100 \times \left(\frac{2{,}0}{2} + 0{,}08 \times 1{,}8\right)}{\left(1{,}0 - 0{,}08 \times \frac{2{,}0}{2}\right)}} = 126{,}0 \text{ km/sa}$$

2.5 En Küçük Yatay Kurp Yarıçapı

- Savrulma devrilmeye göre daha kolay olduğundan en küçük yatay kurp yarıçapı, taşıtları savrulmamasına göre tasarlanır.

$$V_{sav} = 11{,}3 \times \sqrt{\frac{R \times (tg\alpha + \mu_e)}{(1 - \mu_e \times tg\alpha)}} \Rightarrow R_{EK} = \frac{V_P^2 \times (1 - \mu_{EB} \times tg\alpha)}{127 \times (\mu_{EB} + tg\alpha)}$$

$\mathbf{R_{EK}}$	**:** En Küçük Kurp Yarıçapı (m)
$\mathbf{V_p}$	**:** Proje hızı (km/sa)
$\boldsymbol{\mu_{eb}}$	**:** En büyük yanal sürtünme katsayısı
tg α=d	**:** Dever (%)

μ_{EB} : 0,15 V=60km/sa tg α = %8

$$R_{EK} = \frac{V_P^2}{30}$$

3. DEVER DEĞERİ

Savrulma devrilmeye göre daha kolay olduğundan DEVER, taşıtları savrulmamasına göre tasarlanır.

Dever değerinin hesaplanmasında 2 farklı yaklaşım vardır:

1) TCK (Eski), İngiltere, Almanya. Klasik Yöntem
   - Basit denkleme dayalı

2) TCK (Yeni), ABD (AASHTO). Modern Yöntem
   - Karmaşık, tablo, abaklara dayalı

3.1 Klasik Yöntem

$$\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} = g \times tg\alpha + \mu_e \times \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} \times tg\alpha + \mu_e \times g$$

$$tg\alpha \times \left(g + \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} \times \mu_e \right) = \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} - \mu_e \times g$$

$$d = \frac{\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} - \mu_e \times g}{\left(g + \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} \times \mu_e \right)}$$

Eşitliğin altını ve üstünü $R \times 3{,}6^2$ ile çarparsak

$$d = \frac{V^2 - 127 \times \mu_e \times R}{\left(127 \times R + V^2 \times \mu_e\right)}$$

- Teorik dever uygulamada doğrudan kullanılamaz; zira değeri yüksektir. Taşıt (özellikle ağır taşıtlar), belirlenen proje hızından daha düşük hızlardaki seyir şartlarında veya yatay kurba kesimindeki duruşlar için, teorik dever formülüyle bulunan enine eğimlerde stabilitesini koruyamayıp kurba içine doğru kayabilir veya devrilebilir.
- TCK Klasik yöntemdeki pratik dever formülü, merkezkaç kuvveti etkisinin yaklaşık %56'sının deverle, %44'ünün enine sürtünme ile karşılandığı kabulüyle elde edilmiştir.

$$d = \frac{V^2 - 127 \times \mu_e \times R}{\left(127 \times R + V^2 \times \mu_e\right)}$$

$$\mu_e = 0 \quad \Rightarrow \quad d = 0{,}00787 \times \frac{V^2}{R}$$

TCK $\Rightarrow$ $$\boxed{d = 0{,}00443 \times \frac{V^2}{R}}$$

İngiltere $\Rightarrow$ $$d = 0{,}00354 \times \frac{V^2}{R}$$

ÖRNEK:

Proje hızı 70 km/sa olan bir karayolunda kullanılabilecek en büyük dever %8 olarak verilmektedir. 400 m yarıçaplı bir yatay kurpta verilmesi gereken deveri hesaplayınız.

$$d = 0{,}00443 \times \frac{V^2}{R} = 0{,}00443 \times \frac{70^2}{400} = 0{,}053 \rightarrow \%5{,}3$$

ÖRNEK :

- Proje hızı 100 km/sa olan bir karayolunda kullanılabilecek en büyük dever %8 olarak verilmektedir. 250 m yarıçaplı bir yatay kurpta verilmesi gereken deveri hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

$$d = 0{,}00443 \times \frac{V^2}{R} = 0{,}00443 \times \frac{100^2}{250} = 0{,}18 \geq 0{,}08$$

İzin verilen en büyük dever, hesaplanan değerden daha büyük olduğu için hız kısıtlamasına gidilmesi gerekir. Yeni hız:

$$V_{Sn} = \sqrt{\frac{d \times R}{0{,}00443}} = \sqrt{\frac{0{,}08 \times 250}{0{,}00443}} \cong 67 \text{ km/sa}$$

3.2 Modern Yöntem

R_{EK} hesaplanır

$$R_{EK} = \frac{V_P^2 \times (1 - \mu_{EB} \times d_{EB})}{127 \times (\mu_{EB} + d_{EB})}$$

Verilen R, R_{EK}'ten **küçük**

Verilen R, R_{EK}'ten **büyük**

d_{EB} kullanılır ve hız kısıtlamasına gidilir. Yeni V hesaplanır.

Farklı hesap yöntemleri.

3.2.1 $R_{EK} > R_{Verilen}$

$$R_{EK} = \frac{V_P^2 \times (1 - \mu_{EB} \times d_{EB})}{127 \times (\mu_{EB} + d_{EB})}$$

$$V_{Yeni} = \sqrt{\frac{127 \times R_{Verilen} \times (d_{EB} + \mu_{EB})}{1 - d_{EB} \times \mu_{EB}}}$$

$\mathbf{d_{EB}}$: En büyük dever [%].

$\mathbf{V_P}$: Proje hızı [km/sa].

$\mathbf{R_{EK}}$: En küçük yatay kurp yarıçapı[m].

μ_{EB}: En büyük enine sürtünme katsayısı.

Kullanılacak dever projede izin verilen en büyük dever olacaktır.

ÖRNEK 5:

Proje hızı 100 km/sa olan bir karayolunda kullanılabilecek en büyük dever %8 olarak verilmektedir. 250 m yarıçaplı bir yatay kurpta verilmesi gereken deveri hesaplayınız. 100 km/sa hızı için enine sürtünme katsayısı 0,12'dir.

ÇÖZÜM 5:

$$R_{EK} = \frac{V_P^2 \times (1 - \mu_{EB} \times d_{EB})}{127 \times (\mu_{EB} + d_{EB})} = \frac{100^2 \times (1 - 0{,}12 \times 0{,}08)}{127 \times (0{,}12 + 0{,}08)} = 390\ \text{m}$$

Verilen yatay kurp yarıçapı, en küçük yatay kurp yarıçapından küçük olduğu için hızı kısıtlamasına gidilmesi gerekir. Yeni hız:

$$V_{Yeni} = \sqrt{\frac{127 \times R \times (d_{EB} + \mu_{EB})}{1 - d_{EB} \times \mu_{EB}}} = \sqrt{\frac{127 \times 250 \times (0{,}08 + 0{,}12)}{1 - 0{,}08 \times 0{,}12}} = 80\ \text{km/sa}$$

Eğer

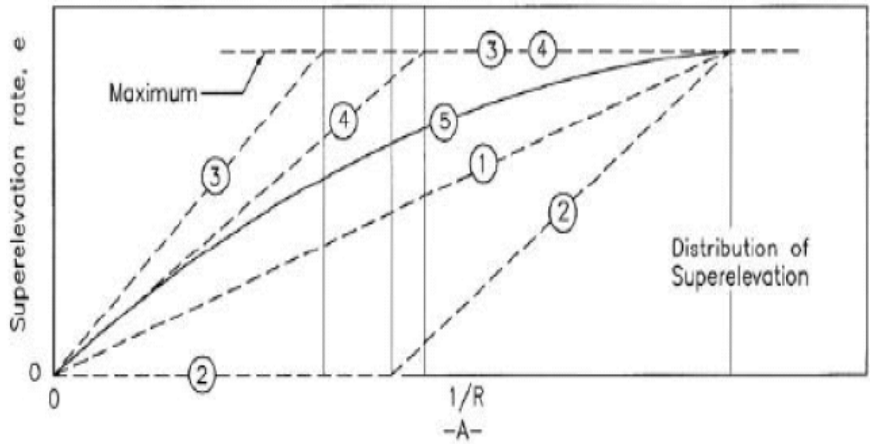
- Kullanılacak yatay kurbun yarıçapı 500 m olsa idi:

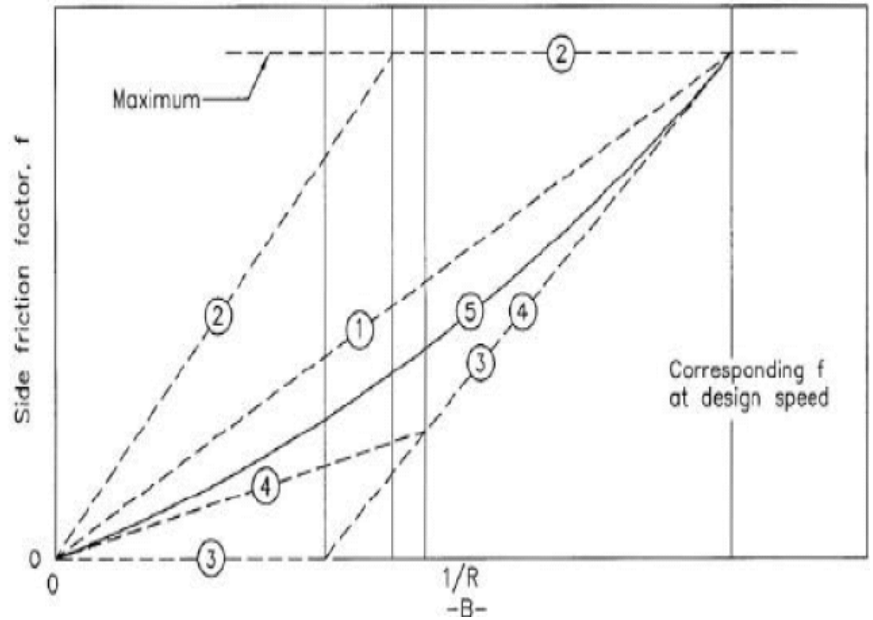
$$d_{Yeni} = \frac{V_P^2 - 127 \times R_{EK} \times \mu_{EB}}{127 \times R_{EK} + V_P^2 \times \mu_{EB}}$$

Denklemini kullanarak dever hesaplanması <u>her zaman</u> doğru olmayacaktır.

3.2.2 $R_{EK} > R_{Verilen}$

5 farklı yöntem vardır.

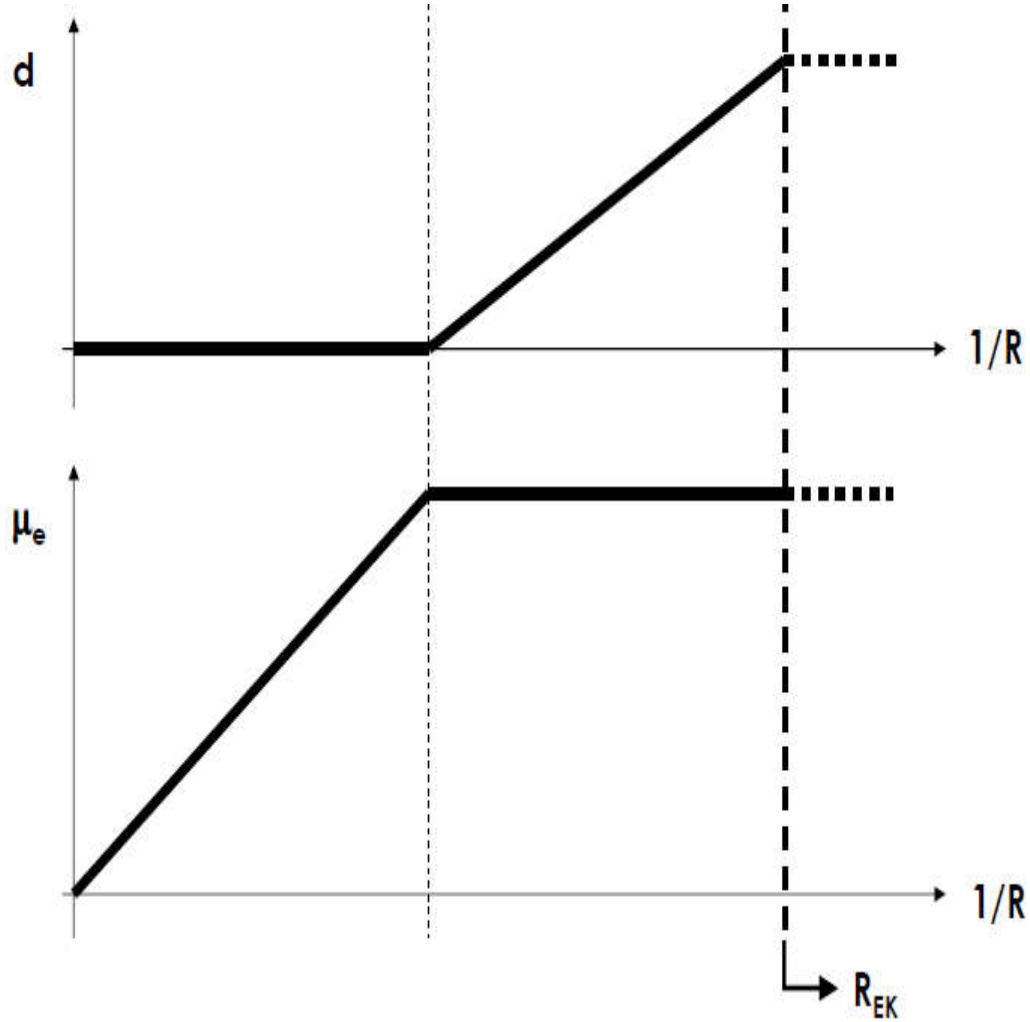




2. Yöntem

$$d_{Yeni} = \frac{V_P^2 - 127 \times R_{EK} \times \mu_{EB}}{127 \times R_{EK} + V_P^2 \times \mu_{EB}}$$

$$\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{g \times R} \cong \mu_{EB} + d$$



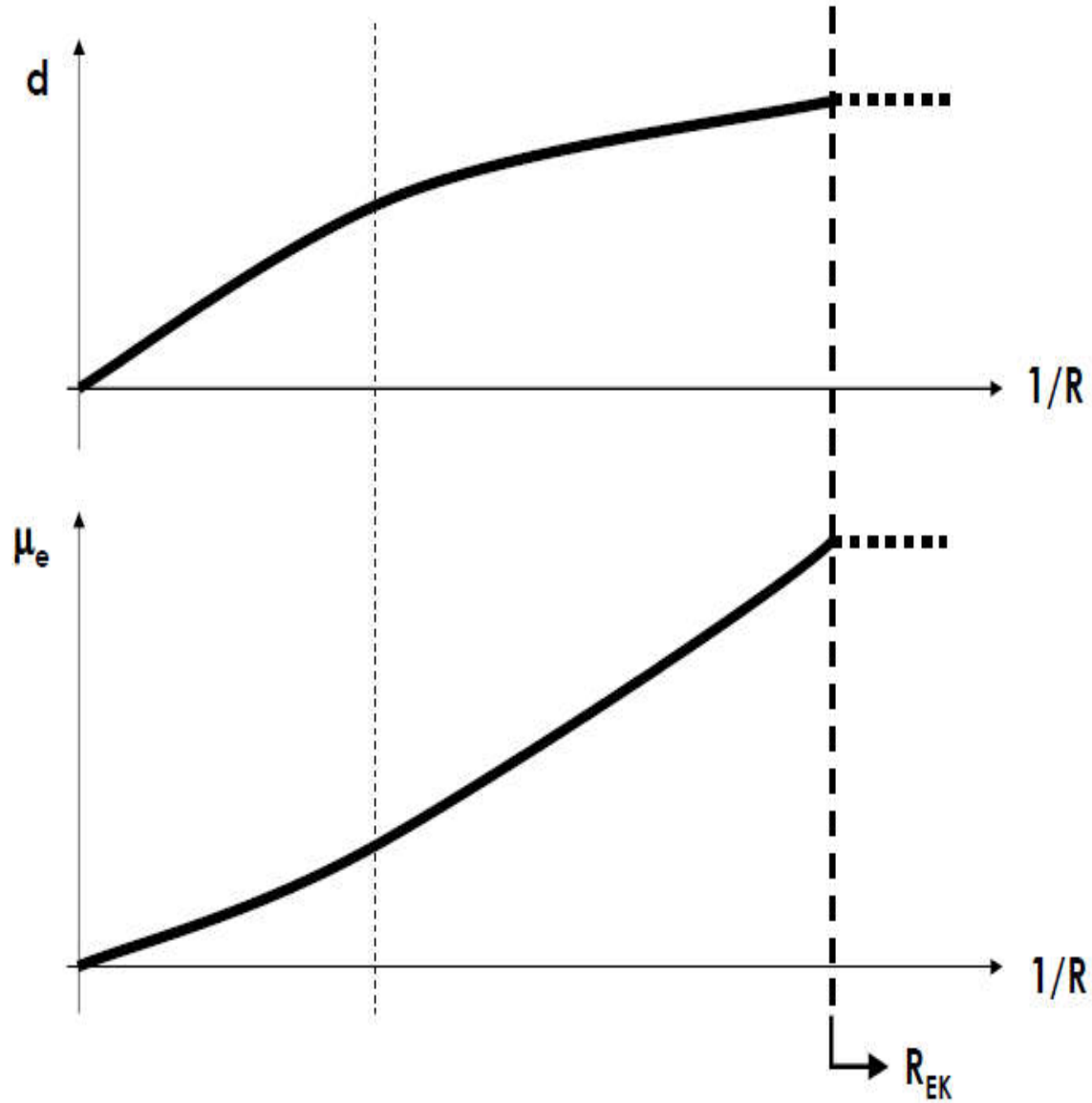
2. Yöntem

$$\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{g \times R} \cong \mu_{EB} + d$$

V (km/sa)	R (m)	$\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{g \times R}$	μ_e	d
70	600	0,06	0,14	✓
70	300	0,13	0,14	✓
70	200	0,19	0,14	0,05
120	900	0,13	0,09	0,04
120	600	0,19	0,09	**0,10**
50	120	0,16	0,17	✓
40	60	0,21	0,17	0,04
40	80	0,16	0,17	✓

5. Yöntem

$$\frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{g \times R} \cong \mu_{EB} + d$$



3. Yöntem için tablolar düzenlenmiştir

Tablo 3.5– Tasarım hızı ve kurp yarıçaplarına bağlı olarak uygulanacak rakortman boyları (Lr) ve dever oranları (e-max : 4%)

R (m)	V_t=20 km/sa			V_t=30 km/sa			V_t=40 km/sa			V_t=50 km/sa			V_t=60 km/sa			V_t=70 km/sa			V_t=80 km/sa			V_t=90 km/sa			V_t=100 km/sa		
	L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)		
	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit
7000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0
6000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0
3000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	16	25
2500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	15	23	TE	16	25
2000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	14	22	TE	15	23	2.2	18	27
1500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	13	20	TE	14	22	2.3	16	26	2.6	21	32
1400	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	13	20	2.1	15	23	2.4	18	28	2.7	22	33
1300	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	13	20	2.2	16	24	2.5	19	29	2.8	23	34
1200	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	12	18	TE	13	20	2.3	17	25	2.6	20	30	2.9	24	36
1000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	12	18	2.2	14	22	2.5	18	27	2.8	21	32	3.2	25	39
900	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	TE	12	18	2.4	16	24	2.7	19	29	3.0	23	34	3.4	26	42
800	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	2.1	13	19	2.5	18	25	2.8	20	30	3.2	25	37	3.5	29	43
700	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	2.3	14	21	2.7	18	27	3.0	22	32	3.4	26	39	3.7	30	45
600	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	10	15	2.1	12	17	2.5	15	23	2.9	19	28	3.2	23	35	3.6	28	41	3.9	32	48
500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	10	15	2.3	13	19	2.7	16	24	3.1	20	30	3.5	26	38	3.8	29	44	4.0	33	49
400	ÇE	0	0	ÇE	0	0	2.1	11	18	2.5	14	21	3.0	18	27	3.4	22	33	3.7	27	40	4.0	31	46	R_{min}= 490		
300	ÇE	0	0	TE	10	14	2.4	12	19	2.8	16	23	3.3	20	30	3.8	25	37	4.0	29	43	R_{min}= 375					
250	ÇE	0	0	TE	10	14	2.6	13	20	3.0	17	25	3.6	22	32	3.9	26	38	R_{min}= 280								
200	ÇE	0	0	2.3	11	17	2.8	14	22	3.3	18	27	3.8	23	34	R_{min}= 215											
175	ÇE	0	0	2.4	12	17	2.9	15	22	3.5	19	29	3.9	23	35												
150	TE	9	14	2.5	12	18	3.1	16	24	3.7	20	31	4.0	24	36												
140	TE	9	14	2.6	12	19	3.2	16	25	3.8	21	32	R_{min}= 150														
130	TE	9	14	2.6	12	19	3.3	17	26	3.8	21	32															
120	TE	9	14	2.7	13	19	3.4	17	26	3.9	22	32															
110	TE	9	14	2.8	13	20	3.6	18	27	4.0	22	33															
100	2,1	9	14	2.9	14	21	3.6	19	28	4.0	22	33															
90	2,2	10	16	3.0	14	22	3.7	19	29	R_{min}= 100																	
80	2,4	11	16	3.2	15	23	3.8	20	29																		
70	2,5	11	17	3.3	16	24	3.9	20	30																		
60	2,6	12	18	3.5	17	25	4.0	21	31																		
50	2,8	13	19	3.7	18	27	R_{min}= 80																				
40	3.0	14	20	3.9	19	28																					
30	3.3	15	22	R_{min}= 35																							
20	3.8	17	28																								
	R_{min}= 16																										

e_{max} = %4
R = Kurp yarıçapı (m)
V_t = Tasarım hızı (km/sa)
e = Dever oranı
L_r = %0 'dan tasarım deverine ulaşmak için gerekli mesafe (m)
ÇE = Çatı eğimi (%)
TE = Çatı eğiminin tek yönlü dever durumu (%)
Şehir Geçişlerinde uygulanacak dever oranı (e_{max} = %4)

Tasarım Hızına ve Yarıçapa Bağlı Olarak Uygulanacak Dever Oranları

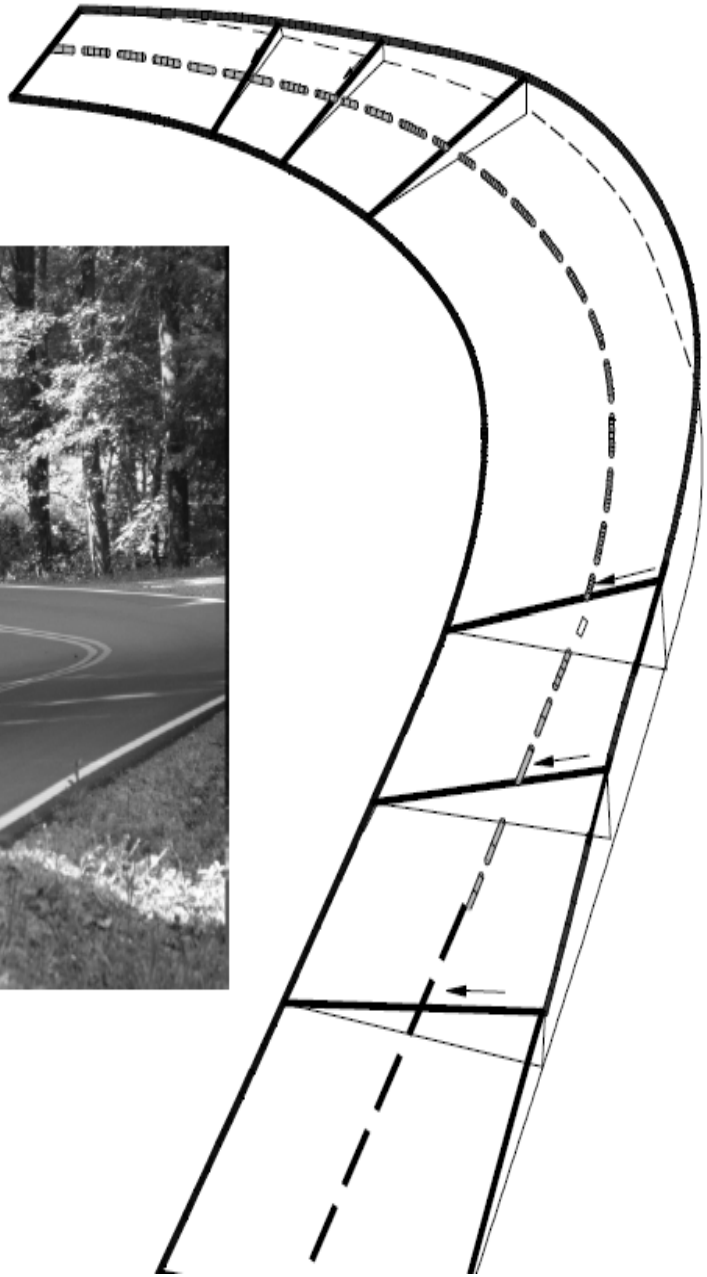
4. DEVERİN UYGULANMASI

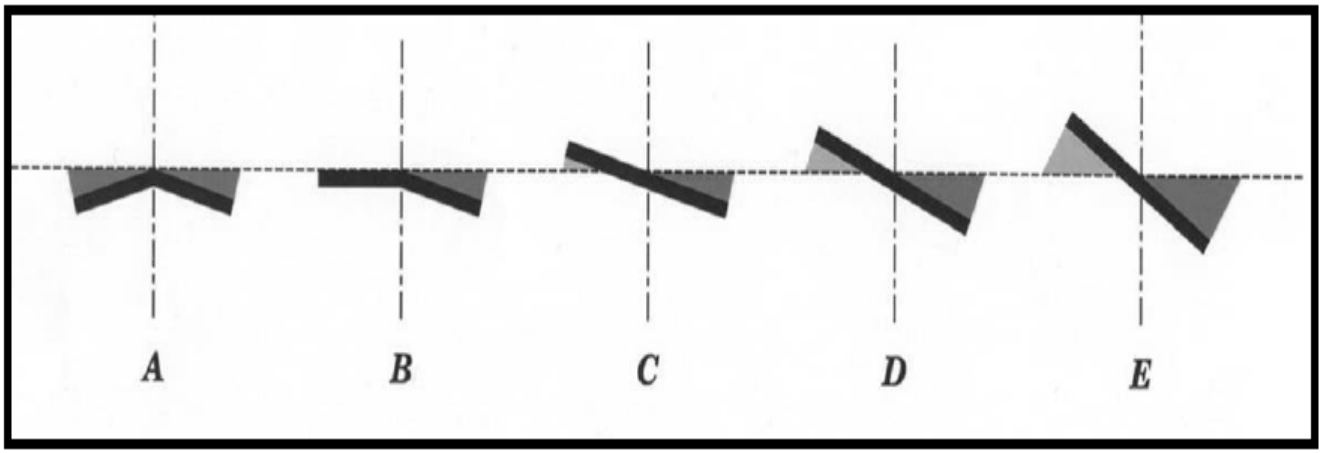
Deverin uygulanması üç şekilde olabilir.

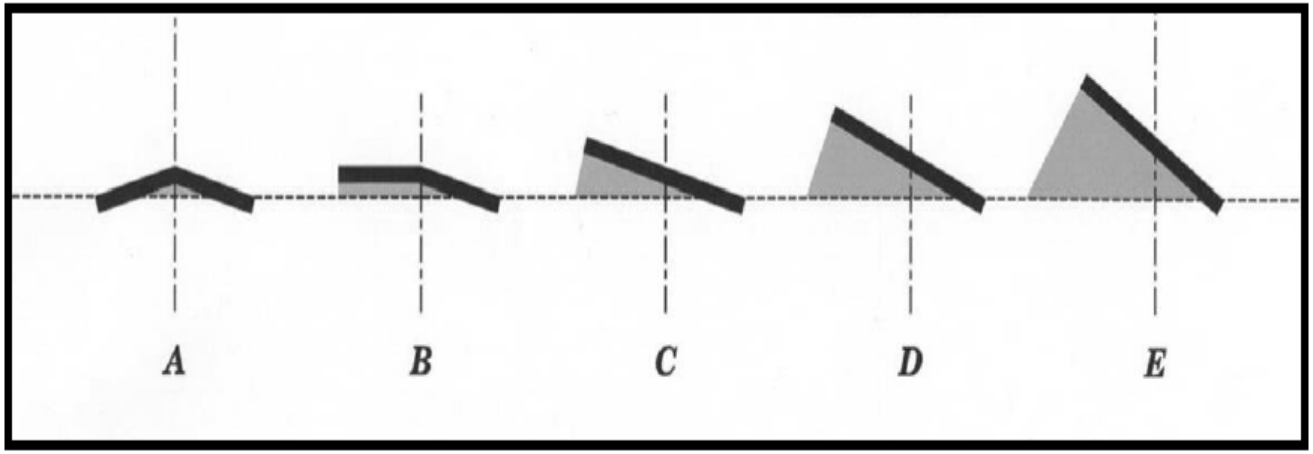
a) Yolun eksen hattının sabit tutularak iç kenarın düşürülüp dış kenarın yükseltilmesi

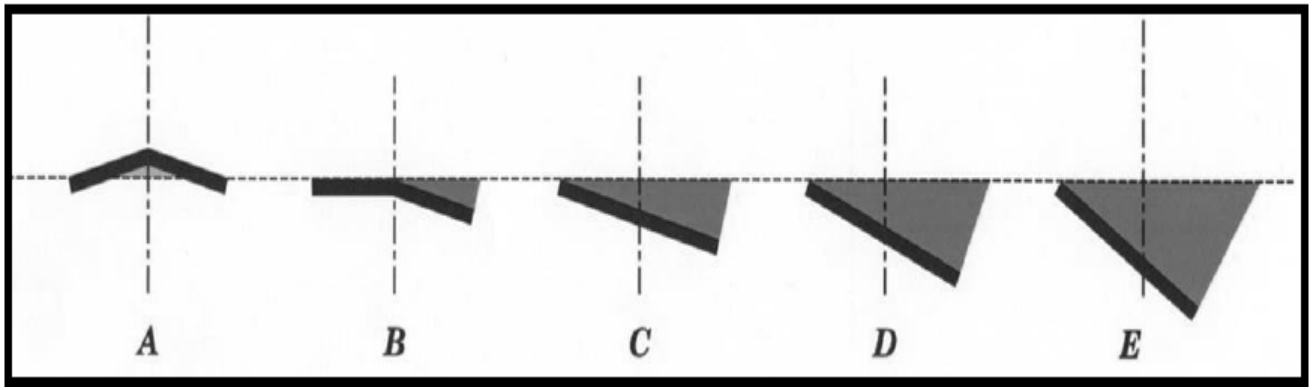
b) Yolun iç kenar hattının sabit tutularak eksen hattı ve dış kenar hattının yükseltilmesi

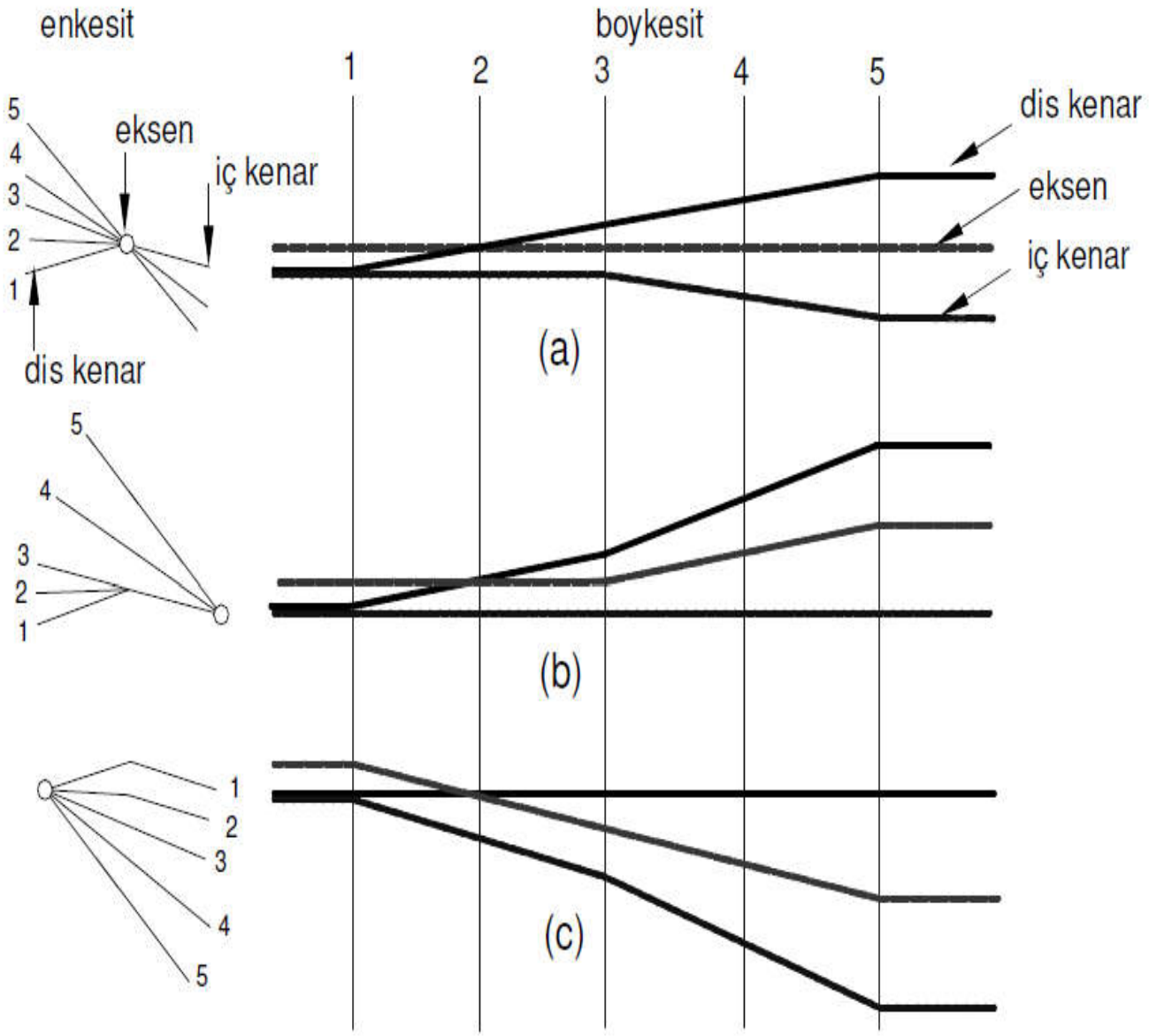
c) Yolun dış kenar hattının sabit tutulup iç kenar ve eksen hattının düşürülmesi




A
B
C
D
E


A
B
C
D
E

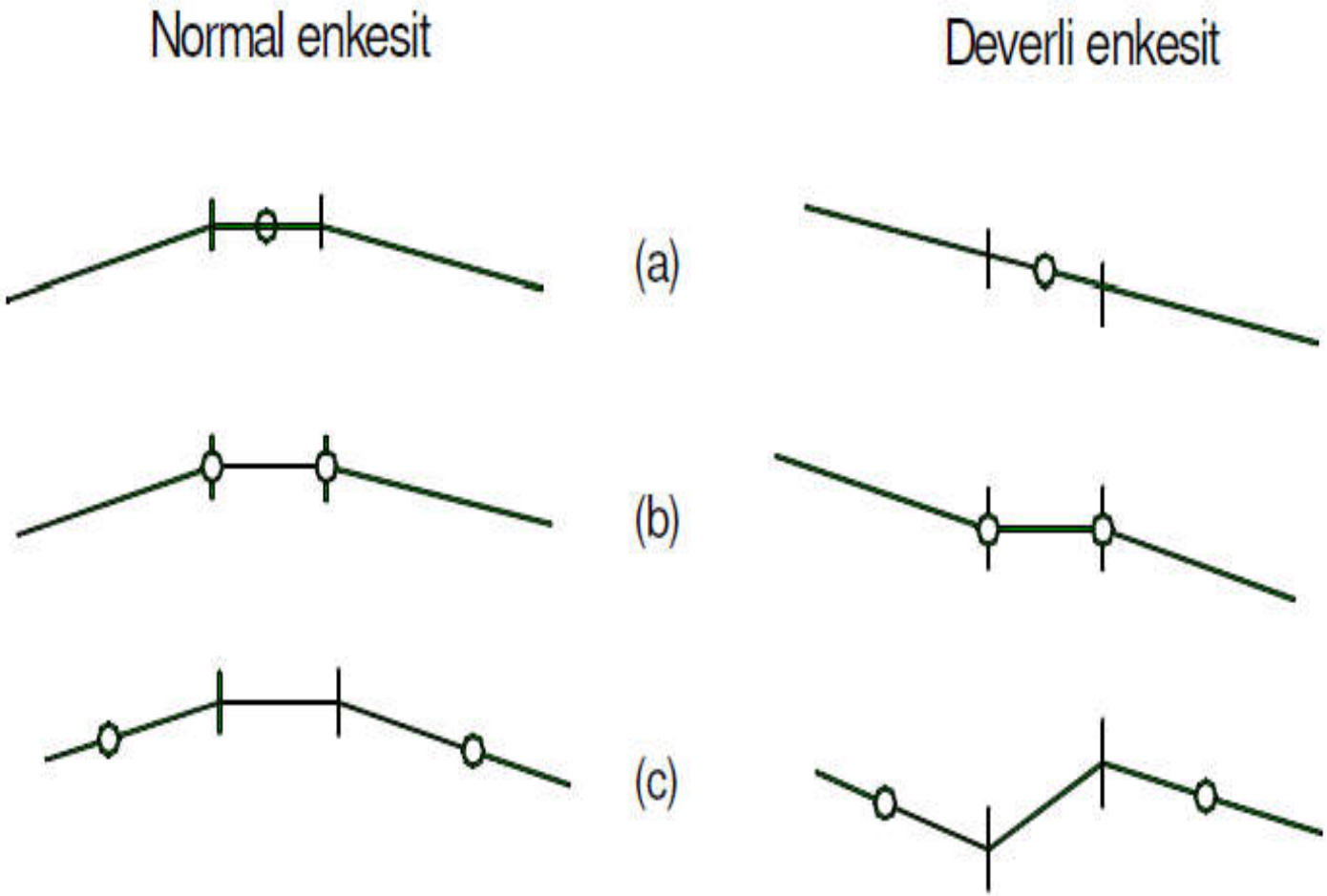

A
B
C
D
E



(a) eksen sabit (b) iç kenar sabit (c) dış kenar sabit

- Eksen hattının sabit tutulduğu yöntemin başlıca faydası, boykesitte kırmızı kotların değişmesidir. Sakıncası ise dever verilen kesimde yolun iç kenarında çukurlaşma olmasıdır. Bu çukurlaşma yüzey sularının drenajı yönünden sorun yaratabilir.
- Yolun iç veya dış kenarının sabit tutularak dever verilmesi halinde yol ekseninin boykesitte görülen kırmızı kotları değişecektir. Dolayısı ile bu şekildeki uygulamalar halinde dever verilen kesimdeki kırmızı kotların yeniden hesabı gerekir.
- Yaygın uygulama eksen hattının sabit tutulduğu birinci yöntemdir. Zira bu yöntemde kırmızı kot değişmesi olmadığı gibi platform kenarlarının alçalma ve yükselmesi daha az olmaktadır.

Basit olarak iki platformlu yollar için dever uygulaması:

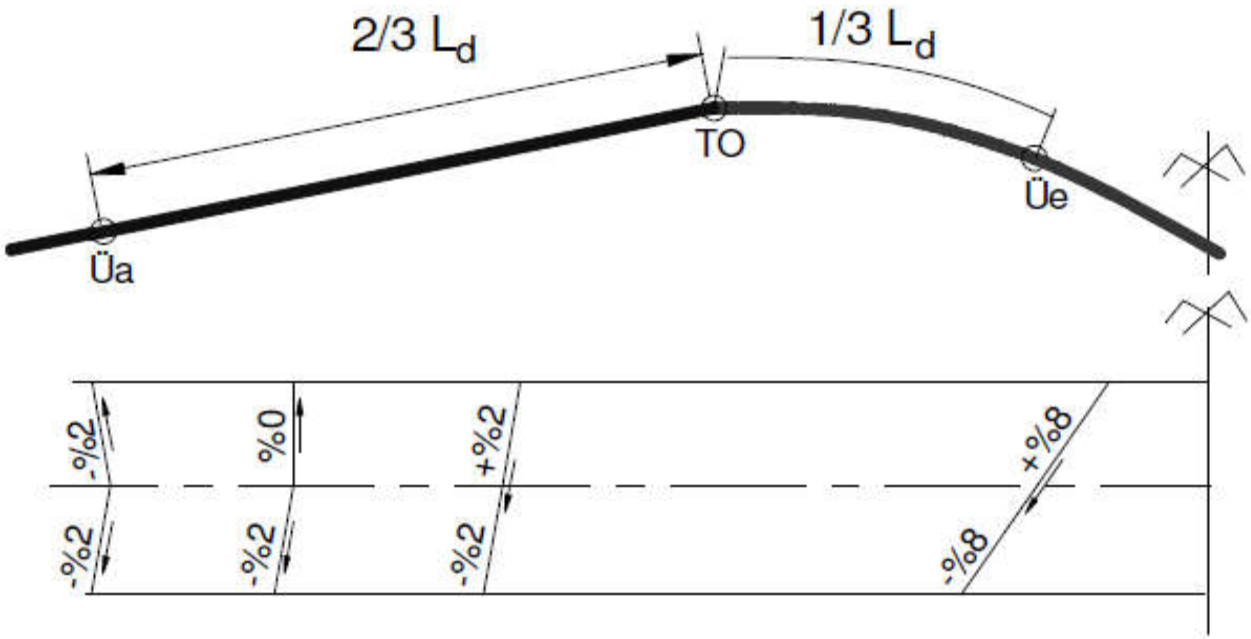


5. DEVER BOYUNUN BELİRLENMESİ

5.1 Klasik Yöntem

Rakortman Uzunluğu,

$$L_d = 0{,}0354 \cdot \frac{V_p^3}{R}$$

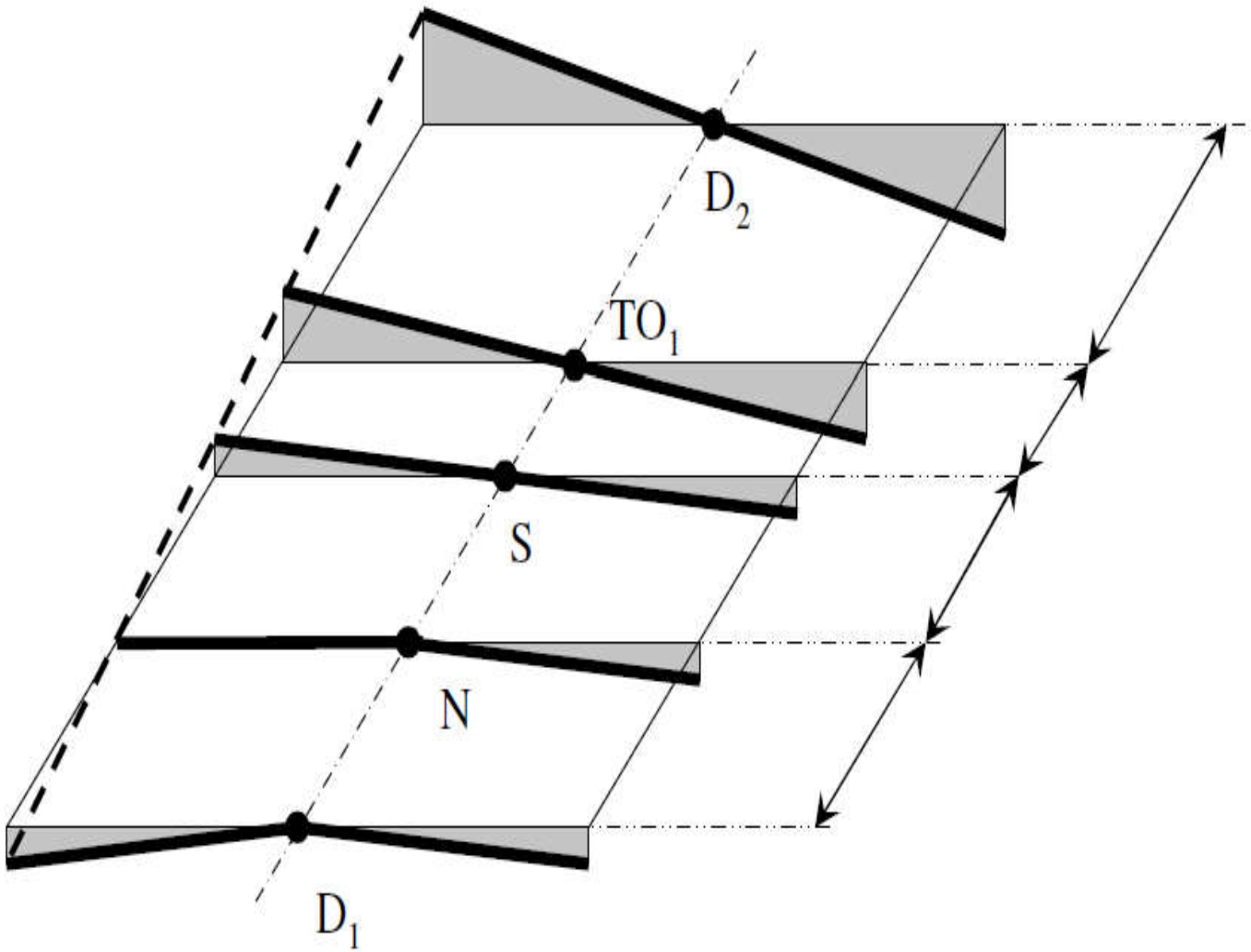


Vp Km/sa		Yatay Dönemeç Yarıçapı (m)																										
		125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	750	800	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	2000
50	d	0,09	0,07	0,06	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Ld	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
60	d			0,09	0,08	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	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	0,02	0,02
	Ld			45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
70	d					0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	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
	Ld					50	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
80	d						0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
	Ld						60	50	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
90	d						0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Ld							75	65	60	50	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
100	d									0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
	Ld									80	70	65	60	55	50	50	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
120	d													0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
	Ld													85	80	75	70	70	65	60	55	50	45	45	45	45	45	45

ÖRNEK 7:

- Proje hızı 80 km / sa, platform genişliği 10,0 m ve çatı eğimi %2 olarak planlanan bir yol için 400 m yarıçaplı bir yatay kurpta, eksen kotu sabit tutularak dever uygulanacaktır. TO noktasının kotu 102,50 m, km'si 0+254'tür. 0+100-0+500 km'leri arasında boyuna eğim %4'tür.
- Verilecek deveri ve dever uygulama boyunu belirleyiniz.
- Deverin verilmeye başladığı noktadan itibaren önemli enkesitlerde her 10 m'de bir, TO noktasında ve deverin bittiği noktada, dever değerlerini, dış kenar, iç kenar ve eksen kotlarını hesaplayın.

ÖNEMLİ ENKESİTLER (D1, N, S, D2)



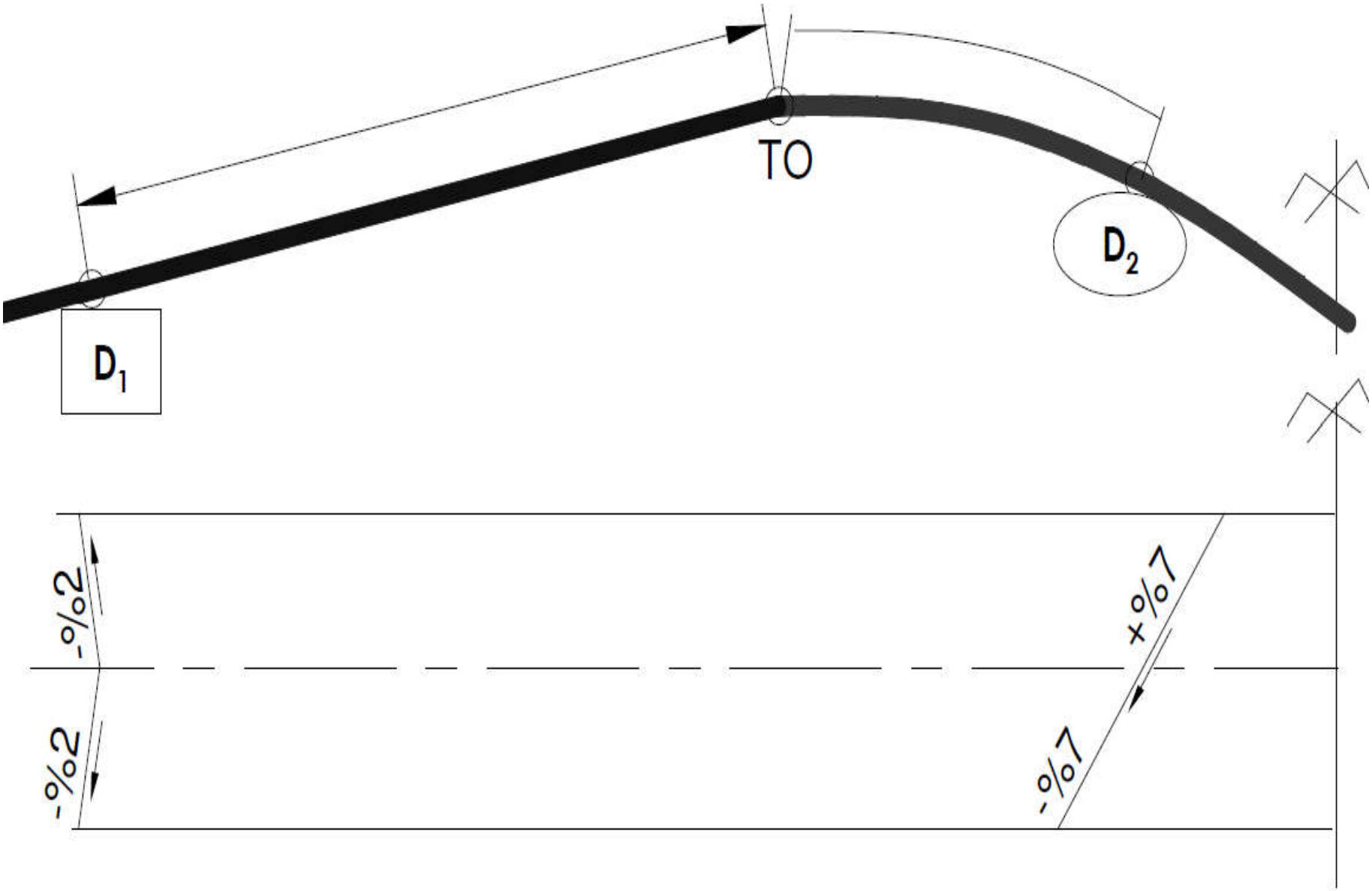
ÇÖZÜM_

$$d = 0{,}00443 \times \frac{V^2}{R} = 0{,}00443 \times \frac{80^2}{400} = 0{,}07 \rightarrow \%7$$

$$L_d = 0{,}0354 \times \frac{V^3}{R} = 0{,}0354 \times \frac{80^3}{400} = 45{,}3 \rightarrow 45$$

TABLO ile KONTROL

Enkesit	Km	Dever (İç)	Dever (Dış)	Eksen K	Dış KK	İç KK
D_1						
N						
S						
TO	0+254			102,5		
D_2						


TO
D1
D2
-%2
-%2
+%7
-%7

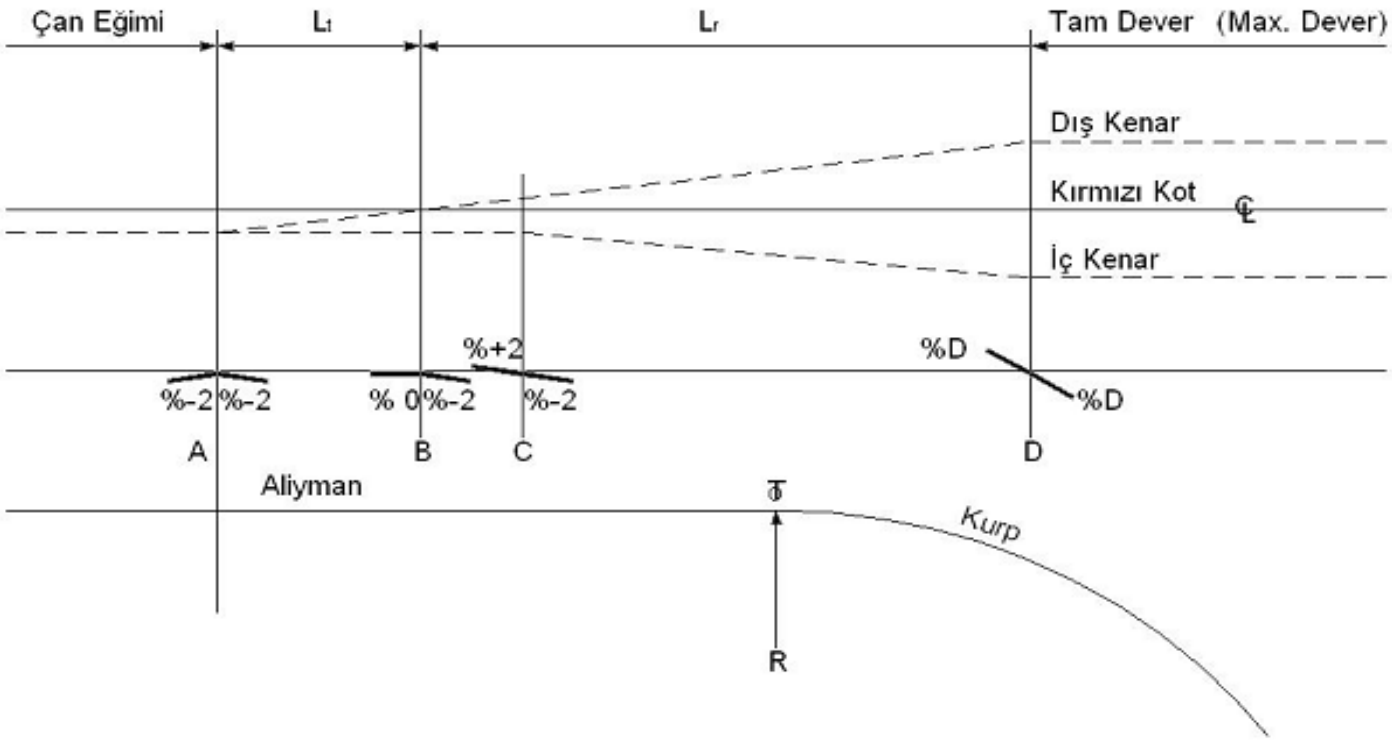
5.2.Modern Yöntem

MAKSİMUM DEVER:

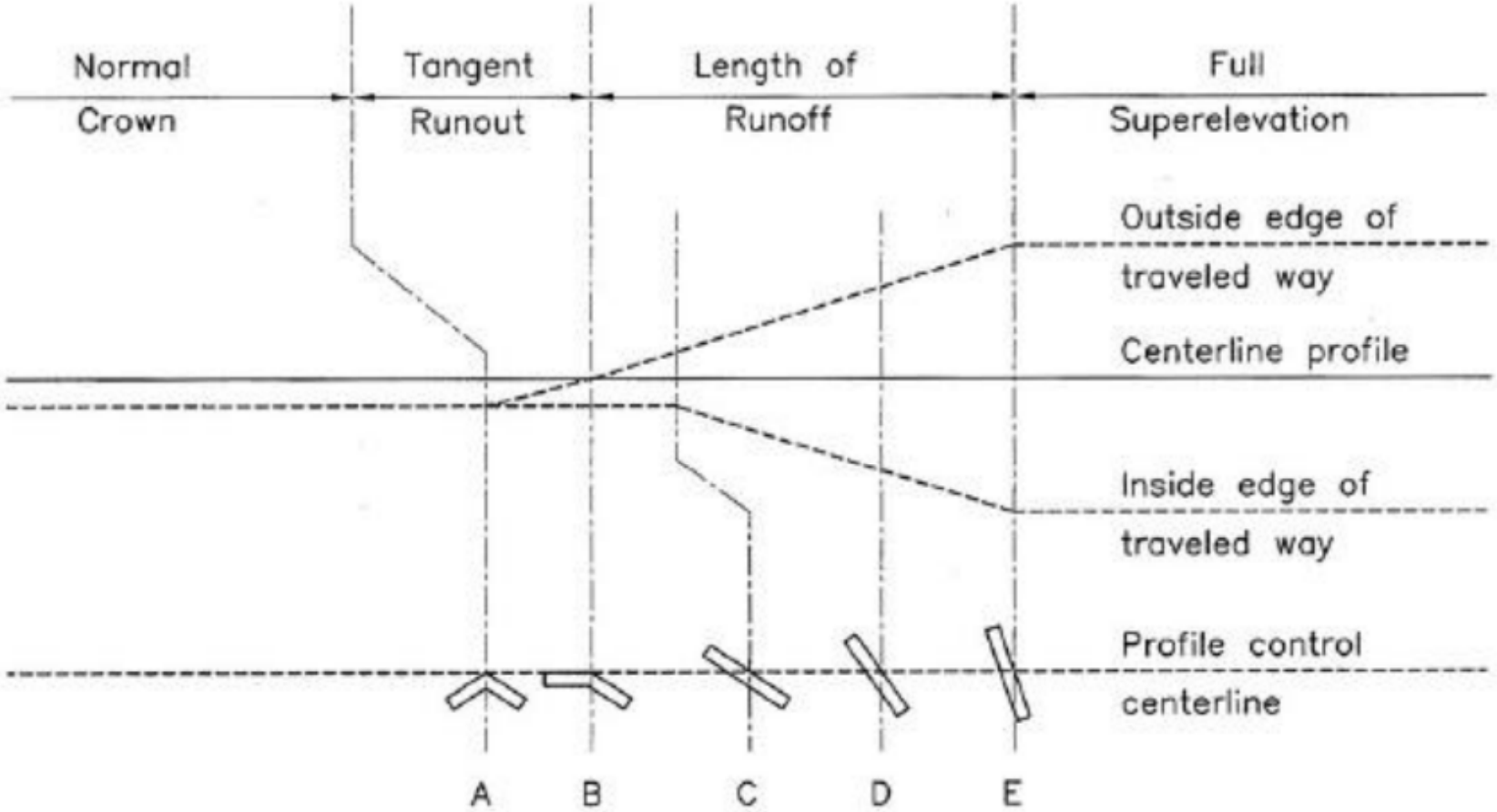
Maksimum dever miktarı yol platformunun maksimum yanal eğimi olup, Devlet yolları için kabul edilebilir maksimum dever % 8 olarak alınacaktır. Kar ve don'un etkili olduğu bölgelerde ise maksimum dever % 6 alınabilir. Ayrıca, maksimum dever miktarının çok şeritli yollar için % 2,5'dan ve iki şeritli yollar için % 2'den daha az olması durumunda çatı eğimi dikkate alınacaktır.

- **Rakordman Boyu**

- Kurpta dever uygulamasının konfor, güvenlik, drenaj ve estetik ihtiyaçlara cevap verebilmesi için aliymanda çatı eğimi ile başlayıp kurbun içinde belirli bir noktada maksimum devere ulaşacak şekilde aşamalı bir geçiş yapılmalıdır. Bu geçişin yapıldığı mesafe dever rakortman boyu olarak tanımlanmaktadır. Rakortman boyu L_t ve L_r mesafelerinin toplamıdır.



Eksen Sabit Dever Uygulaması

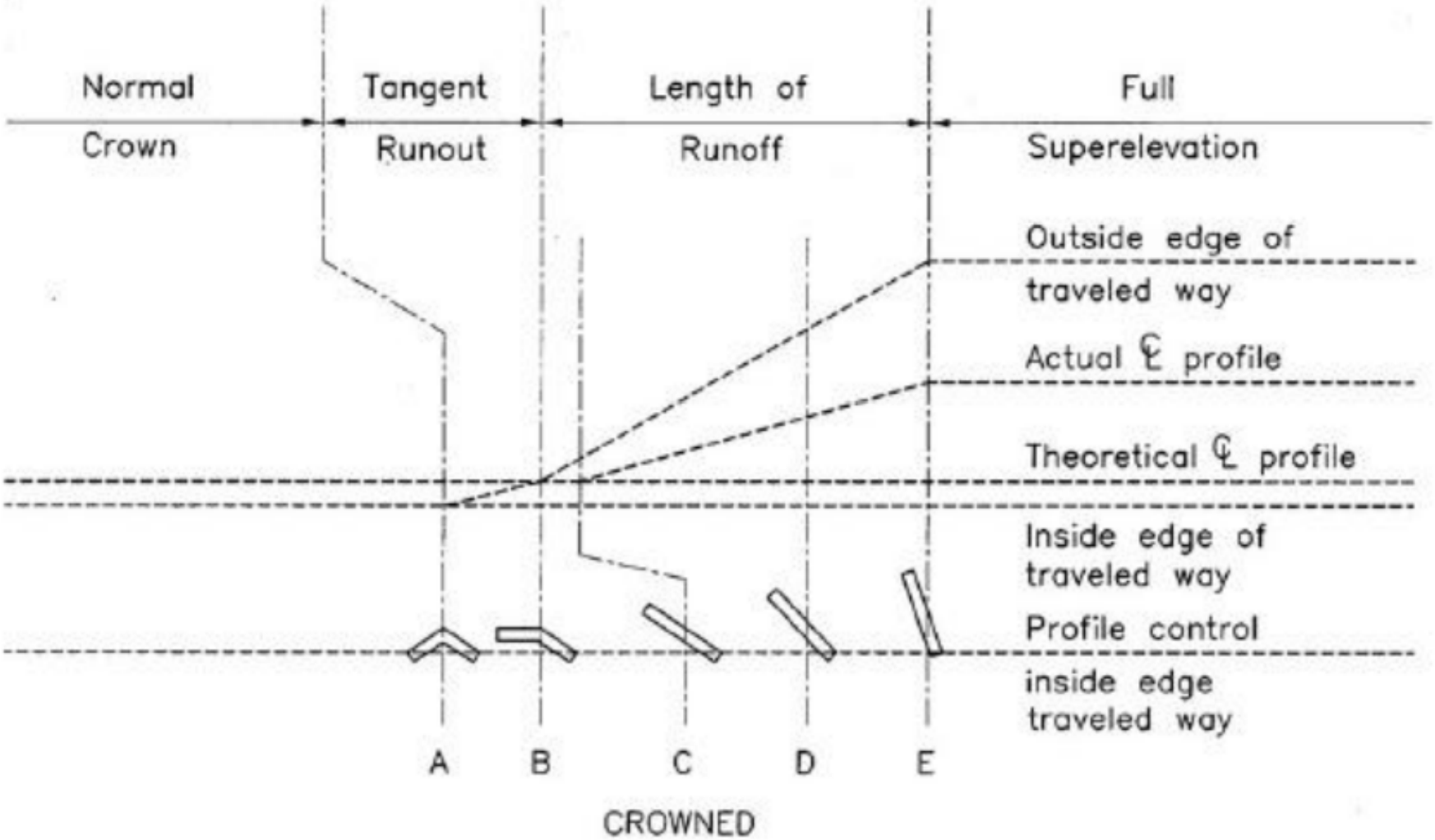


CROWNED

TRAVELED WAY REVOLVED ABOUT CENTERLINE

—A—

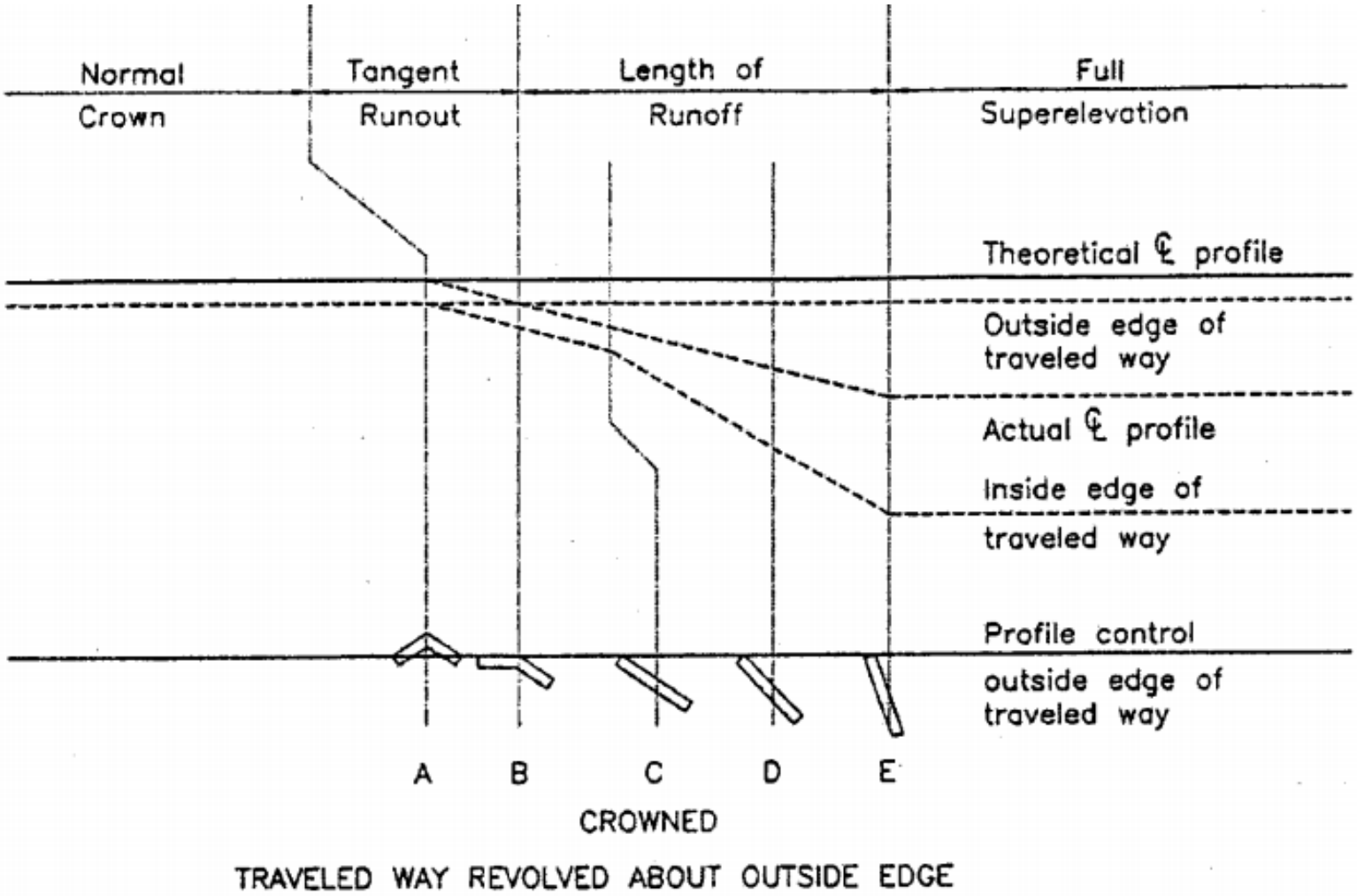
İç Kenar Sabit Dever Uygulaması



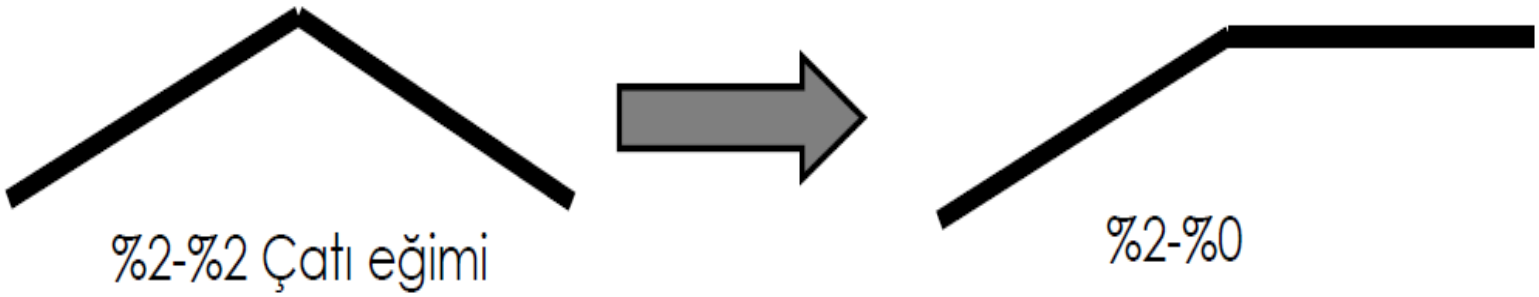
CROWNED

TRAVELED WAY REVOLVED ABOUT INSIDE EDGE

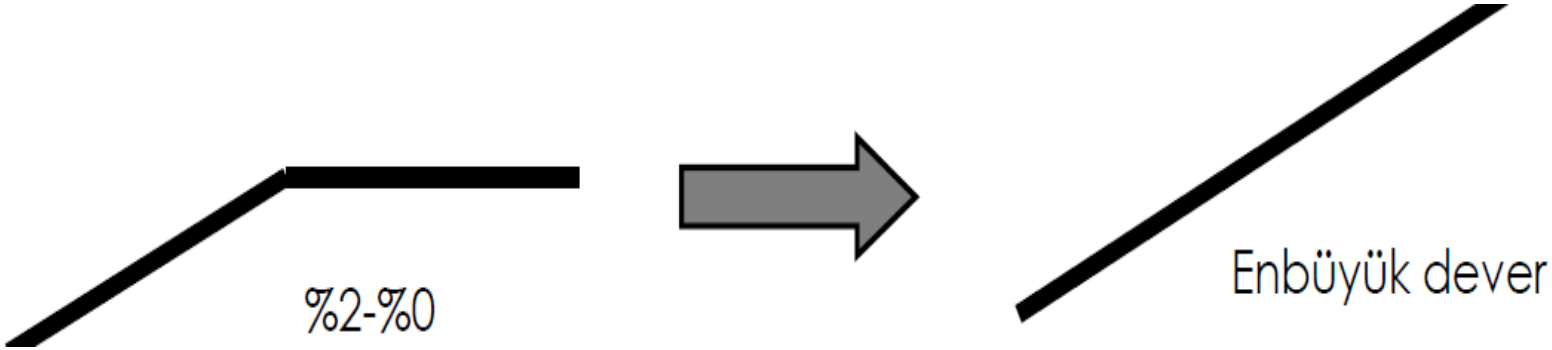
Dış Kenar Sabit Dever Uygulaması

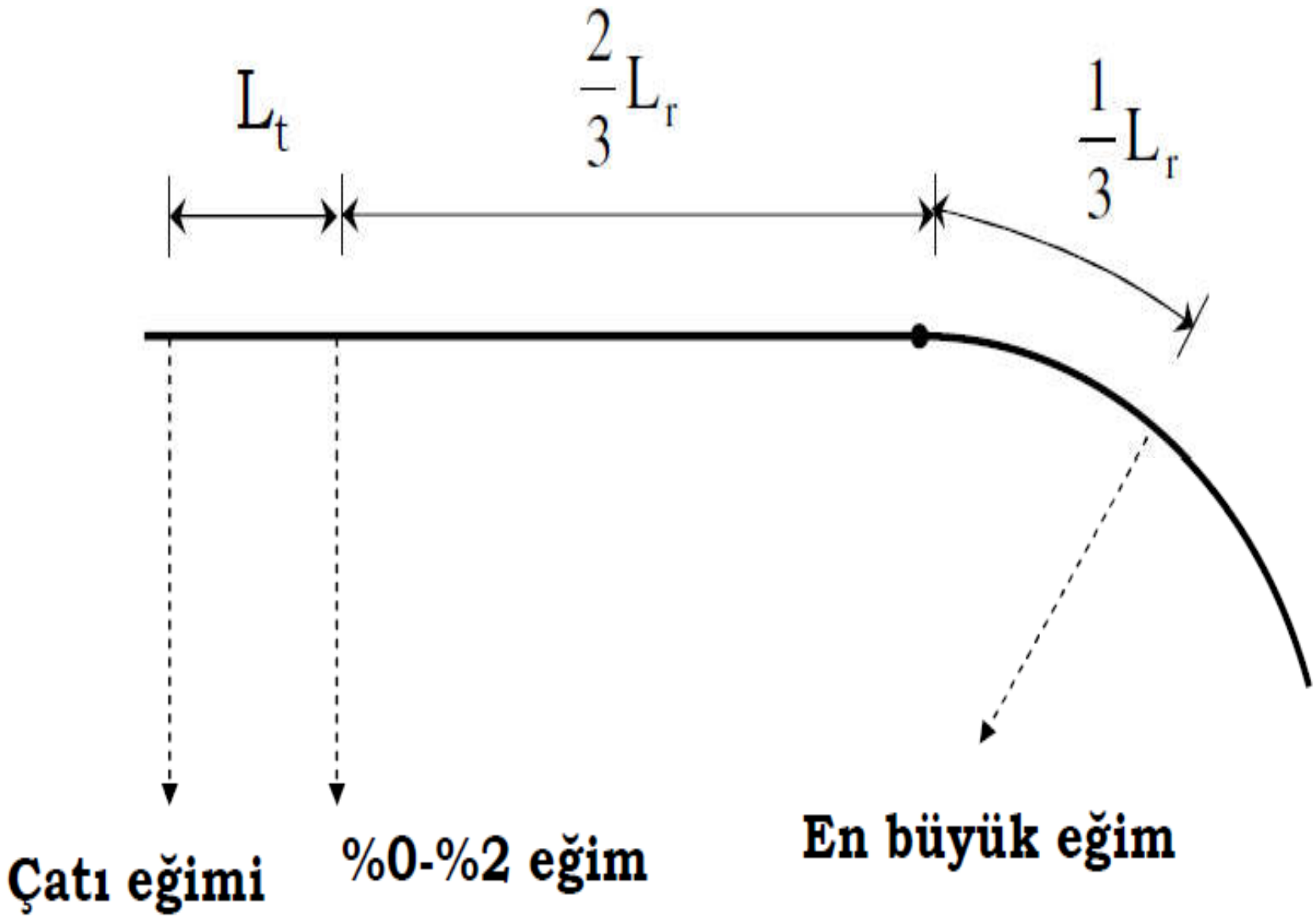


- Rampa Boyu (Runout) Lt

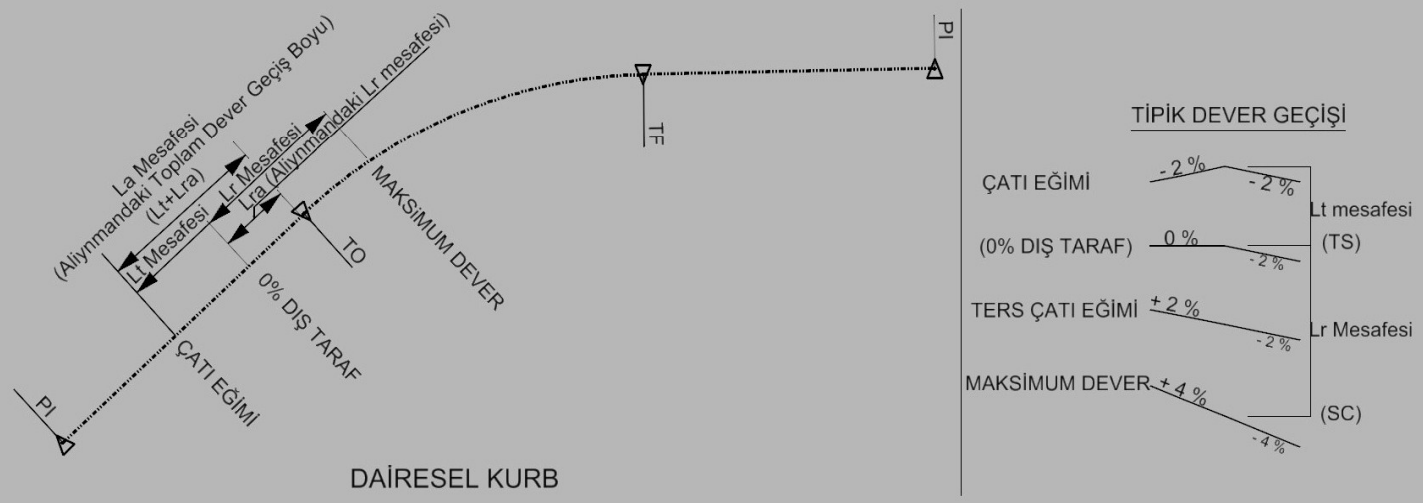


- Dever Uygulama Boyu (Runoff) Lr

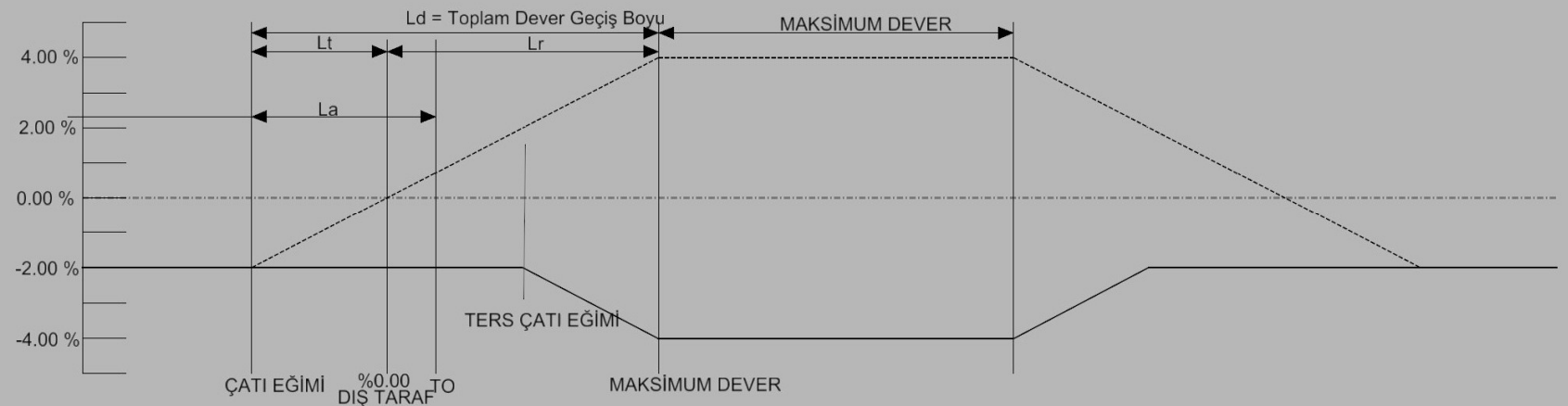



L_t
$\frac{2}{3}L_r$
$\frac{1}{3}L_r$
Çatı eğimi
%0-%2 eğim
En büyük eğim

DEVER GEÇİŞİ ŞEMATİK GÖSTERİMİ



DAİRESEL KURB



LİNEER GEÇİŞ

- **<u>Devlet ve İl yollarında kullanılacak dever oranları ile dever rakortman boyları (Lr) tasarım hızı ($V_{t)}$ ve kurp yarıçapına (R) bağlı olarak Tablo 1, 2 ve 3'de verilmektedir.</u>**

- **Tablo 1– Tasarım hızı ve kurp yarıçaplarına bağlı olarak uygulanacak rakortman boyları (Lr) ve dever oranları (emax:4%)**

Tablo 1– Tasarım hızı ve kurp yarıçaplarına bağlı olarak uygulanacak rakortman boyları (Lr) ve dever oranları (emax:4%)

R (m)	V_t=20 km/sa			V_t=30 km/sa			V_t=40 km/sa			V_t=50 km/sa			V_t=60 km/sa			V_t=70 km/sa			V_t=80 km/sa			V_t=90 km/sa			V_t=100 km/sa		
	L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)		
	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit
7000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0
6000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0
3000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	16	25
2500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	15	23	TE	16	25
2000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	14	22	TE	15	23	2.2	18	27
1500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	13	20	TE	14	22	2.3	16	26	2.6	21	32
1400	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	13	20	2.1	15	23	2.4	18	28	2.7	22	33
1300	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	13	20	2.2	16	24	2.5	19	29	2.8	23	34
1200	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	12	18	TE	13	20	2.3	17	25	2.6	20	30	2.9	24	36
1000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	12	18	2.2	14	22	2.5	18	27	2.8	21	32	3.2	25	39
900	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	TE	12	18	2.4	16	24	2.7	19	29	3.0	23	34	3.4	26	42
800	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	2.1	13	19	2.5	18	25	2.8	20	30	3.2	25	37	3.5	29	43
700	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	2.3	14	21	2.7	18	27	3.0	22	32	3.4	26	39	3.7	30	45
600	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	10	15	2.1	12	17	2.5	15	23	2.9	19	28	3.2	23	35	3.6	28	41	3.9	32	48
500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	10	15	2.3	13	19	2.7	16	24	3.1	20	30	3.5	26	38	3.8	29	44	4.0	33	49
400	ÇE	0	0	ÇE	0	0	2.1	11	18	2.5	14	21	3.0	18	27	3.4	22	33	3.7	27	40	4.0	31	46	R_{min}= 490		
300	ÇE	0	0	TE	10	14	2.4	12	19	2.8	16	23	3.3	20	30	3.8	25	37	4.0	29	43	R_{min}= 375					
250	ÇE	0	0	TE	10	14	2.6	13	20	3.0	17	25	3.6	22	32	3.9	26	38	R_{min}= 280								
200	ÇE	0	0	2.3	11	17	2.8	14	22	3.3	18	27	3.8	23	34	R_{min}= 215											
175	ÇE	0	0	2.4	12	17	2.9	15	22	3.5	19	29	3.9	23	35												
150	TE	9	14	2.5	12	18	3.1	16	24	3.7	20	31	4.0	24	36												
140	TE	9	14	2.6	12	19	3.2	16	25	3.8	21	32	R_{min}= 150														
130	TE	9	14	2.6	12	19	3.3	17	26	3.8	21	32															
120	TE	9	14	2.7	13	19	3.4	17	26	3.9	22	32															
110	TE	9	14	2.8	13	20	3.6	18	27	4.0	22	33															
100	2,1	9	14	2.9	14	21	3.6	19	28	4.0	22	33															
90	2,2	10	16	3.0	14	22	3.7	19	29	R_{min}= 100																	
80	2,4	11	16	3.2	15	23	3.8	20	29																		
70	2,5	11	17	3.3	16	24	3.9	20	30																		
60	2,6	12	18	3.5	17	25	4.0	21	31																		
50	2,8	13	19	3.7	18	27	R_{min}= 80																				
40	3.0	14	20	3.9	19	28																					
30	3.3	15	22	R_{min}= 35																							
20	3.8	17	28																								
	R_{min}= 16																										

e_{max} = %4
R = Kurp yarıçapı (m)
V_t = Tasarım hızı (km/sa)
e = Dever oranı
L_r = %0 'dan tasarım deverine ulaşmak için gerekli mesafe (m)
ÇE = Çatı eğimi (%)
TE = Çatı eğiminin tek yönlü dever durumu (%)
Şehir Geçişlerinde uygulanacak dever oranı (e_{max} = %4)

Tasarım Hızına ve Yarıçapa Bağlı Olarak Uygulanacak Dever Oranları

Tablo 2– Tasarım hızı ve kurp yarıçaplarına bağlı olarak uygulanacak rakortman boyları (Lr) ve dever oranları (emax:6%)

R (m)	V_s=20 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_s=30 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_s=40 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_s=50 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_s=60 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_s=70 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_s=80 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_s=90 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_s=100 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_s=110 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_s=120 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_s=130 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit
7000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0
6000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0
3000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	16	25	TE	18	26	2.3	22	33	2.5	26	39
2500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	15	23	TE	16	26	2.3	20	30	2.7	26	38	3.0	31	46
2000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	14	22	2.1	18	24	2.5	20	31	2.8	25	37	3.3	31	47	3.7	38	67
1500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	13	20	2.2	16	24	2.7	21	31	3.1	25	38	3.6	32	47	4.2	40	60	4.7	48	73
1400	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	13	20	2.4	17	25	2.8	21	32	3.3	27	41	3.8	33	50	4.4	42	63	5.0	51	77
1300	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	12	18	2.1	14	21	2.5	18	27	3.0	23	34	3.5	29	43	4.0	35	53	4.7	46	67	5.3	55	82
1200	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	12	18	2.2	14	22	2.7	19	29	3.2	25	37	3.7	30	45	4.2	37	55	5.0	47	71	5.5	58	86
1000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	2.1	13	19	2.6	17	26	3.1	22	33	3.6	28	41	4.2	34	52	4.8	42	63	5.5	53	80	6.0	62	93
900	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	2.3	14	21	2.8	18	27	3.4	24	37	3.8	30	45	4.5	37	55	5.1	45	67	5.8	55	82	R_{min}=950		
800	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	2.5	15	23	3.1	20	30	3.6	26	39	4.2	32	48	4.9	40	60	5.4	47	71	6.0	57	85			
700	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	10	15	2.1	12	17	2.9	17	25	3.4	22	33	4.0	29	43	4.5	35	53	5.2	43	64	5.8	51	76	R_{min}=755					
600	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	10	15	2.4	13	20	3.1	19	28	3.8	26	37	4.3	31	46	5.0	38	57	5.6	46	69	6.0	53	79						
500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	2.1	11	16	2.6	16	23	3.5	21	32	4.2	27	41	4.6	35	52	5.4	41	62	5.9	46	72	R_{min}=550								
400	ÇE	0	0	TE	10	14	2.5	13	19	3.3	18	27	4.0	24	36	4.7	31	46	5.3	38	57	5.9	45	68	R_{min}=435											
300	ÇE	0	0	TE	10	14	3.1	16	24	3.9	22	32	4.6	28	41	5.4	35	53	5.9	42	64	R_{min}=335													
250	ÇE	0	0	2.3	11	17	3.5	18	27	4.2	23	35	5.0	30	45	5.8	38	57	6.0	43	66															
200	ÇE	0	0	2.8	13	20	3.9	20	30	4.7	26	39	5.5	33	50	6.0	39	58	R_{min}=250																	
175	TE	9	14	3.0	14	22	4.1	21	32	5.0	28	42	5.8	35	52	R_{min}=195																				
150	TE	9	14	3.3	16	24	4.4	23	34	5.3	29	44	6.0	38	54																					
140	TE	9	14	3.5	17	25	4.5	23	35	5.4	30	45	6.0	38	54																					
130	2.1	9	14	3.6	17	26	4.6	24	35	5.6	31	47	R_{min}=135																							
120	2.2	10	15	3.8	18	27	4.9	25	37	5.7	32	47																								
110	2.4	11	16	3.9	19	28	5.0	26	38	5.8	32	48																								
100	2.5	11	17	4.1	20	30	5.2	27	40	6.0	33	50																								
90	2.7	12	18	4.2	20	30	5.4	28	42	6.0	33	50																								
80	3.0	14	20	4.5	22	32	5.6	29	43	R_{min}=90																										
70	3.2	14	22	4.7	23	34	5.8	30	45																											
60	3.3	16	24	5.0	24	35	6.0	31	46																											
50	3.8	17	26	5.4	26	39	R_{min}=65																													
40	4.2	19	30	5.8	28	42																														
30	4.7	21	32	6.0	29	43																														
20	5.6	25	37	R_{min}=30																																
	R_{min}=15																																			

e_{max} = %6	
R	= Kurp yarıçapı (m)
V_s	= Tasarım hızı (km/sa)
e	= Dever oranı
L_r	= %0 'dan tasarım deverine ulaşmak için gerekli mesafe (m)
ÇE	= Çatı eğimi (%)
TE	= Çatı eğiminin tek yönlü dever durumu (%)

Tasarım Hızına ve Yarıçapa Bağlı Olarak Uygulanacak Dever Oranları

Tablo 3– Tasarım hızı ve kurp yarıçaplarına bağlı olarak uygulanacak rakortman boyları (Lr) ve dever oranları (emax:8%)

R (m)	V_t=20 km/sa			V_t=30 km/sa			V_t=40 km/sa			V_t=50 km/sa			V_t=60 km/sa			V_t=70 km/sa			V_t=80 km/sa			V_t=90 km/sa			V_t=100 km/sa			V_t=110 km/sa			V_t=120 km/sa			V_t=130 km/sa		
	L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)			L_r (m)		
	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit	e %	2 şerit	4 şerit
7000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0
6000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	21	31
3000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	16	25	2.1	18	28	2.4	23	34	2.6	27	40
2500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	15	23	2.1	17	28	2.4	21	32	2.9	27	41	3.1	32	48
2000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	14	22	2.2	17	25	2.6	21	32	3.0	26	40	3.9	33	50	3.9	40	60
1500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	13	20	2.4	17	25	2.8	21	32	3.4	25	42	3.9	34	51	4.8	44	65	5.1	52	79
1400	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	12	18	2.1	14	21	2.5	16	27	3.0	23	34	3.6	29	44	4.1	36	54	4.9	48	70	5.4	56	83
1300	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	12	18	2.2	14	22	2.7	19	29	3.2	25	37	3.8	31	47	4.4	39	58	5.2	49	74	5.8	60	89
1200	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	12	18	2.4	16	24	2.8	21	31	3.4	26	39	4.1	34	50	4.7	41	62	6.5	53	80	6.3	65	97
1000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	2.2	13	20	2.8	18	27	3.4	24	37	4.0	31	46	4.8	39	59	5.6	48	72	6.6	62	92	7.4	76	114
900	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	2.4	14	22	3.1	20	30	3.7	27	40	4.4	34	51	5.2	43	64	6.0	53	79	7.1	67	101	7.9	81	122
800	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	2.7	16	24	3.4	22	33	4.1	30	44	4.8	37	53	5.7	47	70	6.6	58	87	7.6	72	105	R_{min}= 830		
700	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	10	15	2.2	12	18	3.0	18	27	3.8	25	37	4.5	32	49	5.3	41	61	6.3	52	77	7.2	63	95	8.0	76	114			
600	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	10	15	2.8	14	22	3.4	20	31	4.3	28	42	5.1	37	55	6.0	46	69	6.9	56	85	7.7	68	101	R_{min}= 565					
500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	2.2	11	17	3.0	17	25	3.9	23	35	4.9	32	48	5.8	42	63	6.7	51	77	7.8	62	93	8.0	70	105						
400	ÇE	0	0	TE	10	14	2.7	14	21	3.8	20	30	4.7	28	42	5.7	37	56	6.8	48	71	7.5	57	86	8.0	65	98	R_{min}= 500								
300	ÇE	0	0	2.1	10	16	3.4	17	26	4.6	25	37	5.6	34	50	6.7	44	65	7.6	65	82	R_{min}= 305			R_{min}= 385											
250	ÇE	0	0	2.5	13	18	4.0	21	31	5.1	28	42	6.2	37	55	7.4	48	73	7.9	67	85															
200	ÇE	0	0	3.0	14	22	4.6	24	35	5.8	32	48	7.0	42	63	7.9	52	78	R_{min}= 230																	
175	TE	8	14	3.4	16	24	5.0	26	38	6.2	34	52	7.4	44	67	8.0	62	79																		
150	TE	8	14	3.8	18	27	5.4	28	42	6.7	37	56	7.6	47	70	R_{min}= 175																				
140	TE	9	14	4.0	19	29	5.6	29	43	6.9	38	57	7.9	47	71																					
130	2.2	10	15	4.2	20	30	5.8	30	45	7.1	39	59	8.0	48	72																					
120	2.3	10	16	4.4	21	32	6.0	31	46	7.4	41	61	R_{min}= 125																							
110	2.5	11	17	4.7	23	34	6.3	32	48	7.6	42	63																								
100	2.7	12	18	5.0	24	35	6.6	34	51	7.8	43	65																								
90	3.0	14	20	5.3	25	37	6.9	35	53	7.9	44	66																								
80	3.3	15	22	5.5	26	40	7.2	37	58	8.0	44	66																								
70	3.6	16	24	5.9	28	42	7.5	39	59	R_{min}= 60																										
60	4.1	18	28	6.1	31	46	7.8	40	60																											
50	4.6	21	31	6.9	33	50	8.0	41	62																											
40	5.2	23	35	7.5	35	54	R_{min}= 50																													
30	5.9	27	40	8.0	36	58																														
20	7.1	32	45	R_{min}= 30																																
	R_{min}= 10																																			

e_{max} = %8	
R	= Kurp yarıçapı (m)
V_t	= Tasarım hızı (km/sa)
e	= Dever oranı
L_r	= %0 'dan tasarım deverine ulaşmak için gerekli mesafe (m)
ÇE	= Çatı eğimi (%)
TE	= Çatı eğiminin tek yönlü dever durumu (%)

Tasarım Hızına ve Yarıçapa Bağlı Olarak Uygulanacak Dever Oranları

Aliyman-Kurp Dever rakortmanı

- Konfor ve estetik açıdan rakortman boyu rotasyon ekseni ile banket kenarı arasındaki kabul edilebilir maksimum eğim farkına dayandırılmıştır. Rakortman boyunun L_r bileşeni, dış şeridin % 0'dan tasarım (max.) deverine ulaşmasını sağlayacak mesafedir. Bu mesafe rotasyon ekseni ve banket boyuna eğimleri arasındaki relatif eğime göre hesaplanır. Maksimum relatif eğim (G), yüksek hızlarda uzun, düşük hızlarda kısa mesafe sağlayacak şekilde tasarım hızına bağlı olarak değişir.

- Yolun dış şeridinin % 0 eğimden tasarım deverine ulaşması için gerekli minimum mesafe olan L_r mesafesi, Formül 1'e göre hesaplanmaktadır.

$$L_r = \frac{(W\, n_1)\, e_t}{\Delta G}\, b_w$$

W : Şerit genişliği, m

n_1 : Rotasyon yapılan şerit sayısı

e_t : Tasarım dever miktarı, %

G : Maksimum relatif eğim, % (Tablodan)

b_w : Rotasyon yapılan şerit sayısı için düzeltme faktörü (Tablodan)

Tablo 4 – Maksimum Relatif Eğim

Tasarım Hızı (Km/saat)	Max Relatif EğimΔG(%)	Eşdeğer Max Relatif Şev
20	0.80	1/125
30	0.75	1/133
40	0.70	1/143
50	0.65	1/150
60	0.60	1/167
70	0.55	1/182
80	0.50	1/200
90	0.47	1/213
100	0.44	1/227
110	0.41	1/244
120	0.38	1/263
130	0.35	1/286

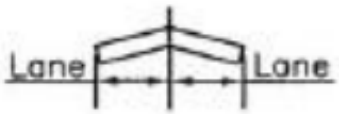
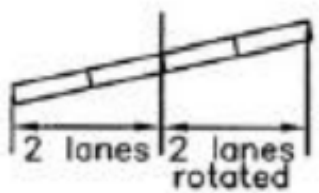
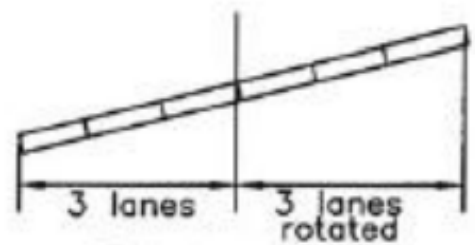
Kaynak: AASHTO, 2001

Tablo 5– Şerit Sayısı Düzeltme Faktörü

Rotasyon Yapılan Şerit Sayısı (n_1)	Düzeltme Faktörü (b_w)
1	1,0
1,5	0,83
2	0,75
2,5	0,70
3	0,67
3,5	0,64

Kaynak: AASHTO, 2001

Not: Tablolardaki değerlerin oluşturulmasında esas alınan şerit genişliği 3.6 m olup, 3.5 veya 3.0 m şerit genişlikleri için de kullanılabilir.

One lane rotated	Two lanes rotated	Three lanes rotated
 Normal section	Normal section	Normal section
Rotated section	 Rotated section	 Rotated section

Yolun dış şeridinin çatı eğiminden % 0 eğime ulaşması için gerekli minimum mesafe olan L_t mesafesi, aşağıdaki formule göre hesaplanmaktadır.

$$\boxed{L_t = \frac{e_n}{e_t} L_r}$$

e_n : Normal çatı eğimi, %
e_t : Tasarım dever miktarı, %

Dever tasarımında kullanılacak minimum L_r ve L_t mesafeleri tasarım hızı ve devere bağlı olarak Tablo ’da verilmektedir.

Tablo – Min L_r ve L_t Mesafeleri

Tasarım Hızı (km/sa)	Minimum L_r (m)					Min L_t (m)
	Dever					
	2	4	6	8	10	
Tek Şerit Rotasyon						
20	9	18	27	36	45	9
30	10	19	29	38	48	10
40	10	21	31	41	51	10
50	11	22	32	43	54	11
60	12	24	36	48	60	12
70	13	26	39	52	66	13
80	14	29	43	58	72	14
90	15	31	46	61	77	15
100	16	33	49	65	82	16
110	18	35	53	70	88	18
120	19	38	57	76	95	19
130	21	41	62	82	103	21
Çift Şerit Rotasyon						
20	14	27	41	54	68	14
30	14	29	43	57	72	14
40	15	31	46	62	77	15
50	16	32	49	65	81	16
60	18	36	54	72	90	18
70	20	39	59	79	98	20
80	22	43	65	86	108	22
90	23	46	69	92	115	23
100	25	49	74	98	123	25
110	26	53	79	105	132	26
120	28	57	85	114	142	28
130	31	62	93	124	154	31

Rakordman ($L=L_t + L_r$) uzunluğu (dever başlangıcı ile bitişi arasındaki mesafe) belirlendikten sonra rakordman başlangıcı aşağıdaki Tabloya göre hesaplanmaktadır.

Tablo . Dever Rakortmanının Aliymandaki Bölümü

Tasarım Hızı (km/sa)	**L_r'nin Aliymandaki Oranı**			
	Rotasyon yapılan şerit sayısı			
	1,0	**1,5**	**2,0-2,5**	**3,0-3,5**
20- 70	0,80	0,85	0,90	0,90
80 - 130	0,70	0,75	0,80	0,85

Kaynak: AASHTO,2001

<u>UYGULAMA</u> : Proje Hızı 80km./saat olan bir bölünmemiş 4 şeritli yolun yatay kurp kesiminde iç kenar kotları sabit olacak şekilde geçiş eğrisiz dever uygulaması yapılacaktır. Yatay Kurp yarıçapı 800m., başlangıç enine eğimi %2; şerit genişliği 3,6 m, platform genişliği 14,4m. ve max dever %6 dır. Rakortman uzunluğunu bulunuz. <u>(Lr=?, Lt=?)</u>

<u>ÇÖZÜM:</u> $L_r = \frac{(W.n_1)e_t}{\Delta G}.b_w = \frac{(3.6x2)3.6}{0.50}$ x 0.75 =38.88m.

Kurpta genişletme yapılmasına gerek yoktur. Çünkü R=800m. > R=200m.

W=3.6m. (şerit genişliği)

n_1 = 2 şerit

e_t = 3.6% (Tablodan bakarak buluruz.)

ΔG = 0.5 % (Tablodan bakarız) Max rolatif eğim

b_w= 0.75 (Tabloda bakarız)

$L_t = \frac{e_n}{e_t}.L_r = \frac{2.0}{3.6}.38.88 = 21.6m.$ olarak formül ile bulunan sonuçları

Tablo_2 ve Tablo_6 yardımı ile de bulabiliriz.

$L=L_r+L_t$= 38.88+21.60 =60.48 m.'dir. (Rakortman Uzunluğu)

- **<u>DEVER RAKORTMANININ ALİYMANDAKİ BÖLÜMÜ:</u>**
- L_r=38.88m. (Bir kısmı aliymanda bir kısmı ise kurb içerisinde yer almaktadır.)

  - 38.88 x 2/3 = 25,92 m (Aliymandaki kısmı)
  - 38,88 x 1/3 = 12,96 m (Kurptaki Kısmı)

- L_t=21.60m.'dir. (Tamamı aliyman içerisinde yer almaktadır.)

<u>UYGULAMA2</u> : Proje Hızı 80km./saat olan iki şeritli bir yolun yatay kurp kesiminde iç kenar kotları sabit olacak şekilde geçiş eğrisiz dever uygulaması yapılacaktır. Yatay Kurba yarıçapı 500m., başlangıç enine eğimi %2; şerit genişliği 3,6 metre ve ve max dever %8 dır. Rakortman uzunluğunu bulunuz.

<u>ÇÖZÜM:</u>

$$L_r = \frac{(W.n_1)e_t}{\Delta G}.b_w = \frac{(3.6x1)5.8}{0.50} \text{ x } 1.0 = 41.76\text{m.}$$

$$L_t = \frac{e_n}{e_t}.L_r = \frac{2.0}{5.8}.41.76 = 14.4m.$$ olarak formül ile bulunan sonuçları

Tablo_3 ve Tablo_6 yardımı ile de bulabiliriz.

$L=L_r+L_t$= 41.76+14.4 =56.16 m.'dir. (Rakortman uzunluğu)

DEVER RAKORTMANININ ALİYMANDAKİ BÖLÜMÜ:

L_r=41.76m. (Bir kısmı aliymanda bir kısmı ise kurp içerisinde yer almaktadır.)

41,76 x 2/3 = 27,84 m (Aliymandaki kısmı)
41,76 x 1/3 = 13,92 m (Kurptaki kısmı)

L_t=14.40m.'dir. (Tamamı aliyman içerisinde yer almaktadır.)

ÖRNEK_8

- Proje hızı 80 km/sa, platform genişliği 10,0 m ve çatı eğimi %2 olarak planlanan bir yol için 400 m yarıçaplı bir yatay kurpta, eksen kotu sabit tutularak dever uygulanacaktır. TO noktasının kotu 102,50 m, km'si 0+254'tür. 0+100-0+500 km'leri arasında boyuna eğim %4'tür.
- Verilecek deveri ve dever uygulama boyunu belirleyiniz.
- Deverin verilmeye başladığı noktadan itibaren önemli enkesitlerde (aşağıda belirtilmiş) ve deverin bittiği noktada dever değerlerini, dış kenar, iç kenar, ve eksen kotlarını hesaplayın.

ÇÖZÜL

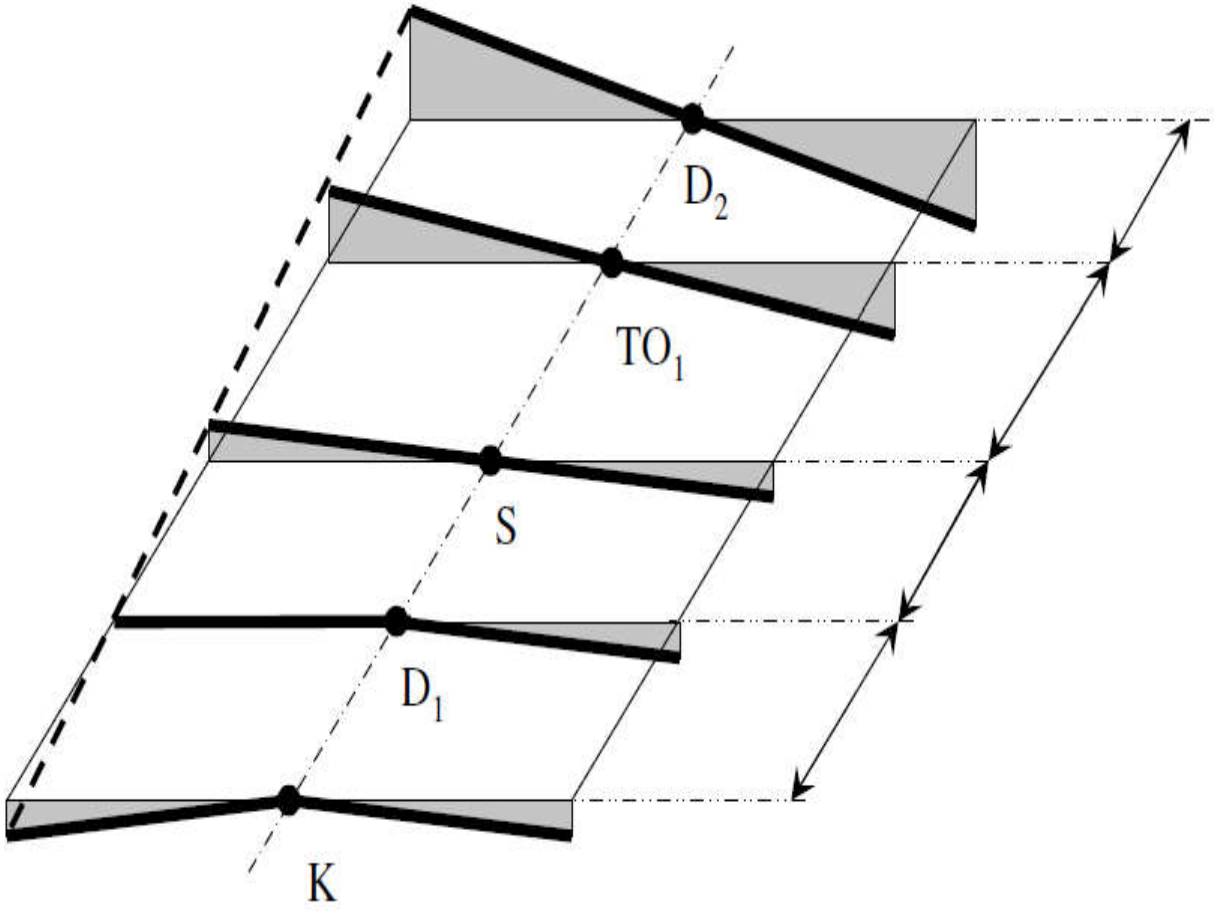
R (m)	V_t=20 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_t=30 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_t=40 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_t=50 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_t=60 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_t=70 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit	V_t=80 km/sa L_r (m) e %	2 şerit	4 şerit
7000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0
6000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0
3000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0
2500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0
2000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	14	22
1500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	13	20	2.4	17	25
1400	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	12	18	2.1	14	21	2.5	16	27
1300	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	12	18	2.2	14	22	2.7	19	29
1200	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	12	18	2.4	16	24	2.8	21	31
1000	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	2.2	13	20	2.8	18	27	3.4	24	37
900	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	2.4	14	22	3.1	20	30	3.7	27	40
800	ÇE	0	0	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	11	17	2.7	16	24	3.4	22	33	4.1	30	44
700	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	10	15	2.2	12	18	3.0	18	27	3.8	25	37	4.5	32	49
600	ÇE	0	0	ÇE	0	0	TE	10	15	2.8	14	22	3.4	20	31	4.3	28	42	5.1	37	55
500	ÇE	0	0	ÇE	0	0	2.2	11	17	3.0	17	25	3.9	23	35	4.9	32	48	5.8	42	63
400	ÇE	0	0	TE	10	14	2.7	14	21	3.8	20	30	4.7	28	42	5.7	37	56	6.8	48	71
300	ÇE	0	0	2.1	10	16	3.4	17	26	4.6	25	37	5.6	34	50	6.7	44	65	7.6	65	82

Tablodan dever %6,8 ve

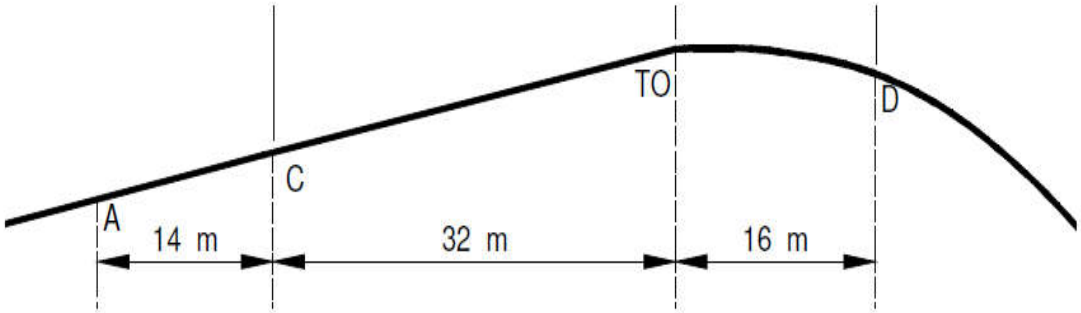
L_r = 48 m olur.

$$L_t = \frac{d_{çt}}{d_{eb}} \times L_r = \frac{2}{6,8} \times 48 \cong 14\,\text{m}$$

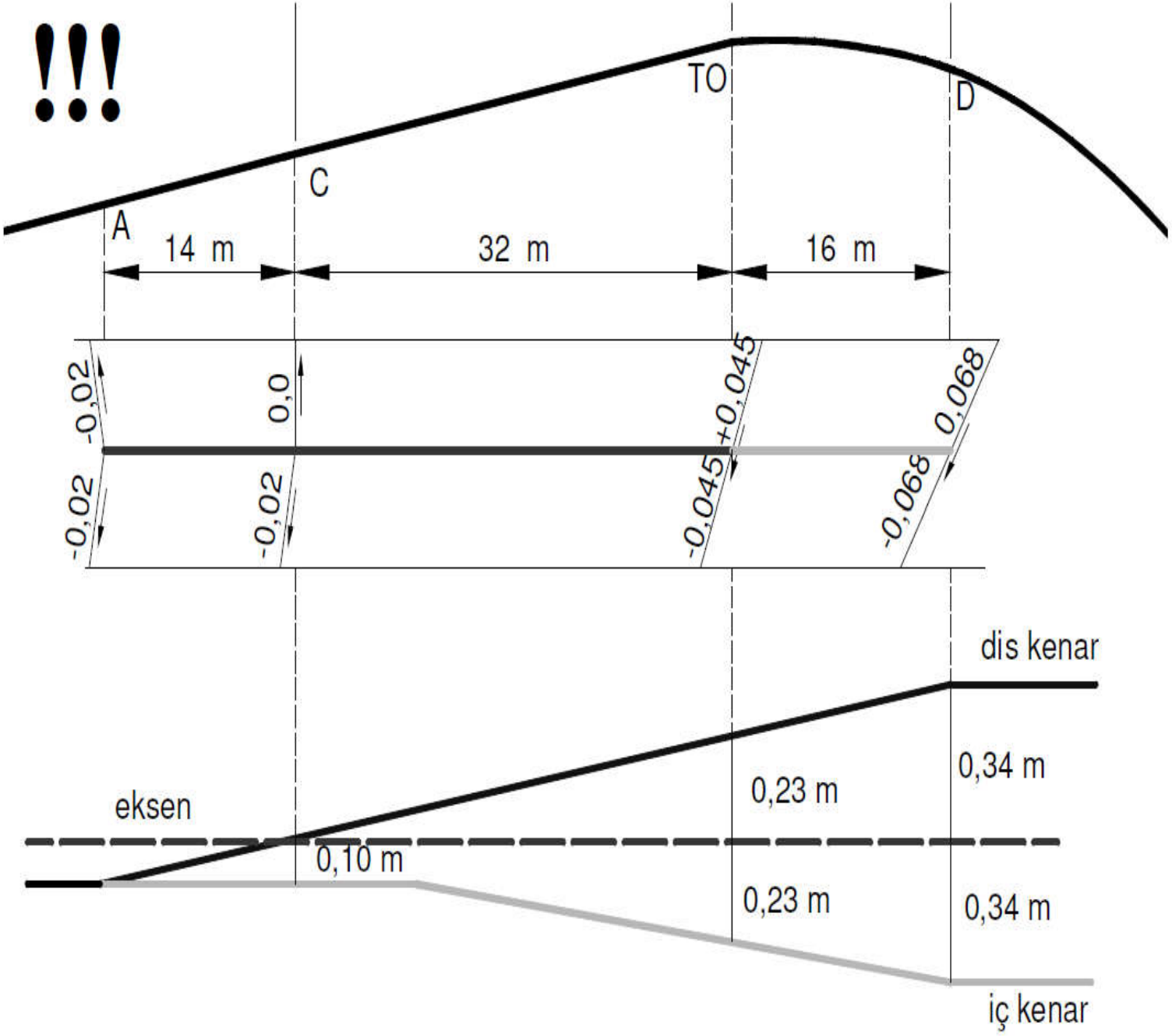
ÖNEMLİ ENKESİTLER (K, D_1, S, D_2)



!!!



Enkesit	Km	Dever (İç)	Dever (Dış)	Eksen K	Dış KK	İç KK
K						
D_1						
S						
TO	0+254			102,5		
D_2						

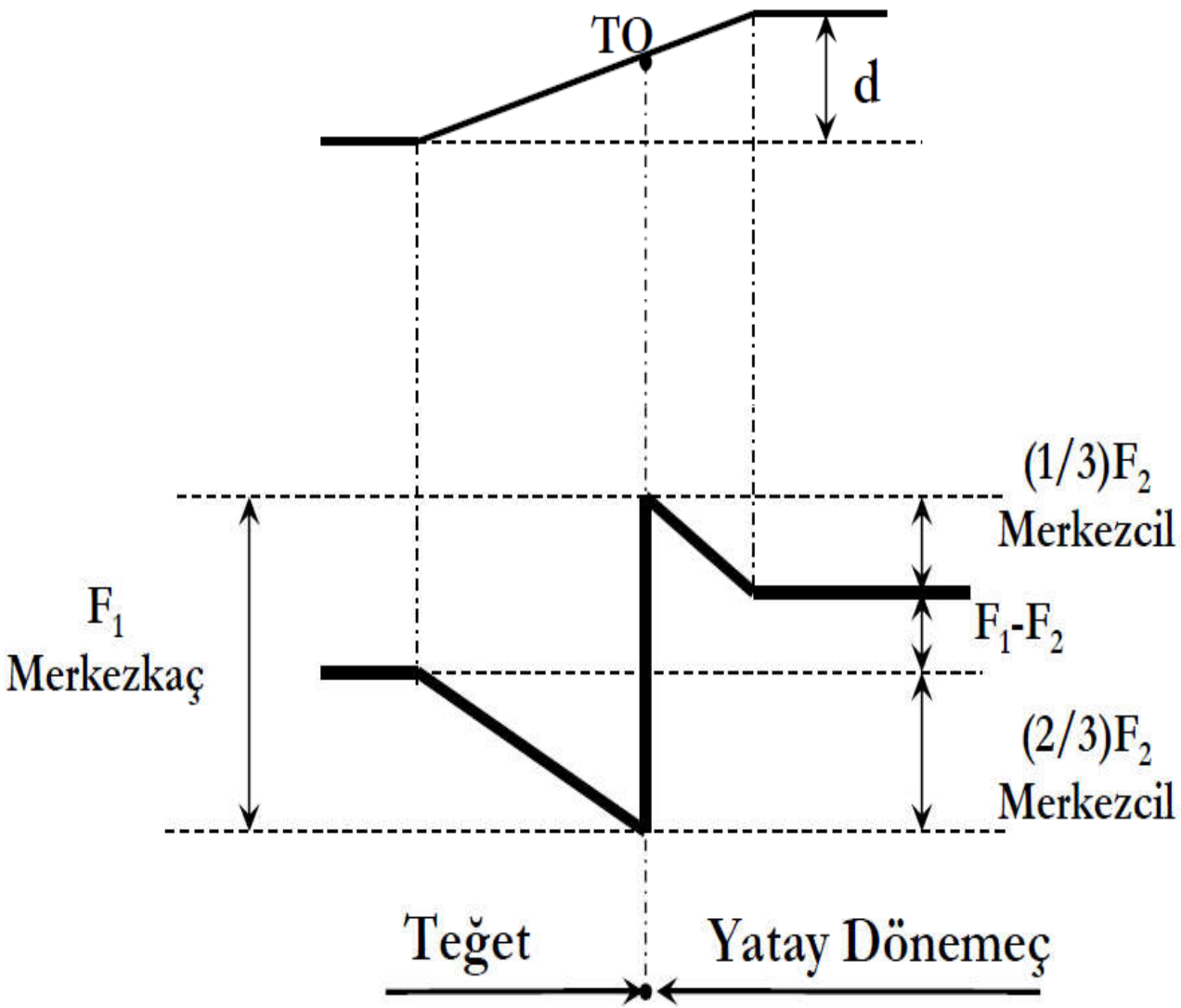

!!!
TO
D
C
A
14 m
32 m
16 m
-0,02
0,0
+0,045
0,068
-0,02
-0,02
-0,045
-0,068
dis kenar
0,34 m
0,23 m
eksen
0,10 m
0,23 m
0,34 m
iç kenar

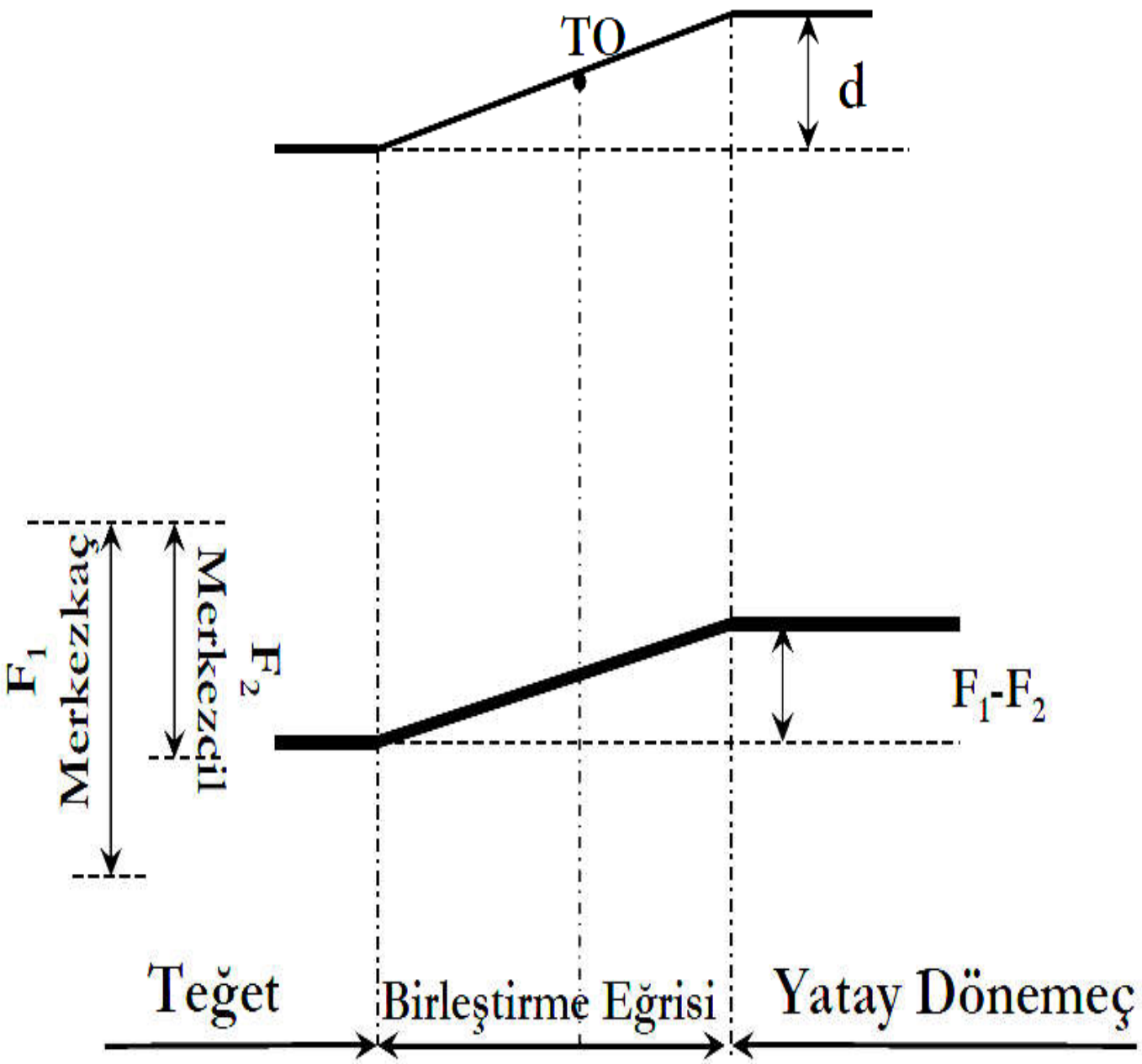
6. GEÇİŞ EĞRİLERİ (BİRLEŞTİRME EĞRİLERİ)

Alinyimandan aniden kurbaya giren araçlarda merkezkaç kuvveti doğar. Bu kuvveti dengelemek için, dever yanında alinyiman ile kurba arasına geçiş eğrisi yerleştirilir.

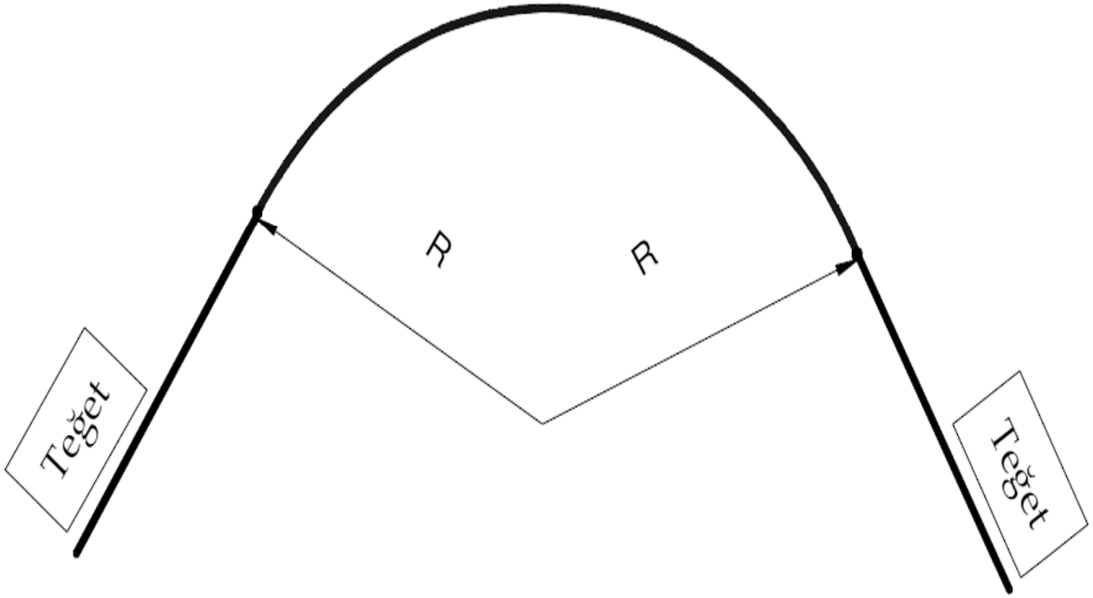
Geçiş eğrisi yardımıyla merkezkaç kuvveti, geçiş eğrisi uzunluğu boyunca dağıtılmış ve kurba başlangıcında merkezkaç kuvvetinin etkisi ortadan kaldırılmış olur.

BİRLEŞTİRME EĞRİLERİ

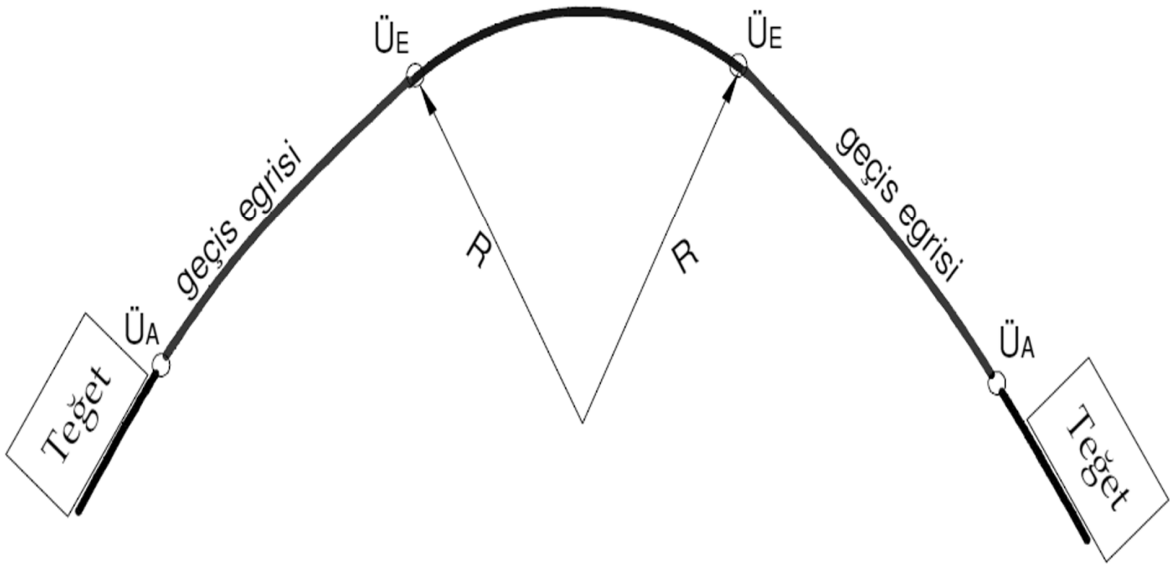


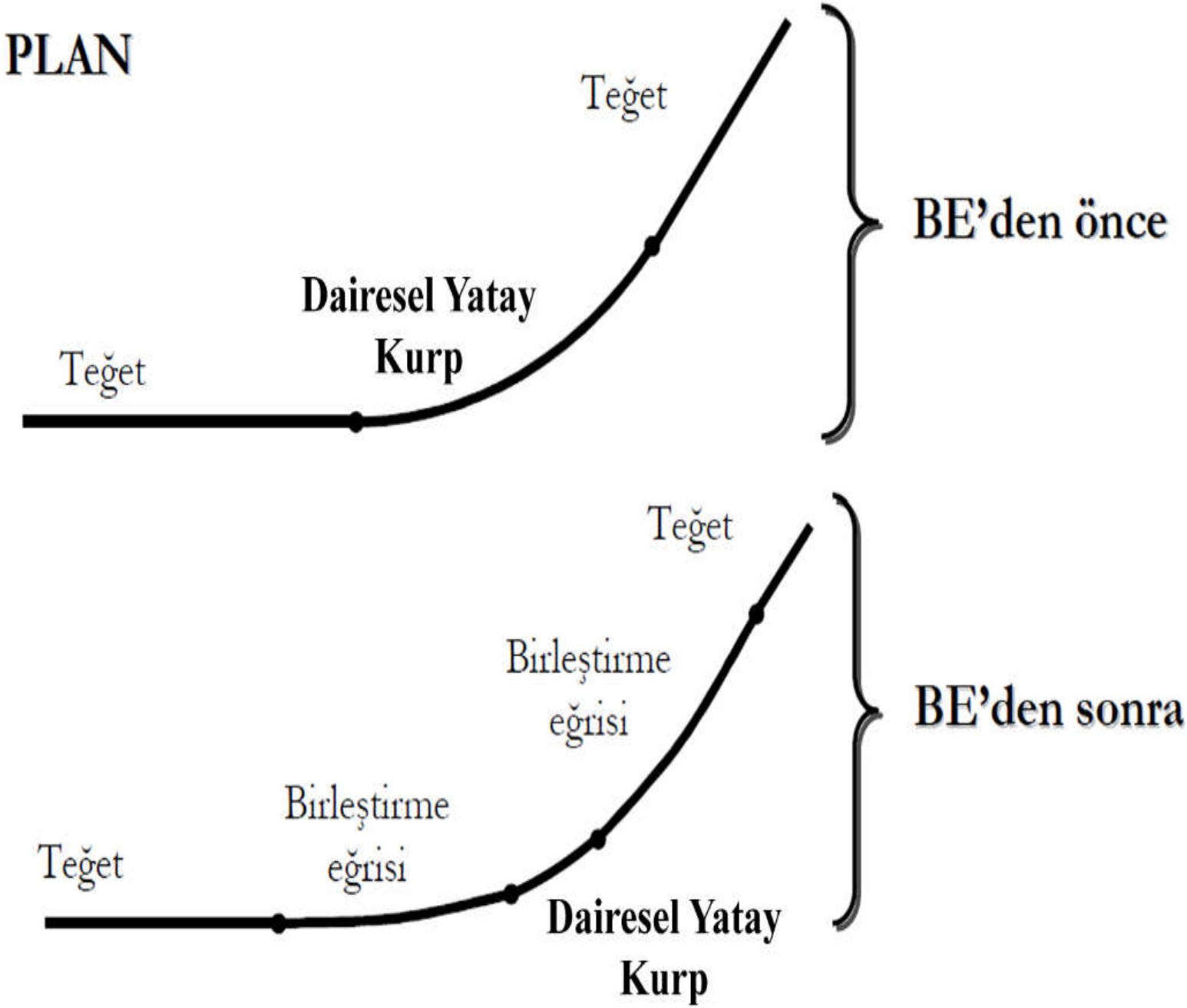

TO
d
F1
Merkezkaç
Merkezcil
F2
F1-F2
Teğet
Birleştirme Eğrisi
Yatay Dönemeç

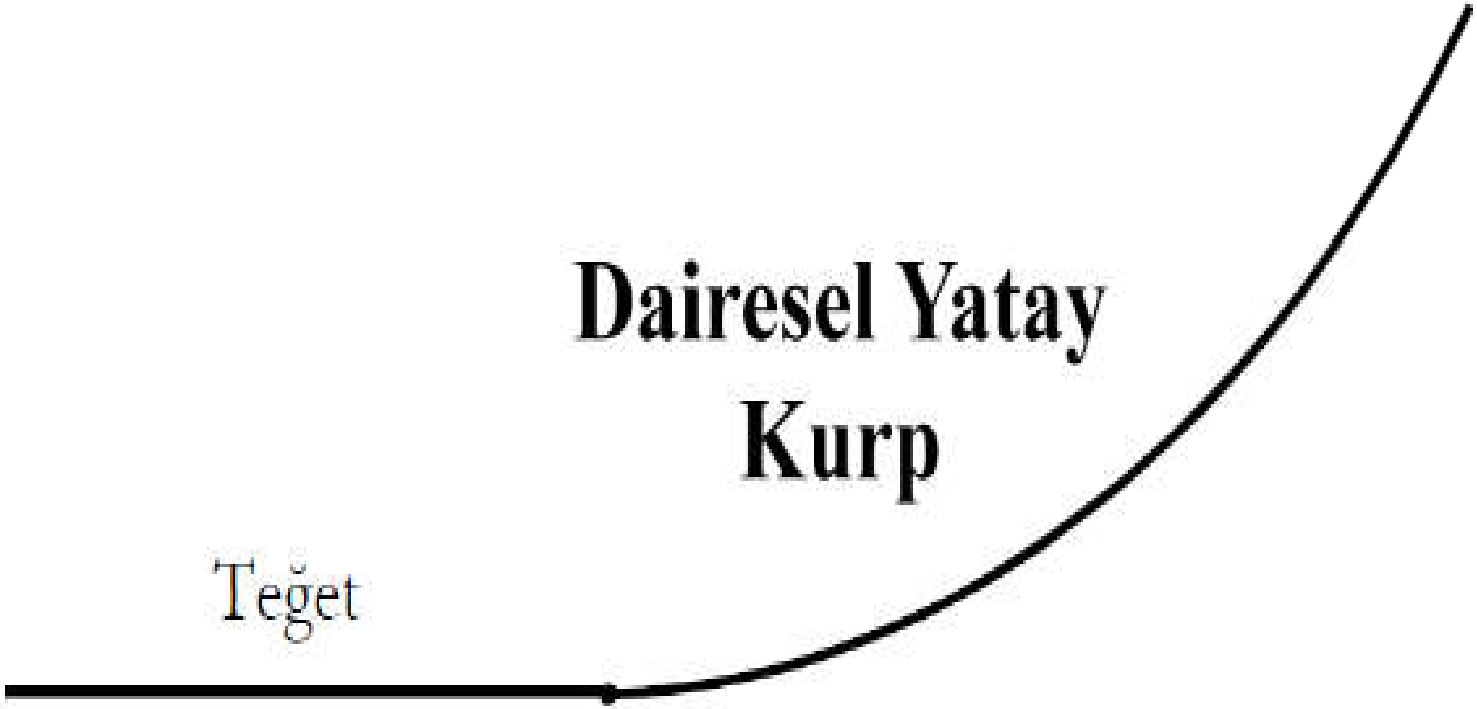
R yarıçaplı
yatay kurp

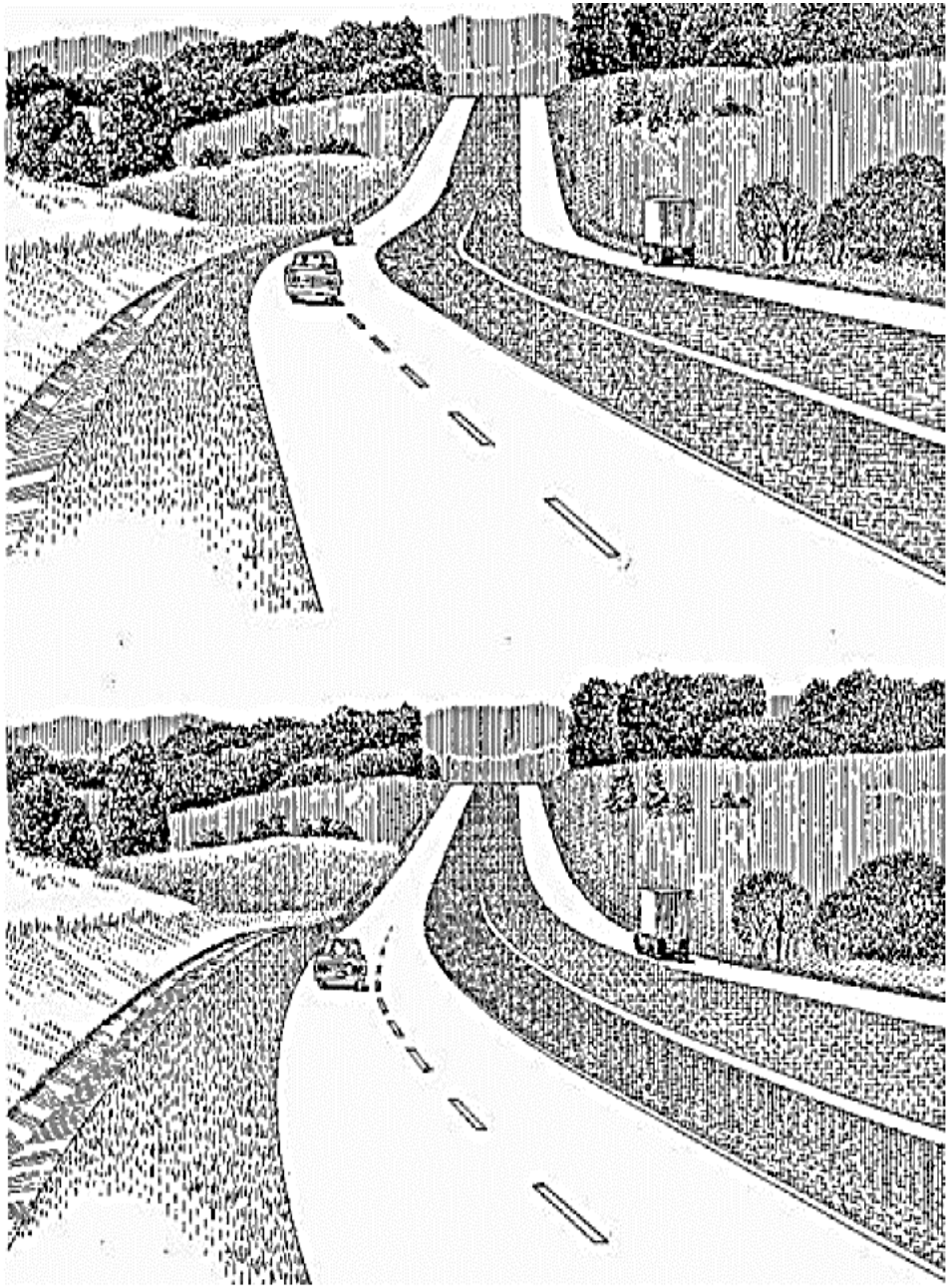


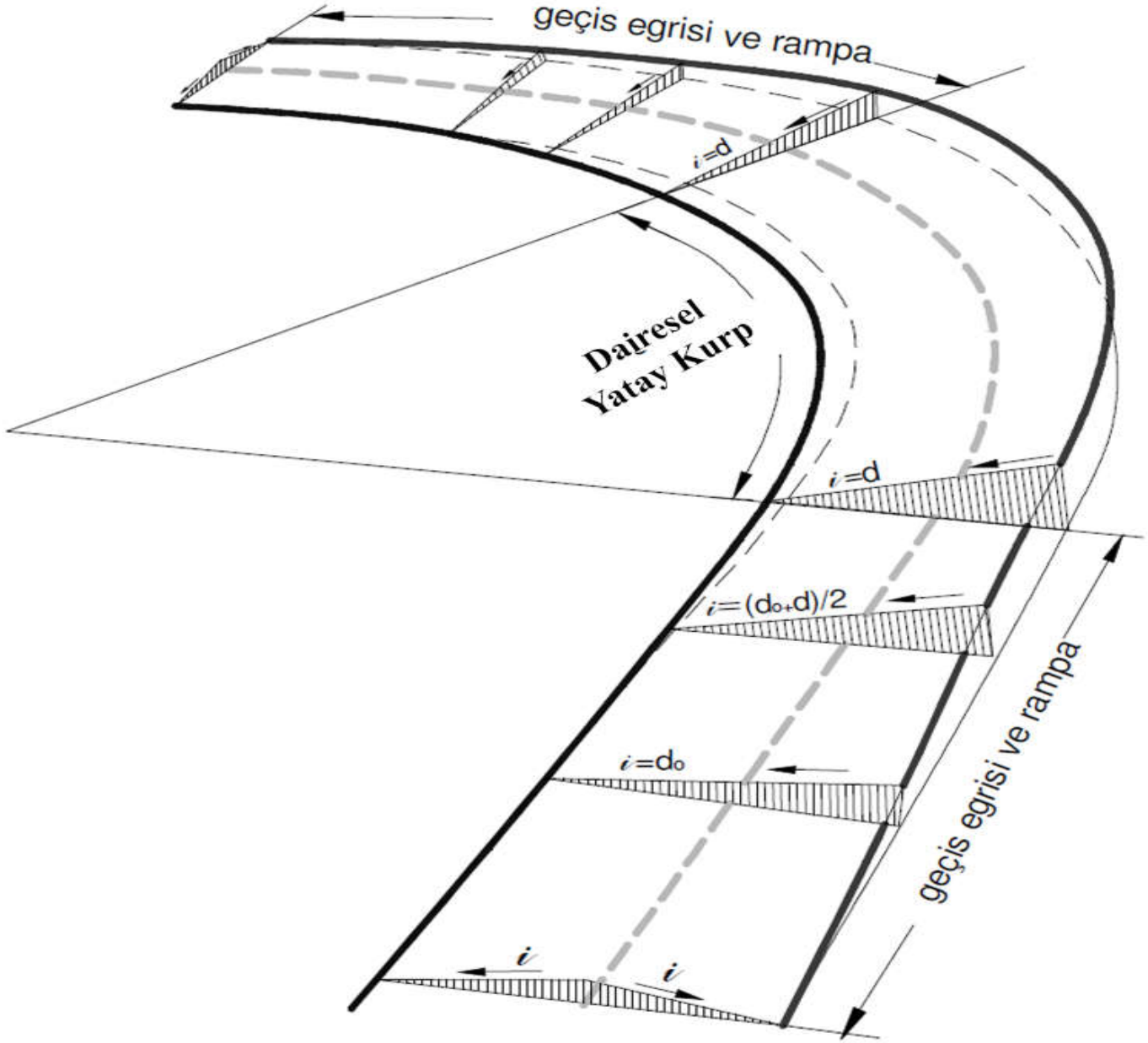
R yarıçaplı
yatay kurp




PLAN
Teğet
Dairesel Yatay Kurp
Teğet
BE'den önce
Teğet
Birleştirme eğrisi
Birleştirme eğrisi
Teğet
Dairesel Yatay Kurp
BE'den sonra

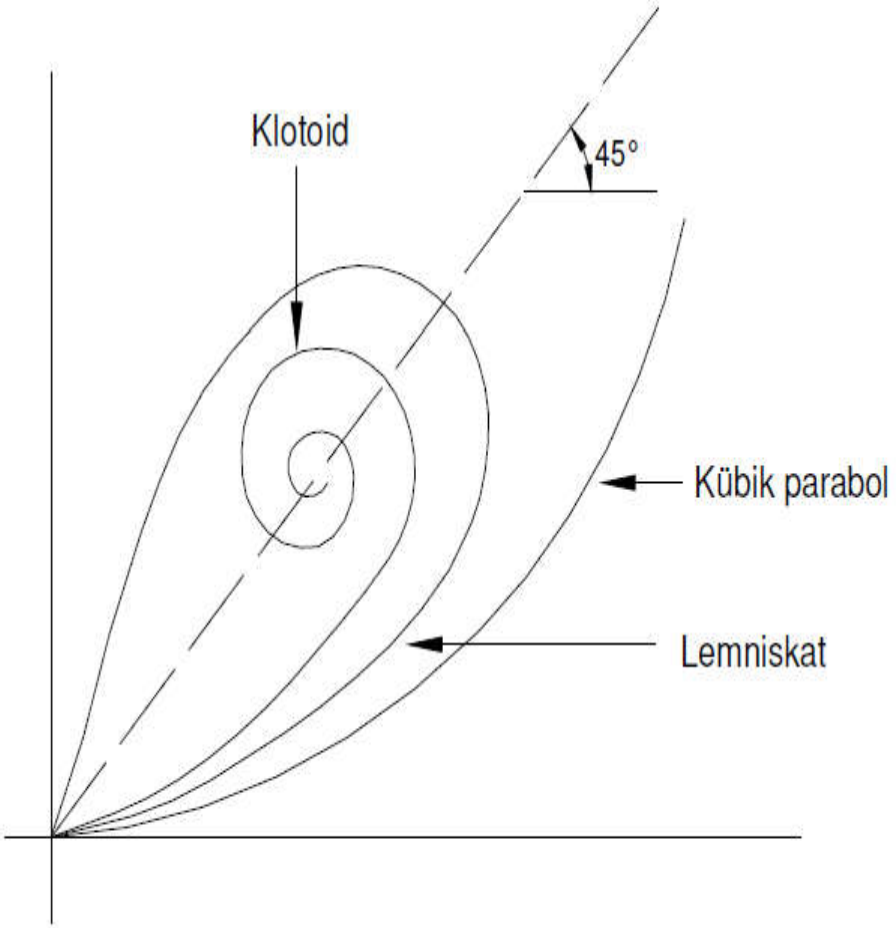

Dairesel Yatay
Kurp
Teğet




geçis egrisi ve rampa
i =d
Dairesel
Yatay Kurp
i =d
i =(d₀+d)/2
i =d₀
i
i
geçis egrisi ve rampa

Kullanılan farklı birleştirme eğrisi türleri:

1. Klotoid
2. Kübik spiral
3. Kübik parabol
4. Sinusoidal eğri
5. Cosinusoidal eğri
6. Lemniskat
7. BLOSS eğrisi
8. Kuadratik spiral



6.1 Birleştirme Eğrisinin Boyu

- Birleştirme eğrilerinin uzunluğunun hesaplanmasında, yatay kurpta etkiyecek yanal ivmenin aniden değil, belli bir sürede etkimesi ilkesi kullanılır. İvmenin zaman içinde değişimine sademe (jerk) denir ve birimi m/sn^3'tür.
- En büyük yanal ivme değeri
  - Alman RAL yönetmeliğinde, 1,47 m/sn^2
  - AASHTO 1,30 m/sn^2
- Sademe
  - TCK 0,3-0,6 m/sn^3
  - AASHTO 0,3-0,9 m/sn^3

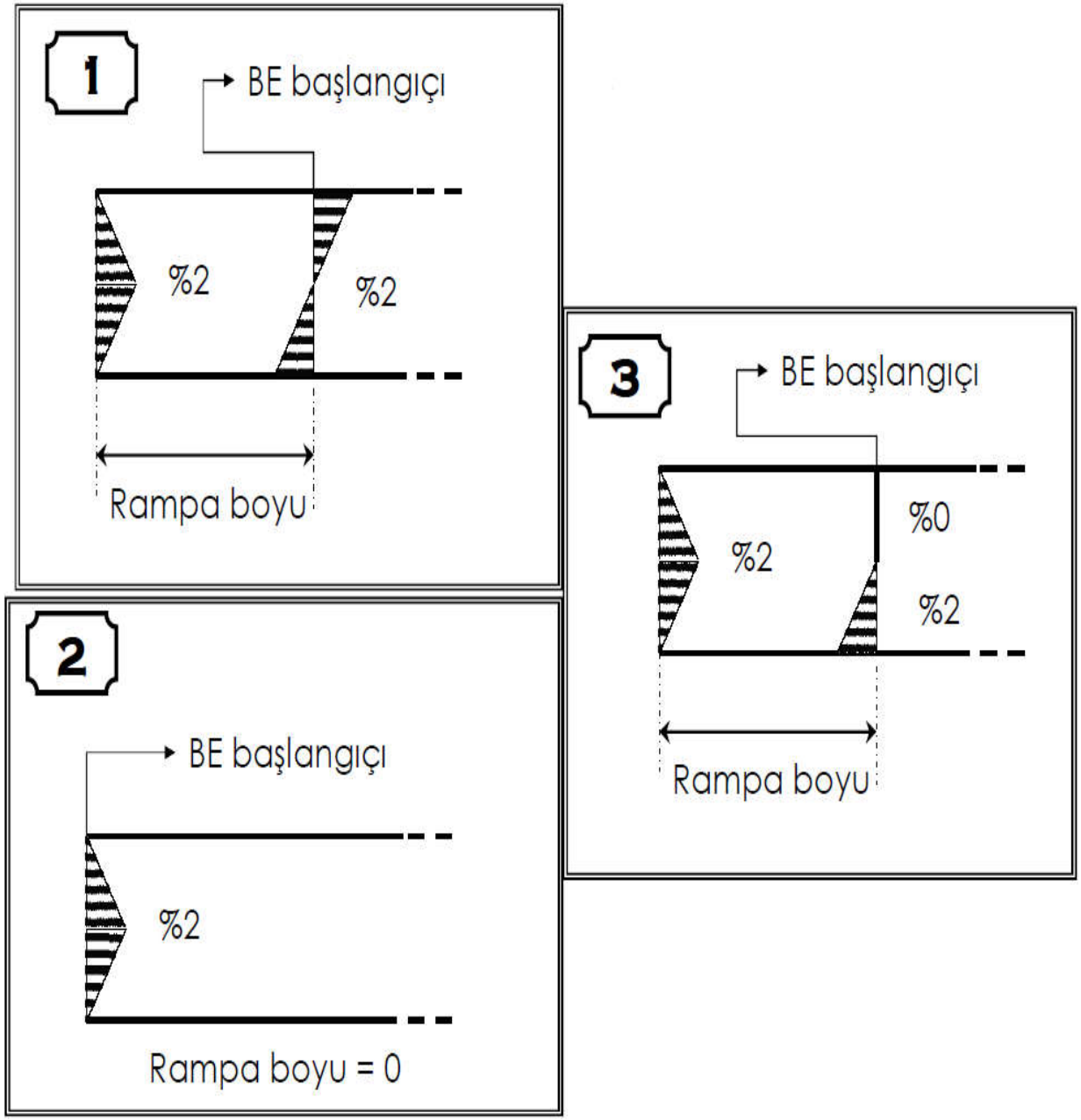
$$a_{yanal} \cong \frac{\left(V/3{,}6\right)^2}{R} - g \times d$$

$$p = \frac{a_{yanal}}{t} = \frac{a_{yanal}}{\frac{L}{v}} = a_{yanal} \times \frac{v}{L}$$

$$p = \frac{V^3}{46{,}656 \times R \times L} - \frac{2{,}725 \times d \times V}{L} = \frac{1}{L} \times \left[\frac{V^3}{46{,}656 \times R} - 2{,}725 \times d \times V \right]$$

$$\boxed{L_g = \frac{1}{p} \times \left[\frac{V^3}{46{,}656 \times R} \right]}$$

6.2 Rampa Boyu



- BE içindeki dış kenar kotu değişiminin sabit tutulması

$$k = \frac{L_g \cdot h_1}{h_2 - h_1}$$

İç kenar kotu sabit

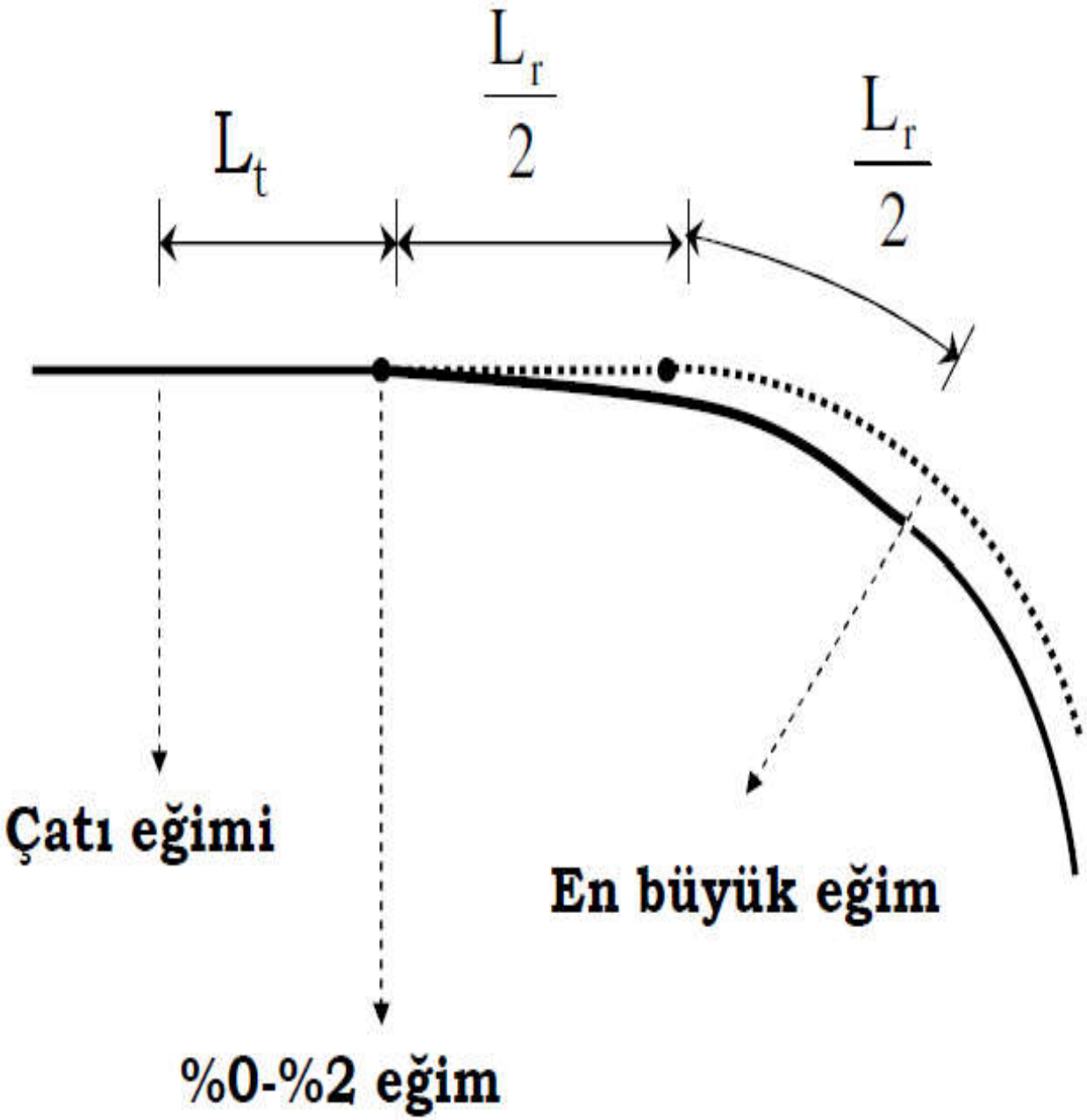
$$k = \frac{2h_1 \cdot L_g}{h_2 - h_1}$$

Eksen kotu sabit

- BE içindeki dever değişiminin sabit tutulması

$$k = \frac{e_ç}{e_{eb}} \times L$$

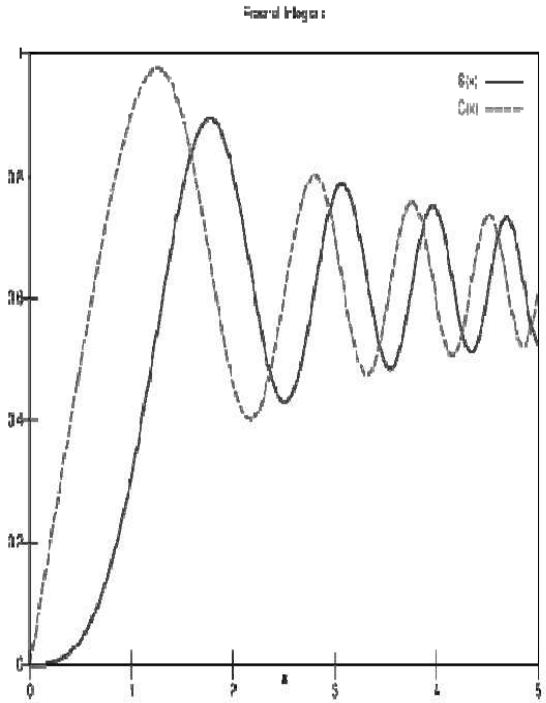
k :Rampa boyu (m)
$e_ç$: Çatı eğimi
e_{eb} : En büyük dever
L :BE boyu(m)


L_t
$\frac{L_r}{2}$
$\frac{L_r}{2}$
Çatı eğimi
En büyük eğim
%0-%2 eğim

6.3 Klotoid

Klotoid ilk olarak
Leonhard Euler (1744)
tarafından bulunmuştur.

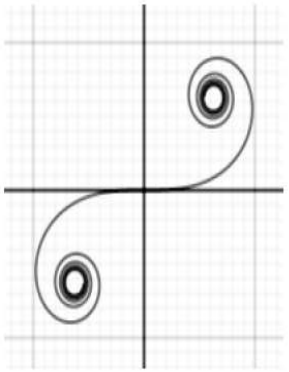
$$\begin{cases} x = \int_0^t \sin u^2 \, du \\ y = \int_0^t \cos u^2 \, du \end{cases}$$



$$S(x) = \int_0^x \sin(t^2)\, dt = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{x^{4n+3}}{(4n+3)(2n+1)!}$$

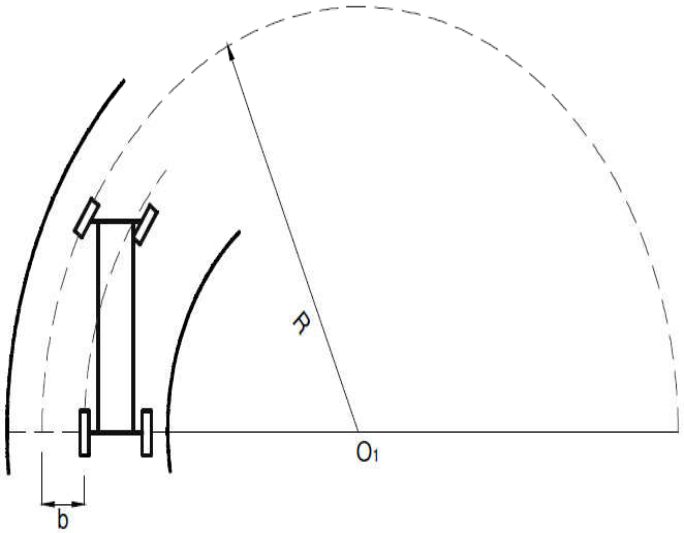
$$C(x) = \int_0^x \cos(t^2)\, dt = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{x^{4n+1}}{(4n+1)(2n)!}$$

Marie Alfred Cornu



7. GENİŞLETME

- Yatay kurptan geçerken taşıtların ön ve arka tekerleklerinin çizdikleri yörüngeler farklıdır ve ön tekerlekler daha geniş bir yay çizerler.
- Sürücüler, yatay kurba girdiklerinde platform kenarına yaklaşmaktan çekinirler ve ortaya doğru kayma eğilimi gösterirler. Bu durum, özellikle iki yönlü bölünmemiş yollarda, karşı yönlerden gelen taşıtlar arasındaki yanal açıklığı azalttığından, güvenlik açısından sakınca yaratır.



- Türkiye’de 200 m’den büyük yarıçaplı yatay kurplarda genişletme yapılmamaktadır. Daha küçük yarıçaplı yatay kurplar için uygulanan genişletme miktarları ise her bir şerit için aşağıdaki gibidir.

Yatay Kurp Yarıçapı (m)	Genişletme (m)
200	0,00
150	0,50
100	0,75
50	1,00

$$b = \frac{l^2}{2R}$$

l = taşıtın ön ve arka dindilleri arasındaki mesafe (taşıt uzunluğu da alınabilir)(m)

R = taşıtın ön dış tekerleğinin çizdiği yarıçap(kurbanın eksendeki yarıçapı)(m)

B = tek şerit için genişletme miktarı(m)

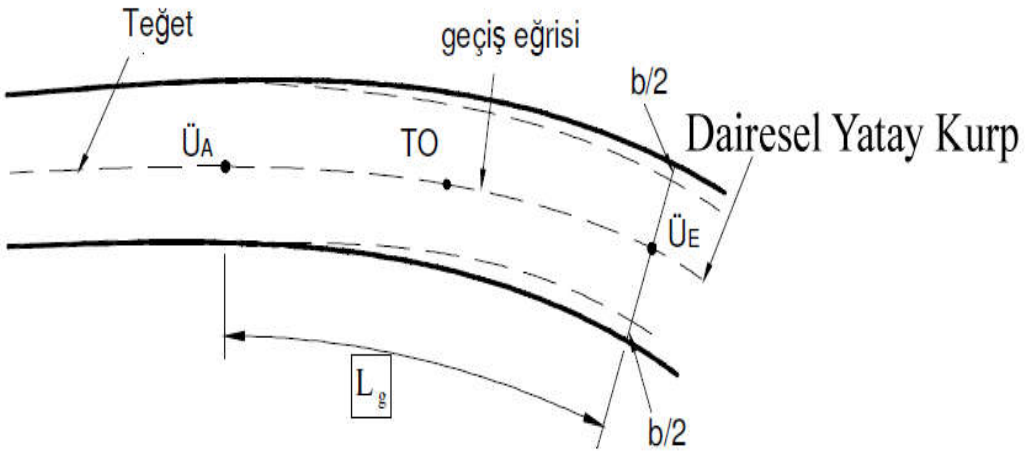
Yukarıdaki formül, düşük hızlarda geçerli olabilir; ancak hız yükseldikçe, karşı şeridi ihlaller artabilir. Bu nedenle hızı yüksek olan kesimlerde genişletme fazla tutulur

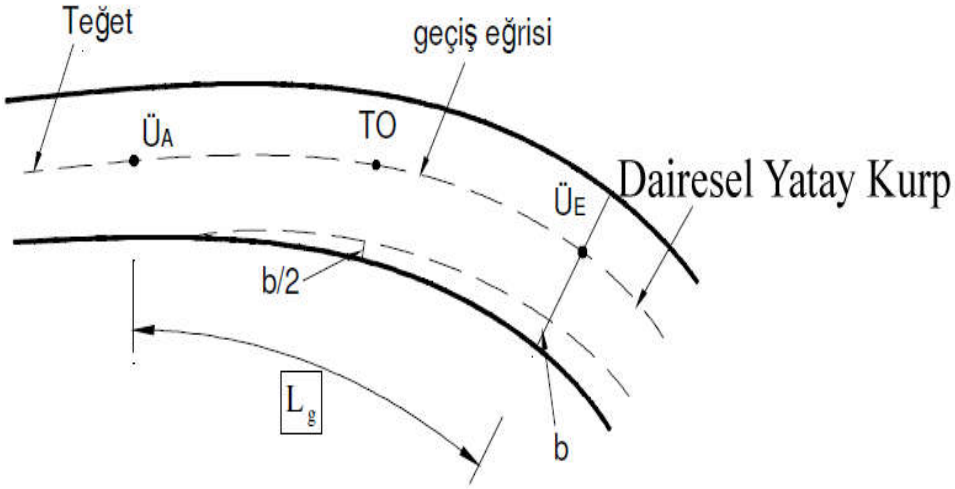
Tek şeritli Yolda genişletme

$$b = \frac{l^2}{2R} + \frac{0{,}05.V_p}{\sqrt{R}} \qquad b = n\frac{l^2}{2R} + \frac{0{,}05.V_p}{\sqrt{R}}$$

V_p= proje hızı (km/st); b= n şeritli yolda genişletme

- Genişletme, birleştirme eğrisi boyunca doğrusal bir artış gösterecek şekilde ve eksenin her iki yanında eşit olarak veya yatay kurbun iç tarafında olmak üzere tek yanda yapılır.
- Genişletme, birleştirme eğrisi ile beraber başlamakta ve eğrinin bittiği yerde en büyük değerine ulaşmaktadır.

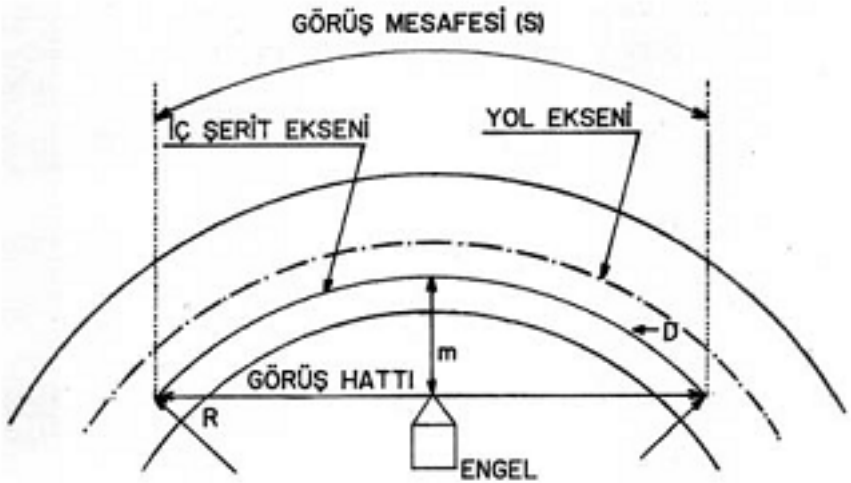




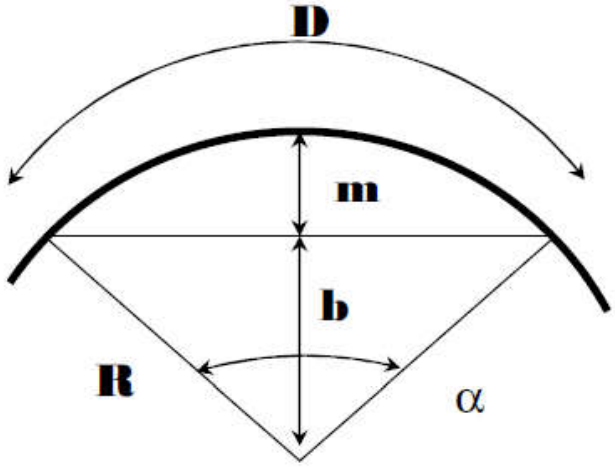
8. YATAY KURPLARDA GÖRÜŞ

- **-Yatay kurbalar içerisine düşen binalar, yarma şevleri veya benzeri sabit engeller görüş mesafesini azaltır.**

- **-Çözüm olarak: mümkünse, sabit engeller uzaklaştırılmalı veya kaldırılmalı; mümkün değilse yarıçap büyültülmeli veya güzergah kaydırılmalıdır. Eğer yarma şevi mevcutsa, traşlanmalıdır.**



8. YATAY KURPLARDA GÖRÜŞ



$$b = R \times \mathrm{Cos}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$m = R - b$$

$$D = 2 \times \Pi \times R \times \frac{\alpha}{360}$$

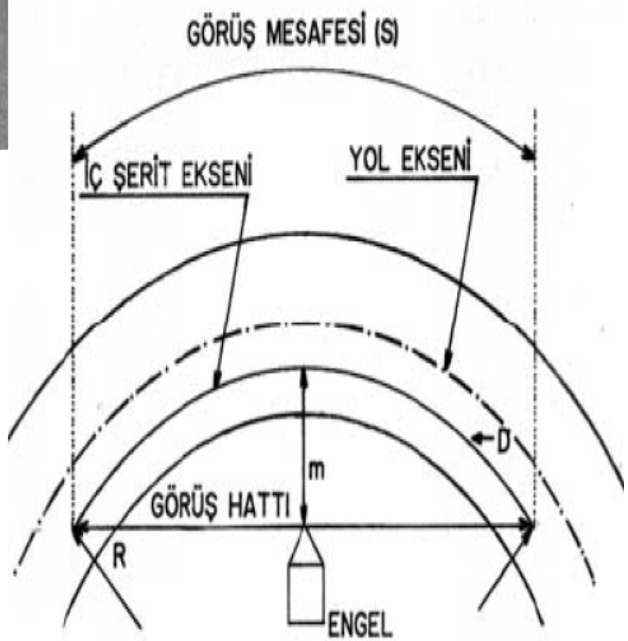
D: Duruş görüş uzunluğu (m)

$$\alpha = \frac{360}{2 \times \Pi} \times \frac{D}{R}$$

$$b = R \times \mathrm{Cos}\left(\frac{\frac{360}{2 \times \Pi} \times \frac{D}{R}}{2}\right) = R \times \mathrm{Cos}\left(\frac{360}{4 \times \Pi} \times \frac{D}{R}\right)$$

$$m = R - b = R - R \times \mathrm{Cos}\left(\frac{360}{4 \times \Pi} \times \frac{D}{R}\right) = R\left[1 - \mathrm{Cos}\left(\frac{360}{4 \times \Pi} \times \frac{D}{R}\right)\right]$$

$$m = R \times \left[1 - \mathrm{Cos}\left(\frac{360}{4 \times \Pi} \times \frac{D}{R} \right) \right]$$

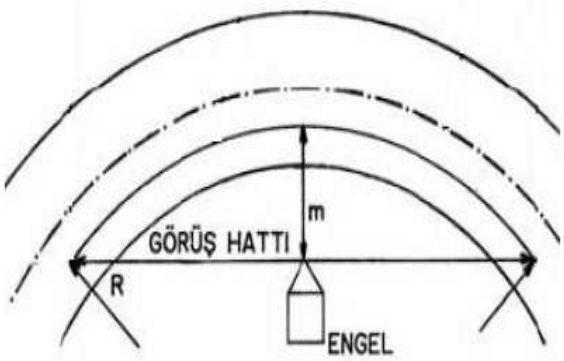


ÖRNEK_9

- Proje hızı 110 km/sa olan bölünmüş bir yolda yarıçapı 300 m ve açılım boyu 362 m olan bir yatay kurpta, yatay kurp iç tarafında, yol kenarından 10 m uzaklıkta görüşü kısıtlayan ve kaldırılması pahalı bir bina vardır.
- Yolda şerit genişliği 3,5 m ve 1,5 m genişliğinde banket vardır. Yoldaki kayma sürtünme katsayısı 0,35 ve sürücü intikal-reaksiyon süresi 1 sn'dir. Yatay kurp %5 iniş eğiminde ve sağa yöndedir. Bu yatay kurpta trafik güvenliğini sağlamak için yatay kurp ne kadar yana ötelenmelidir?

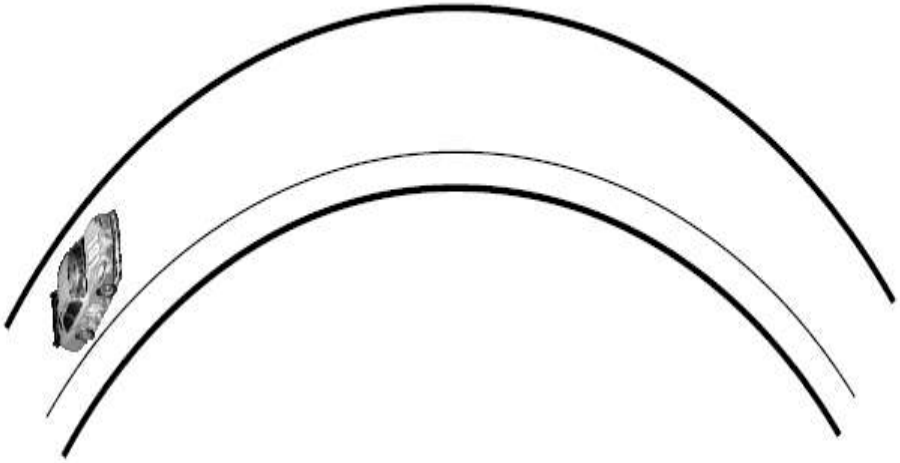
ÇÖZÜM 9

Duruş görüş uzunluğu:



$$L_{DG} = v \times t_r + \frac{1}{2 \times g} \times \frac{v^2}{(f \pm s)} = \frac{110}{3{,}6} \times 1 + \frac{1}{2 \times 9{,}81} \times \frac{\left(\frac{110}{3{,}6}\right)^2}{(0{,}35 - 0{,}05)} \cong 190\,\text{m}$$

$$m = R \times \left[1 - \text{Cos}\left(\frac{360}{4 \times \Pi} \times \frac{D}{R}\right)\right] = 300 \times \left[1 - \text{Cos}\left(\frac{360}{4 \times \Pi} \times \frac{190}{300}\right)\right] = 14{,}91\,\text{m}$$



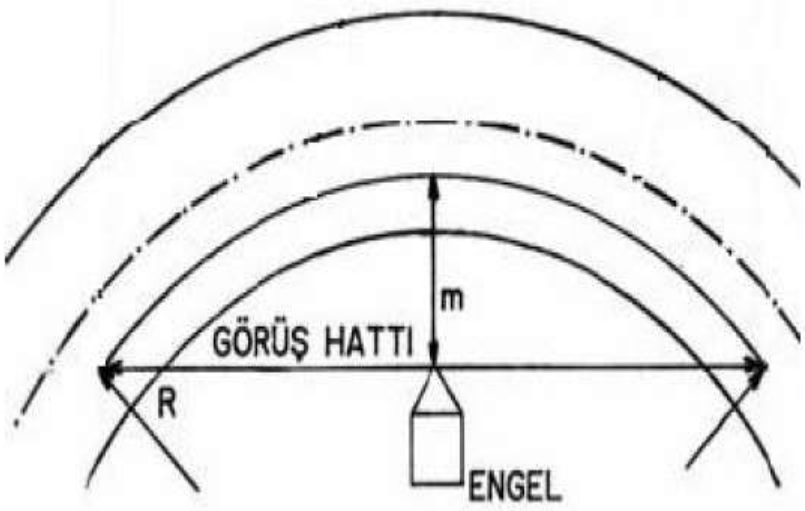
Taşıtın yol iç kenarından uzaklığı : $\frac{3,5}{2} + 1,5 = 3,25$ m

Mevcut "m"

10+3,25 = 13,25 m

Yolun kayması gereken uzunluğu:

14,91-13,25 = 1,66 m



ÖNCE

SONRA